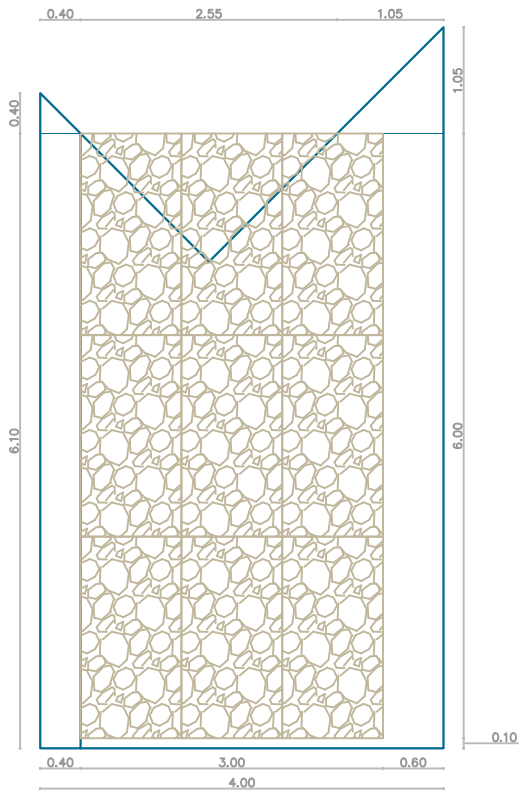
TOMO V
DIAGNOSTICO

Dirección de correo: Calle 2 # 7E-37 BARRIO QUINTA ORIENTAL
Dirección electrónica: consorciointermaplar@gmail.com
Teléfono: 3214711631
Cúcuta-Norte de Santander

CONSORCIO INTER MAP–LAR
NIT: 901978204-1

PUENTE GUATOQUE

Dirección de correo: Calle 2 # 7E-37 BARRIO QUINTA ORIENTAL
Dirección electrónica: consorciointermaplar@gmail.com
Teléfono: 3214711631
Cúcuta-Norte de Santander

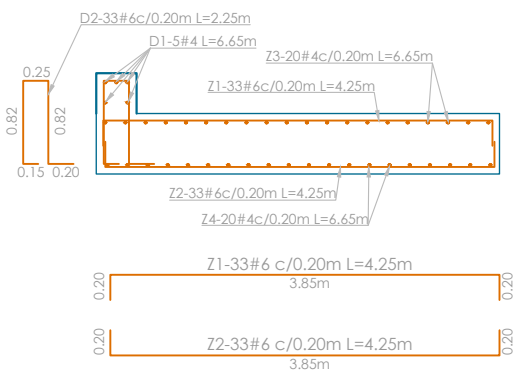


Planta Losa cimentación

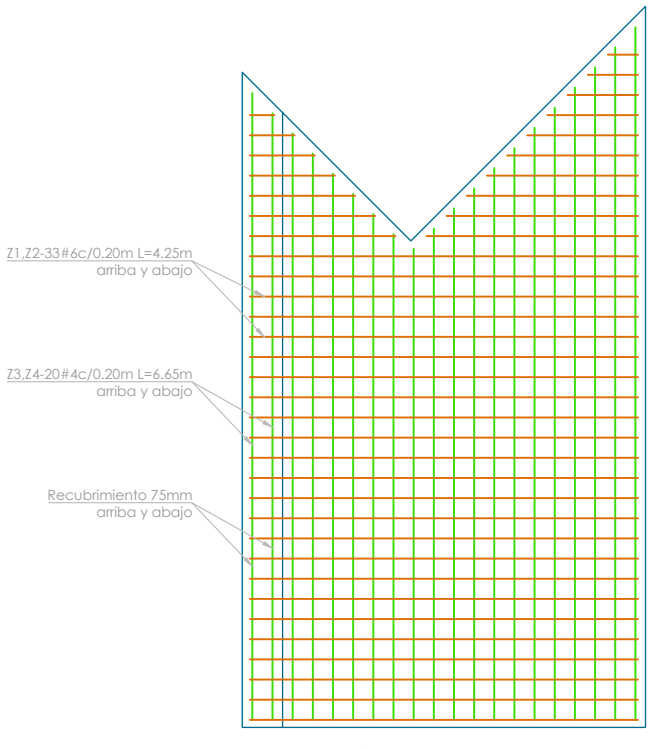
Sección Transversal Losa

Sección longitudinal Losa

GEOMETRÍA LOSA CIMENTACIÓN GAVIONES
PUENTE GUATOQUE - SANTA SOFIA



Despiece refuerzo Losa



Despiece, planta Losa

CONSORCIO PEB-JI	Proyecto:	Puente sobre QUEBRADA GUATOQUE	Preparo	Ing. JRZ	VHG
	Asunto:	INSPECCION OCULAR	Revisó:	Ing. VHG	

DIAGNOSTICO Y EJECUCIÓN DE OBRAS DE EMERGENCIA PARA MITIGAR EL RIESGO DE DAÑO Y/O COLAPSO DE PUENTES UBICADOS EN EL DEPARTAMENTO POR LA AFECTACIÓN CAUSADA POR EFECTO DE LA OLA INVERNAL, DECLARADA EN VIRTUD DEL DECRETO DE CALAMIDAD PUBLICA NO. 0522 DE 24 DE MAYO DE 2025

INFORME INSPECCION OCULAR

INF._VHG_PEB-JI_INSP. PTE Q. Guatoque_v0.0

SUPERVISOR TECNICO

VICTOR A. HERNANDEZ G.
Ingeniero Civil _ U de C
Especialista Estructuras_ ECI

23 de septiembre de 2025

CONSORCIO PEB-JI	Proyecto:	Puente sobre QUEBRADA GUATOQUE	Preparo:	Ing. JRZ	VHG
	Asunto:	INSPECCION OCULAR	Revisó:	Ing. VHG	

DIAGNOSTICO Y EJECUCIÓN DE OBRAS DE EMERGENCIA PARA MITIGAR EL RIESGO DE DAÑO Y/O COLAPSO DE PUENTES UBICADOS EN EL DEPARTAMENTO POR LA AFECTACIÓN CAUSADA POR EFECTO DE LA OLA INVERNAL, DECLARADA EN VIRTUD DEL DECRETO DE CALAMIDAD PUBLICA NO. 0522 DE 24 DE MAYO DE 2025

INFORME INSPECCION OCULAR

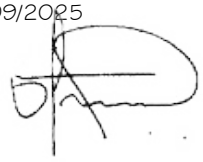
INF._VHG_PEB-JI_INSP. PTE Q. Guatoque_v0.0

ORIGINAL

23 de septiembre de 2025

Version 0

Vigente desde: 23/09/2025

Elaboro Ing. Jorge Rojas Z. **Fecha:** 21/09/2025 **Firma:** **Cargo:** Ingeniero Civil_U de C Coordinador Estudios	**Reviso:** Ing. Victor A. Hernandez G. **Fecha:** 22/09/2025 **Firma:**  **Cargo:** Ingeniero Civil_U de C Especialista Estructuras_ECI	**Aprobó:** **Fecha:** **Firma:** **Cargo:**

PROYECTO:

DIAGNOSTICO Y EJECUCIÓN DE OBRAS DE EMERGENCIA PARA MITIGAR EL RIESGO DE DAÑO Y/O COLAPSO DE PUENTES UBICADOS EN EL DEPARTAMENTO POR LA AFECTACIÓN CAUSADA POR EFECTO DE LA OLA INVERNAL, DECLARADA EN VIRTUD DEL DECRETO DE CALAMIDAD PUBLICA NO. 0522 DE 24 DE MAYO DE 2025

Contratista	CONSORCIO PEB-JI
Contrato No.	CO1.PCCNTR.8186181/2833
Asunto:	Inspección ocular que permita contrastar la información previamente obtenida mediante la inspección visual realizada por la Secretaría de Infraestructura Pública de la Gobernación de Boyacá, a través de la observación directa en sitio de los daños físicos visibles —tales como grietas, fisuras, fracturas, entre otros— presentes en los componentes estructurales de la superestructura y la subestructura de los puentes y pontones.
Objeto:	A partir de la inspección ocular se obtendrá un diagnóstico preliminar, orientado a formular el tipo de soluciones que deberán implementarse en el marco de obras de mitigación. Dicho diagnóstico permitirá, previo a un análisis posterior de soluciones e intervenciones más detalladas —las cuales deberán ajustarse a las exigencias normativas vigentes y no hacen parte del objetivo de este estudio—, minimizar los riesgos de colapso de los puentes y pontones ocasionados por las cargas inherentes a la naturaleza del servicio que prestan las estructuras, así como por factores ambientales e hidrológicos.
Puente / Pontón:	Puente sobre QUEBRADA GUATOQUE
Documento Referencia:	Ficha técnica FIV-PTE GUATOQUE STA SOFIA - Secretaría de Infraestructura Pública de la Gobernación de Boyacá
Descripción	Pontón de luz única L = 5.30 m y tablero B = 5.80 m está compuesto por tres vigas y placa de concreto para paso vehicular. En subestructura se identifican estribos y aletas de mampostería (piedra pegada con pañete). Existe presencia localizada de afectación biológica (hongos y material orgánico) en la superficie del pañete. La zona de apoyo en base y estribos presenta acumulación de rocas y material suelto que interrumpe el cauce; sin embargo, no se detecta socavación visible en las bases de estribos ni aletas en la inspección visual actual.

Estado:

Superestructura:

Placa de piso: Se encuentra en buenas condiciones generales. No se identifican juntas de expansión en los accesos ni en las salidas.

Elementos de protección lateral: No existe bordillo ni baranda en uno de los costados. La baranda existente en el costado opuesto presenta estado regular y requiere actividades de mantenimiento.

Vigas: Se observan manifestaciones de hormigueo y presencia de oquedades en el concreto, con exposición localizada del refuerzo en algunos sectores.







Pte QUEBRADA GUATOQUE. Tablero de piso en buenas condiciones, sin juntas de dilatación y con bordillo y baranda en un solo costado. Vigas con afectación por hormigueos y oquedades, se observa exposición acero refuerzo

Estado:

Subestructura:

Estribos y aletas: Se encuentran en estado regular, con presencia de afectación superficial por material biológico (hongos y moho). Se observa una grieta con apertura aproximada de 10 cm, la cual se inicia en la viga externa de uno de los estribos y se proyecta hasta la aleta, comprometiéndola en toda su extensión. Por su forma y trayectoria, esta fisura corresponde a fallas típicas por tensión diagonal (agotamiento por corte), lo que compromete la estabilidad global de la estructura.

Base y fundación: No se evidencian procesos de socavación ni otros indicios de fallas incipientes en la zona de apoyo. Sin embargo, debido al desgaste observado en el recubrimiento de las superficies expuestas, se recomienda ejecutar labores de mantenimiento.

Cauce: No se observa solera definida ni puede evaluarse adecuadamente el estado del fondo, dado que la presencia de rocas y material suelto dificulta la circulación y continuidad del cauce de la quebrada.



Sección transversal pontón, se observa obstrucción cauce por acumulación piedras y material suelto. Afectación por agrietamiento que inicia en apoyo de viga en estribo y se proyecta a la aleta. No se observan afectaciones o socavación a nivel de base

Intervenciones Posibles:	☑ **Reparación estructural prioritaria:** Se debe atender de manera inmediata la grieta presente en el estribo y la aleta. Para ello, será necesario realizar la reconstrucción total de la aleta afectada y la reparación localizada del estribo, incluyendo la zona de apoyo en contacto con la viga. Adicionalmente, se recomienda retirar los pañetes deteriorados en las superficies expuestas de estribos y aletas y proceder a su reemplazo con materiales de características equivalentes o superiores. ☑ **Rehabilitación de elementos de protección:** Instalar barandas y bordillos en ambos costados del tablero conforme a normativa vigente, y efectuar mantenimiento de la baranda existente. ☑ **Tratamiento de deterioros en vigas**: Ejecutar reparación de concreto mediante limpieza, pasivación de refuerzo expuesto, reposición de recubrimiento y sellado de oquedades para prevenir corrosión. ☑ **Mantenimiento preventivo en fundación:** Rehabilitar superficies desgastadas con morteros de reparación y protección superficial. ☑ **Control biológico**: Retirar material orgánico (hongos y moho) en estribos y aletas, y aplicar tratamientos de protección en el recubrimiento. ☑ **Manejo hidráulico**: Evaluar el cauce para definir obras de encauzamiento o limpieza que mejoren la circulación de caudales y eviten socavaciones futuras.
Inspecciones e investigaciones	☑ Levantamiento Topográfico en detalle ☑ Revisión hidrológica / hidráulica: caracterizar caudal de diseño, avenidas máximas históricas y posible reorganización del cauce que permita evitar erosión local.
Conclusiones	Revisada la ficha técnica de referencia, se encuentra concordancia entre las recomendaciones allí consignadas y las observaciones efectuadas en la presente inspección. En conjunto, ambos insumos conforman el plan de acciones a implementar para la atención, mitigación y rehabilitación de la estructura del Puente GUATOQUE - STA SOFIA

CONSORCIO PEB-JI	Proyecto:	Puente GUATOQUE STA SOFIA	Preparo	Ing. JRZ	VHG
	Asunto:	Análisis y Diseño SOLERA	Revisó:	Ing. VHG	

DIAGNOSTICO Y EJECUCIÓN DE OBRAS DE EMERGENCIA PARA MITIGAR EL RIESGO DE DAÑO Y/O COLAPSO DE PUENTES UBICADOS EN EL DEPARTAMENTO POR LA AFECTACIÓN CAUSADA POR EFECTO DE LA OLA INVERNAL, DECLARADA EN VIRTUD DEL DECRETO DE CALAMIDAD PUBLICA NO. 0522 DE 24 DE MAYO DE 2025

INFORME INSPECCION OCULAR

VHG-MT_Pte GUATOQUE- SOLERA_v0

SUPERVISOR TECNICO

VICTOR A. HERNANDEZ G.

Ingeniero Civil _ U de C

Especialista Estructuras_ ECI

22 de noviembre de 2025

CONSORCIO PEB-JI	Proyecto:	Puente GUATOQUE STA SOFIA	Preparo:	Ing. JRZ	VHG
	Asunto:	Análisis y Diseño SOLERA	Revisó:	Ing. VHG	

DIAGNOSTICO Y EJECUCIÓN DE OBRAS DE EMERGENCIA PARA MITIGAR EL RIESGO DE DAÑO Y/O COLAPSO DE PUENTES UBICADOS EN EL DEPARTAMENTO POR LA AFECTACIÓN CAUSADA POR EFECTO DE LA OLA INVERNAL, DECLARADA EN VIRTUD DEL DECRETO DE CALAMIDAD PUBLICA NO. 0522 DE 24 DE MAYO DE 2025

INFORME INSPECCION OCULAR

VHG-MT_Pte GUATOQUE- SOLERA_v0

ORIGINAL

22 de noviembre de 2025

Version 0

Vigente desde: 22/11/2025

Elaboro Ing. Jorge Rojas Z. **Fecha:** 20/11/2025 **Firma:** **Cargo:** Ingeniero Civil_U de C Coordinador Estudios	**Reviso:** Ing. Victor A. Hernandez G. **Fecha:** 21/11/2025 **Firma:** **Cargo:** Ingeniero Civil_U de C Especialista Estructuras_ECI	**Aprobó:** **Fecha:** **Firma:** **Cargo:**

CONSORCIO PEB-JI	Puente GUATOQUE STA SOFIA Análisis y Diseño SOLERA VHG-MT_Pte GUATOQUE- SOLERA_v0	
	Fecha: 22/11/2025	Versión 0,0

1) OBJETIVO

Análisis, calculo y diseño estructural de Solera y Dentellones de conformidad con las recomendaciones del estudio hidrológico PteGuatoque_HHS_InformeTecnico915_v1_13nov2025 (2).,la que además reemplazara la actualmente en sitio y que se observa con alto desgaste y deterioro. El elemento diseñado deberá proveer al Pontón de protección contra la erosión y socavación, servir de estabilización del lecho del cauce o rio, servir de base para una mejor distribución de las cargas de todo el conjunto del pontón, y servir de control de la energía producida por el flujo de agua.



Interior de la estructura del Pontón GUATOQUE

2.) DOCUMENTOS REFERENCIA

Ficha técnica de inspección por Gcion de BOYACA: FIV-PUENTE GUATOQUE SANTA SOFIA

Ficha técnica de inspección por Consorcio PEB - JI: INF._VHG-PEB-JI_INSP. PTE Guatoque Sta Sofia_v0.0

Informe Suelos: Suelos ES2504_2_21102025

Informe Hidrología: PteGuatoque_HHS_InformeTecnico915_v1_13nov2025 (2)

3.) NORMAS

Código de puentes - CCP14

AASHTO LRFD 2020

4) DATOS PUENTE -Solera / Cargas

W=	5250	mm
L=	9000	mm
t=	400	mm
hw=	2000	mm
γ_w=	9,8	kN/m3

4.1) Cargas

4.1.1) Carga permanente

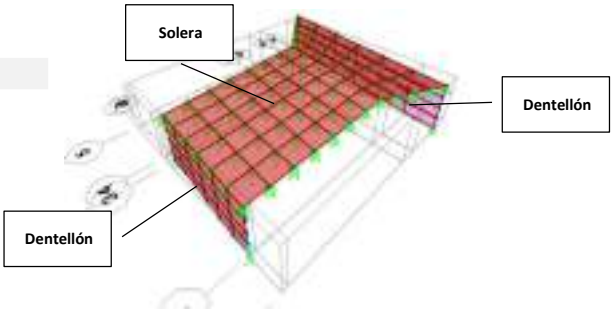
DC= 9,60 kN/m2

WA_S= 19,6 kN/m2

WA_D= 0,80 kN/m2 Fza Cortante de socavación

5) Análisis SAP2000 v24.2.0

5.1) Modelo Matemático



Sap2000 - Modelo Matemático

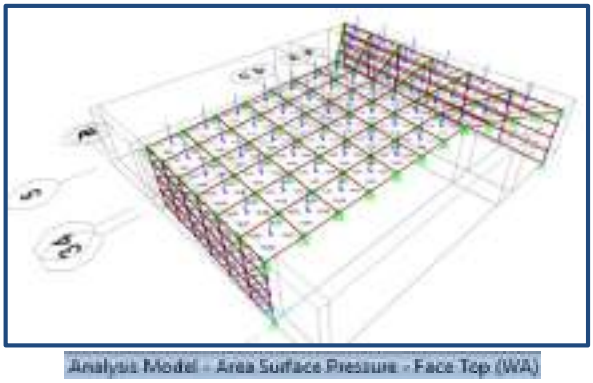


Sao2000 - Elementos tipo Shell: Solera / Dentellones



Sap2000 - f'c Sap2000 - Ks

Nota: Modulo de reacción suelo, Ks, se asume correlacionado con sadm= 1.10kg/cm^2 (se anexa tabla)

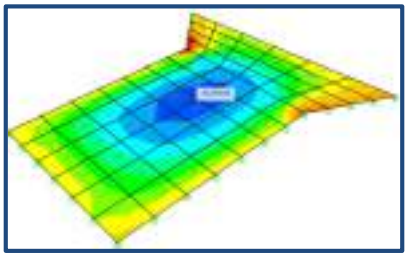


Sap2000: Cargas presión (WA)

Nota: Sobre la solera se aplico una presión de agua (WA) correspondiente a una lamina de 2.0m. A los dentellones se les aplico una presión cortante de socavación de 800 N/m2, tomada del numeral 8.2 en el estudio hidrológico

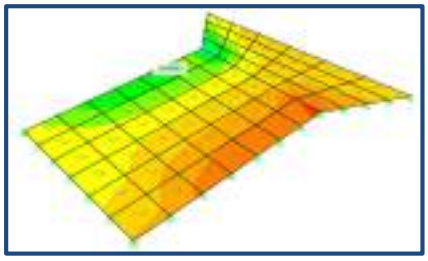
5.2) Resultado Análisis

5.2.1) Solera



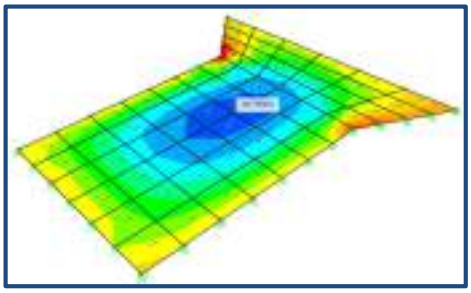
Resultant M22 Diagram (1.25DC + WA)

Mu_{22}= 42,24 kN-m/ml



Resultant V23 Diagram (1.25DC + WA)

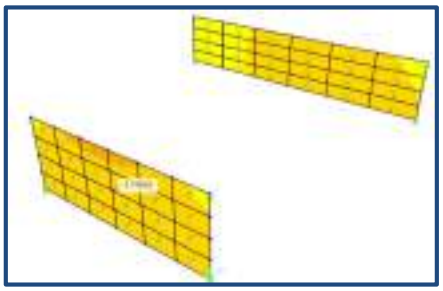
Vu_{23}= 36,005 kN-m/ml



Resultant M22 Diagram (DC + WA)

Mu_{22}= 38,75 kN-m/ml

5.2.2) Dentellones



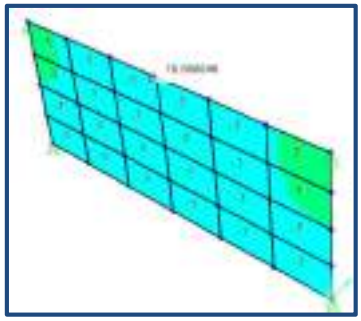
Resultant M11 Diagram (1.25DC + WA)

Mu_{11}= 5,18 kN-m/ml



Resultant M11 Diagram (DC + WA)

Mu_{11}= 4,36 kN-m/ml



Resultant V13 Diagram (DC + WA)

Vu_{13}= 10,07 kN-m/ml

6) DISEÑO

6.1 SOLERA

6.1.1 FLEXION

b= 1000 mm r= 75 mm

H= 400 mm d= 325 mm

f'c= 28 **Ec= 0,043 $r^{1,5}(f'c)^{0,5}$=** 25.098,01 Mpa

fy= 420 **Es=** 200.000,00 Mpa η= 7,97

Mu - Estado limite resistencia

$\eta_D\eta_R\eta_I$= 1,0

Mu= η(1,25DC + 1.0WA)= 42,24 **kN-m/ml**

ρ= 0,001068 As= ρ b d = 3,5 cm^2/m 2,74 No 4 ==> 37 cm

6.1.1.1) Control Fisuración

$$s \le \frac{123000\,\gamma_e}{\beta s\, fss} - 2dc$$

Exposición, Clase I ==> γ_e= 1,0

dc= r+ ϕb / 2 = r= 75 mm **dc=** 82 mm

$$\beta s = 1 + \frac{dc}{0{,}7(h - dc)} = 1{,}37$$

Ms= (M_{DC} + M_{WA})= 38,75 kN-m/ml

$$\frac{X^2}{2} = \eta As(d - X) \Rightarrow X^2 + 2\eta\, As\, X - 2\eta\, As\, d = 0$$

X^2 + 0,01 X - 0,00 = 0 **X=** 0,04

$$Ie = \frac{X^3}{3} + \eta As(d - X)^2 = 0{,}00038\ m^4$$

$$fss = \frac{\eta Ms(d - X)}{Ie} = 252\ Mpa$$

$$s \le \frac{123000\,\gamma_e}{\beta s\, fss} - 2dc = 193\ mm$$ **NC, S diseño > S**

Nota: en planos y por criterio se utiliza No.4 y con separación de 20cm c/c, lo que corresponde a una separación similar a 19,3cm c/c

También se debe cumplir:

1,5 ϕb= 19,1 mm **oK, S diseño > S**

Dag= 3/4 " 1,5 Dag= 2,86 mm **oK, S diseño > S**

38mm < Diseño **oK, S diseño > S**

6.1.1.2) Armadura por retracción de fraguado y temperatura

$$Ast \geq \frac{750bh}{2(b+h)fy} \; ; \; \frac{mm^2}{m}$$

b= 9000 mm

h= 400 mm

Ast= 3,42 cm^2

4,80 No 3 ==> 21 cm

2,34cm2 < Ast ≤ 12,78cm2 **CUMPLE**

No3@21cm c/c

6.1.2 CORTANTE

Vu= η(DC + WA)= 38,75 **kN-m/ml**

Vu - Estado Servicio

ΦVc= 0,75 $f'c^{1/2}$ bw d /6 = 214,967 **kN-m/ml** **oK, ΦVc > Vu**

6.2 DENTELLON

6.2.1 FLEXION

b= 1000 mm r= 75 mm

t= 300 mm d= 225 mm

f'c= 28 $Ec = 0{,}043\ r^{1{,}5}(f'c)^{0{,}5}$ = 25.098,01 Mpa

fy= 420 Es= 200.000,00 Mpa

η= 7,97

Mu - Estado limite resistencia

$\eta_D\eta_R\eta_I$= 1,0

Mu= η(1,25DC + 1.0WA)= 5,18 kN-m/ml

ρ= 0,000271 3 As= ρ b d = 0,6 cm^2/m 0,48 No 4 ==> 208 cm

6.2.1.1 Control Fisuración

$$s \le \frac{123000\,\gamma_e}{\beta s\, fss} - 2dc$$

Exposición, Clase I ==> γ_e= 1,0

dc= r+ ϕb / 2 = r= 75 mm **dc=** 82 mm

βs= $1 + \frac{dc}{0{,}7(h - dc)}$ = 1,54

Ms= (M_{DC} + M_{WA})= 4,36 kN-m/ml

$\frac{X^2}{2} = \eta As(d - X) \Rightarrow$ $X^2 + 2\eta\, As\, X - 2\eta\, As\, d = 0$

$X^2 + 0{,}00\ X - 0{,}00 = 0$ **X=** 0,01

Ie= $\frac{X^3}{3} + \eta As(d - X)^2$ = 0,00004 m^4

fss= $\frac{\eta Ms(d - X)}{Ie}$ = 244 Mpa

$s \le \frac{123000\,\gamma_e}{\beta s\, fss} - 2dc$ = 164 mm **NC, S diseño > S**

Nota: en planos y por criterio se utiliza No.4 y con separación de 20cm c/c, lo que corresponde a una separación similar a 19,3cm c/c

También se debe cumplir:

1,5 ϕb= 19,1 mm **oK, S diseño > S**

Dag= 3/4 " 1,5 Dag= 2,86 mm **oK, S diseño > S**

38mm < Diseño **oK, S diseño > S**

6.2.1.2 Armadura por retracción de fraguado y temperatura

$$Ast \geq \frac{750bh}{2(b+h)fy} ; \frac{mm^2}{m}$$

b= 7000 mm

h= 300 mm

Ast= 2,57 cm^2

3,60 No 3 ==> 28 cm

2,34cm2 < Ast ≤ 12,78cm2 CUMPLE No3@28cm c/c

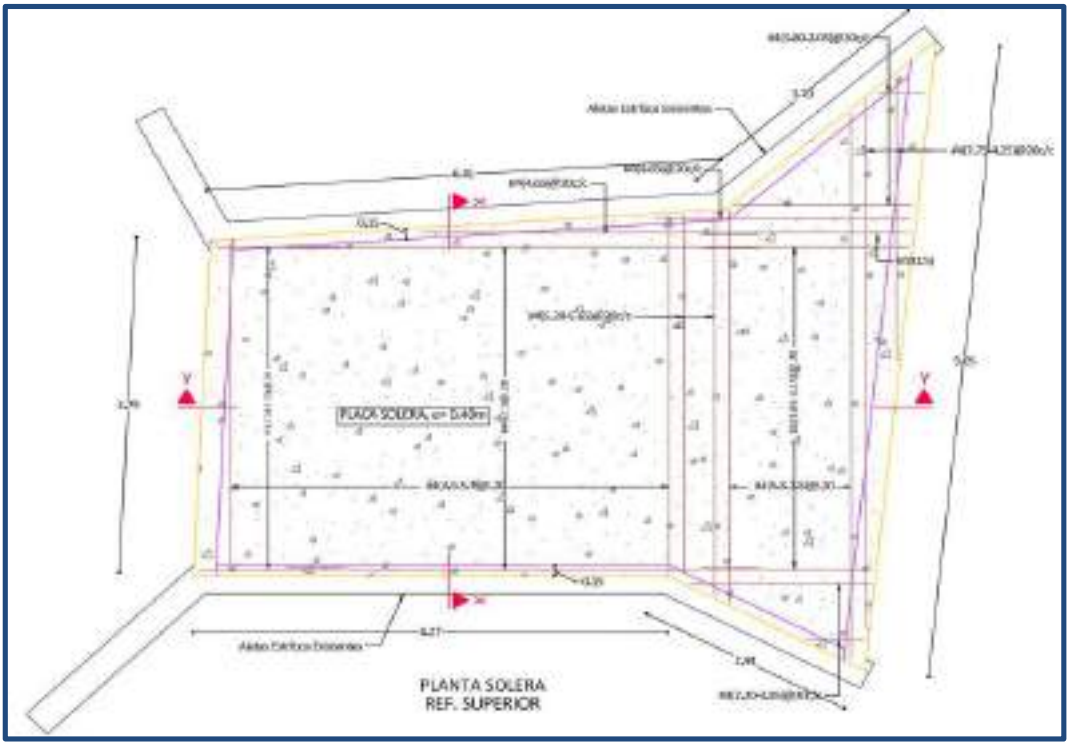
6.2.2 CORTANTE

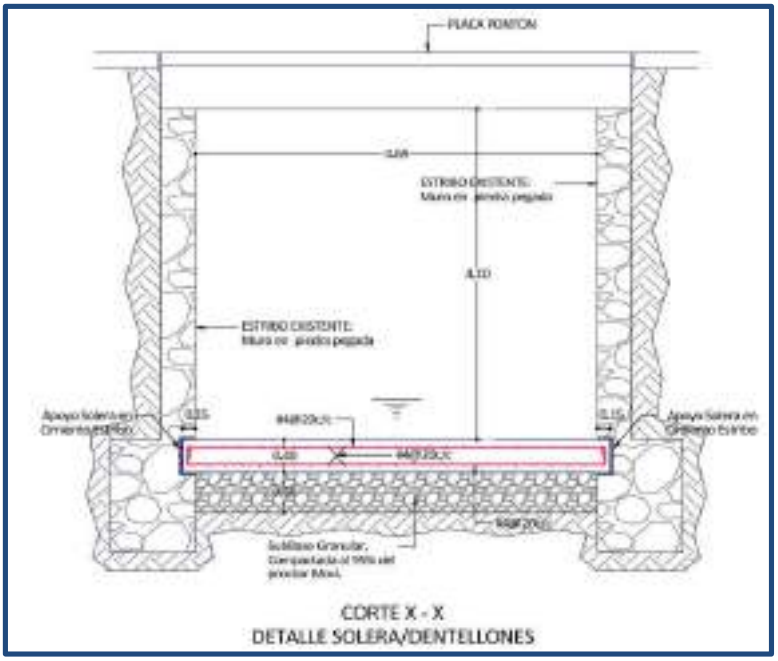
Vu= η(DC + WA)= 10,07 kN-m/ml

Vu - Estado Servicio

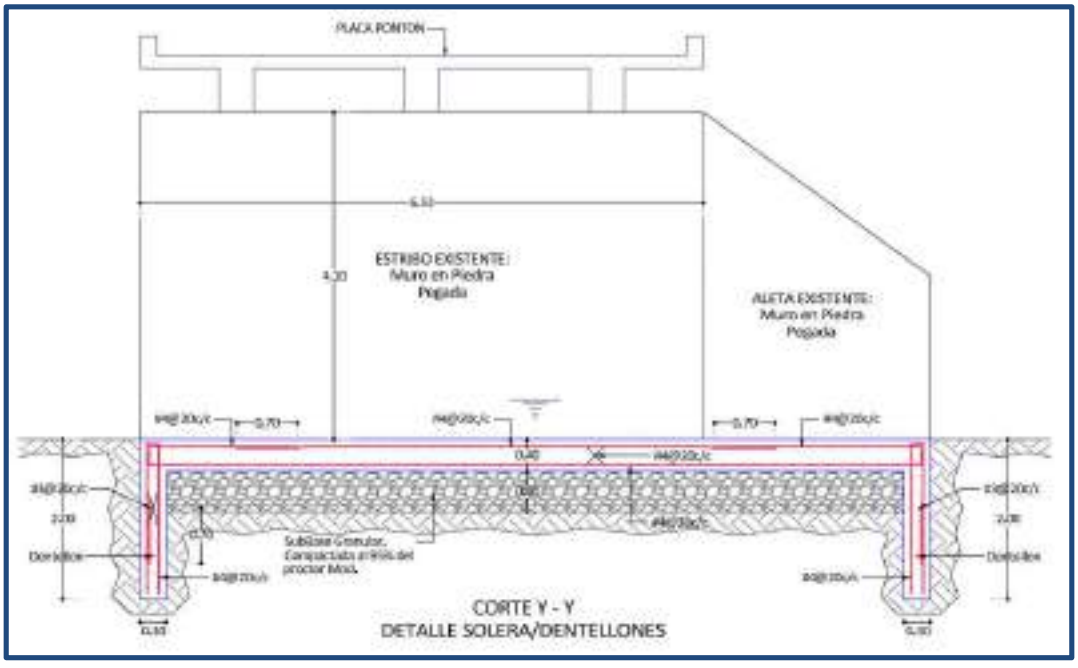
ΦVc= 0,75 $f'c^{1/2}$ bw d /6 = 148,8 kN-m/ml oK, ΦVc > Vu

6.3 DETALLES DISEÑO





CORTE X - X
DETALLE SOLERA/DENTELLONES



CORTE Y - Y
DETALLE SOLERA/DENTELLONES

CONSORCIO PEB-JI	Proyecto:	Puente GUATOQUE STA SOFIA	Preparo	Ing. JRZ	VHG
	Asunto:	Análisis y Diseño SOLERA	Revisó:	Ing. VHG	

DIAGNOSTICO Y EJECUCIÓN DE OBRAS DE EMERGENCIA PARA MITIGAR EL RIESGO DE DAÑO Y/O COLAPSO DE PUENTES UBICADOS EN EL DEPARTAMENTO POR LA AFECTACIÓN CAUSADA POR EFECTO DE LA OLA INVERNAL, DECLARADA EN VIRTUD DEL DECRETO DE CALAMIDAD PUBLICA NO. 0522 DE 24 DE MAYO DE 2025

INFORME INSPECCION OCULAR

VHG-MT_Pte GUATOQUE- SOLERA_v0

SUPERVISOR TECNICO

VICTOR A. HERNANDEZ G.

Ingeniero Civil _ U de C

Especialista Estructuras_ ECI

22 de noviembre de 2025

CONSORCIO PEB-JI	Proyecto:	Puente GUATOQUE STA SOFIA	Preparo:	Ing. JRZ	VHG
	Asunto:	Análisis y Diseño SOLERA	Revisó:	Ing. VHG	

DIAGNOSTICO Y EJECUCIÓN DE OBRAS DE EMERGENCIA PARA MITIGAR EL RIESGO DE DAÑO Y/O COLAPSO DE PUENTES UBICADOS EN EL DEPARTAMENTO POR LA AFECTACIÓN CAUSADA POR EFECTO DE LA OLA INVERNAL, DECLARADA EN VIRTUD DEL DECRETO DE CALAMIDAD PUBLICA NO. 0522 DE 24 DE MAYO DE 2025

INFORME INSPECCION OCULAR

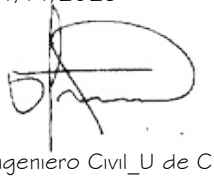
VHG-MT_Pte GUATOQUE- SOLERA_v0

ORIGINAL

22 de noviembre de 2025

Version 0

Vigente desde: 22/11/2025

Elaboro Ing. Jorge Rojas Z. **Fecha:** 20/11/2025 **Firma:** **Cargo:** Ingeniero Civil_U de C Coordinador Estudios	**Reviso:** Ing. Victor A. Hernandez G. **Fecha:** 21/11/2025 **Firma:**  **Cargo:** Ingeniero Civil_U de C Especialista Estructuras_ECI	**Aprobó:** **Fecha:** **Firma:** **Cargo:**

CONSORCIO PEB-JI	Puente GUATOQUE STA SOFIA Análisis y Diseño SOLERA VHG-MT_Pte GUATOQUE- SOLERA_v0	
	Fecha: 22/11/2025	Versión 0,0

1) OBJETIVO

Análisis, calculo y diseño estructural de Solera y Dentellones de conformidad con las recomendaciones del estudio hidrológico PteGuatoque_HHS_InformeTecnico915_v1_13nov2025 (2).,la que además reemplazara la actualmente en sitio y que se observa con alto desgaste y deterioro. El elemento diseñado deberá proveer al Pontón de protección contra la erosión y socavación, servir de estabilización del lecho del cauce o rio, servir de base para una mejor distribución de las cargas de todo el conjunto del pontón, y servir de control de la energía producida por el flujo de agua.



Interior de la estructura del Pontón GUATOQUE

2.) DOCUMENTOS REFERENCIA

Ficha técnica de inspección por Gcion de BOYACA: FIV-PUENTE GUATOQUE SANTA SOFIA

Ficha técnica de inspección por Consorcio PEB - JI: INF._VHG-PEB-JI_INSP. PTE Guatoque Sta Sofia_v0.0

Informe Suelos: Suelos ES2504_2_21102025

Informe Hidrología: PteGuatoque_HHS_InformeTecnico915_v1_13nov2025 (2)

3.) NORMAS

Código de puentes - CCP14

AASHTO LRFD 2020

4) DATOS PUENTE -Solera / Cargas

W=	5250	mm
L=	9000	mm
t=	400	mm
hw=	2000	mm
γ_w=	9,8	kN/m3

4.1) Cargas

4.1.1) Carga permanente

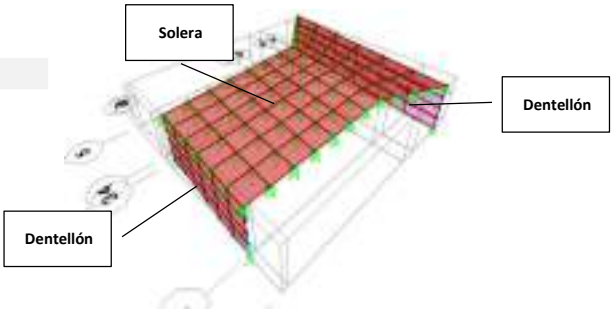
DC= 9,60 kN/m2

WA_S= 19,6 kN/m2

WA_D= 0,80 kN/m2 Fza Cortante de socavación

5) Análisis SAP2000 v24.2.0

5.1) Modelo Matemático



Sap2000 - Modelo Matemático

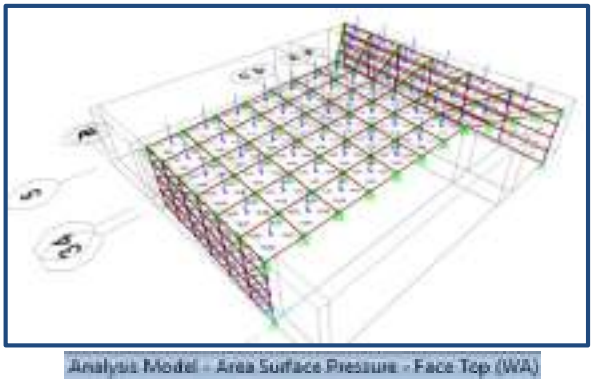


Sao2000 - Elementos tipo Shell: Solera / Dentellones



Sap2000 - f'c Sap2000 - Ks

Nota: Modulo de reacción suelo, Ks, se asume correlacionado con sadm= 1.10kg/cm^2 (se anexa tabla)

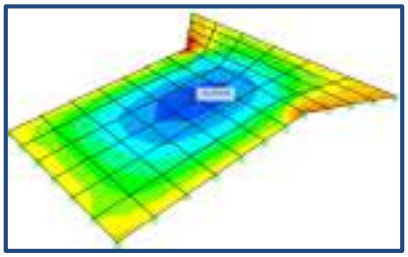


Sap2000: Cargas presión (WA)

Nota: Sobre la solera se aplico una presión de agua (WA) correspondiente a una lamina de 2.0m. A los dentellones se les aplico una presión cortante de socavación de 800 N/m2, tomada del numeral 8.2 en el estudio hidrológico

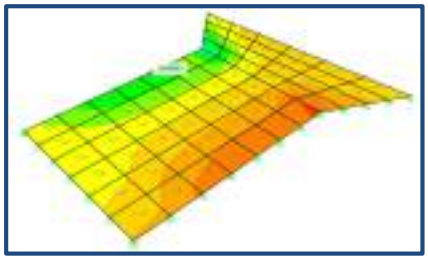
5.2) Resultado Análisis

5.2.1) Solera



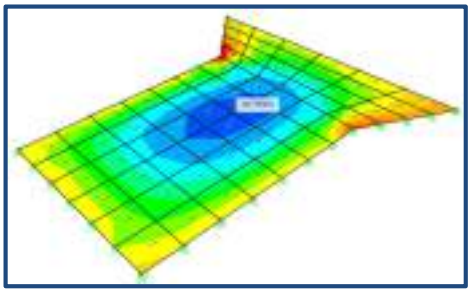
Resultant M22 Diagram (1.25DC + WA)

Mu_{22}= 42,24 kN-m/ml



Resultant V23 Diagram (1.25DC + WA)

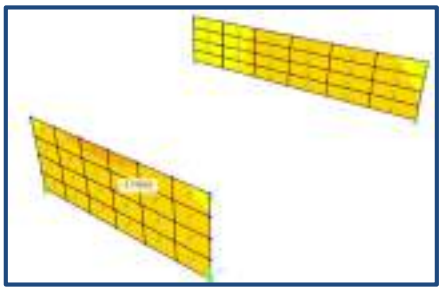
Vu_{23}= 36,005 kN-m/ml



Resultant M22 Diagram (DC + WA)

Mu_{22}= 38,75 kN-m/ml

5.2.2) Dentellones



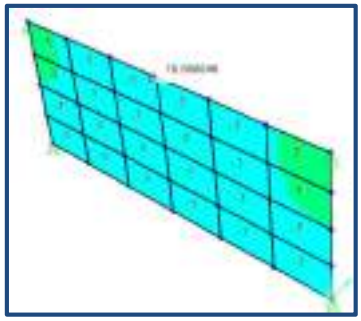
Resultant M11 Diagram (1.25DC + WA)

Mu_{11}= 5,18 kN-m/ml



Resultant M11 Diagram (DC + WA)

Mu_{11}= 4,36 kN-m/ml



Resultant V13 Diagram (DC + WA)

Vu_{13}= 10,07 kN-m/ml

6) DISEÑO

6.1 SOLERA

6.1.1 FLEXION

b= 1000 mm r= 75 mm

H= 400 mm d= 325 mm

f'c= 28 **Ec= 0,043 $r^{1,5}(f'c)^{0,5}$=** 25.098,01 Mpa

fy= 420 **Es=** 200.000,00 Mpa η= 7,97

Mu - Estado limite resistencia

$\eta_D\eta_R\eta_I$= 1,0

Mu= η(1,25DC + 1.0WA)= 42,24 **kN-m/ml**

ρ= 0,001068 As= ρ b d = 3,5 cm^2/m 2,74 No 4 ==> 37 cm

6.1.1.1) Control Fisuración

$$s \le \frac{123000\,\gamma_e}{\beta s\, fss} - 2dc$$

Exposición, Clase I ==> γ_e= 1,0

dc= r+ ϕb / 2 = r= 75 mm **dc=** 82 mm

$$\beta s = 1 + \frac{dc}{0{,}7(h - dc)} = 1{,}37$$

Ms= (M_{DC} + M_{WA})= 38,75 kN-m/ml

$$\frac{X^2}{2} = \eta As(d - X) \Rightarrow X^2 + 2\eta\, As\, X - 2\eta\, As\, d = 0$$

X^2 + 0,01 X - 0,00 = 0 **X=** 0,04

$$Ie = \frac{X^3}{3} + \eta As(d - X)^2 = 0{,}00038\ m^4$$

$$fss = \frac{\eta Ms(d - X)}{Ie} = 252\ Mpa$$

$$s \le \frac{123000\,\gamma_e}{\beta s\, fss} - 2dc = 193\ mm$$ **NC, S diseño > S**

Nota: en planos y por criterio se utiliza No.4 y con separación de 20cm c/c, lo que corresponde a una separación similar a 19,3cm c/c

También se debe cumplir:

1,5 ϕb= 19,1 mm **oK, S diseño > S**

Dag= 3/4 " 1,5 Dag= 2,86 mm **oK, S diseño > S**

38mm < Diseño **oK, S diseño > S**

6.1.1.2) Armadura por retracción de fraguado y temperatura

$$Ast \geq \frac{750bh}{2(b+h)fy} \; ; \; \frac{mm^2}{m}$$

b= 9000 mm

h= 400 mm

Ast= 3,42 cm^2

4,80 No 3 ==> 21 cm

2,34cm2 < Ast ≤ 12,78cm2 **CUMPLE**

No3@21cm c/c

6.1.2 CORTANTE

Vu= η(DC + WA)= 38,75 **kN-m/ml**

Vu - Estado Servicio

ΦVc= 0,75 $f'c^{1/2}$ bw d /6 = 214,967 **kN-m/ml** **oK, ΦVc > Vu**

6.2 DENTELLON

6.2.1 FLEXION

b= 1000 mm r= 75 mm

t= 300 mm d= 225 mm

f'c= 28 $Ec = 0{,}043\ r^{1{,}5}(f'c)^{0{,}5}$ = 25.098,01 Mpa

fy= 420 Es= 200.000,00 Mpa

η= 7,97

Mu - Estado limite resistencia

$\eta_D\eta_R\eta_I$= 1,0

Mu= η(1,25DC + 1.0WA)= 5,18 kN-m/ml

ρ= 0,000271 3 As= ρ b d = 0,6 cm^2/m 0,48 No 4 ==> 208 cm

6.2.1.1 Control Fisuración

$$s \le \frac{123000\,\gamma_e}{\beta s\, fss} - 2dc$$

Exposición, Clase I ==> γ_e= 1,0

dc= r+ ϕb / 2 = r= 75 mm **dc=** 82 mm

βs= $1 + \frac{dc}{0{,}7(h - dc)}$ = 1,54

Ms= (M_{DC} + M_{WA})= 4,36 kN-m/ml

$\frac{X^2}{2} = \eta As(d - X) \Rightarrow$ $X^2 + 2\eta\, As\, X - 2\eta\, As\, d = 0$

$X^2 + 0{,}00\ X - 0{,}00 = 0$ **X=** 0,01

Ie= $\frac{X^3}{3} + \eta As(d - X)^2$ = 0,00004 m^4

fss= $\frac{\eta Ms(d - X)}{Ie}$ = 244 Mpa

$s \le \frac{123000\,\gamma_e}{\beta s\, fss} - 2dc$ = 164 mm **NC, S diseño > S**

Nota: en planos y por criterio se utiliza No.4 y con separación de 20cm c/c, lo que corresponde a una separación similar a 19,3cm c/c

También se debe cumplir:

1,5 ϕb= 19,1 mm **oK, S diseño > S**

Dag= 3/4 " 1,5 Dag= 2,86 mm **oK, S diseño > S**

38mm < Diseño **oK, S diseño > S**

6.2.1.2 Armadura por retracción de fraguado y temperatura

$$Ast \geq \frac{750bh}{2(b+h)fy} ; \frac{mm^2}{m}$$

b= 7000 mm

h= 300 mm

Ast= 2,57 cm^2

3,60 No 3 ==> 28 cm

2,34cm2 < Ast ≤ 12,78cm2 CUMPLE No3@28cm c/c

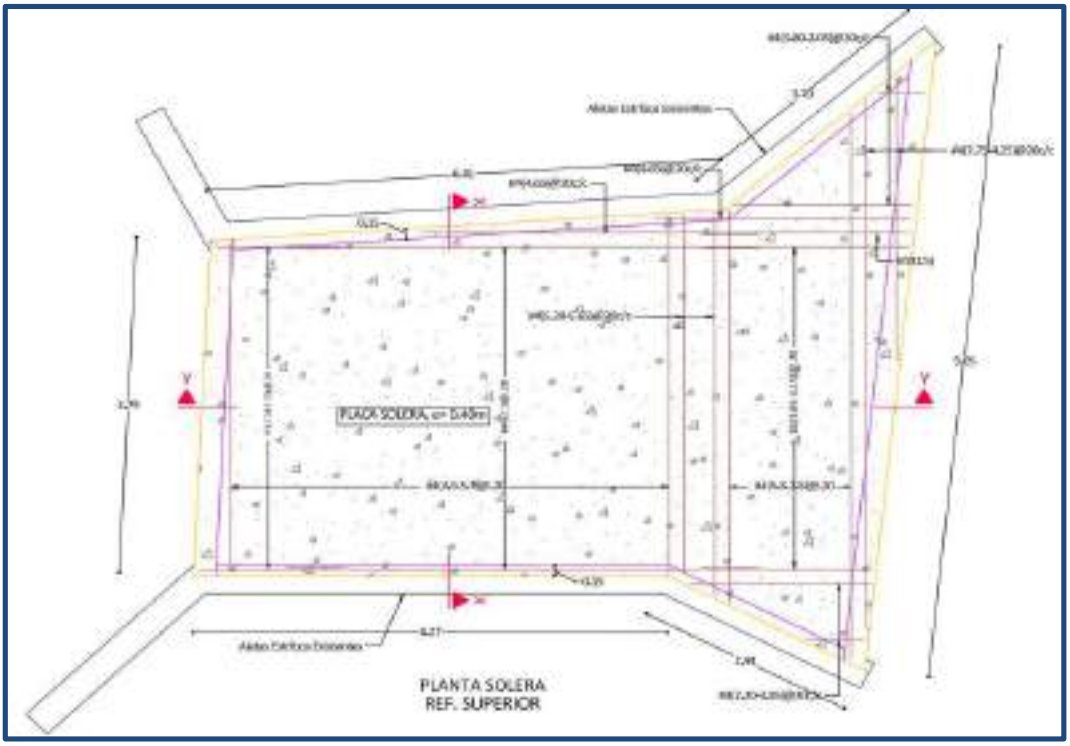
6.2.2 CORTANTE

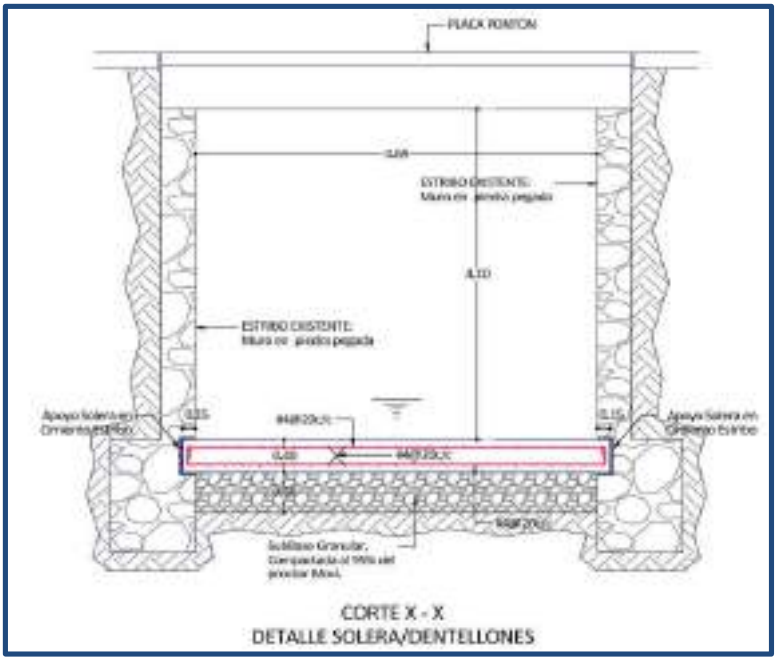
Vu= η(DC + WA)= 10,07 kN-m/ml

Vu - Estado Servicio

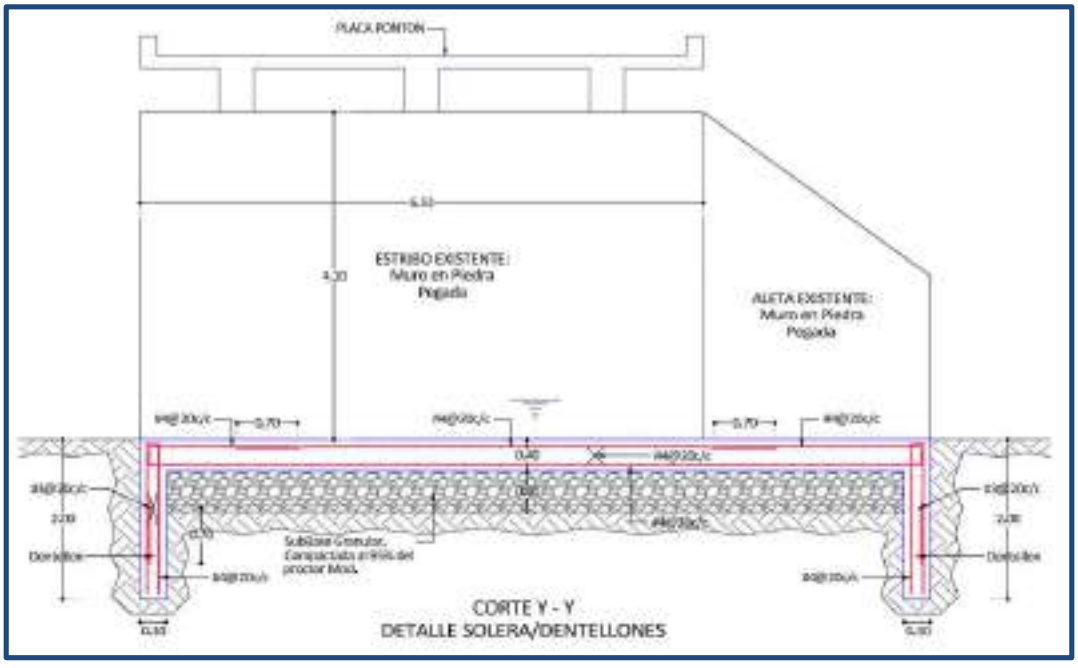
ΦVc= 0,75 $f'c^{1/2}$ bw d /6 = 148,8 kN-m/ml oK, ΦVc > Vu

6.3 DETALLES DISEÑO





CORTE X - X
DETALLE SOLERA/DENTELLONES



CORTE Y - Y
DETALLE SOLERA/DENTELLONES

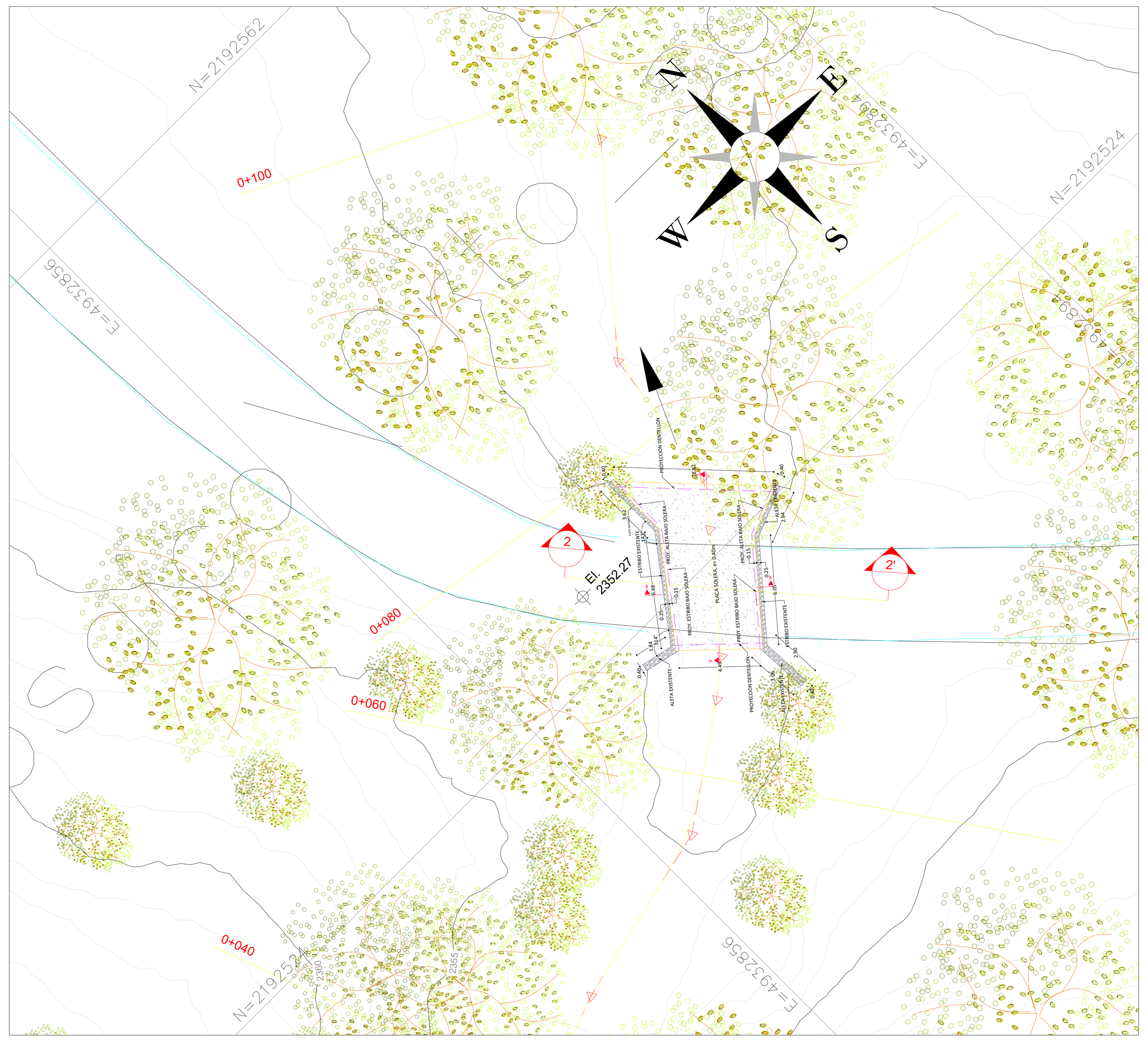
7.0 CANTIDADES OBRA

PTE GUATOQUE

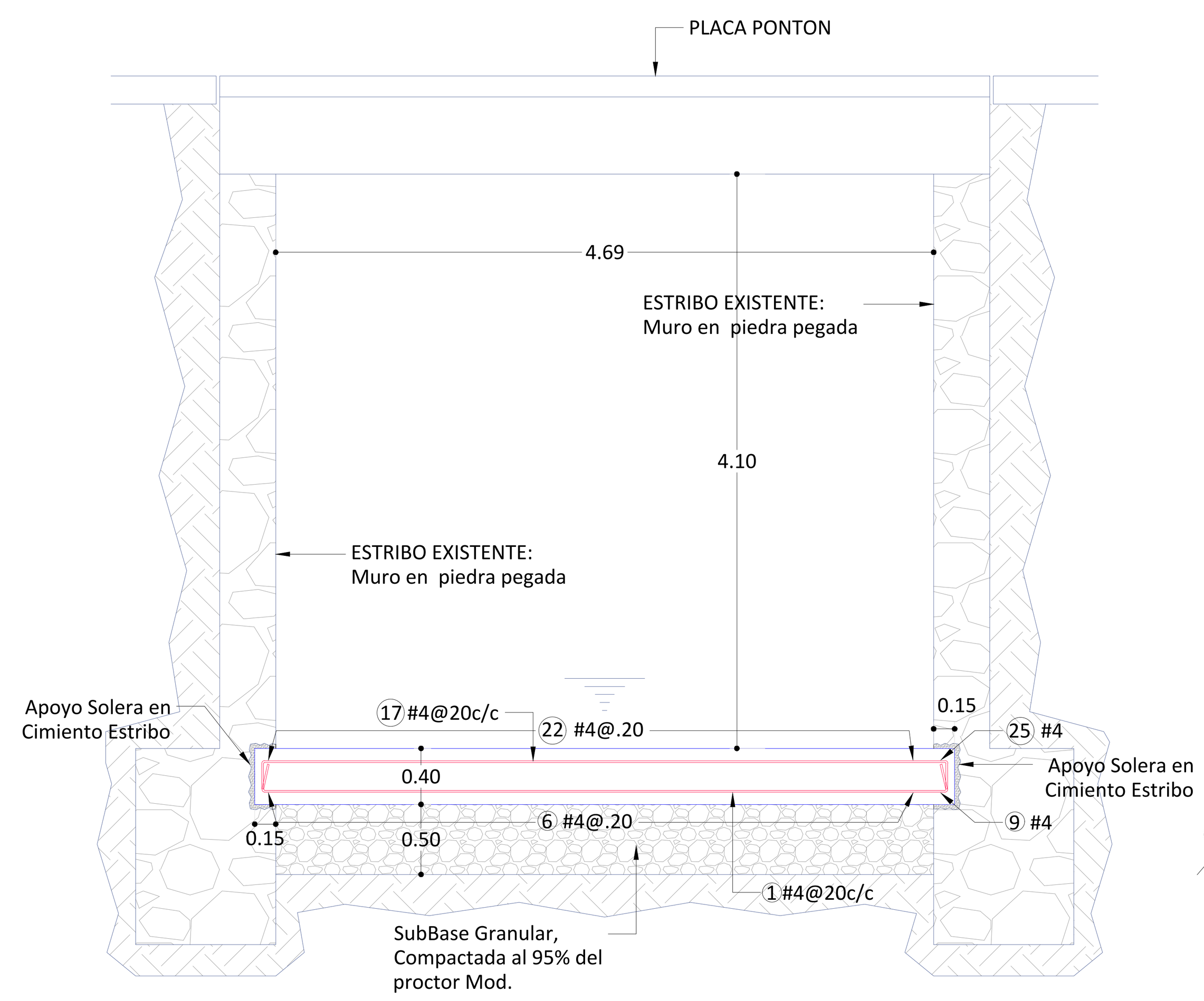
CANTIDADES DE OBRA - PLACA SOLERA

Version V0

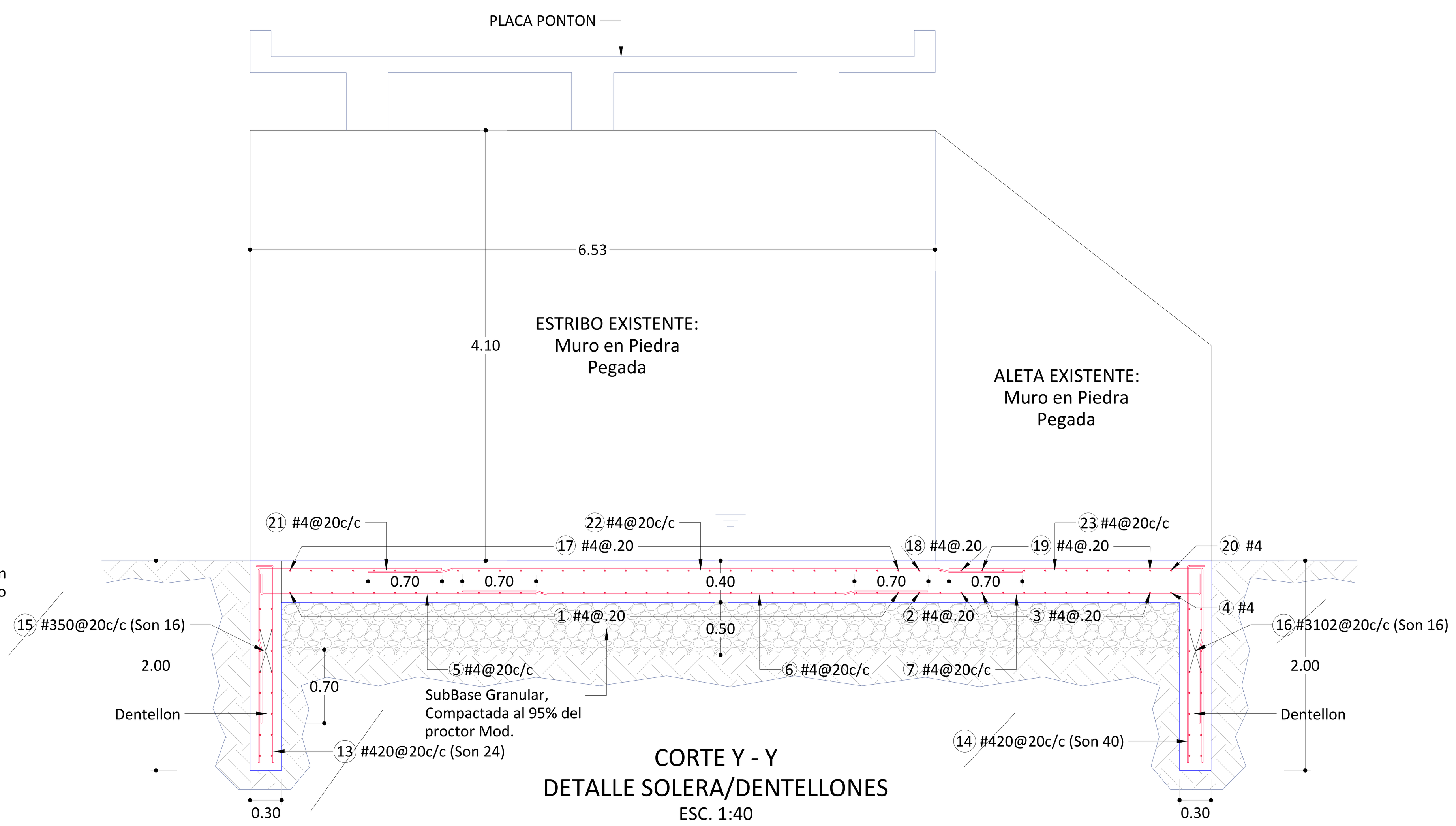
No	Cant.	Φ	kg/ml	L(m)	Peso Parcial (kg)	OBSERVACIONES
1	30	4	1,00	5,30	159,00	Long. Promedio
2	3	4	3,60	5,68	61,29	Long. Promedio
3	9	4	1,00	7,10	63,90	Long. Promedio
4	3	4	1,00	6,20	18,60	Long. Promedio
5	24	4	1,00	2,85	68,40	Long. Promedio
6	24	4	1,00	4,45	106,80	
7	24	4	1,00	3,55	85,20	Long. Promedio
8	5	4	1,00	3,95	19,75	Long. Promedio
9	1	4	1,00	3,75	3,75	
10	1	4	1,00	4,60	4,60	
11	1	4	1,00	3,80	3,80	
12	9	4	1,00	2,38	21,38	Long. Promedio
13	24	4	1,00	2,00	48,00	
14	40	4	1,00	2,00	80,00	
15	15	3	0,56	5,00	45,00	
16	16	3	0,56	10,20	91,80	
17	30	4	1,00	5,30	159,00	Long. Promedio
18	3	4	1,00	5,68	17,03	Long. Promedio
19	9	4	1,00	7,10	63,90	Long. Promedio
20	3	4	1,00	6,20	18,60	Long. Promedio
21	24	4	1,00	3,25	78,00	Long. Promedio
22	24	4	1,00	6,25	150,00	
23	24	4	1,00	3,95	94,80	Long. Promedio
24	5	4	1,00	3,28	16,38	Long. Promedio
25	1	4	1,00	4,65	4,65	
26	1	4	1,00	4,20	4,20	
27	1	4	1,00	5,10	5,10	
28	9	4	1,00	3,18	28,58	
				Peso Total (kg)	**1.520,89**	
				A(m2)=	51,44	Placa
			Concreto, f'c28 MPa	e(m)=	0,40	
				Vol.(m3)=	**20,58**	
				L(m)=	14,77	Dentellon
				a(m)=	0,30	
				b(m)	1,60	
				Vol.(m3)=	**7,09**	
				Vol Total (m3)=	**27,67**	
			Cuantia Acero (kg/m3)		**54,97**	



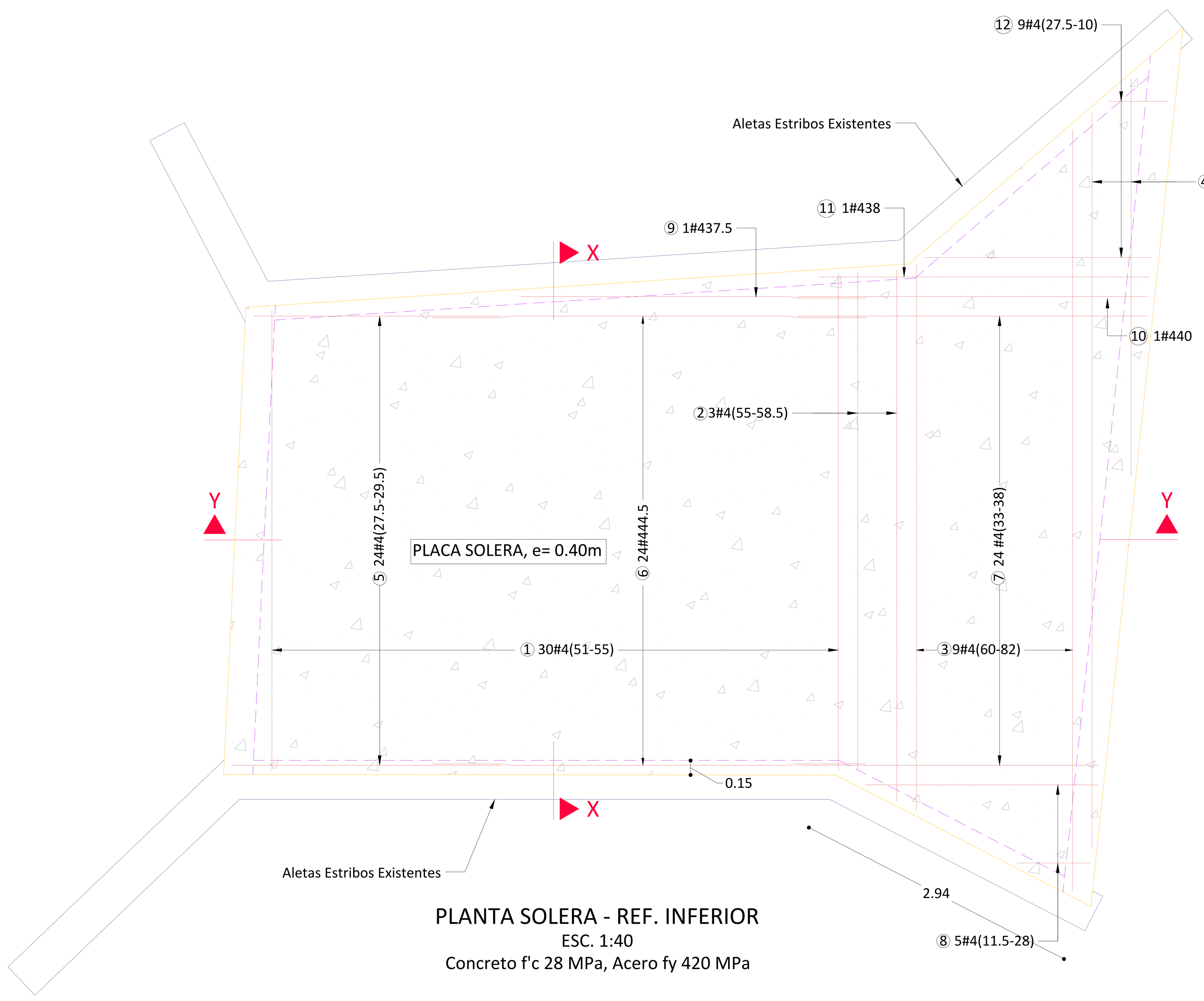
VISTA EN PLANTA
LOCALIZACION DEL PUENTE
Escala 1:250



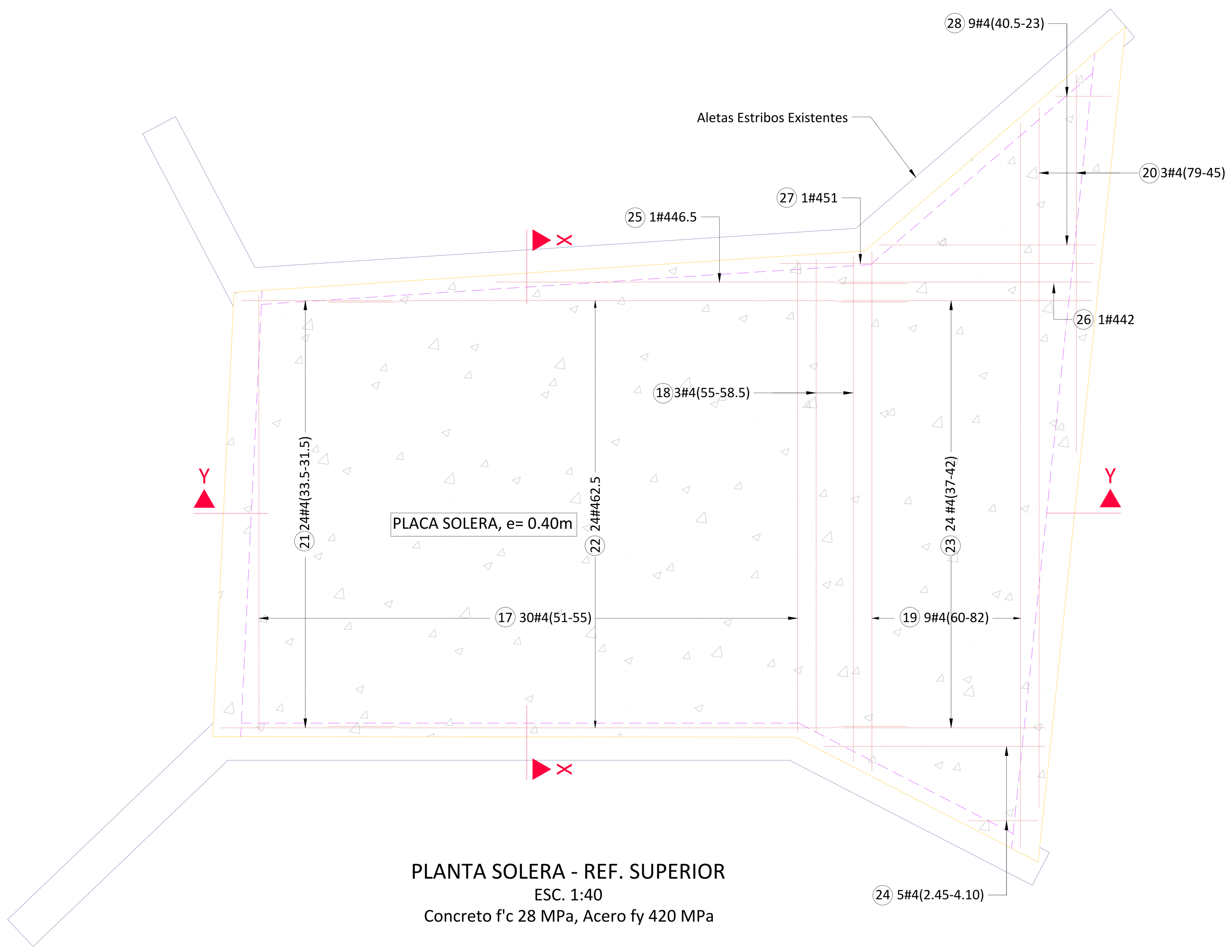
CORTE X - X
DETALLE SOLERA/DENTELLONES
ESC. 1:40
Concreto f'c 28 MPa, Acero fy 420 MPa



CORTE Y - Y
DETALLE SOLERA/DENTELLONES
ESC. 1:40
Concreto f'c 28 MPa, Acero fy 420 MPa



PLANTA SOLERA - REF. INFERIOR
ESC. 1:40
Concreto f'c 28 MPa, Acero fy 420 MPa



PLANTA SOLERA - REF. SUPERIOR
ESC. 1:40
Concreto f'c 28 MPa, Acero fy 420 MPa

Documentos Ref.:

Ficha técnica de inspección por Gcion de BOYACA: FIV-PUENTE GUATOQUE SANTA SOFIA
Ficha técnica de inspección por Consorcio PEB - JI: INF._VHG-PEB-JI_INSP. PTE Guatoque Sta Sofia_v0.0
Informe Suelos: Suelos ES2504_2_21102025
Informe Hidrología: PteGuatoque_HHS_InformeTecnico915_v1_13nov2025 (2)

GOBERNACIÓN DE BOYACÁ
ENTIDAD CONTRATANTE

CONSORCIO PEB – JI
901.977.234-8

CONSORCIO PEB - JI
CONTRATISTA DE OBRA

PROYECTO

DIAGNÓSTICO Y EJECUCIÓN DE OBRAS DE EMERGENCIA PARA MITIGAR EL RIESGO DE DAÑO Y/O COLAPSO DE PUENTES UBICADOS EN EL DEPARTAMENTO POR LA AFECTACIÓN CAUSADA POR EFECTO DE LA OLA INVERNAL, DECLARADA EN VIRTUD DEL DECRETO DE CALAMIDAD PUBLICA NO. 0522 DE 24 DE MAYO DE 2025

CONTRATO DE OBRA No. 2833 DE 2025

REVISÓ:

ING. GIOVANNI FRANCISCO LAZARO CORREA
CONSORCIO PEB-JI
Director de Obra

APROBÓ:

ING. MAIRA ALEJANDRA PICÓN GARCÍA
CONSORCIO INTER MAP-LAR
Director de Interventoría

SUPERVISÓ:

ING. OSCAR IVÁN PINZÓN SÁNCHEZ
Director de Desarrollo de Infraestructura Vial
Secretaria de Infraestructura Pública

DISEÑÓ:

VICTOR HERNANDEZ G.
M.P 132025709
Ingeniero Civil
Especialista Estructuras

FECHA

NOVIEMBRE 2025

CONTENIDO

PUENTE GUATOQUE / SANTA SOFIA
PLACA SOLERA

ESCALA

INDICADA

UBICACIÓN



MUNICIPIO DE BOYACÁ
COLOMBIA

PLANCHA 1 / 1

PROYECTO

DIAGNOSTICO Y EJECUCIÓN DE OBRAS DE EMERGENCIA PARA MITIGAR EL RIESGO DE DAÑO Y/O COLAPSO DE PUENTES UBICADOS EN EL DEPARTAMENTO POR LA AFECTACIÓN CAUSADA POR EFECTO DE LA OLA INVERNAL, DECLARADA EN VIRTUD DEL DECRETO DE CALAMIDAD PUBLICA No. 0522 de 24 de MAYO DE 2025

CONTIENE

ANALISIS, CALCULO Y DISEÑO ESTRUCTURAL
MURO CONTENCION EN VOLADIZO
Aleta Margen Izquierda, aguas abajo – Lado Moniquirá

CONSULTOR

VICTOR A. HERNANDEZ G.
Ingeniero Civil_U de C
Especialista Estructuras_ECI

Noviembre de 2025

PROYECTO
DIAGNOSTICO Y EJECUCIÓN DE OBRAS DE EMERGENCIA PARA MITIGAR EL RIESGO DE DAÑO Y/O COLAPSO DE PUENTES UBICADOS EN EL DEPARTAMENTO POR LA AFECTACIÓN CAUSADA POR EFECTO DE LA OLA INVERNAL, DECLARADA EN VIRTUD DEL DECRETO DE CALAMIDAD PUBLICA No. 0522 de 24 de MAYO DE 2025

ANALISIS, CALCULO Y DISEÑO ESTRUCTURAL
MURO CONTENCION EN VOLADIZO
Aleta Margen Izquierda, aguas abajo – Lado Moniquirá

VHG-MT_Pte GUATOQUE- MR Vol._v0

ORIGINAL

BOGOTA D.C, noviembre de 2025

VERSIÓN 0.0 Vigente desde: 09/11/2025		
Elaboró: Ing. Víctor Hernández G. Fecha: 08/11/2025	Revisó: Fecha:	Aprobó: Fecha:
Firma:	Firma:	Firma:
Cargo: Especialista en Estr...	Cargo: Especialista en Estr. Interv.	Cargo:

VHG	Proyecto: Pte GUATOQUE Sta Sofia	Calculó: Ing. vhg	Fecha: 9/11/2025	
	Asunto: Analisis, calculo y diseño estructural aleta acompañamiento	Revisó: Ing. VHG	Hoja __ de _19_	
			Ver. 0,0	

1.- OBJETO:

Análisis, calculo y diseño estructural de aleta de acompañamiento a estribo del puente.

2. -LOCALZACION:

Aleta margen izquierda aguas abajo - Lado Moniquira

3. -NORMAS DISEÑO:

CCP-14

4. -DOCUMENTOS REFERENCIA:

Ficha Técnica GEOTE V1

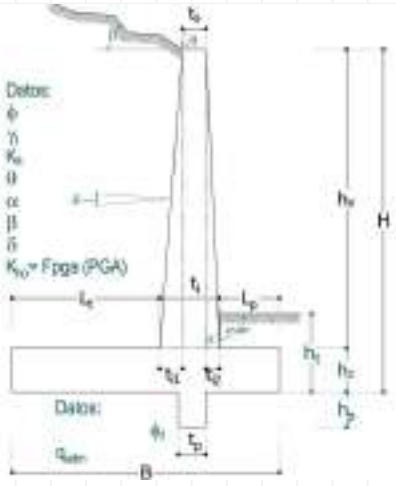
INF._VHG-PEB-JI_INSP. PTE Guatoque Sta Sofia_v0.0

5. -MATERIALES

f'c=	28,00	Mpa	w_c=	2.400	kg/m^3	**Ec**= $0.043\ k_1\ (w_c)^{1.5}\sqrt{f'c}$ =	**26.752,50 Mpa**
			k_1=	1			
fy=	420	Mpa	**E_s=**	200.000	Mpa	**N= Es / Ec=**	7,48

6 -PREDIMENSIONAMIENTO

H=	4,35	m							
hs'=	0,60	m	Tabla 3,11,6,4,-2		CCP-24		**α=**	87,71	o
θ_d=	85,91	o					**θ=**	90,00	o
B= 1/2H ~ 2/3H =				2,90	m	=>adopt.	**B=**	3,25	m
hz= 0.1H=				0,44	m	=>adopt.	**hz=**	0,60	m
t_s= H/24				0,18	m	=>adopt.	**t_s=**	0,30	m
t_i= 0.1H				0,44	m	=>adopt.	**t_i=**	0,45	m
t_{i1}= (H-hz) * Tang$^{-1}\theta$				0,27		=>adopt.	**t_{i1}=**	0,00	m
t_{i2}=				-0,01		=>adopt.	**t_{i2}=**	0,15	m
L_p= B/3				1,08	m	=>adopt.	**Lp=**	1,00	m
L_t= 2/3B				2,17	m	=>adopt.	**Lt=**	1,80	m



7.- PROPIEDADES SUELO - CALCULO K_a y K_{AE}

θ=	90,00	o
β=	10,00	o
ι=	0,00	o
ϕ=	30,00	o
ϕ_f=	31,00	o
δ=	0,00	o
γ_s=	2.000,00	kg/m^3
q_{adm}=	1,25	kg/cm^2

$$\Gamma = \left[1 + \sqrt{\frac{\operatorname{sen}(\phi+\delta)\operatorname{sen}(\phi-\beta)}{\operatorname{sen}(\theta-\delta)\operatorname{sen}(\theta+\beta)}}\right]^2 = 2{,}01$$

$$k_a = \frac{\operatorname{sen}^2(\theta+\phi)}{\Gamma\left[\operatorname{sen}^2\theta\operatorname{sen}(\theta-\delta)\right]} = 0{,}374$$

	Proyecto: Pte GUATOQUE Sta Sofia	Calculó: Ing. vhg	Fecha: 9/11/2025
VHG	Asunto: Analisis, calculo y diseño estructural aleta acompañamiento	Revisó: Ing. VHG	Hoja __ de _19_
			Ver. 0,0

Fpga = 1,1 PGA = 0,3

$\theta = \arctan\left(\frac{k_h}{1-k_v}\right) =$ **9,37** °

K_{ho}= F_{pga} (PGA) = 0,33

Kh= coef. De aceleracion htal= 0.50 K_{ho}= 0,17 num. 11.6.5.2.1 - CCP14

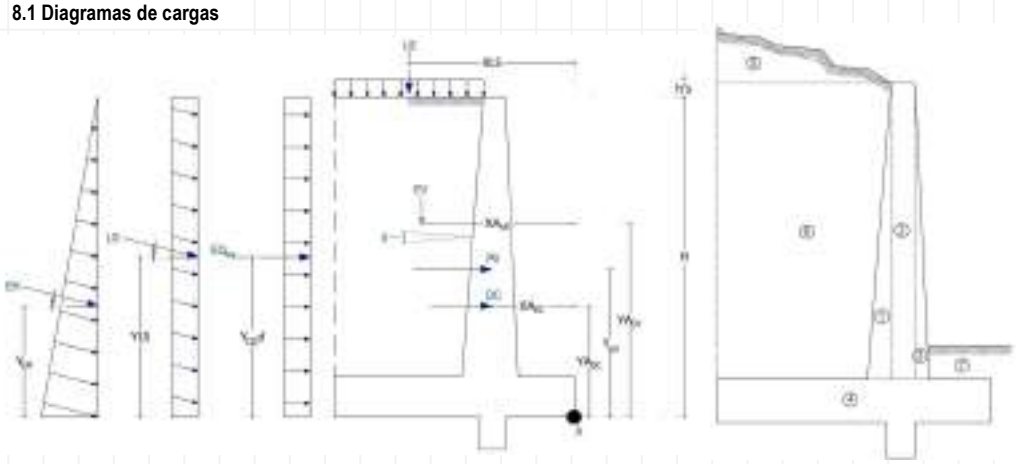
Kv= coeficiente de aceleracion vertical= 0,0 num. 11.6.5.2.2 - CCP14

Para ϕ =30° > i + v ==>> num. 11.6.5.2.3 - CCP14

$$K_{AE} = \frac{\cos^2(\phi-\theta-\beta)}{\cos\theta\cos^2\beta\cos(\delta+\beta+\theta)\left[1+\sqrt{\frac{\sin(\phi+\delta)\sin(\phi-\theta-i)}{\cos(\delta+\beta+\theta)\cos(i-\beta)}}\right]^2} = \mathbf{0,519}$$

8. -ANALISIS ESTABILIDAD

8.1 Diagramas de cargas



Identificación de Cargas **Numeración Cargas Verticales**

8.2 -PRESIONES LATERALES

Lateral del terreno, _EH_1 = 1/2*Ka γ_s H^2= **7.070,94** kg/m

Lateral sobre carga viva, _LS_1 = Ka γ_s hs'H= **1.950,60** kg/m

8.2 -PRESIONES VERTICALES

Cargas DC **TIPO** DC

Peso Propio

Elemento	Volumen	DC	X_A	Y_A	X_A . DC	Y_A . DC
	(m3)	kg/m	(m)	(m)	kg-m/m	kg-m/m
1	0,00	0,00	1,45	1,85	0,00	0,00
2	1,13	2.700,00	1,30	2,48	3.510,00	6.682,50
3	0,28	675,00	1,10	1,85	742,50	1.248,75
4	1,95	4.680,00	1,63	0,30	7.605,00	1.404,00
	Σ	**8.055,00**			**11.857,50**	**9.335,25**

XA_{DC}= $\frac{X_A DC}{\Sigma DC}$ **1,47** m YA_{DC}= $\frac{Y_A DC}{\Sigma DC}$ **1,16** m

	Proyecto: Pte GUATOQUE Sta Sofia	Calculó: Ing. vhg	Fecha: 9/11/2025
	Asunto: Analisis, calculo y diseño estructural aleta acompañamiento	Revisó: Ing. VHG	Hoja __ de _19_
			Ver. 0,0

Cargas EV (peso del Terreno)

Cargas EV **TIPO** EV

Elemento	Volumen	EV	X_A	Y_A	X_A . EV	Y_A . EV
	(m3)	kg/m	(m)	(m)	kg-m/m	kg-m/m
5	0,29	571,30	2,65	4,46	1.513,94	2.545,59
6	6,75	13.500,00	2,35	2,48	31.725,00	33.412,50
7	-0,59	-1.185,60	0,49	-0,30	-585,72	354,24
	Σ	**12.885,70**			**32.653,23**	**36.312,33**

$$XA_{EV} = \frac{X_A\,EV}{\Sigma EV} = 2{,}53 \text{ m} \qquad YA_{EV} = \frac{Y_A\,EV}{\Sigma EV} = 2{,}82 \text{ m}$$

Carga EH_{1y} **TIPO** EH

Vertical del terreno, $\_EH_{1y} = \_EH_1 \operatorname{sen} \delta$

$\_EH_{1y}$= **0,00** kg/m

XEH_{1y}= **3,25** m

Carga LS **TIPO** LS

Carga LS (sobrecarga por carga viva proyectada en talón)= hs' (Lt + _Ti1) γs

LS= **2.160,00** kg/m

XLS= **2,35** m

Carga LS_{1y} **TIPO** LS

Carga LS1y (empuje por sobrecarga por carga viva)= _LS1 seno_d

$\_LS_{1y}$= **0,00** kg/m

XLS_{1y}= **3,25** m

RESUMEN CARGAS VERTICALES				
CARGA	**TIPO**	**V (kg/m)**	**X_A (m)**	**M_V (kg-m/m)**
DC	DC	8.055,00	1,47	11.857,50
EV	EV	12.885,70	2,53	32.653,23
EH1y	EH	0,00	3,25	0,00
LS	LS	2.160,00	2,35	5.076,00
LS1y	LS	0,00	3,25	0,00
Σ		**23.100,70**		**49.586,73**

	Proyecto: Pte GUATOQUE Sta Sofia	Calculó: Ing. vhg	Fecha: 9/11/2025
	Asunto: Analisis, calculo y diseño estructural aleta acompañamiento	Revisó: Ing. VHG	Hoja __ de _19_
			Ver. 0,0

8.3 CARGAS HORIZONTALES

Carga EH_{1x} **TIPO** EH

Lateral del terreno, $\_EH_{1x} = EH_1 \cos \delta$

$\_EH_{1x}$ = **7.070,94** kg/m

YEH_{1x}= **1,45** m

Carga LS_{1x} **TIPO** LS

Carga LS_{1x} (sobrecarga por carga viva en el terreno)= $LS_1 \cos\_\delta$

$\_LS_{1x}$ = **1.950,6** kg/m

YLS_{1x}= **2,18** m

Cargas EQ (acción sísmica)

Efecto combinado de P_{AE} y P_{IR}

P_{AE} = **1/2 $K_{AE}\,\gamma_t\,H^2$=** 9.826,44 kg/m

Cargas EQ_{terr} **TIPO** EQ

Acción sísmica del terreno, EQ_{terr}

$\_EQ_{terr}$ = P_{AE} - $\_EH_1$= 2.755,5 kg/m

Y_{EQ} = 2,175 m

Cargas $0.5P_{ir}$ **TIPO** EQ

Fza inercial del estribo **(P_{ir})**

Ww+ Ws = 8.055,00 + 12.885,70 = 20.940,70 kg/m

P_{ir} = $K_h\,(W_w + W_s)$= **3.455,22** kg/m num. 11.6.5.1-1; CCP14

$$Y_{pir} = \frac{Ww\,Y_A + Ws\,Y_A}{Ww + Ws} = 2{,}18 \text{ m}$$

Max. $P_{AE} + 0.5\,P_{IR}$= 11.554,05 **11.554,05** kg/m num. 11.6.5.1; CCP14

($0.5P_{AE}$ > $\_EH1$) + P_{IR} 10.526,16

$05P_{ir}$ = **1.727,61** kN/m

RESUMEN CARGAS HORIZONTALES				
CARGA	**TIPO**	**H (kg/m)**	**Y_A (m)**	**M_H (kg-m/m)**
EH1x	EH	7.070,94	1,45	10.252,86
LS1x	LS	1.950,60	2,18	4.242,56
EQterr	EQ	2.755,50	2,18	5.993,21
0.5Pir	EQ	1.727,61	2,18	3.765,93
Σ		**13.504,65**		**24.254,56**

8.3 - ESTADOS LIMITES APLICABLE Y COMBINACIONES DE CARGAS

ESTADO LIMITE	γ_{DC}	γ_{DW}	γ_{EV}	γ_{LL+IM}	γ_{LSY}	γ_{LSX}	γ_{EH}	γ_{EQ}	γ_{WS}	γ_{BR}	$\gamma_{CR+SH+TU}$	Aplicación
Resistencia Ia	0,90	0,65	1,00	0	0	1,75	1,50	0	0	1,75	0,50	Desliz. y Vuelco
Resistencia Ib	1,25	1,50	1,35	1,75	1,75	1,75	1,50	0	0	1,75	0,50	Presiones resistencia
Resistencia IIIa	0,90	0,65	1,00	0	0	0	1,50	0	1,40	0	0,50	Desliz. y Vuelco
Resistencia IIIb	1,25	1,50	1,35	0	0	0	1,50	0	1,40	0	0,50	Presiones resistencia
Ev. Extremo I	1,00	1,00	1,00	0,50	0,50	0,50	1,00	1,00	0	0,50	0	Deslizm., Vuelco y
Servicio I	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,00	0	1,00	0	Agriet.

Cargas Verticales (Vu)

TIPO	DC			DW	EV	EH		LL+IM	LS		$\Sigma= V_U$(kg)
CARGA	DC				EV	EH1y			LS	LS1y	
Vu (kg)	**8.055**	**0**	**0**	**0**	**12.886**	**0**			**2.160**	**0**	**23.100,70**
Resistencia Ia	7.250	0	0	0	12.886	0	0	0	0	0	**20.135,20**
Resistencia Ib	10.069	0	0		17.396	0		0	3.780	0	**31.244,44**
Resistencia IIIa	7.250	0	0		12.886	0		0	0	0	**20.135,20**
Resistencia IIIb	10.069	0	0		17.396	0		0	0	0	**27.464,44**
Ev. Extremo I	8.055	0	0		12.886	0		0	1.080	0	**22.020,70**
Servicio I	8.055	0	0		12.886	0		0	2.160	0	**23.100,70**

Mto Estabilizador por cargas vert. (M_{vu})

TIPO	DC			DW	EV	EH		LL+IM	LS		$\Sigma= M_{UV}$(kg-m)
CARGA	DC				EV	EH1y			LS	LS1y	
Mvu (kg-m/m)	**11.858**	**0**	**0**	**0**	**32.653**	**0**			**5.076**	**0**	**49.586,73**
Resistencia Ia	10.672	0	0	0	32.653	0	0	0	0	0	**43.324,98**
Resistencia Ib	14.822	0	0	0	44.082	0	0	0	8.883	0	**67.786,73**
Resistencia IIIa	10.672	0	0	0	32.653	0	0	0	0	0	**43.324,98**
Resistencia IIIb	14.822	0	0	0	44.082	0	0	0	0	0	**58.903,73**
Ev. Extremo I	11.858	0	0	0	32.653	0	0	0	2.538	0	**47.048,73**
Servicio I	11.858	0	0	0	32.653	0	0	0	5.076	0	**49.586,73**

Cargas Htales (Hu)

TIPO	EH		LS	WS	BR	CR+SH+TU	EQ			$\Sigma= H_U$(kg)
CARGA	EH1x		LS1x				EQterr	0.5Pir		
Hu (kN)	**7.071**	**0**	**1.951**	**0**	**0**	**0**	**2.755**	**1.728**	**0**	**13.504,65**
Resistencia Ia	10.606	0	3.414	0	0	0	0	0	0	**14.019,97**
Resistencia Ib	10.606	0	3.414	0	0	0	0	0	0	**14.019,97**
Resistencia IIIa	10.606	0	0	0	0	0	0	0	0	**10.606,41**
Resistencia IIIb	10.606	0	0	0	0	0	0	0	0	**10.606,41**
Ev. Extremo I	7.071	0	975	0	0	0	2.755	1.728	0	**12.529,35**
Servicio I	7.071	0	1.951	0	0	0	0	0	0	**9.021,54**

Mto vuelco por cargas htales (M_{Hu})

TIPO	EH		LS	WS	BR	CR+SH+TU	EQ			Σ= M_{UH}(kg-m)
CARGA	EH1x		LS1x				EQterr	0.5Pir	0,00	
M_{Hu} (kN)	**10.253**	**0**	**4.243**	**0**	**0**	**0**	**5.993**	**3.766**	**0**	**24.254,56**
Resistencia Ia	15.379	0	7.424	0	0	0	0	0	0	**22.803,78**
Resistencia Ib	15.379	0	7.424	0	0	0	0	0	0	**22.803,78**
Resistencia IIIa	15.379	0	0	0	0	0	0	0	0	**15.379,29**
Resistencia IIIb	15.379	0	0	0	0	0	0	0	0	**15.379,29**
Ev. Extremo I	10.253	0	2.121	0	0	0	5.993	3.766	0	**22.133,28**
Servicio I	10.253	0	4.243	0	0	0	0	0	0	**14.495,43**

8.3.1 - CHEQUEO ESTABILIDAD Y ESFUERZOS

8.3.1.2 - Giro alrededor de punto "A"

Estado limite de Resistencia. Num. 11.6.3.3

Se debe mantener la resultante en la base del cimiento dentro de los dos tercios centrales (e ≤ B/3), excepto el caso de suelo rocos en el que se mantendrá en los 9/20 centrales (e ≤ 0.45B)

e_{max} ≤ B/3 **B/3=** 1,08 m

e_{max} ≤ 0,45 B **0,45B=** 1,46 m

Estado limite de Evento Extremo. Num. 11.6.5.1

Cuando γ_{EQ}= 0, se debe mantener la resultante en la base del cimiento dentro de los 2/3 centrales del cimiento para cualquier suelo (e ≤ B/3)

Cuando γ_{EQ}= 1, se debe mantener la resultante en la base del cimiento dentro de los 8/10 centrales del cimiento para cualquier suelo (e ≤ 2/5B)

Para valores de γ_{EQ} entre 0 y 1.0 interpolar linealmente entre valores especificados. Para γ_{EQ} = 0.5 , la interpolación da un limite e ≤ 11/30 B)

e_{max} = 11/30 B= 0,00 m

Estado	Vu kg/m	M_{VU} kg-m/m	M_{HU} kg-m/m	$x_o = \frac{M_{VU} - M_{HU}}{Vu}$ (m)	e = B/2 - X_0 (m)	e_{max}≤B/3 (m)	e_{max}≤0,45B (m)
Resistencia Ia	20.135,20	43.324,98	22.803,78	1,02	0,61	1,08 oK	1,46 oK
Resistencia Ib	31.244,44	67.786,73	22.803,78	1,44	0,19	1,08 oK	1,46 oK
Resistencia IIIa	20.135,20	43.324,98	15.379,29	1,39	0,24	1,08 oK	1,46 oK
Resistencia IIIb	27.464,44	58.903,73	15.379,29	1,58	0,04	1,08 oK	1,46 oK
Ev. Extremo I	22.020,70	47.048,73	22.133,28	1,13	0,49	1,08 oK	1,46 oK
Servicio I	23.100,70	49.586,73	14.495,43	1,52	0,11	1,08 oK	1,46 oK

	Proyecto: Pte GUATOQUE Sta Sofia	Calculó: Ing. vhg	Fecha: 9/11/2025
	Asunto: Analisis, calculo y diseño estructural aleta acompañamiento	Revisó: Ing. VHG	Hoja __ de _19_
			Ver. 0,0

8.3.1.3 - Deslizamiento en la base del estribo

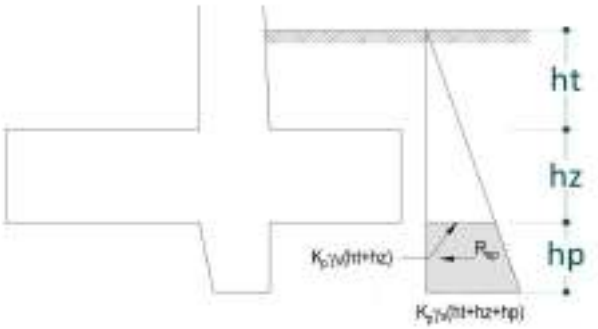
μ= tang ϕ_f = **0,601** Tabla 3.11.5.3-1- CCP14

$\phi\tau$= 1,00 estado limite de Resistencia - Tabla 11.5.7-1, CCP14

1,00 estado limite de Resistencia - Tabla 11.5.8, CCP14

Estado	Vu kg-m/m	Ff = μ ($\phi\tau$ Vu)	Actuante, Hu kg/m
Resistencia Ia	20.135,20	12.098,45	14019,97 N.C
Resistencia Ib	31.244,44	18.773,56	14019,97 oK
Resistencia IIIa	20.135,20	12.098,45	10606,41 oK
Resistencia IIIb	27.464,44	16.502,30	10606,41 oK
Ev. Extremo I	22.020,70	13.231,37	12529,35 oK
Servicio I	23.100,70	13.880,30	9021,54 oK

definir DENTELLON



ϕ_f= 31 ° ==> k_p= 8,00 Figura 3.11.5.4 y 3.11.5.4.-1 - CP14

θ= 90 ° **Kp= R k_p=** 3,57

δ= 0 ° ==> **R=** 0,45 Figura 3.11.5.4 y 3.11.5.4.-1 - CP14

δ/ϕ_f= 0,00

Rep= $\frac{Hu - Ff}{\phi_{ep}}$ ϕ_{ep}= 0,50 Tabla 10.5.5.2.2-1 R_{ep}= 3.843,04 kg/m

h_t= 0,00 m

$R_{ep} = K_p \gamma_s h_p [(2(ht+hz) + hp] /2$

$\frac{2Rep}{K_p \gamma_s}$ = 1,08 m2 ==> $hp^2 + 2 (hz + ht) hp - 2Rep / Kp \gamma_s = 0$ ==> **hp=** 0,60 m

8.3.1.4 - presiones en la base del estribo

ϕ_{br}= 0,55 Tabla 11.5.7.1-1, CCP14

ϕ_{be}= 1,00 num. 11.5.8, CCP14

FS= 3,00

1) Estado limite de resistencia

$q_r = \phi_{br}\, q_n$

$q_r = \phi_{br}$ (FS q_{adm})= **2,06** kg/cm^2

2) Estado limite de evento extremo

$q_{re} = \phi_{be}\, q_n$

$q_{re} = \phi_{be}$ (FS q_{adm})= **3,75** kg/cm^2

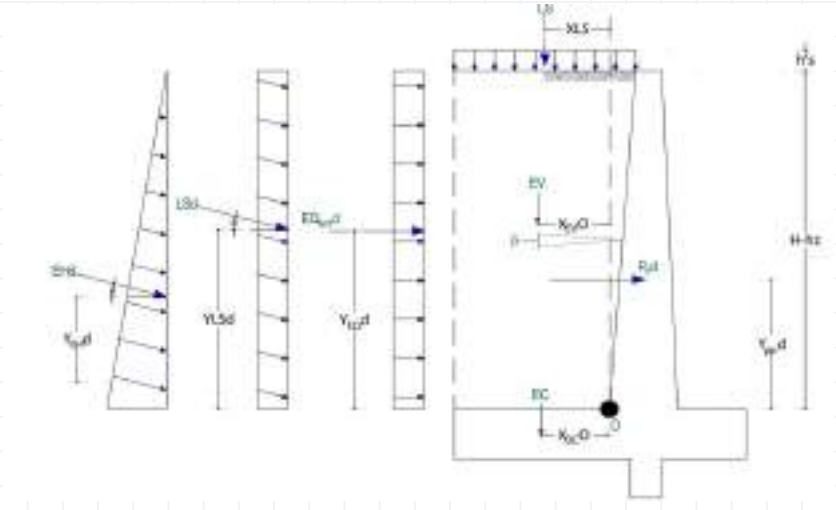
3) Estado limite de servicio

q_{adm}= **1,25** kg/cm^2

Estado	Vu	M_{VU}	M_{HU}	$x_o = \frac{M_{VU} - M_{HU}}{Vu}$	e = B/2 - X_0	$q = \frac{Vu}{B - 2e}$
	kg/m	kg-m/m	kg-m/m	(m)	(m)	kg/cm^2
Resistencia Ia	20.135,20	43.324,98	22.803,78	1,02	0,61	0,99 => oK q < qr
Resistencia Ib	31.244,44	67.786,73	22.803,78	1,44	0,19	1,09 => oK q < qr
Resistencia IIIa	20.135,20	43.324,98	15.379,29	1,39	0,24	0,73 => oK q < qr
Resistencia IIIb	27.464,44	58.903,73	15.379,29	1,58	0,04	0,87 => oK q < qr
Ev. Extremo I	22.020,70	47.048,73	22.133,28	1,13	0,49	0,97 => oK q < qre
Servicio	23.100,70	49.586,73	14.495,43	1,52	0,11	0,76 => oK q < qadm

9.0 -DISEÑO

9.1 -DIAGRAMA CARGAS



	Proyecto: Pte GUATOQUE Sta Sofia	Calculó: Ing. vhg	Fecha: 9/11/2025
	Asunto: Analisis, calculo y diseño estructural aleta acompañamiento	Revisó: Ing. VHG	Hoja __ de _19_
			Ver. 0,0

9.2 -CARGAS HORIZONTALES

Carga LS_xd **TIPO** **LS** Carga LS_{1x} (sobrecarga por carga viva en el terreno)= $LS_1 \cos\delta$

Lateral sobre carga viva, $\mathbf{LS_Xd} = Ka\ \gamma_s\ hs'(H\text{-}hz)\ \cos\_d=$

$LS_xd=$	**1.681,6**	kg/m
$YLS_xd=$	**1,88**	m
$MLS_xd=$	**3.152,92**	kg-m/m

Carga $EHxd$ **TIPO** **EH**

Lateral del terreno, $\mathbf{EH_xd} = 1/2\ Ka\ \gamma_s\ (H\text{-}hz)^2 \cos\_d$

EH_xd =	**5.254,86**	kg/m
YEHd=1/3(H-hz)	**1,25**	m
$MEH_xd=$	**6.568,58**	kg-m/m

Cargas EQ (acción sísmica)

Efecto combinado de P_{AE} y P_{IR}

$P_{AE}d = 1/2\ K_{AE}\ \gamma_t\ (H\text{-}hz)^2=$

$P_{AE}d$ = 7.302,65 kg/m

Cargas $EQ_{terr}d$ **TIPO** **EQ**

Acción sísmica del terreno, **EQterrd**

$EQ_{terr}d$ =	PAE d - EH_{xd}=	**2.047,79**	kg/m
$Y_{EQ}d$ =	1/2*(H-hz)	**1,88**	m
$M_{EQterr}d=$		**3.839,60**	kg-m/m

Cargas $0.5P_{ir}d$ **TIPO** **EQ**

Fza inercial del estribo **(P_{ir})**

Elemento	Volumen	Ww	X_{Aw}	Y_{Aw}	X_{Aw} . Ww	Y_{Aw} . Ww
	(m3)	kg/m	(m)	(m)	kg-m/m	kg-m/m
1	0,00	0,00	1,45	1,25	0,00	0,00
2	1,13	2.700,00	1,30	1,88	3.510,00	6.682,50
3	0,28	675,00	1,10	1,25	742,50	1.248,75
	Σ	**3.375,00**			**4.252,50**	**7.931,25**

$$\mathbf{Y_{pir}d=}\ \frac{\Sigma Y_A w\ Ww}{\Sigma Ww}\quad \mathbf{2,35}\quad \mathbf{m}$$

$P_{ir}d$ = $K_h W_w$= **556,88** kg/m sin incluir masa suelo sobre el talón, num. 11.6.5.1 - CCP14

Max. $P_{AE}d + 0.5\ P_{IR}d$= 7.581,08 | $(05P_{AE}d > EHxd) + P_{IR}d$= 5.811,74 → **7.581,08** kg/m num. 11.6.5.1; CCP14

$05P_{ir}d$ = **278,44** kN/m

$M_{05Pir}d$= 05Pird*Yaw **654,33** kg-m/m

9.3 -CALCULO DEL ACERO

9.3.1 - DISEÑO PANTALLA

9.3.1.1 - Flexión

9.3.1.1.1 - Acero para flexión

Mtos por cargas htales (M_H)

TIPO	EH	LS	EQ		Σ= M_{UH}(kg-m)
CARGA	MEHxd=	MLSxd=	MEQterrd=	M05Pird=	
M_{Hu} (kg-m/ml)	6.568,58	3.152,92	3.839,60	654,33	14.215,42
Resistencia Ia	9.852,86	5.517,60	0,00	0,00	15.370,47
Resistencia Ib	9.852,86	5.517,60	0,00	0,00	15.370,47
Resistencia IIIa	9.852,86	0,00	0,00	0,00	9.852,86
Resistencia IIIb	9.852,86	0,00	0,00	0,00	9.852,86
Ev. Extremo I	6.568,58	1.576,46	3.839,60	654,33	12.638,96
Servicio	6.568,58	3.152,92	0,00	0,00	9.721,49

M_U= 150,63 kN-m/m

Mmin

La cantidad de acero proporcionado debe ser capaz de resistir el menor de Mcr y 1.33Mu

1.33Mu= 200,34 kN-m/m

Mcr= 1.1 f_r S **S=** $bh^2/6$ = 3,38E+07 mm^3 **_fr=** 0.63 $(f'c)^{\wedge 1/2}$= 3,33 Mpa

Mcr= 123,8 kN-m/m

min(1.33Mu, Mcr)= 123,76 kN-m/m

Mu_m= 150,63 kN-m/m

r= 5,00 cm tabla 5.12.3-1, CCP14

barra ref. No. 5 **r_m** al centro del acero= 5,79 cm

$d_m = t_{inf} - r_m$= 39,21 cm

ϕ_m= 0,9 según 11.5.8 de CCP14 ==>> ρ_a= 0,0026548

As/s (Ast)= 10,41 cm2/m s_m= 0,190 m c/c **USAR No 5 19 cm c/c**

9.3.1.1.2 - Acero de temperatura

espesor promedio pantalla, **tpm**= $(t_s + t_i)/2$= **375** mm

altura de pantalla, **hm**=(H-hz)= **3.750** mm

$$A_s \geq \frac{0.75bh}{2(b+h)f_y}$$ = 0,304 mm2/mm

$0.233 \leq A_s \leq 1.27$ **Astm oK**

s_{max}: 3tpm= 1,13 m **USAR No 3 23,4 cm c/c**

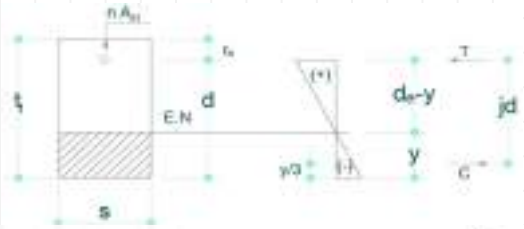
0,45 m

No 3 s_{tm}= 0,23 m

9.3.1.1.3 - Revisión fisuración

Ms= $M_{LS} + M_{EH} + M_{MR}$ = 95,27 kN-m/m s_m Ms= 1,81E+07 N-mm

n Ast= n π ϕ_{bm}^2 / 4 14,80 cm^2



$$s_0\frac{y^2}{2} = nA_{st}(d-y);\ =>\ Y = \quad 7,07\ cm \quad \wedge \quad jd = d - \frac{Y}{3} = \quad 368,49\ mm$$

$$f_{ss} = \frac{M_s}{(jd)A_{st}} = \quad 248,39\ Mpa \quad \le 0.6Fy \quad f_{ss} = \quad 248\ Mpa$$

$$\beta_c = 1 + \frac{d_c}{0.7(h-d_c)} \quad = \quad 1,21$$

Exposición= Clase 2 ==>> γ_e = 0,75

$$s \le \frac{123000\gamma_e}{\beta_c f_{ss}} - 2d_c \quad = \quad 190,77\ mm \quad \textbf{oK, sf} \quad \text{CCP14, ec. 5.7.3.4-1}$$

9.3.1.2 -Revisión por cortante

Cargas Htales (Hh)

TIPO	EH	LS	EQ		Σ= Hh(kg/m)
CARGA	EHxd	LSxd	EQterr d	0.5Pird	
M_{Hu} (kg/ml)	**5.254,86**	**1.681,56**	**2.047,79**	**278,44**	**9.262,64**
Resistencia Ia	7.882,29	2.942,72	0,00	0,00	**10.825,01**
Resistencia Ib	7.882,29	2.942,72	0,00	0,00	**10.825,01**
Resistencia IIIa	7.882,29	0,00	0,00	0,00	**7.882,29**
Resistencia IIIb	7.882,29	0,00	0,00	0,00	**7.882,29**
Ev. Extremo I	5.254,86	840,78	2.047,79	278,44	**8.421,86**
Servicio	5.254,86	1.681,56	0,00	0,00	**6.936,42**

V_{Um}= 106,09 kN/m

Vr= ϕ Vn ϕ_{vm}= 0,90 **Vn** ==> min Vn= Vc + Vs + Vp ; Vn= 0.25f'c bv dv + Vp

bvm= 1.000 mm

dm= 392,1 mm

$$a = \frac{As\,fy}{0.85\,f'_c\,b} = \quad 18,37\ mm$$

dv= 10*dm - a/2= 382,88 mm num. 5.8.2.9 - CCP14

max 0.9d= 352,86 mm ; 0.72ti= 324,00 mm 352,86 ==> **dvm=** 382,88 mm

calculo de β: aplica procedimiento gral 5.8.3.4.2-CCP14

$$\beta = \frac{4.8}{(1+750\varepsilon_x)}\frac{51}{(39+s_{xe})}$$ num. 5.8.3.4.2 - CCP14

V_{Um}= 106,09 kN/m Vum dv= 40,618 kN-m/m

M_U= 150,63 kN-m/m cumple num.5.8.3.4.2-CCP14 **Ok, Mu > Vudv**

$$\varepsilon_x = \frac{\frac{|M_u|}{d_v} + |V_u|}{E_s A_s}$$ = 0,00240 num. 5.8.3.4.2-4, CCP14

$$S_{xe} = s_x \frac{1.38}{a_g + 0.63}$$ num. 5.8.3.4.2-5, CCP14

s_x = dv = 382,88 mm

a_g= tamaño max agregado= 3/4 pulg

s_{xe}= 382,88 $300mm \le S_{xe} \le 2000mm$ **oK**

β_o= 1,62 ==>> $Vc = 0.083\beta\sqrt{f'c}\, bvmdvm$ **Vc=** 271,92 kN/m

Vn ==> min 271,92 kN/m; 2.680,15 kN/m **Vn=** 271,92 kN/m

f_{vm}Vn= 244,73 kN/m **oK, fvmVn > Vu**

9.3.2 - DISEÑO CIMENTACION

9.3.2.1 - TALON

9.3.2.1.1 - CARGAS

Acciones en el Talón

Cargas DC **TIPO** DC

Peso Propio

Elemento	Volumen (m3)	DC kg/m	X_A (m)	X_A . DC kg-m/m
4	1,08	2.592,00	0,90	2.332,80
	Σ	**2.592,00**		**2.332,80**

$X_{DC}O = \frac{X_o DC}{\Sigma DC}$ **0,90 m**

DCz= 2.592,00 kg-m/ml

M_{DC}= 2.332,80 kg-m/ml

Cargas EV (peso del Terreno)

Cargas EV **TIPO** EV

Elemento	Volumen (m3)	EV kg/m	X_A (m)	X_A . EV kg-m/m
5	0,29	571,30	1,20	685,56
6	6,75	13.500,00	0,90	12.150,00
	Σ	**14.071,30**		**12.835,56**

$X_{EV}O = \frac{X_o EV}{\Sigma EV}$ 0,91 m

EVz= 14.071,30 kg/ml

M_{EV}= 12.835,56 kg-m/ml

Carga EHyd **TIPO** EH

Vertical del terreno, EHyd = 1/2 Ka γ_s $(H\text{-}hz)^2$ sen_d

EHyd= **0,00** kg/m

XEH_d= **1,80** m

MEHyd= **0,00** kg-m/m

	Proyecto: Pte GUATOQUE Sta Sofia	Calculó: Ing. vhg	Fecha: 9/11/2025
VHG	Asunto: Analisis, calculo y diseño estructural aleta acompañamiento	Revisó: Ing. VHG	Hoja __ de _19_
			Ver. 0,0

Carga LS **TIPO** LS

Carga LS (sobrecarga por carga viva proyectada en talón)= hs' (Lt + _Ti1) γs

LSz= **2.160,00** kg/m

XLS= **0,90** **m**

MLSz= **1.944,00** kg-m/m

Carga LSyd **TIPO** LS

Vertical sobre carga viva, **LS_yd** = Ka γ_s hs'(H-hz) sen_d=

LS_yd= **0,0** kg/m

XLS_yd= **1,80** m

MLS_yd= **0,00** kg-m/m

9.3.2.1.2 -Flexión

9.3.2.1.2.1 -Acero para flexión

Estado Limite de Resistencia, **Ib**

Mu= 1.25 M_{DC} + 1.35M_{EV} + 1.75M_{LS} + 1.5M_{EH}= 231,73 kN-m/m

Mmin

La cantidad de acero proporcionado debe ser capaz de resistir el menor de Mcr y 1.33Mu

1.33Mu= 308,20 kN-m/m

Mcr= 1.1 f_r S **S**= $bh^2/6$ = 6,00E+07 mm^3 **fr**= 0.63 $(f'c)^{\wedge 1/2}$= 3,33 Mpa

Mcr= 220,0 kN-m/m

min(1.33Mu, Mcr)= 220,02 kN-m/m

Mu_t= 231,73 kN-m/m

r= 7,50 cm tabla 5.12.3-1, CCP14

barra ref. No. 5 **r_t** al centro del acero= 8,29 cm

dt= hz - rt= 51,71 cm ==>>

$\phi_r b$= 0,90 ρ_z= 0,00234

As/s = 12.107 cm2/m s_t= 0,16 m c/c **USAR No 5 16,3 cm c/c**

$a = \frac{As\, f_y}{0.85 f'_c\, b}$ = 2,14 cm β_1= 0,85

c_t = a/β_1 = **2,51**

$\phi = 0.65 + 0.15\left(\frac{d_t}{c} - 1\right) \le 0.90$ 0,90 **oK frb supuesto** num. 5.5.4.2.1-2; fig. C5.5.4.2.1-1 - CCP14

9.3.2.1.2.2 -Acero de temperatura

espesor placa cmt, **h = hz=** **600** mm

b= B= **3.250** mm

$A_s \ge \frac{0.75bh}{2(b+h)f_y}$ = 0,452 mm2/mm

$0.233 \le A_s \le 1.27$ **Astp oK**

s_{max}: 3t= 1,8 m

0,45 m

No 3 s_{tt}= 0,28 m **USAR No 4 28 cm c/c**

	Proyecto: Pte GUATOQUE Sta Sofia	Calculó: Ing. vhg	Fecha: 9/11/2025
VHG	Asunto: Analisis, calculo y diseño estructural aleta acompañamiento	Revisó: Ing. VHG	Hoja __ de _19_
			Ver. 0,0

9.3.2.1.3 -Revisión por cortante

Vut= 1.25 DC + 1.35EV + 1.75LS + 1.5EH= 361,04 kN/m

Vr= ϕ Vn ϕ_{vb}= 0,90 **Vnz** ==> min Vn= Vc + Vs + Vp ; Vn= 0.25f'c bv dv + Vp

b_v**b=** 1.000 mm

dv= dt - a/2= 506,38 mm num. 5.8.2.9 - CCP14

max 0.9dt= 465,36 mm ; 0.72hz= 432,00 mm → 465,36 ==> **dvt=** 506,38 mm

β= 2,00 ==>> Vc= $0.083\beta\sqrt{f'c}$ bvbdvt **Vc=** 444,80 kN/m

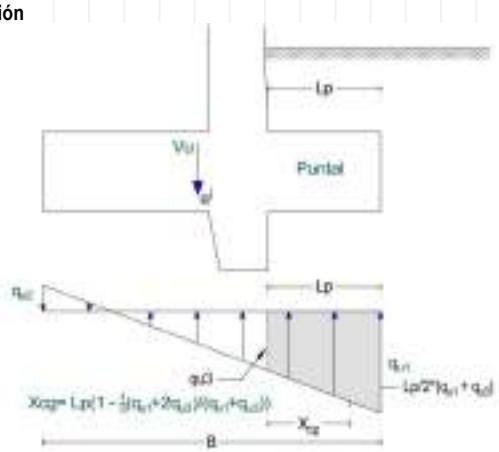
Vn ==> min 444,80 kN/m ; 3.544,66 kN/m **V_{nt}=** 444,80 kN/m

$\phi_{vb}V_nt$= 400,32 kN/m **oK, fvbVnt > Vfut**

9.3.2.2 - PUNTAL

9.3.2.2.1 -Flexión

9.3.2.2.1.1 -Acero para flexión



Resistencia Ib

Vup= 306,20 kN/ml

e_b= 0,19 m

$q_{ub,1}$= 126,44 kN/m² ; $q_{ub,2}$= 61,99 kN/m² ==> $q_{ub,3}$= 106,61 kN/m²

$M_u = \frac{L^2}{6}(q_{ub,3} + 2q_{ub,1})$ = **59,92 kN-m**

	Proyecto: Pte GUATOQUE Sta Sofia	Calculó: Ing. vhg	Fecha: 9/11/2025
VHG	Asunto: Analisis, calculo y diseño estructural aleta acompañamiento	Revisó: Ing. VHG	Hoja __ de _19_
			Ver. 0,0

Mmin

La cantidad de acero proporcionado debe ser capaz de resistir el menor de Mcr y 1.33Mu

1.33Mu= 79,69 kN-m/m

Mcr= 1.1 f_r S **S**= $bh^2/6$ = 6,00E+07 mm^3 **fr**= 0.63 $(f'c)^{\wedge 1/2}$= 3,33 Mpa

Mcr= 220,0 kN-m/m

min(1.33Mu, Mcr)= 79,69 kN-m/m

Mu_p= 79,69 kN-m/m

r= 7,50 cm tabla 5.12.3-1, CCP14

barra ref. No. 4 **r_p** al centro del acero= 8,14 cm

dp= hz - rp= 51,87 cm ==>>

ϕ_rb= 0,90 ρ= 0,00079

As/s = 4,09 cm2/m s_p= 0,31 m c/c **USAR No 4 30,9 cm c/c**

$a = \frac{As\, f_y}{0.85 f'_c\, b}$ = 0,72 cm β_1= 0,85

$c_p = a/\beta_1$ = **0,85**

$\varnothing = 0.65 + 0.15\left(\frac{d_t}{c} - 1\right) \le 0.90$ 0,90 **oK frb supuesto** num. 5.5.4.2.1-2; fig. C5.5.4.2.1-1 - CCP14

9.3.2.2.1.2 -Acero de temperatura

espesor placa cmt, **h = hz=** **600** mm

b= B= **3.250** mm

$A_s \ge \frac{0.75bh}{2(b+h)f_y}$ = 0,452 mm2/mm

$0.233 \le A_s \le 1.27$ **Astp oK**

s_{max}: 3t= 1,8 m

0,45 m

No 4 s_{tp}= 0,28 m **USAR No 4 28 cm c/c**

9.3.2.2.2 - Revisión por cortante

Vup= 1/2Lp (_q_{ub1} + _q_{ub3})= **116,53** **kN-m**

Vr= ϕ Vn **ϕ_{vb}=** 0,90 **Vnz** ==> min Vn= Vc + Vs + Vp; Vn= 0.25f'c bv dv + Vp

b_vb= 1.000 mm

dv= dp - a/2= 515,04 mm num. 5.8.2.9 - CCP14

max 0.9dp= 466,79 mm; 0.72hz= 432,00 mm 466,79 ==> **d_vp=** 515,04 mm

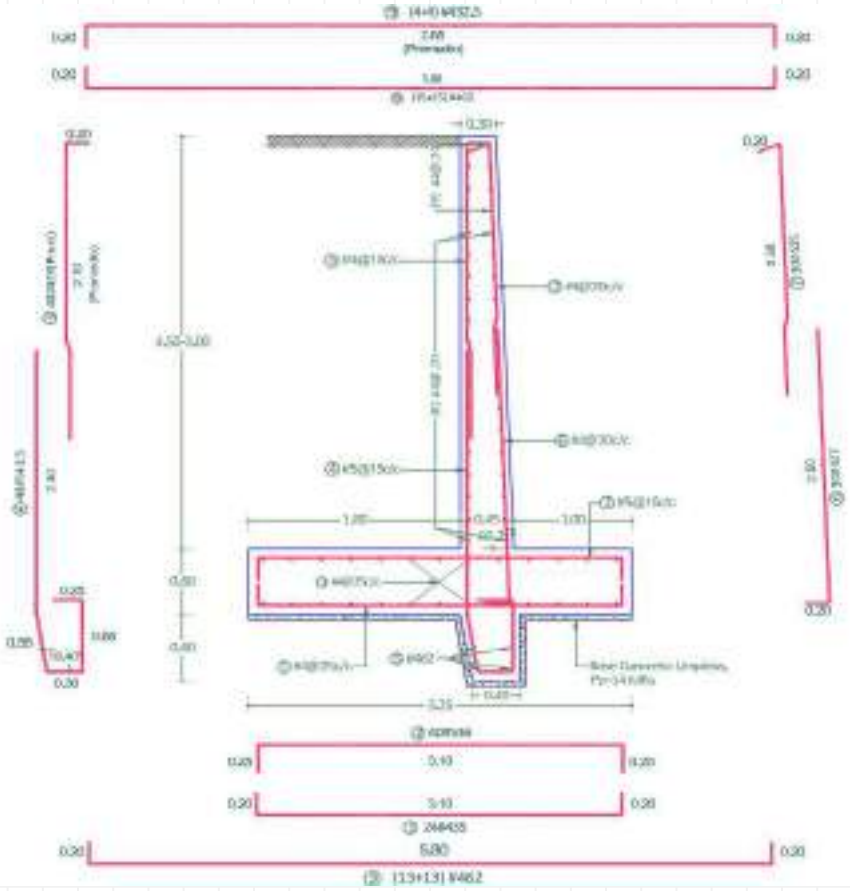
β= 2,00 ==>> Vc= $0.083\beta\sqrt{f'c}$ bvbdvt **Vc=** 452,40 kN/m

Vn ==> min 452,40 kN/m; 3.544,66 kN/m **V_{np}=** 452,40 kN/m

$\phi_{vb}V_np$= 407,16 kN/m **oK, fvbVnp > Vup**

	Proyecto:	Pte GUATOQUE Sta Sofia	Calculó:	Ing. vhg	Fecha: 9/11/2025
	Asunto:	Analisis, calculo y diseño estructural aleta acompañamiento	Revisó:	Ing. VHG	Hoja __ de _19_
					Ver. 0,0

10 -DETALLES DEL DISEÑO



	Proyecto: Pte GUATOQUE Sta Sofia	Calculó: Ing. vhg	Fecha: 9/11/2025
	Asunto: Analisis, calculo y diseño estructural aleta acompañamiento	Revisó: Ing. VHG	Hoja __ de _19_
			Ver. 0,0

11 -CANTIDADES DE OBRA

PTE GUATOQUE

CANTIDADES DE OBRA

Version V0

No	Cant.	f	kg/ml	L(m)	Peso Parcial (kg)
1	24	4	1,00	3,50	84,00
2	40	5	3,60	3,95	568,80
3	30	4	1,00	6,20	186,00
4	40	5	1,56	4,15	259,38
5	40	4	1,00	2,90	116,00
6	30	4	1,00	2,70	81,00
7	30	4	1,00	2,50	75,00
8	30	4	1,00	6,20	186,00
9	8	4	1,00	3,25	26,00
				Peso Total (kg)	**1.582,18**
				A(m2)=	3,63
			Concreto, f'c28 MPa	L(m)=	6,00
				Vol.(m3)=	**21,76**
			Cuantia Acero (kg/m3)		**72,72**

PROYECTO

DIAGNOSTICO Y EJECUCIÓN DE OBRAS DE EMERGENCIA PARA MITIGAR EL RIESGO DE DAÑO Y/O COLAPSO DE PUENTES UBICADOS EN EL DEPARTAMENTO POR LA AFECTACIÓN CAUSADA POR EFECTO DE LA OLA INVERNAL, DECLARADA EN VIRTUD DEL DECRETO DE CALAMIDAD PUBLICA No. 0522 de 24 de MAYO DE 2025

CONTIENE

ANALISIS, CALCULO Y DISEÑO ESTRUCTURAL
MURO CONTENCION EN VOLADIZO
Aleta Margen Izquierda, aguas abajo – Lado Moniquirá

CONSULTOR

VICTOR A. HERNANDEZ G.
Ingeniero Civil_U de C
Especialista Estructuras_ECI

Enero de 2026

PROYECTO
DIAGNOSTICO Y EJECUCIÓN DE OBRAS DE EMERGENCIA PARA MITIGAR EL RIESGO DE DAÑO Y/O COLAPSO DE PUENTES UBICADOS EN EL DEPARTAMENTO POR LA AFECTACIÓN CAUSADA POR EFECTO DE LA OLA INVERNAL, DECLARADA EN VIRTUD DEL DECRETO DE CALAMIDAD PUBLICA No. 0522 de 24 de MAYO DE 2025

ANALISIS, CALCULO Y DISEÑO ESTRUCTURAL
MURO CONTENCION EN VOLADIZO
Aleta Margen Izquierda, aguas abajo – Lado Moniquirá

VHG-MT_Pte GUATOQUE- MR Vol._v1

ORIGINAL

BOGOTA D.C, enero de 2026

VERSIÓN 1.0 Vigente desde: 14/01/2026		
Elaboró: Ing. Víctor Hernández G. Fecha: 13/01/2026	Revisó: Fecha:	Aprobó: Fecha:
Firma:	Firma:	Firma:
Cargo: Especialista en Estr...	Cargo: Especialista en Estr. Interv.	Cargo:

	Proyecto: Pte GUATOQUE Sta Sofia	Calculó: Ing. vhg	Fecha: 14/01/2026
	Asunto: Analisis, calculo y diseño estructural aleta acompañamiento	Revisó: Ing. VHG	Hoja __ de _19_
			Ver. 0,0

1.- OBJETO:

Análisis, calculo y diseño estructural de aleta de acompañamiento a estribo del puente.

2. -LOCALZACION:

Aleta margen izquierda aguas abajo - Lado Moniquira

3. -NORMAS DISEÑO:

CCP-14

4. -DOCUMENTOS REFERENCIA:

Ficha Técnica DIAG_GEOTEC_PTE-GUATO_STASOFIA_V2 (2)

Plano Implantacion: ACAD-11_PUENTE SANTA SOFIA_V2-Model (1)

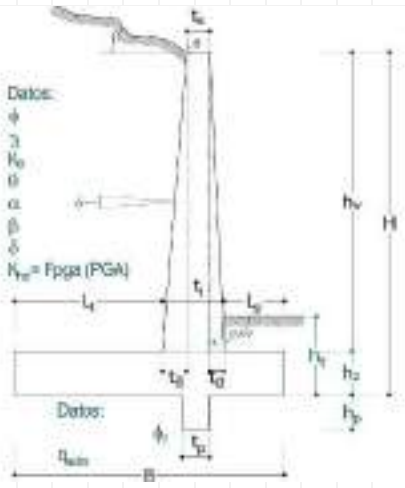
INF._VHG-PEB-JI_INSP. PTE Guatoque Sta Sofia_v0.0

5. -MATERIALES

f'c=	28,00	Mpa	w_c=	2.400	kg/m^3	**Ec**= $0.043\ k_1\ (w_c)^{1.5}\sqrt{f'c}$ =	**26.752,50 Mpa**
			k_1=	1			
fy=	420	Mpa	**E_s=**	200.000	Mpa	**N= Es / Ec=**	7,48

6 -PREDIMENSIONAMIENTO

H=	4,35	m							
hs'=	0,60	m	Tabla 3,11,6,4,-2	CCP-24		**α=**	87,71	o	
θ_d=	85,91	o				**θ=**	90,00	o	
B= 1/2H ~ 2/3H =			2,90	m	=>adopt.	**B=**	3,25	m	
hz= 0.1H=			0,44	m	=>adopt.	**hz=**	0,60	m	
t_s= H/24			0,18	m	=>adopt.	**t_s=**	0,30	m	
t_i= 0.1H			0,44	m	=>adopt.	**t_i=**	0,45	m	
t_{i1}= (H-hz) * Tang$^{-1}\theta$			0,27		=>adopt.	**t_{i1}=**	0,00	m	
t_{i2}=			-0,01		=>adopt.	**t_{i2}=**	0,15	m	
L_p= B/3			1,08	m	=>adopt.	**Lp=**	1,00	m	
L_t= 2/3B			2,17	m	=>adopt.	**Lt=**	1,80	m	



7.- PROPIEDADES SUELO - CALCULO K_a y K_{AE}

θ=	90,00	o
β=	10,00	o
ι=	0,00	o
ϕ=	30,00	o
ϕ_f=	31,00	o
δ=	0,00	o
γ_s=	2.000,00	kg/m^3
q_{adm}=	1,25	kg/cm^2

$$\Gamma = \left[1+\sqrt{\frac{\operatorname{sen}(\phi+\delta)\operatorname{sen}(\phi-\beta)}{\operatorname{sen}(\theta-\delta)\operatorname{sen}(\theta+\beta)}}\right]^2 = 2{,}01$$

$$k_{ae} = \frac{\operatorname{sen}^2(\theta+\phi)}{\Gamma\left[\operatorname{sen}^2\theta\,\operatorname{sen}(\theta-\delta)\right]} = 0{,}374$$

	Proyecto: Pte GUATOQUE Sta Sofia	Calculó: Ing. vhg	Fecha: 14/01/2026
	Asunto: Analisis, calculo y diseño estructural aleta acompañamiento	Revisó: Ing. VHG	Hoja __ de _19_
			Ver. 0,0

Fpga = 1,1 PGA = 0,3

$\theta = \arctan\left(\frac{k_h}{1-k_v}\right) =$ **9,37** °

K_{ho}= F_{pga} (PGA) = 0,33

Kh= coef. De aceleracion htal= 0.50 K_{ho}= 0,17 num. 11.6.5.2.1 - CCP14

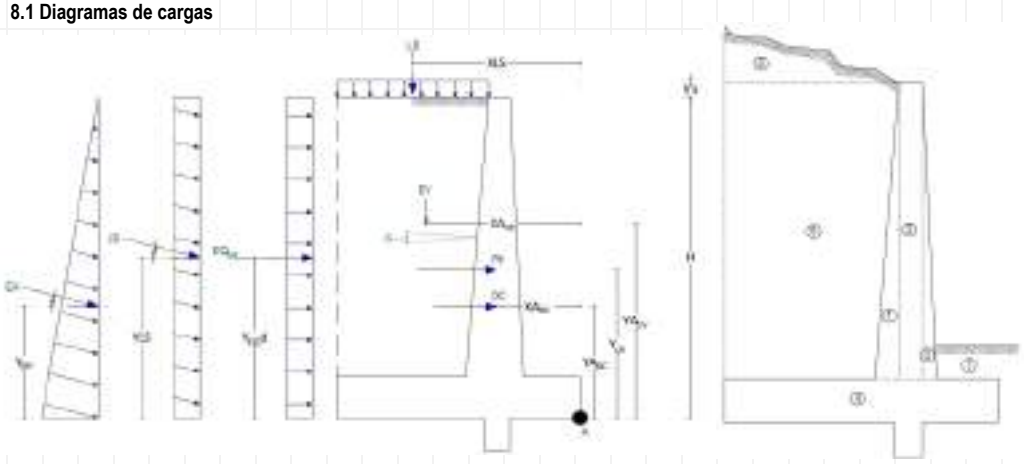
Kv= coeficiente de aceleracion vertical= 0,0 num. 11.6.5.2.2 - CCP14

Para ϕ =30° > i + v ==>> num. 11.6.5.2.3 - CCP14

$$K_{AE} = \frac{\cos^2(\phi-\theta-\beta)}{\cos\theta\cos^2\beta\cos(\delta+\beta+\theta)\left[1+\sqrt{\frac{\sin(\phi+\delta)\sin(\phi-\theta-i)}{\cos(\delta+\beta+\theta)\cos(i-\beta)}}\right]^2} = \mathbf{0,519}$$

8. -ANALISIS ESTABILIDAD

8.1 Diagramas de cargas



Identificación de Cargas **Numeración Cargas Verticales**

8.2 -PRESIONES LATERALES

Lateral del terreno, $\_EH_1$ = 1/2*Ka γ_s H^2= **7.070,94** kg/m

Lateral sobre carga viva, $\_LS_1$ = Ka γ_s hs'H= **1.950,60** kg/m

8.2 -PRESIONES VERTICALES

Cargas DC **TIPO** DC

Peso Propio

Elemento	Volumen	DC	X_A	Y_A	X_A . DC	Y_A . DC
	(m3)	kg/m	(m)	(m)	kg-m/m	kg-m/m
1	0,00	0,00	1,45	1,85	0,00	0,00
2	1,13	2.700,00	1,30	2,48	3.510,00	6.682,50
3	0,28	675,00	1,10	1,85	742,50	1.248,75
4	1,95	4.680,00	1,63	0,30	7.605,00	1.404,00
Σ		**8.055,00**			**11.857,50**	**9.335,25**

$XA_{DC}= \frac{X_A\,DC}{\Sigma DC}$ **1,47** **m** $YA_{DC}= \frac{Y_A\,DC}{\Sigma DC}$ **1,16** **m**

	Proyecto: Pte GUATOQUE Sta Sofia	Calculó: Ing. vhg	Fecha: 14/01/2026	
	Asunto: Analisis, calculo y diseño estructural aleta acompañamiento	Revisó: Ing. VHG	Hoja __ de _19_	
			Ver. 0,0	

Cargas EV (peso del Terreno)

Cargas EV **TIPO** EV

Elemento	Volumen	EV	X_A	Y_A	X_A . EV	Y_A . EV
	(m3)	kg/m	(m)	(m)	kg-m/m	kg-m/m
5	0,29	571,30	2,65	4,46	1.513,94	2.545,59
6	6,75	13.500,00	2,35	2,48	31.725,00	33.412,50
7	-0,59	-1.185,60	0,49	-0,30	-585,72	354,24
	Σ	**12.885,70**			**32.653,23**	**36.312,33**

$$XA_{EV} = \frac{X_A\,EV}{\Sigma EV} = \mathbf{2,53}\ \mathbf{m} \qquad YA_{EV} = \frac{Y_A\,EV}{\Sigma EV} = \mathbf{2,82}\ \mathbf{m}$$

Carga EH_{1y} **TIPO** EH

Vertical del terreno, $\_EH_{1y} = \_EH_1 \operatorname{sen} \delta$

$\_EH_{1y}$= **0,00** kg/m

XEH_{1y}= **3,25** m

Carga LS **TIPO** LS

Carga LS (sobrecarga por carga viva proyectada en talón)= hs' (Lt + _Ti1) γs

LS= **2.160,00** kg/m

XLS= **2,35** **m**

Carga LS_{1y} **TIPO** LS

Carga LS1y (empuje por sobrecarga por carga viva)= _LS1 seno_d

$\_LS_{1y}$= **0,00** kg/m

XLS_{1y}= **3,25** m

RESUMEN CARGAS VERTICALES				
CARGA	**TIPO**	**V (kg/m)**	**X_A (m)**	**M_V (kg-m/m)**
DC	DC	8.055,00	1,47	11.857,50
EV	EV	12.885,70	2,53	32.653,23
EH1y	EH	0,00	3,25	0,00
LS	LS	2.160,00	2,35	5.076,00
LS1y	LS	0,00	3,25	0,00
Σ		**23.100,70**		**49.586,73**

	Proyecto: Pte GUATOQUE Sta Sofia	Calculó: Ing. vhg	Fecha: 14/01/2026
	Asunto: Analisis, calculo y diseño estructural aleta acompañamiento	Revisó: Ing. VHG	Hoja __ de _19_
			Ver. 0,0

8.3 CARGAS HORIZONTALES

Carga EH_{1x} **TIPO** EH

Lateral del terreno, $\_EH_{1x} = EH_1 \cos \delta$

$\_EH_{1x}$ = **7.070,94** kg/m

YEH_{1x}= **1,45** m

Carga LS_{1x} **TIPO** LS

Carga LS_{1x} (sobrecarga por carga viva en el terreno)= $LS_1 \cos \delta$

$\_LS_{1x}$ = **1.950,6** kg/m

YLS_{1x}= **2,18** m

Cargas EQ (acción sísmica)

Efecto combinado de P_{AE} y P_{IR}

$P_{AE} = 1/2\ K_{AE}\ \gamma_t\ H^2$= 9.826,44 kg/m

Cargas EQ_{terr} **TIPO** EQ

Acción sísmica del terreno, EQ_{terr}

$\_EQ_{terr} = P_{AE} - \_EH_1$= 2.755,5 kg/m

Y_{EQ} = 2,175 m

Cargas $0.5P_{ir}$ **TIPO** EQ

Fza inercial del estribo **(P_{ir})**

Ww+ Ws = 8.055,00 + 12.885,70 = 20.940,70 kg/m

$P_{ir} = K_h (W_w + W_s)$= **3.455,22** kg/m num. 11.6.5.1-1; CCP14

$$Y_{pir} = \frac{Ww\ Y_A + Ws\ Y_A}{Ww + Ws} = 2,18 \text{ m}$$

Max. $P_{AE} + 0.5\ P_{IR}$= 11.554,05

$(0.5P_{AE} > \_EH1) + P_{IR}$= 10.526,16

11.554,05 kg/m num. 11.6.5.1; CCP14

$05P_{ir}$ = 1.727,61 kN/m

RESUMEN CARGAS HORIZONTALES				
CARGA	**TIPO**	**H (kg/m)**	**Y_A (m)**	**M_H (kg-m/m)**
EH1x	EH	7.070,94	1,45	10.252,86
LS1x	LS	1.950,60	2,18	4.242,56
EQterr	EQ	2.755,50	2,18	5.993,21
0.5Pir	EQ	1.727,61	2,18	3.765,93
Σ		**13.504,65**		**24.254,56**

8.3 - ESTADOS LIMITES APLICABLE Y COMBINACIONES DE CARGAS

ESTADO LIMITE	γ_{DC}	γ_{DW}	γ_{EV}	γ_{LL+IM}	γ_{LSY}	γ_{LSX}	γ_{EH}	γ_{EQ}	γ_{WS}	γ_{BR}	$\gamma_{CR+SH+TU}$	Aplicación
Resistencia Ia	0,90	0,65	1,00	0	0	1,75	1,50	0	0	1,75	0,50	Desliz. y Vuelco
Resistencia Ib	1,25	1,50	1,35	1,75	1,75	1,75	1,50	0	0	1,75	0,50	Presiones resistencia
Resistencia IIIa	0,90	0,65	1,00	0	0	0	1,50	0	1,40	0	0,50	Desliz. y Vuelco
Resistencia IIIb	1,25	1,50	1,35	0	0	0	1,50	0	1,40	0	0,50	Presiones resistencia
Ev. Extremo I	1,00	1,00	1,00	0,50	0,50	0,50	1,00	1,00	0	0,50	0	Deslizm., Vuelco y
Servicio I	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,00	0	1,00	0	Agriet.

Cargas Verticales (Vu)

TIPO	DC			DW	EV	EH		LL+IM	LS		$\Sigma= V_U$(kg)
CARGA	DC				EV	EH1y			LS	LS1y	
Vu (kg)	**8.055**	**0**	**0**	**0**	**12.886**	**0**			**2.160**	**0**	**23.100,70**
Resistencia Ia	7.250	0	0	0	12.886	0	0	0	0	0	**20.135,20**
Resistencia Ib	10.069	0	0		17.396	0		0	3.780	0	**31.244,44**
Resistencia IIIa	7.250	0	0		12.886	0		0	0	0	**20.135,20**
Resistencia IIIb	10.069	0	0		17.396	0		0	0	0	**27.464,44**
Ev. Extremo I	8.055	0	0		12.886	0		0	1.080	0	**22.020,70**
Servicio I	8.055	0	0		12.886	0		0	2.160	0	**23.100,70**

Mto Estabilizador por cargas vert. (M_{vu})

TIPO	DC			DW	EV	EH		LL+IM	LS		$\Sigma= M_{UV}$(kg-m)
CARGA	DC				EV	EH1y			LS	LS1y	
Mvu (kg-m/m)	**11.858**	**0**	**0**	**0**	**32.653**	**0**			**5.076**	**0**	**49.586,73**
Resistencia Ia	10.672	0	0	0	32.653	0	0	0	0	0	**43.324,98**
Resistencia Ib	14.822	0	0	0	44.082	0	0	0	8.883	0	**67.786,73**
Resistencia IIIa	10.672	0	0	0	32.653	0	0	0	0	0	**43.324,98**
Resistencia IIIb	14.822	0	0	0	44.082	0	0	0	0	0	**58.903,73**
Ev. Extremo I	11.858	0	0	0	32.653	0	0	0	2.538	0	**47.048,73**
Servicio I	11.858	0	0	0	32.653	0	0	0	5.076	0	**49.586,73**

Cargas Htales (Hu)

TIPO	EH		LS	WS	BR	CR+SH+TU	EQ			$\Sigma= H_U$(kg)
CARGA	EH1x		LS1x				EQterr	0.5Pir		
Hu (kN)	**7.071**	**0**	**1.951**	**0**	**0**	**0**	**2.755**	**1.728**	**0**	**13.504,65**
Resistencia Ia	10.606	0	3.414	0	0	0	0	0	0	**14.019,97**
Resistencia Ib	10.606	0	3.414	0	0	0	0	0	0	**14.019,97**
Resistencia IIIa	10.606	0	0	0	0	0	0	0	0	**10.606,41**
Resistencia IIIb	10.606	0	0	0	0	0	0	0	0	**10.606,41**
Ev. Extremo I	7.071	0	975	0	0	0	2.755	1.728	0	**12.529,35**
Servicio I	7.071	0	1.951	0	0	0	0	0	0	**9.021,54**

Mto vuelco por cargas htales (M_{Hu})

TIPO	EH		LS	WS	BR	CR+SH+TU	EQ			Σ= M_{UH}(kg-m)
CARGA	EH1x		LS1x				EQterr	0.5Pir	0,00	
M_{Hu} (kN)	**10.253**	**0**	**4.243**	**0**	**0**	**0**	**5.993**	**3.766**	**0**	**24.254,56**
Resistencia Ia	15.379	0	7.424	0	0	0	0	0	0	**22.803,78**
Resistencia Ib	15.379	0	7.424	0	0	0	0	0	0	**22.803,78**
Resistencia IIIa	15.379	0	0	0	0	0	0	0	0	**15.379,29**
Resistencia IIIb	15.379	0	0	0	0	0	0	0	0	**15.379,29**
Ev. Extremo I	10.253	0	2.121	0	0	0	5.993	3.766	0	**22.133,28**
Servicio I	10.253	0	4.243	0	0	0	0	0	0	**14.495,43**

8.3.1 - CHEQUEO ESTABILIDAD Y ESFUERZOS

8.3.1.2 - Giro alrededor de punto "A"

Estado limite de Resistencia. Num. 11.6.3.3

Se debe mantener la resultante en la base del cimiento dentro de los dos tercios centrales (e ≤ B/3), excepto el caso de suelo rocos en el que se mantendrá en los 9/20 centrales (e ≤ 0.45B)

e_{max} ≤ B/3 **B/3=** 1,08 m

e_{max} ≤ 0,45 B **0,45B=** 1,46 m

Estado limite de Evento Extremo. Num. 11.6.5.1

Cuando γ_{EQ}= 0, se debe mantener la resultante en la base del cimiento dentro de los 2/3 centrales del cimiento para cualquier suelo (e ≤ B/3)

Cuando γ_{EQ}= 1, se debe mantener la resultante en la base del cimiento dentro de los 8/10 centrales del cimiento para cualquier suelo (e ≤ 2/5B)

Para valores de γ_{EQ} entre 0 y 1.0 interpolar linealmente entre valores especificados. Para γ_{EQ} = 0.5 , la interpolación da un limite e ≤ 11/30 B)

e_{max} = 11/30 B= 0,00 m

Estado	Vu kg/m	M_{VU} kg-m/m	M_{HU} kg-m/m	$x_o = \frac{M_{VU} - M_{HU}}{Vu}$ (m)	e = B/2 - X_0 (m)	e_{max}≤B/3 (m)	e_{max}≤0,45B (m)
Resistencia Ia	20.135,20	43.324,98	22.803,78	1,02	0,61	1,08 oK	1,46 oK
Resistencia Ib	31.244,44	67.786,73	22.803,78	1,44	0,19	1,08 oK	1,46 oK
Resistencia IIIa	20.135,20	43.324,98	15.379,29	1,39	0,24	1,08 oK	1,46 oK
Resistencia IIIb	27.464,44	58.903,73	15.379,29	1,58	0,04	1,08 oK	1,46 oK
Ev. Extremo I	22.020,70	47.048,73	22.133,28	1,13	0,49	1,08 oK	1,46 oK
Servicio I	23.100,70	49.586,73	14.495,43	1,52	0,11	1,08 oK	1,46 oK

	Proyecto: Pte GUATOQUE Sta Sofia	Calculó: Ing. vhg	Fecha: 14/01/2026
	Asunto: Analisis, calculo y diseño estructural aleta acompañamiento	Revisó: Ing. VHG	Hoja __ de _19_
			Ver. 0,0

8.3.1.3 - Deslizamiento en la base del estribo

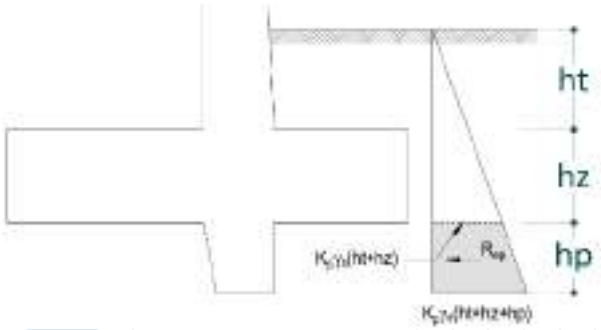
μ= tang ϕ_f = **0,601** Tabla 3.11.5.3-1- CCP14

$\phi\tau$= 1,00 estado limite de Resistencia - Tabla 11.5.7-1, CCP14

1,00 estado limite de Resistencia - Tabla 11.5.8, CCP14

Estado	Vu kg-m/m	Ff = μ ($\phi\tau$ Vu)	Actuante, Hu kg/m
Resistencia Ia	20.135,20	12.098,45	14019,97 N.C
Resistencia Ib	31.244,44	18.773,56	14019,97 oK
Resistencia IIIa	20.135,20	12.098,45	10606,41 oK
Resistencia IIIb	27.464,44	16.502,30	10606,41 oK
Ev. Extremo I	22.020,70	13.231,37	12529,35 oK
Servicio I	23.100,70	13.880,30	9021,54 oK

definir DENTELLON



ϕ_f= 31 ° ==> k_p= 8,00 Figura 3.11.5.4 y 3.11.5.4.-1 - CP14

θ= 90 °

δ= 0 ° ==> R= 0,45 Figura 3.11.5.4 y 3.11.5.4.-1 - CP14

δ/ϕ_f= 0,00

Kp= R k_p= 3,57

Rep= $\frac{Hu - Ff}{\phi_{ep}}$ ϕ_{ep}= 0,50 Tabla 10.5.5.2.2-1 **R_{ep}=** 3.843,04 kg/m

h_t= 0,00 m

$R_{ep} = K_p \gamma_s h_p [(2(ht+hz) + hp] /2$

$\frac{2Rep}{K_p \gamma_s}$ = 1,08 m2 ==> **$hp^2 + 2 (hz + ht) hp - 2Rep / Kp \gamma_s = 0$** ==> **hp=** 0,60 m

8.3.1.4 - presiones en la base del estribo

ϕ_{br}=	0,55	Tabla 11.5.7.1-1, CCP14
ϕ_{be}=	1,00	num. 11.5.8, CCP14
FS=	3,00	

1) Estado limite de resistencia

$q_r = \phi_{br}\, q_n$

$q_r = \phi_{br}\, (FS\ q_{adm})$= **2,06** kg/cm^2

2) Estado limite de evento extremo

$q_{re} = \phi_{be}\, q_n$

$q_{re} = \phi_{be}\, (FS\ q_{adm})$= **3,75** kg/cm^2

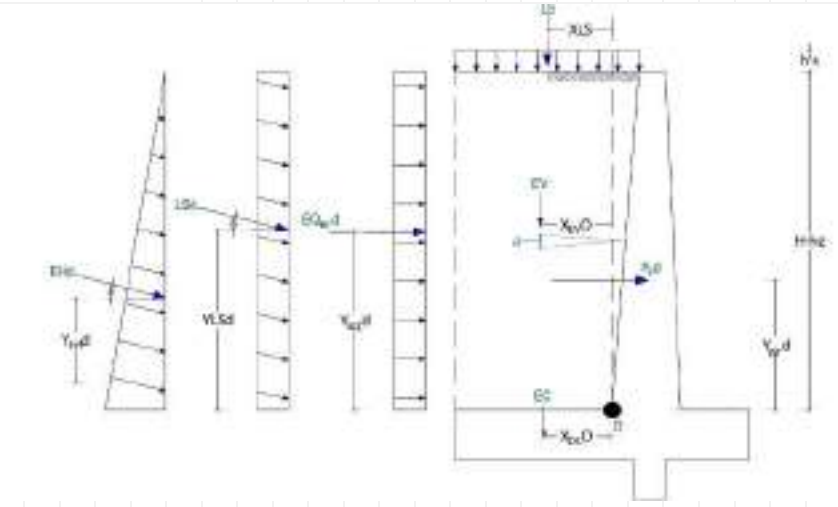
3) Estado limite de servicio

q_{adm}= **1,25** kg/cm^2

Estado	Vu	M_{VU}	M_{HU}	$x_o = \frac{M_{VU} - M_{HU}}{Vu}$	e = B/2 - X_0	$q = \frac{Vu}{B - 2e}$
	kg/m	kg-m/m	kg-m/m	(m)	(m)	kg/cm^2
Resistencia Ia	20.135,20	43.324,98	22.803,78	1,02	0,61	0,99 => oK q < qr
Resistencia Ib	31.244,44	67.786,73	22.803,78	1,44	0,19	1,09 => oK q < qr
Resistencia IIIa	20.135,20	43.324,98	15.379,29	1,39	0,24	0,73 => oK q < qr
Resistencia IIIb	27.464,44	58.903,73	15.379,29	1,58	0,04	0,87 => oK q < qr
Ev. Extremo I	22.020,70	47.048,73	22.133,28	1,13	0,49	0,97 => oK q < qre
Servicio	23.100,70	49.586,73	14.495,43	1,52	0,11	0,76 => oK q < qadm

9.0 -DISEÑO

9.1 -DIAGRAMA CARGAS



	Proyecto: Pte GUATOQUE Sta Sofia	Calculó: Ing. vhg	Fecha: 14/01/2026
	Asunto: Analisis, calculo y diseño estructural aleta acompañamiento	Revisó: Ing. VHG	Hoja __ de _19_
			Ver. 0,0

9.2 -CARGAS HORIZONTALES

Carga LS_xd **TIPO** **LS**

Carga LS_{1x} (sobrecarga por carga viva en el terreno)= $LS_1 \cos\delta$

Lateral sobre carga viva, $LS_xd = Ka\ \gamma_s\ hs'(H\text{-}hz)\ \cos\_d=$

$LS_xd=$	**1.681,6**	kg/m
$YLS_xd=$	**1,88**	m
$MLS_xd=$	**3.152,92**	kg-m/m

Carga $EHxd$ **TIPO** **EH**

Lateral del terreno, $EH_xd = 1/2\ Ka\ \gamma_s\ (H\text{-}hz)^2 \cos\_d$

EH_xd	=	**5.254,86**	kg/m
YEHd=1/3(H-hz)		**1,25**	m
$MEH_xd=$		**6.568,58**	kg-m/m

Cargas EQ (acción sísmica)

Efecto combinado de P_{AE} y P_{IR}

$P_{AE}d = 1/2\ K_{AE}\ \gamma_t\ (H\text{-}hz)^2=$

$P_{AE}d$ = 7.302,65 kg/m

Cargas $EQ_{terr}d$ **TIPO** **EQ**

Acción sísmica del terreno, **EQterrd**

$EQ_{terr}d$	=	PAE d - EH_{xd}=	**2.047,79**	kg/m
$Y_{EQ}d$	=	1/2*(H-hz)	**1,88**	m
$M_{EQterr}d=$			**3.839,60**	kg-m/m

Cargas $0.5P_{ir}d$ **TIPO** **EQ**

Fza inercial del estribo **(P_{ir})**

Elemento	Volumen	Ww	X_{Aw}	Y_{Aw}	X_{Aw} . Ww	Y_{Aw} . Ww
	(m3)	kg/m	(m)	(m)	kg-m/m	kg-m/m
1	0,00	0,00	1,45	1,25	0,00	0,00
2	1,13	2.700,00	1,30	1,88	3.510,00	6.682,50
3	0,28	675,00	1,10	1,25	742,50	1.248,75
	Σ	**3.375,00**			**4.252,50**	**7.931,25**

$$Y_{pir}d = \frac{\Sigma Y_{Aw}\ Ww}{\Sigma Ww} \quad \mathbf{2,35}\ \mathbf{m}$$

$P_{ir}d$ = $K_h W_w$= **556,88** kg/m sin incluir masa suelo sobre el talón, num. 11.6.5.1 - CCP14

Max. $P_{AE}d + 0.5\ P_{IR}d$= 7.581,08 **7.581,08** kg/m num. 11.6.5.1; CCP14

$(05P_{AE}d > EHxd) + P_{IR}d$= 5.811,74

$05P_{ir}d$ = **278,44** kN/m

$M_{05Pir}d$= 05Pird*Yaw **654,33** kg-m/m

9.3 -CALCULO DEL ACERO

9.3.1 - DISEÑO PANTALLA

9.3.1.1 - Flexión

9.3.1.1.1 - Acero para flexión

Mtos por cargas htales (M_H)

TIPO	EH	LS	EQ		Σ= M_{UH}(kg-m)
CARGA	MEHxd=	MLSxd=	MEQterrd=	M05Pird=	
M_{Hu} (kg-m/ml)	**6.568,58**	**3.152,92**	**3.839,60**	**654,33**	**14.215,42**
Resistencia Ia	9.852,86	5.517,60	0,00	0,00	**15.370,47**
Resistencia Ib	9.852,86	5.517,60	0,00	0,00	**15.370,47**
Resistencia IIIa	9.852,86	0,00	0,00	0,00	**9.852,86**
Resistencia IIIb	9.852,86	0,00	0,00	0,00	**9.852,86**
Ev. Extremo I	6.568,58	1.576,46	3.839,60	654,33	**12.638,96**
Servicio	6.568,58	3.152,92	0,00	0,00	**9.721,49**

M_U= 150,63 kN-m/m

Mmin

La cantidad de acero proporcionado debe ser capaz de resistir el menor de Mcr y 1.33Mu

1.33Mu= 200,34 kN-m/m

Mcr= 1.1 f_r S **S=** $bh^2/6$ = 3,38E+07 mm^3 **_fr=** 0.63 $(f'c)^{\wedge 1/2}$= 3,33 Mpa

Mcr= 123,8 kN-m/m

min(1.33Mu, Mcr)= 123,76 kN-m/m

Mu_m= 150,63 kN-m/m

r= 5,00 cm tabla 5.12.3-1, CCP14

barra ref. No. 5 **r_m** al centro del acero= 5,79 cm

d_m = t_{inf} - r_m= 39,21 cm

ϕ_m= 0,9 según 11.5.8 de CCP14 ==>> ρ_a= 0,00265483

As/s (Ast)= 10,41 cm2/m s_m= 0,190 m c/c **USAR No 5 19 cm c/c**

9.3.1.1.2 - Acero de temperatura

espesor promedio pantalla, **tpm**= $(t_s + t_i)/2$= **375** mm

altura de pantalla, **hm**=(H-hz)= **3.750** mm

$$A_s \geq \frac{0.75bh}{2(b+h)f_y}$$ = 0,304 mm2/mm

$0.233 \leq A_s \leq 1.27$ **Astm oK**

s_{max}: 3tpm= 1,13 m **USAR No 3 23,4 cm c/c**

0,45 m

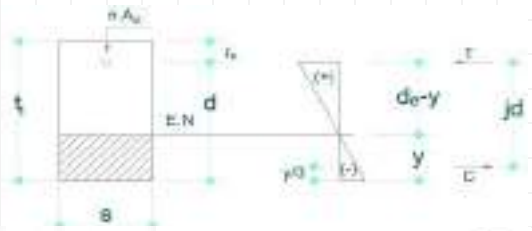
No 3 s_{tm}= 0,23 m

VHG	Proyecto: Pte GUATOQUE Sta Sofia Asunto: Analisis, calculo y diseño estructural aleta acompañamiento	Calculó: Ing. vhg Revisó: Ing. VHG	Fecha: 14/01/2026 Hoja __ de _19_ Ver. 0,0

9.3.1.1.3 - Revisión fisuración

Ms= $M_{LS} + M_{EH} + M_{MR}$ = 95,27 kN-m/m s_m Ms= 1,81E+07 N-mm

n Ast= n π ϕ_{bm}^2 / 4 14,80 cm^2



$s_0 \frac{y^2}{2} = nA_{st}(d-y); \Rightarrow Y =$ 7,07 cm ∧ $jd = d - \frac{Y}{3} =$ 368,49 mm

$f_{ss} = \frac{M_s}{(jd)A_s} =$ 248,39 Mpa ≤ 0.6Fy f_{ss}= 248 Mpa

$\beta_s = 1 + \frac{d_c}{0.7(h-d_c)}$ = 1,21

Exposición= Clase 2 ==>> γ_e = 0,75

$s \le \frac{123000\gamma_e}{\beta_s f_{ss}} - 2d_c$ = 190,77 mm **oK, sf** CCP14, ec. 5.7.3.4-1

9.3.1.2 -Revisión por cortante

Cargas Htales (Hh)

TIPO	EH	LS	EQ		Σ= Hh(kg/m)
CARGA	EHxd	LSxd	EQterr d	0.5Pird	
M_{Hu} (kg/ml)	**5.254,86**	**1.681,56**	**2.047,79**	**278,44**	**9.262,64**
Resistencia Ia	7.882,29	2.942,72	0,00	0,00	**10.825,01**
Resistencia Ib	7.882,29	2.942,72	0,00	0,00	**10.825,01**
Resistencia IIIa	7.882,29	0,00	0,00	0,00	**7.882,29**
Resistencia IIIb	7.882,29	0,00	0,00	0,00	**7.882,29**
Ev. Extremo I	5.254,86	840,78	2.047,79	278,44	**8.421,86**
Servicio	5.254,86	1.681,56	0,00	0,00	**6.936,42**

V_{Um}= 106,09 kN/m

Vr= ϕ Vn **ϕ_{vm}=** 0,90 **Vn** ==> min Vn= Vc + Vs + Vp ; Vn= 0.25f'c bv dv + Vp

bvm= 1.000 mm

dm= 392,1 mm

$a = \frac{As\ fy}{0.85 f_c' b}$ = 18,37 mm

dv= 10*dm - a/2= 382,88 mm num. 5.8.2.9 - CCP14

max 0.9d= 352,86 mm ; 0.72ti= 324,00 mm 352,86 ==> **dvm=** 382,88 mm

calculo de **β**: aplica procedimiento gral 5.8.3.4.2-CCP14

$$\beta = \frac{4.8}{(1+750\varepsilon_s)}\frac{51}{(39+s_{xe})}$$ num. 5.8.3.4.2 - CCP14

V_{Um}= 106,09 kN/m Vum dv= 40,618 kN-m/m

M_U= 150,63 kN-m/m cumple num.5.8.3.4.2-CCP14 **Ok, Mu > Vudv**

$$\varepsilon_s = \frac{\frac{|M_u|}{d_v} + |V_u|}{E_s A_s}$$ = 0,00240 num. 5.8.3.4.2-4, CCP14

$$S_{xe} = s_x \frac{1.38}{a_g + 0.63}$$ num. 5.8.3.4.2-5, CCP14

s_x = dv = 382,88 mm

a_g= tamaño max agregado= 3/4 pulg

s_{xe}= 382,88 $300mm \le S_{xe} \le 2000mm$ **oK**

β_o= 1,62 ==>> $Vc = 0.083\beta\sqrt{f'c}\, bvmdvm$ **Vc=** 271,92 kN/m

Vn ==> min 271,92 kN/m 2.680,15 kN/m **Vn=** 271,92 kN/m

f_{vm}Vn= 244,73 kN/m **oK, fvmVn > Vu**

9.3.2 - DISEÑO CIMENTACION

9.3.2.1 - TALON

9.3.2.1.1 - CARGAS

Acciones en el Talón

Cargas DC **TIPO** DC

Peso Propio

Elemento	Volumen (m3)	DC kg/m	X_A (m)	X_A . DC kg-m/m
4	1,08	2.592,00	0,90	2.332,80
	Σ	**2.592,00**		**2.332,80**

$X_{DC}O = \frac{X_o DC}{\Sigma DC}$ **0,90** **m**

DCz= 2.592,00 kg-m/ml

M_{DC}= 2.332,80 kg-m/ml

Cargas EV (peso del Terreno)

Cargas EV **TIPO** EV

Elemento	Volumen (m3)	EV kg/m	X_A (m)	X_A . EV kg-m/m
5	0,29	571,30	1,20	685,56
6	6,75	13.500,00	0,90	12.150,00
	Σ	**14.071,30**		**12.835,56**

$X_{EV}O = \frac{X_o EV}{\Sigma EV}$ 0,91 m

EVz= 14.071,30 kg/ml

M_{EV}= 12.835,56 kg-m/ml

Carga EHyd **TIPO** EH

Vertical del terreno, EHyd = 1/2 Ka γ_s $(H-hz)^2$ sen_d

EHyd= **0,00** kg/m

XEH_d= **1,80** m

MEHyd= **0,00** kg-m/m

Carga LS **TIPO** LS

Carga LS (sobrecarga por carga viva proyectada en talón)= hs' (Lt + _Ti1) γs

LSz= **2.160,00** kg/m

XLS= **0,90** **m**

MLSz= **1.944,00** kg-m/m

Carga LSyd **TIPO** LS

Vertical sobre carga viva, **LS_yd** = Ka γ_s hs'(H-hz) sen_d=

LS_yd= **0,0** kg/m

XLS_yd= **1,80** m

MLS_yd= **0,00** kg-m/m

9.3.2.1.2 -Flexión

9.3.2.1.2.1 -Acero para flexión

Estado Limite de Resistencia, **Ib**

Mu= 1.25 M_{DC} + 1.35M_{EV} + 1.75M_{LS} + 1.5M_{EH}= 231,73 kN-m/m

Mmin

La cantidad de acero proporcionado debe ser capaz de resistir el menor de Mcr y 1.33Mu

1.33Mu= 308,20 kN-m/m

Mcr= 1.1 f_r S **S**= $bh^2/6$ = 6,00E+07 mm^3 **fr**= 0.63 $(f'c)^{\wedge 1/2}$= 3,33 Mpa

Mcr= 220,0 kN-m/m

min(1.33Mu, Mcr)= 220,02 kN-m/m

Mu_t= 231,73 kN-m/m

r= 7,50 cm tabla 5.12.3-1, CCP14

barra ref. No. 5 **r_t** al centro del acero= 8,29 cm

dt= hz - rt= 51,71 cm ==>>

ϕ_fb= 0,90 ρ_z= 0,00234

As/s = 12.107 cm2/m s_t= 0,16 m c/c **USAR No 5 16,3 cm c/c**

$a = \frac{A_s f_y}{0.85 f'_c b} =$ 2,14 cm β_1= 0,85

$c_t = a/\beta_1$ = **2,51**

$\phi = 0.65 + 0.15\left(\frac{d_t}{c} - 1\right) \le 0.90$ 0,90 **oK frb supuesto** num. 5.5.4.2.1-2; fig. C5.5.4.2.1-1 - CCP14

9.3.2.1.2.2 -Acero de temperatura

espesor placa cmt, **h = hz=** **600** mm

h= B= **3.250** mm

$A_s \ge \frac{0.75bh}{2(b+h)f_y}$ = 0,452 mm2/mm

$0.233 \le A_s \le 1.27$ **Astp oK**

s_{max}: 3t= 1,8 m

0,45 m

No 3 s_{tt}= 0,28 m **USAR No 4 28 cm c/c**

9.3.2.1.3 -Revisión por cortante

Vut= 1.25 DC + 1.35EV + 1.75LS + 1.5EH= 361,04 kN/m

Vr= ϕ Vn ϕ_{vb}= 0,90 **Vnz** ==> min Vn= Vc + Vs + Vp ; Vn= 0.25f'c bv dv + Vp

b_v**b=** 1.000 mm

dv= dt - a/2= 506,38 mm num. 5.8.2.9 - CCP14

max 0.9dt= 465,36 mm ; 0.72hz= 432,00 mm → 465,36 ==> **dvt=** 506,38 mm

β= 2,00 ==>> Vc= $0.083\beta\sqrt{f'c}$ bvbdvt **Vc=** 444,80 kN/m

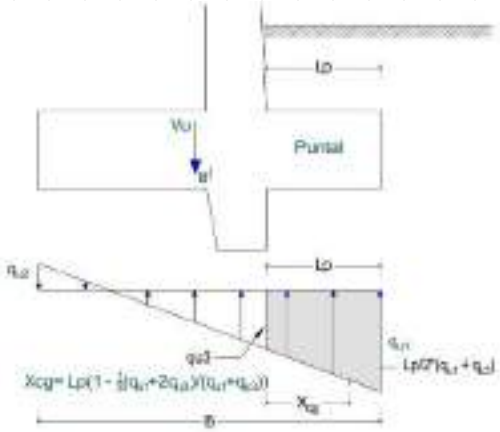
Vn ==> min 444,80 kN/m ; 3.544,66 kN/m **V_{nt}=** 444,80 kN/m

$\phi_{vb}V_nt$= 400,32 kN/m **oK, fvbVnt > Vfut**

9.3.2.2 - PUNTAL

9.3.2.2.1 -Flexión

9.3.2.2.1.1 -Acero para flexión



Resistencia Ib

Vup= 306,20 kN/ml

e_b= 0,19 m

$q_u = \frac{V_u}{B}\left(1 \pm \frac{6e}{B}\right)$ **$_q_{ub,1}$=** 126,44 kN/m² **$_q_{ub,2}$=** 61,99 kN/m² ==> **$_q_{ub,3}$=** 106,61 kN/m²

$M_u = \frac{L^2}{6}(q_{u,3} + 2q_{u,2})$ = **59,92 kN-m**

Mmin

La cantidad de acero proporcionado debe ser capaz de resistir el menor de Mcr y 1.33Mu

1.33Mu= 79,69 kN-m/m

Mcr= 1.1 f_r S **S**= $bh^2/6$ = 6,00E+07 mm^3 **fr**= 0.63 $(f'c)^{\wedge 1/2}$= 3,33 Mpa

Mcr= 220,0 kN-m/m

min(1.33Mu, Mcr)= 79,69 kN-m/m

Mu_p= 79,69 kN-m/m

r= 7,50 cm tabla 5.12.3-1, CCP14

barra ref. No. 4 **r_p** al centro del acero= 8,14 cm

dp= hz - rp= 51,87 cm ==>>

ϕ_rb= 0,90 ρ= 0,00079

As/s = 4.09 cm2/m s_p= 0,31 m c/c **USAR No 4 30,9 cm c/c**

$$a = \frac{A_{s1} f_y}{0.85 f'_c b} =$$ 0,72 cm β_1= 0,85

c_p = a/β_1 = **0,85**

$$\varnothing = 0.65 + 0.15\left(\frac{d_t}{c} - 1\right) \le 0.90$$ 0,90 **oK frb supuesto** num. 5.5.4.2.1-2; fig. C5.5.4.2.1-1 - CCP14

9.3.2.2.1.2 -Acero de temperatura

espesor placa cmt, **h = hz=** **600** mm

b= B= **3.250** mm

$$A_s \ge \frac{0.75bh}{2(b+h)f_y}$$ = 0,452 mm2/mm

$$0.233 \le A_s \le 1.27$$ **Astp oK**

s_{max}: 3t= 1,8 m

0,45 m

No 4 s_{tp}= 0,28 m **USAR No 4 28 cm c/c**

9.3.2.2.2 - Revisión por cortante

Vup= 1/2Lp (_q_{ub1} + _q_{ub3})= **116,53 kN-m**

Vr= ϕ Vn **ϕ_{vb}=** 0,90 **Vnz** ==> min Vn= Vc + Vs + Vp; Vn= 0.25f'c bv dv + Vp

b_vb= 1.000 mm

dv= dp - a/2= 515,04 mm num. 5.8.2.9 - CCP14

max 0.9dp= 466,79 mm; 0.72hz= 432,00 mm 466,79 ==> **d_vp=** 515,04 mm

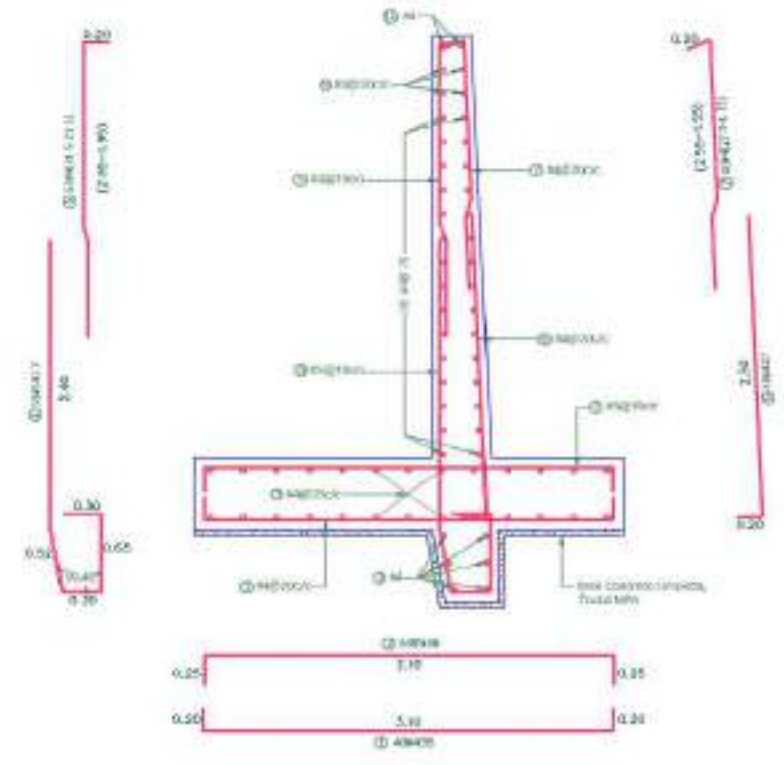
β= 2,00 ==>> Vc= $0.083\beta\sqrt{f'c}$ bvbdvt **Vc=** 452,40 kN/m

Vn ==> min 452,40 kN/m; 3.544,66 kN/m **V_{np}=** 452,40 kN/m

$\phi_{vb}V_np$= 407,16 kN/m **oK, fvbVnp > Vup**

	Proyecto:	Pte GUATOQUE Sta Sofia	Calculó:	Ing. vhg	Fecha: 14/01/2026
	Asunto:	Analisis, calculo y diseño estructural aleta acompañamiento	Revisó:	Ing. VHG	Hoja __ de _19_
					Ver. 0,0

10 -DETALLES DEL DISEÑO



ALZADO MURO - REF.
CORTE X -X (Eje)
ESC. 1:25

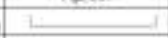
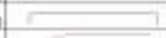
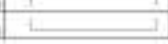
	Proyecto: Pte GUATOQUE Sta Sofia	Calculó: Ing. vhg	Fecha: 14/01/2026
	Asunto: Analisis, calculo y diseño estructural aleta acompañamiento	Revisó: Ing. VHG	Hoja __ de _19_
			Ver. 0,0

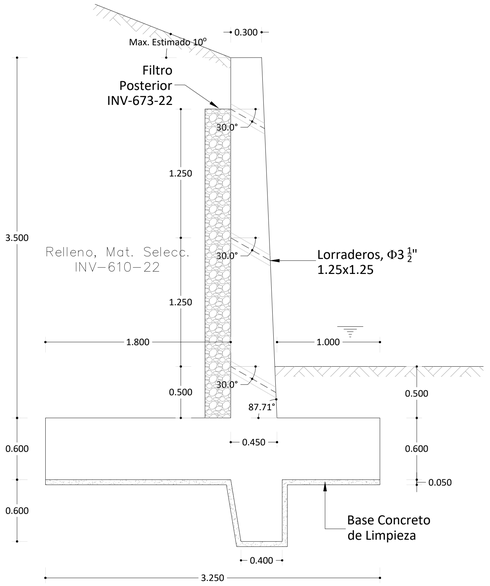
11 -CANTIDADES DE OBRA

PTE GUATOQUE

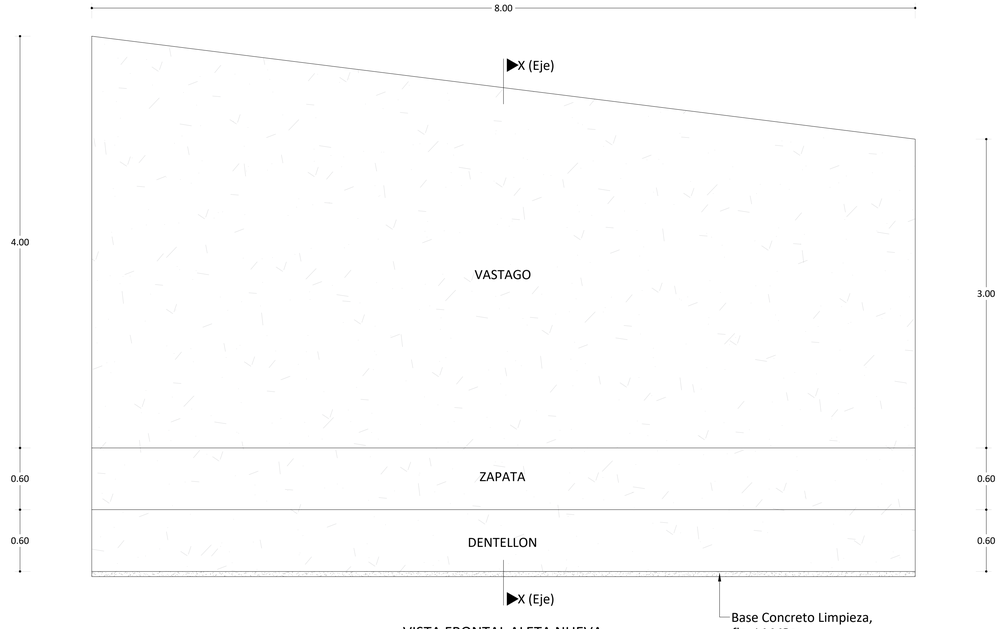
CANTIDADES DE OBRA

Version V0

No.	Figurado	Cant.	ϕ	kg/ml	L(m)	Peso Parcial (kg)	OBSERVACIONES
1		48	4	1.99	3.00	140.90	
2		53	5	1.55	3.60	296.15	
3		32	4	1.99	5.30	283.90	
4		09	5	1.99	4.17	340.23	
5		03	4	1.99	2.65	140.45	Medida Promedio
6		48	4	1.99	2.79	165.03	
7		48	4	1.99	2.26	80.80	Medida Promedio
8		20	4	1.99	6.09	249.90	
9		12	4	1.99	4.05	47.30	Medida Promedio
10		2	4	1.99	8.26	65.50	
					Peso Total (kg)	1.698,70	
					Ag+(3)=	3.53	
			Concreto, Fc28 MPa		Lz+(-)=	9.00	
					Vol.(m3)=	38,39	
			Base concreto pobre, Fc 14MP		Vol.(m3)=	1,71	
			Cuantia Acero (kg/m3)			90,10	



ALZADO MURO - GEOMETRIA
CORTE X -X (Eje)
ESC. 1:25



VISTA FRONTAL ALETA NUEVA
ESC. 1:25

MATERIALES:

1. CONCRETO

MURO	f'c= 280 kgf/cm^2	28 MPa
LOSA CIMENTACION	f'c= 280 kgf/cm^2	28 MPa
CONCRETO LIMPIEZA	f'c= 140 kgf/cm^2	14 Mpa

2. ACERO

MALLAS ELECTROSOLDADAS	f'y= 4200 kgf/m^2	420 MPa
REFUERZO VARILLA Ø ≥ 3/8"	f'y= 4200 kgf/m^2	420 MPa

DTOS REFERENCIA

INFORME GEOLOGIA
DIAG_GEOTEC_PTE-GUATO_STASOFIA_V2 (2)
ACAD-11_PUENTE SANTA SOFIA_V2-Model (1).DWG

NORMAS DE DISEÑO

CCP-14

NOTAS GENERALES

1. TODAS LAS DIMENSIONES DEBEN VERIFICARSE EN OBRA.
2. LAS LONGITUDES DEL REFUERZO DEBERÀN VERIFICARSE EN LA OBRA CON ANTERIORIDAD AL PEDIDO DE LOS MATERIALES.

REFUERZO

CONVENCIONES

DIAMETRO REFUERZO (OCTAVO DE PULGADA)
CANTIDAD VAR.
LONGITUD REFUERZO (DECIMETROS)

3 54 #5 45 c/c
0.30x0.40

ID. VAR. b h
CENTRO A CENTRO DE VARILLA (cm)

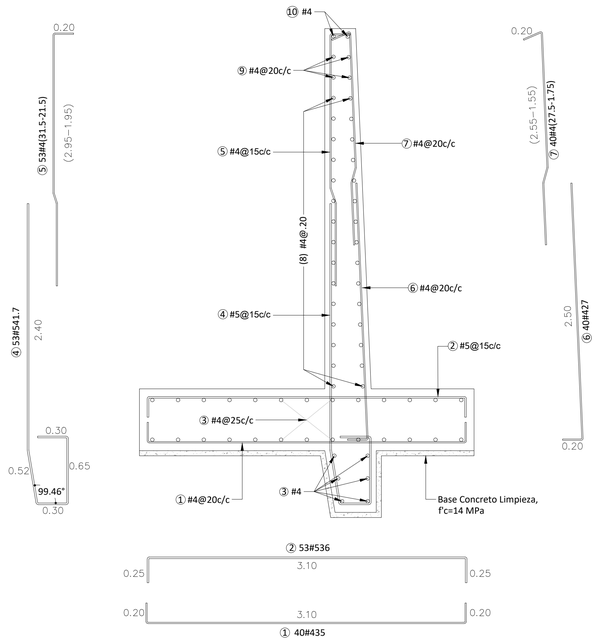
CUADRO DE GANCHOS / TRASLAPOS

GANCHOS REFUERZO LONGITUDINAL (mm)

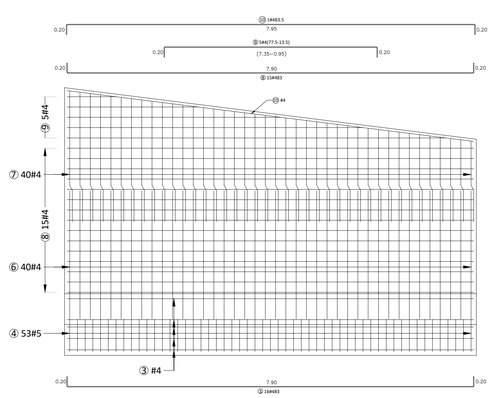
BARRA #	GANCHO
#3	150
#4	200
#5	250
#6	300
#7	350
#8	400

TRASLAPOS REFUERZO LONGITUDINAL MIN (mm)

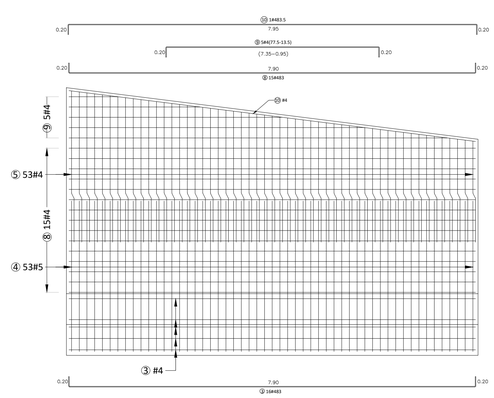
BARRA #	GANCHO
#3	450
#4	600
#5	700
#6	850
#7	1200
#8	1400



ALZADO MURO - REF.
CORTE X -X (Eje)
ESC. 1:25



REF. MURO - SUPERFICIE EXPUESTA
ESC. 1:50



REF. MURO - SUPERFICIE CONTRA RELLENO
ESC. 1:50

PTE GUATOQUE

CANTIDADES DE OBRA

Version V0

No	Figurado	Cant.	ϕ	kg/ml	L(m)	Peso Parcial (kg)	OBSERVACIONES
1		40	4	1.00	3,50	140,00	
2		53	5	1.56	3,60	298,13	
3		32	4	1.00	8,30	265,60	
4		53	5	1.56	4,17	345,33	
5		53	4	1.00	2,65	140,45	Medida Promedio
6		40	4	1.00	2,70	108,00	
7		40	4	1.00	2,25	90,00	Medida Promedio
8		30	4	1.00	8,30	249,00	
9		10	4	1.00	4,55	45,50	Medida Promedio
10		2	4	1.00	8,35	16,70	
					Peso Total (kg)	**1.598,70**	

	A(m2)=	3,53
Concreto, f'c28 MPa	L(m)=	8,00
	Vol.(m3)=	**28,26**
Base concreto pobre, f'c 14M	**Vol.(m3)=**	1,74
Cuantia Acero (kg/m3)		**60,10**

GOBERNACIÓN DE BOYACÁ

GOBERNACIÓN DE BOYACÁ
ENTIDAD CONTRATANTE

CONSORCIO PEB – JI
901.977.234-8

CONSORCIO PEB - JI
CONTRATISTA DE OBRA

PROYECTO

DIAGNÓSTICO Y EJECUCIÓN DE OBRAS DE EMERGENCIA PARA MITIGAR EL RIESGO DE DAÑO Y/O COLAPSO DE PUENTES UBICADOS EN EL DEPARTAMENTO POR LA AFECTACIÓN CAUSADA POR EFECTO DE LA OLA INVERNAL, DECLARADA EN VIRTUD DEL DECRETO DE CALAMIDAD PUBLICA NO. 0522 DE 24 DE MAYO DE 2025

CONTRATO DE OBRA No. 2833 DE 2025

REVISÓ:

ING. GIOVANNI FRANCISCO LAZARO CORREA
CONSORCIO PEB-JI
Director de Obra

APROBÓ:

ING. MAIRA ALEJANDRA PICÓN GARCÍA
CONSORCIO INTER MAP-LAR
Director de Interventoria

SUPERVISÓ:

ING. OSCAR IVÁN PINZÓN SÁNCHEZ
Director de Desarrollo de Infraestructura Vial
Secretaria de Infraestructura Pública

ELABORÓ:

Ing. VICTOR HERNANDEZ G.
Ing. Civil - U de C
Especialista Estr. - ECI
Mat. 1320257029-BLV

FECHA

ENERO 2026

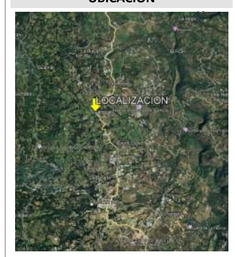
CONTENIDO

PTE GUATOQUE SANTA SOFIA
ALETA MARGEN IZQUIERDA, AGUAS ABAJO - LADO MONIQUIRA

ESCALA

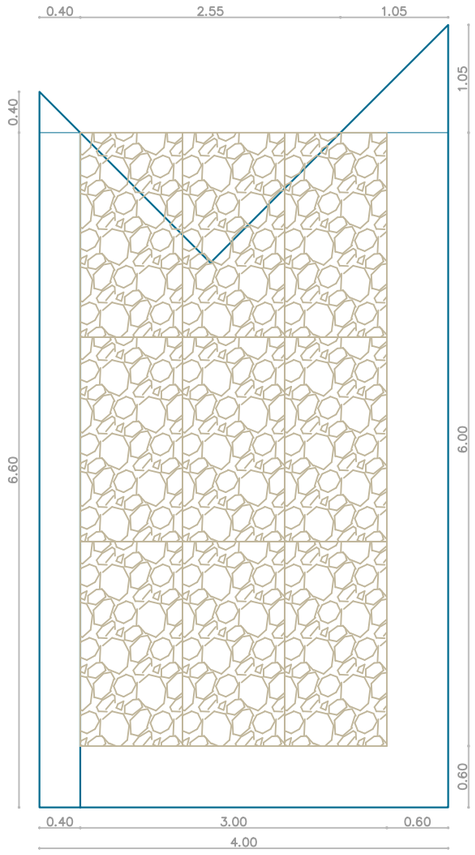
INDICADA

UBICACIÓN

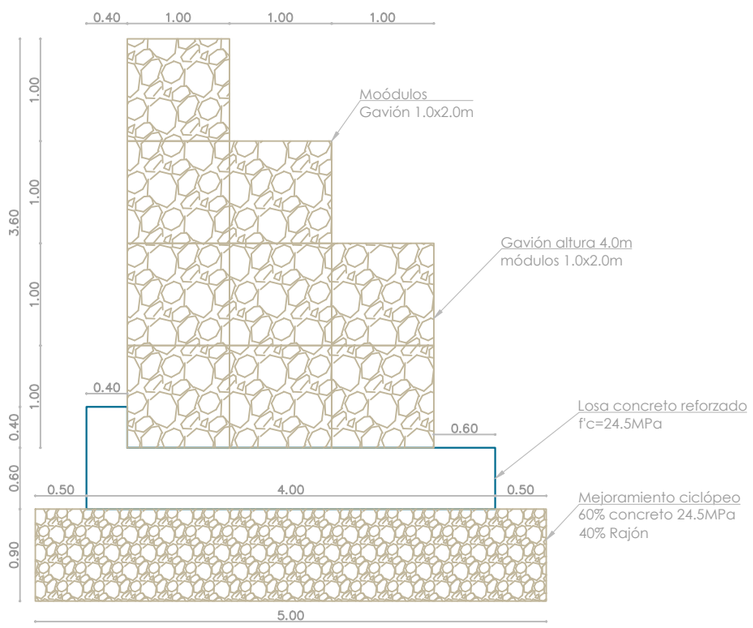


MUNICIPIO DE BOYACÁ
COLOMBIA

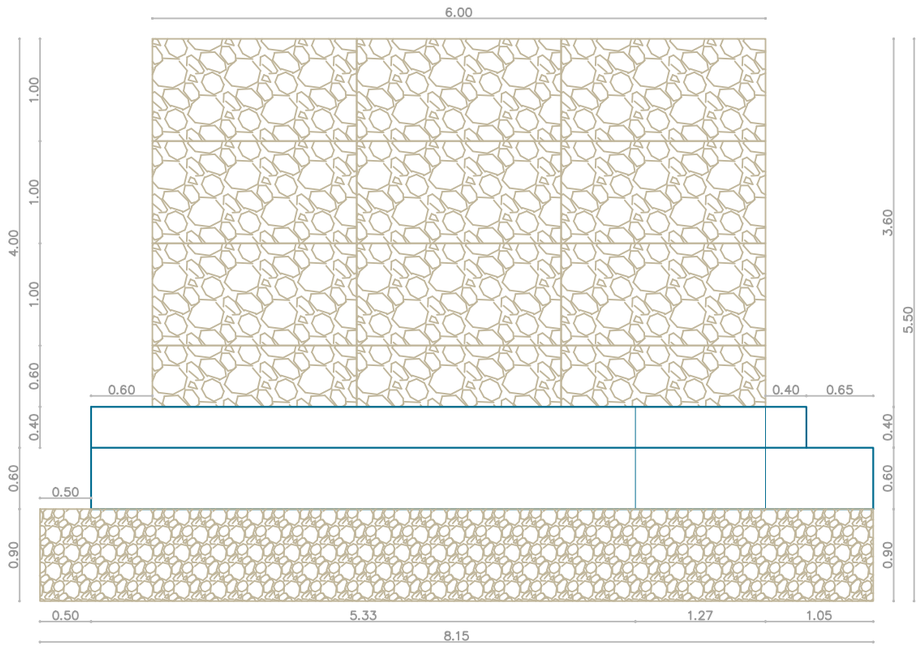
PLANCHA 1 / 1



Planta Losa cimentación

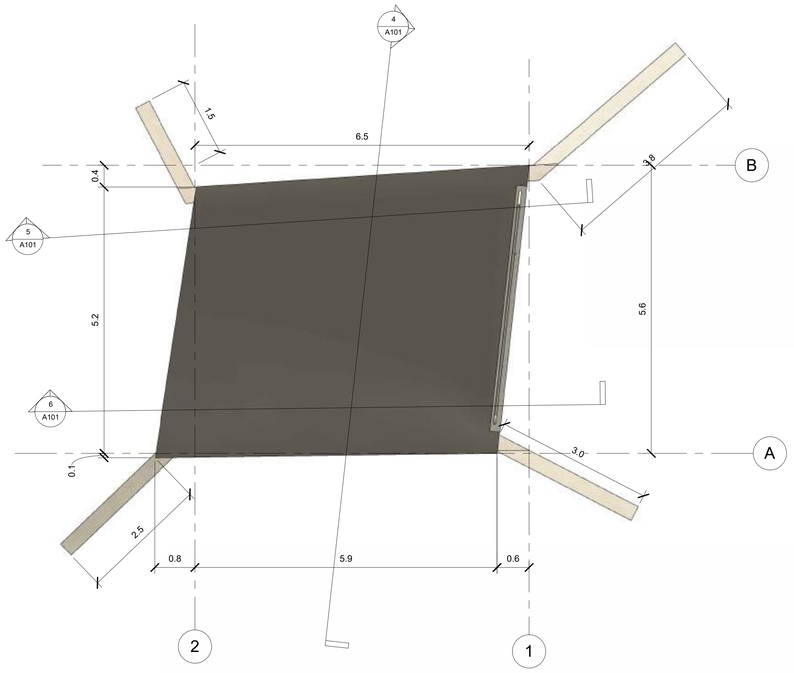


Sección Transversal Losa

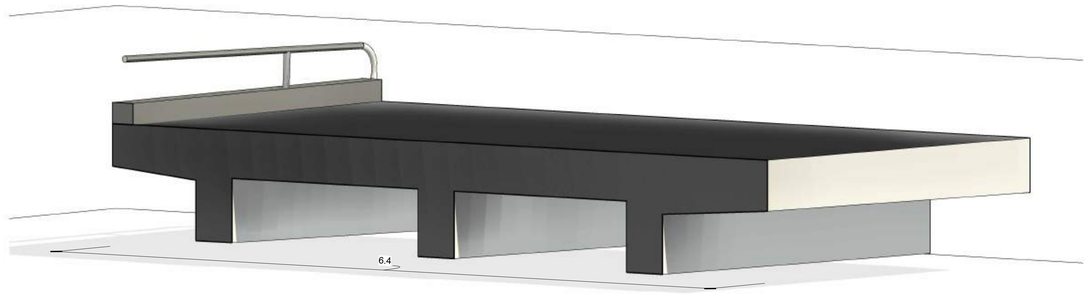


Sección longitudinal Losa

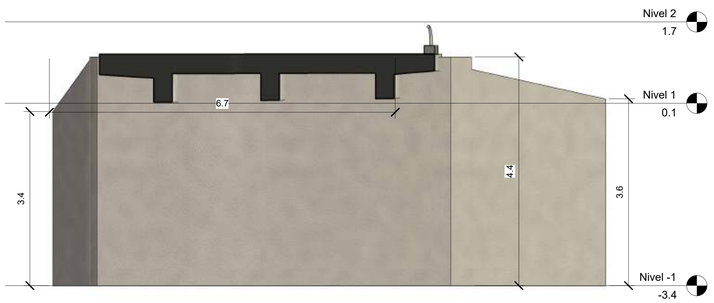
GEOMETRÍA LOSA CIMENTACIÓN GAVIONES
PUENTE GUATOQUE - SANTA SOFIA



1 Nivel 1
1 : 50



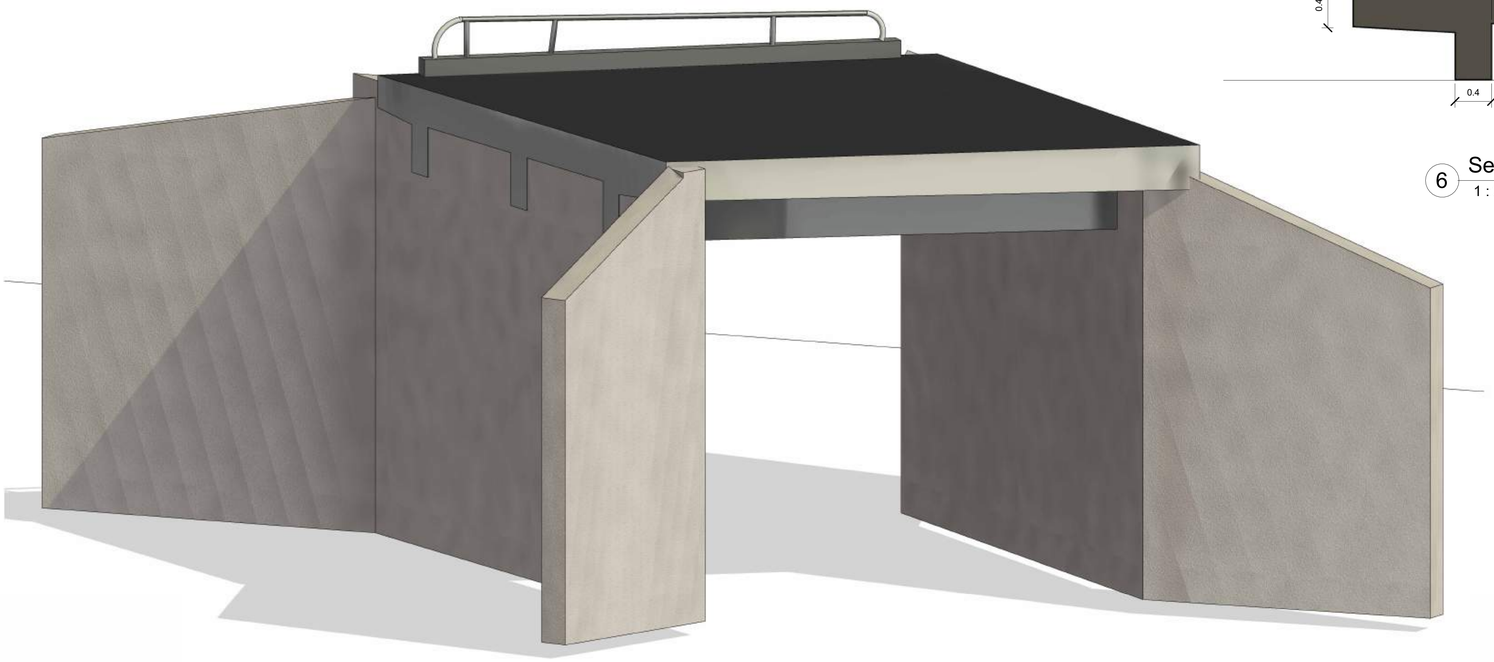
3 Sección Vigas



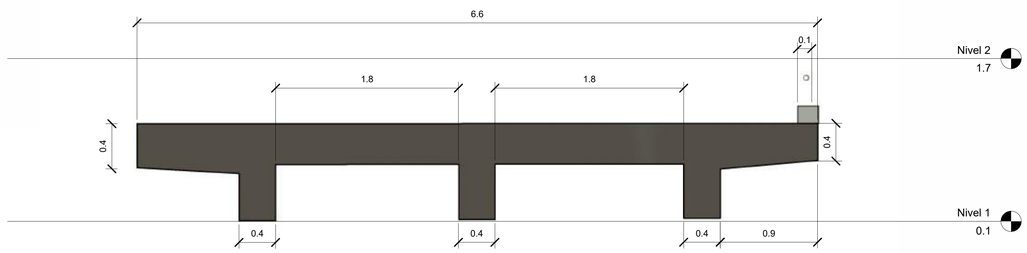
5 Sección Transversal 1
1 : 50



4 Sección Longitudinal
1 : 50



2 3D



6 Sección Transversal 2
1 : 25

GOBERNACIÓN DE BOYACÁ
ENTIDAD CONTRATANTE

CONSORCIO PEB – JI
901.977.234-8

CONSORCIO PEB - JI
CONTRATISTA DE OBRA

PROYECTO

DIAGNÓSTICO Y EJECUCIÓN DE OBRAS DE EMERGENCIA PARA MITIGAR EL RIESGO DE DAÑO Y/O COLAPSO DE PUENTES UBICADOS EN EL DEPARTAMENTO POR LA AFECTACIÓN CAUSADA POR EFECTO DE LA OLA INVERNAL, DECLARADA EN VIRTUD DEL DECRETO DE CALAMIDAD PUBLICA NO. 0522 DE 24 DE MAYO DE 2025

CONTRATO DE OBRA No. 2833 DE 2025

REVISÓ:
ING. GIOVANNI FRANCISCO LAZARO CORREA
CONSORCIO PEB-JI
Director de Obra

APROBÓ:
ING. MAIRA ALEJANDRA PICON GARCIA
CONSORCIO INTER MAP-LAR
Director de Interventoría

SUPERVISÓ:
ING. OSCAR IVÁN PINZÓN SANCHEZ
Director de Desarrollo de Infraestructura Vial
Secretaria de Infraestructura Pública

ELABORÓ:
WENDY GOMEZ
01-20091
Tecnólogo en Topografía

FECHA
SEPTIEMBRE 2025

CONTENIDO
LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO Y ASBUILT PUENTE SANTA SOFIA

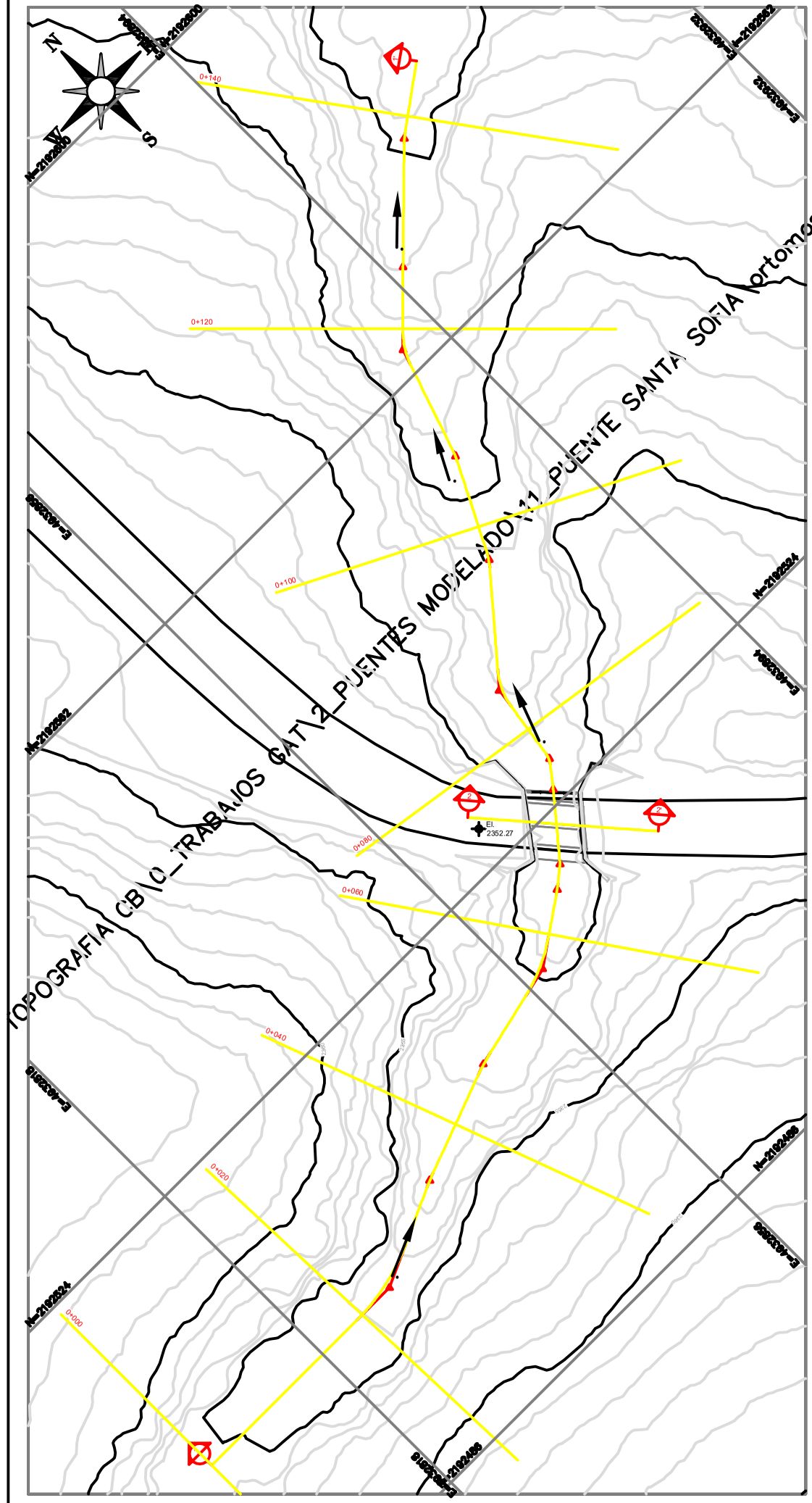
ESCALA
INDICADA

UBICACIÓN

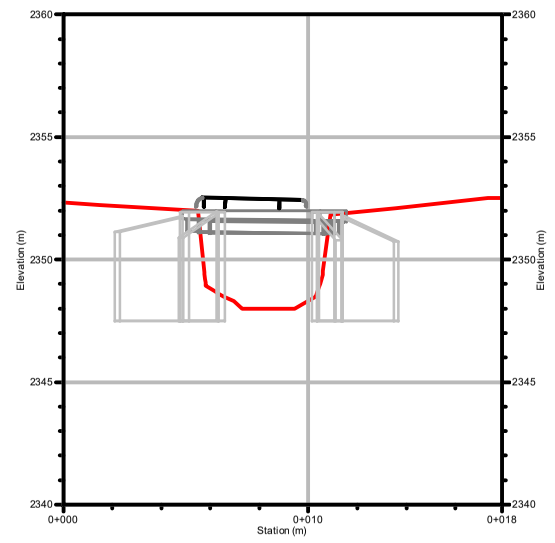


MUNICIPIO BOYACÁ
COLOMBIA

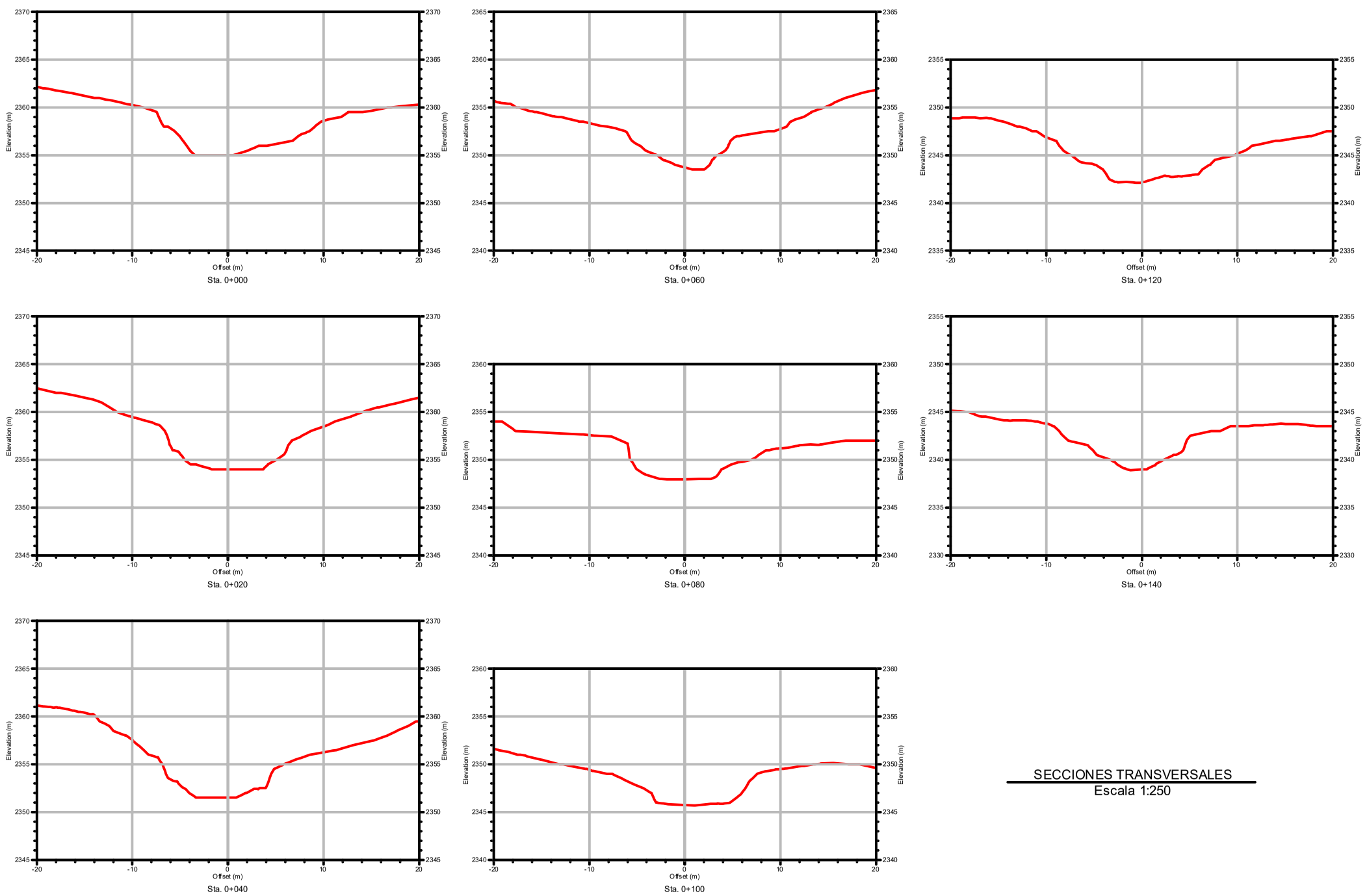
PLANCHA 2 / 2



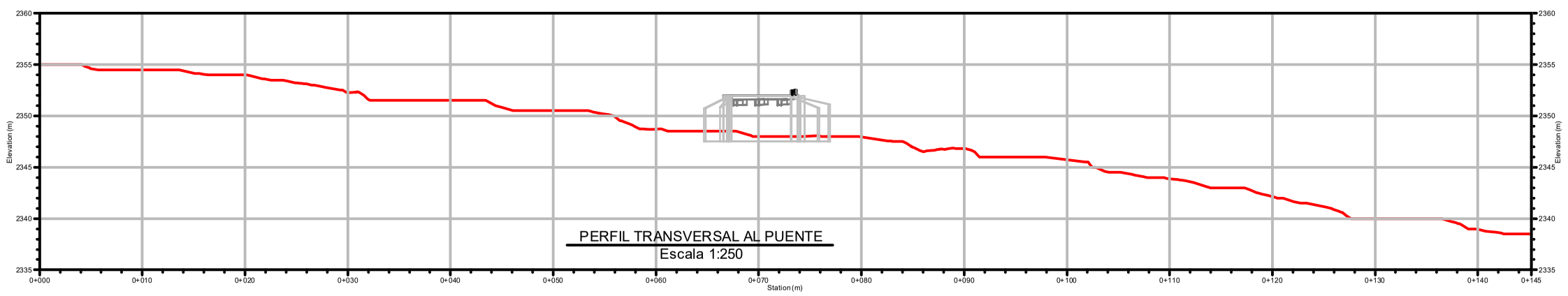
VISTA EN PLANTA
LOCALIZACION DEL PUENTE
Escala 1:250



PERFIL LONGITUDINAL
DEL PUENTE
Escala 1:150



SECCIONES TRANSVERSALES
Escala 1:250



PERFIL TRANSVERSAL AL PUENTE
Escala 1:250

NOTAS:

Nota 1 – Metodología de levantamiento

El presente levantamiento As-Built del puente fue elaborado mediante la integración de diferentes técnicas de captura de información:

Escaneo Láser Terrestre (LIDAR): empleado para obtener nubes de puntos de alta densidad y precisión geométrica de la estructura.

Fotogrametría Aérea y Terrestre: utilizada para complementar la geometría con información visual y generar modelos tridimensionales de superficies y elementos arquitectónicos.

Levantamiento Topográfico Convencional: aplicado para control, materialización de puntos de apoyo, verificación de coordenadas y ajuste de precisión.

Nota 2 – Coordinadas y sistema de referencia

El levantamiento se encuentra georreferenciado al sistema oficial de Colombia ORGIEN NACIONAL CTM12, con proyección cartográfica acorde a la zona del proyecto.
Todos los métodos de captura se integraron en un mismo marco de referencia, asegurando coherencia espacial y confiabilidad en la representación final.

Nota 3 - Unidades de media

Todas las unidades que se representan en este plano estan dadas en metros a menos que se especifique lo contrario.

Nota 4 - Topografía

Las curvas de nivel estandadas cada 1m.

CTM 12
Authority: Custom

Projection: Transverse_Mercator
False_Easting: 5000000.0
False_Northing: 2000000.0
Central_Meridian: -73.0
Scale_Factor: 0.9992
Latitude_Of_Origin: 4.0
Linear Unit: Meter (1.0)

Geographic Coordinate System: GCS_MAGNA
Angular Unit: Degree (0.0174532925199433)
Prime Meridian: Greenwich (0.0)
Datum: D_MAGNA
Spheroid: GRS_1980
Semimajor Axis: 6378137.0
Semiminor Axis: 6356752.314140356
Inverse Flattening: 298.257222101

GOBERNACIÓN DE BOYACÁ
ENTIDAD CONTRATANTE

CONSORCIO PEB - JI
CONTRATISTA DE OBRA

PROYECTO

DIAGNÓSTICO Y EJECUCIÓN DE OBRAS DE EMERGENCIA PARA MITIGAR EL RIESGO DE DAÑO Y/O COLAPSO DE PUENTES UBICADOS EN EL DEPARTAMENTO POR LA AFECTACIÓN CAUSADA POR EFECTO DE LA OLA INVERNAL, DECLARADA EN VIRTUD DEL DECRETO DE CALAMIDAD PUBLICA NO. 0522 DE 24 DE MAYO DE 2025

CONTRATO DE OBRA No. 2833 DE 2025

REVISÓ:

ING. GIOVANNI FRANCISCO LAZARO CORREA
CONSORCIO PEB-JI
Director de Obra

APROBÓ:

ING. MAIRA ALEJANDRA PICÓN GARCÍA
CONSORCIO INTER MAP-LAR
Director de Interventoría

SUPERVISÓ:

ING. OSCAR IVÁN PINZÓN SÁNCHEZ
Director de Desarrollo de Infraestructura Vial
Secretaria de Infraestructura Pública

ELABORÓ:

WENDY GOMEZ
T.P.01-20091
Tecnólogo en Topografía

FECHA
SEPTIEMBRE 2025

CONTENIDO
LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO Y ASBUILT PUENTE SANTA ROSA

ESCALA
INDICADA

UBICACIÓN

N

MUNICIPIO DE BOYACÁ
COLOMBIA

PLANCHA 1 / 2



VISTA EN PLANTA
LOCALIZACION DEL PUENTE
Escala 1:250

NOTAS:

Nota 1 – Metodología de levantamiento

El presente levantamiento As-Built del puente fue elaborado mediante la integración de diferentes técnicas de captura de información:

Escaneo Láser Terrestre (LiDAR): empleado para obtener nubes de puntos de alta densidad y precisión geométrica de la estructura.

Fotogrametría Aérea y Terrestre: utilizada para complementar la geometría con información visual y generar modelos tridimensionales de superficies y elementos arquitectónicos.

Levantamiento Topográfico Convencional: aplicado para control, materialización de puntos de apoyo, verificación de coordenadas y ajuste de precisión.

Nota 2 – Coordinadas y sistema de referencia

El levantamiento se encuentra georreferenciado al sistema oficial de Colombia ORGIEN NACIONAL CTM12, con proyección cartográfica acorde a la zona del proyecto.
Todos los métodos de captura se integraron en un mismo marco de referencia, asegurando coherencia espacial y confiabilidad en la representación final.

Nota 3 - Unidades de media

Todas las unidades que se representan en este plano estan dadas en metros a menos que se especifique lo contrario.

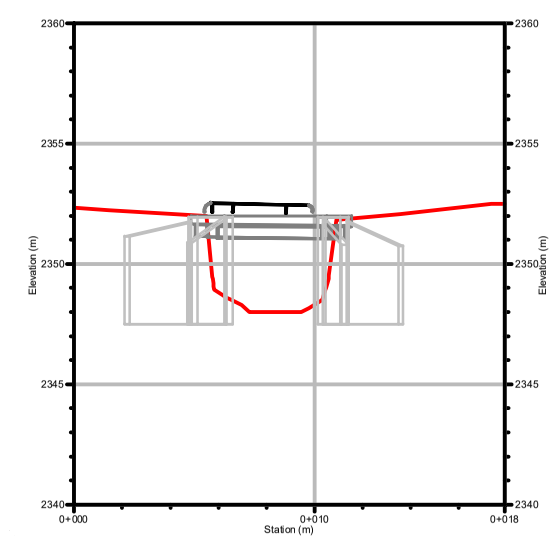
Nota 4 - Topografia

Las curvas de nivel estan dadas cada 1m.

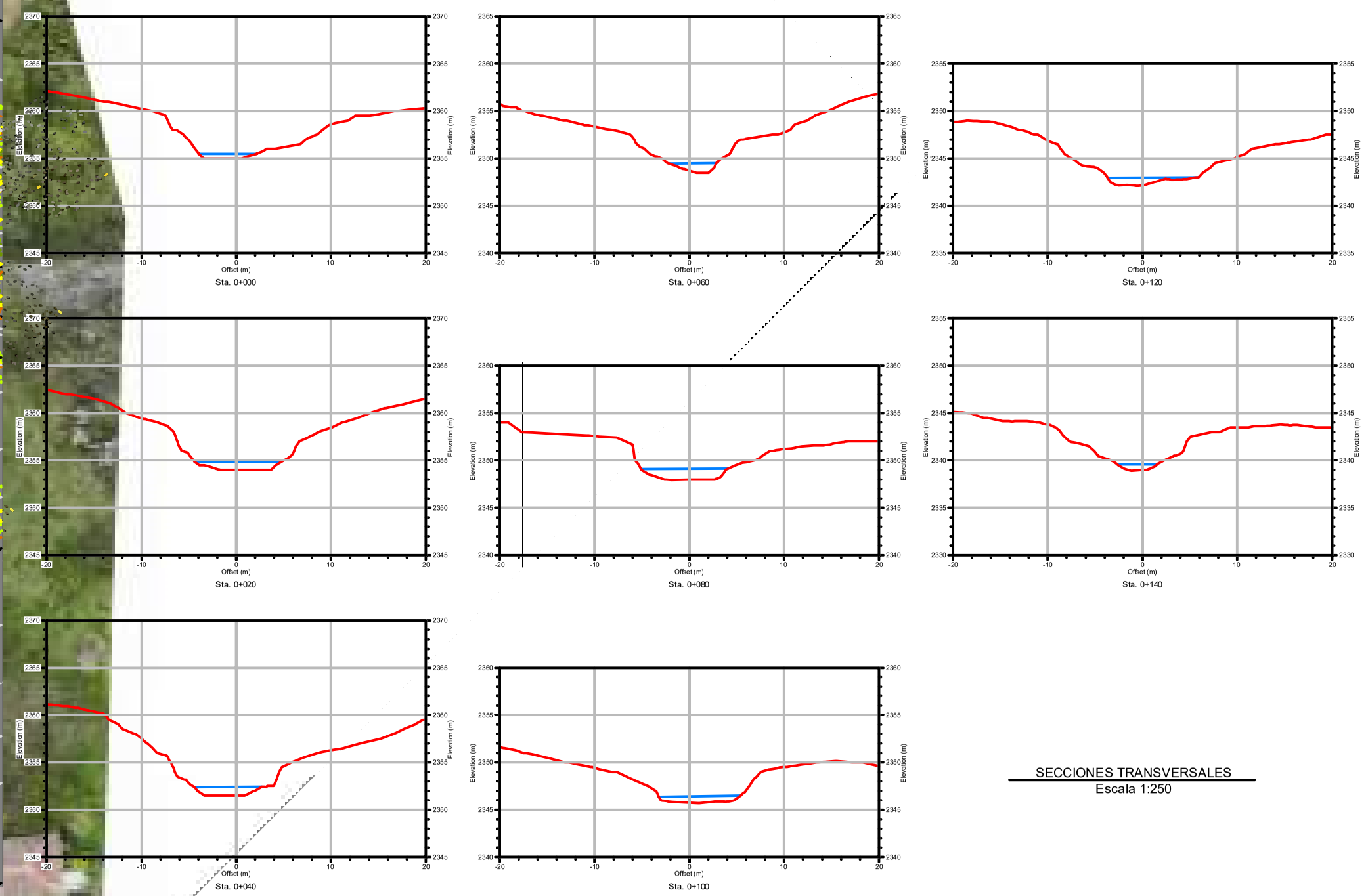
CTM 12
Authority: Custom

Projection: Transverse_Mercator
False_Easting: 5000000.0
False_Northing: 2000000.0
Central_Meridian: -73.0
Scale_Factor: 0.9992
Latitude_Of_Origin: 4.0
Linear Unit: Meter (1.0)

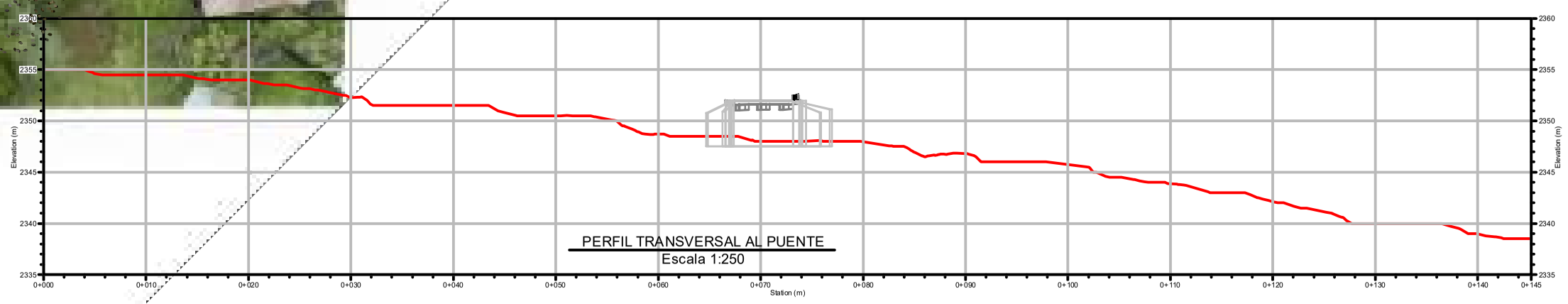
Geographic Coordinate System: GCS_MAGNA
Angular Unit: Degree (0.0174532925199433)
Prime Meridian: Greenwich (0.0)
Datum: D_MAGNA
Spheroid: GRS_1980
Semimajor Axis: 6378137.0
Semiminor Axis: 6356752.314140356
Inverse Flattening: 298.257222101



PERFIL LONGITUDINAL
DEL PUENTE
Escala 1:150



SECCIONES TRANSVERSALES
Escala 1:250



PERFIL TRANSVERSAL AL PUENTE
Escala 1:250

GOBERNACIÓN DE BOYACÁ
ENTIDAD CONTRATANTE

CONSORCIO PEB - JI
CONTRATISTA DE OBRA

PROYECTO

DIAGNÓSTICO Y EJECUCIÓN DE OBRAS DE EMERGENCIA PARA MITIGAR EL RIESGO DE DAÑO Y/O COLAPSO DE PUENTES UBICADOS EN EL DEPARTAMENTO POR LA AFECTACIÓN CAUSADA POR EFECTO DE LA OLA INVERNAL, DECLARADA EN VIRTUD DEL DECRETO DE CALAMIDAD PUBLICA NO. 0522 DE 24 DE MAYO DE 2025

CONTRATO DE OBRA No. 2833 DE 2025

REVISÓ:

ING. GIOVANNI FRANCISCO LAZARO CORREA
CONSORCIO PEB-JI
Director de Obra

APROBÓ:

ING. MAIRA ALEJANDRA PICÓN GARCÍA
CONSORCIO INTER MAP-LAR
Director de Interventoria

SUPERVISÓ:

ING. OSCAR IVÁN PINZÓN SÁNCHEZ
Director de Desarrollo de Infraestructura Vial
Secretaria de Infraestructura Pública

ELABORÓ:

WENDY GOMEZ
T.P.01-20091
Tecnólogo en Topografía

FECHA
SEPTIEMBRE 2025

CONTENIDO
LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO Y ASBUILT PUENTE SANTA SOFIA

ESCALA
INDICADA

UBICACIÓN

MUNICIPIO DE BOYACÁ
COLOMBIA

PLANCHA 1 / 2

FICHA TECNICA DE CAMPO

FT001_GEOTEC_PTE-GUAT_STASOF_V1

ACCIONTES PARA ATENDER LA CONTINGENCIA POR DESCONFINAMIENTO Y PERDIDAD DE BANCA EN EXCAVACION PARA IMPLANTACION DE ALETA Y GAVION DE CIERRE PUENTE GUATOQUE VIA SANTA SOFIA - MONIQUIRA.

Proyecto: Diagnóstico y ejecución de obras de emergencia para mitigar el riesgo de daño y/o colapso de puentes ubicados en el departamento por la afectación causada por efecto de la ola invernal, declarada en virtud del decreto de calamidad pública no. 0522 de 24 de mayo de 2025. Contrato de obra no. 2833 de 2025

HALLAZGOS EVIDENCIADOS EN CAMPO

Durante la visita de inspección se evidenció que el sector intervenido para la construcción de la aleta del puente presenta una condición de inestabilidad asociada a la exposición prolongada del terreno excavado bajo un régimen de precipitaciones intensas y continuas, propias de la temporada invernal que afecta actualmente la zona.

Es importante precisar que la condición observada no puede ser atribuida de manera directa a deficiencias del proceso constructivo, sino a un factor externo dominante, correspondiente a las condiciones meteorológicas adversas que han limitado la continuidad operativa de la obra. La imposibilidad de avanzar de manera secuencial en las actividades de conformación, confinamiento y cierre de la excavación ha generado que el terreno permanezca expuesto por periodos superiores a los técnicamente recomendables.

En este contexto, los materiales del talud excavado han experimentado un proceso progresivo de pérdida de resistencia, producto de la saturación, incremento de presiones de poros y disminución de la succión en suelos parcialmente cohesivos. Esta condición ha derivado en desprendimientos sucesivos del terreno, proyectando una verticalización en el corte proyectado de manera inclinada inicialmente, configurando un proceso de retroceso del escarpe que ha alcanzado el borde de la calzada, generando pérdida parcial de banca.

Desde el punto de vista geotécnico, el escenario corresponde a una **inestabilidad inducida por condiciones hidrometeorológicas**, donde la excavación actúa como elemento detonante, pero no como causa estructural del problema. La falta de confinamiento temporal y definitivo no obedece a una omisión técnica, sino a la

imposibilidad operativa de ejecutar las etapas siguientes bajo condiciones climáticas que comprometen la seguridad y viabilidad constructiva.

Por tanto, el enfoque del presente diagnóstico no se orienta a profundizar en la causalidad, ya claramente identificada, sino a **definir una solución técnica viable que permita recuperar la estabilidad del sistema suelo–estructura en un entorno aún condicionado por la humedad y la variabilidad climática**.

INTERPRETACIÓN CON BASE AL REGISTRO FOTOGRÁFICO DE CAMPO

El análisis del registro fotográfico evidencia una excavación de dimensiones considerables, con un escarpe expuesto de geometría subvertical, desarrollado entre la aleta construida y la calzada existente. Este escarpe presenta signos claros de descompresión del terreno, reblandecimiento y pérdida de cohesión, asociados a la infiltración de agua y a la permanencia prolongada de la excavación abierta.

Se observa que la pérdida de banca ha progresado hasta comprometer directamente la estructura del pavimento, evidenciando ausencia de soporte lateral en el borde de la vía, condición que incrementa significativamente la vulnerabilidad ante nuevas fallas, especialmente bajo cargas dinámicas de tránsito o eventos adicionales de lluvia.

El mecanismo de falla dominante no corresponde a un proceso de socavación hidráulica ni a una falla estructural de la aleta, sino a un colapso progresivo del talud excavado, inducido por la reducción de resistencia al corte del suelo en condiciones saturadas. La altura del escarpe remanente, estimada entre 5 y 6 metros, constituye un factor crítico, ya que mantiene un potencial activo de nuevos desprendimientos si no se restablecen condiciones de confinamiento.

Adicionalmente, se identifica que la geometría actual de la excavación no solo ha generado pérdida de material, sino que también ha condicionado el espacio disponible para la ejecución de las obras de cierre. Esto implica que cualquier solución debe resolver simultáneamente la estabilización del terreno y la viabilidad constructiva de los elementos definitivos proyectados, particularmente el sistema de gaviones en el extremo de la aleta.

En síntesis, la condición actual no es estable ni auto equilibrada. Es un sistema en transición que, si no se interviene correctamente, va a seguir perdiendo material, generando una mayor afectación a la calzada.

Fotografía. 1 Estado actual excavación para construcción de aleta y Gavión (17/04/2026)



DIRECCION: CL 109 14B -60 OF 204 BR CHICO NORTE, BOGOTÁ
E-MAIL: consorciopebji@gmail.com
TELEFONO: 3102778858
Bogotá, Distrito Capital

ALTERNATIVA PROPUESTA Y LINEAMIENTOS PARA EL PROCESO CONSTRUCTIVO.

Considerando las condiciones geotécnicas observadas y las restricciones operativas actuales, se establece como medida prioritaria la restitución del confinamiento del terreno mediante la conformación del relleno estructural en el trasdós de la aleta, el cual debe funcionar como elemento de contrapeso frente al escarpe desarrollado.

Este relleno deberá ejecutarse de manera progresiva y controlada, hasta alcanzar una altura aproximada de 3,0 metros, con el objetivo de reducir la altura libre del talud expuesto, disminuir los esfuerzos desestabilizantes y mejorar las condiciones de equilibrio global del sistema. El material empleado deberá ajustarse a los requerimientos según ART-610-INV-22, con adecuada capacidad drenante y compactado por capas, garantizando un comportamiento estable bajo condiciones de humedad. Su función se resume en lo siguiente:

- Restituye el confinamiento lateral del terreno natural, eliminando la condición de escarpe libre.
- Genera un contrapeso directo sobre la superficie potencial de falla, aumentando la estabilidad global.
- Reduce la altura activa del talud expuesto, disminuyendo la probabilidad de nuevos desprendimientos.

En el extremo final de la aleta, donde se requiere la implantación del sistema de gavión de cierre, el relleno no puede invadir completamente el espacio disponible.

En este sector se recomienda que el relleno sea conformado con refuerzo mediante geotextil, operando como una masa de suelo reforzado. Esta solución permite contener lateralmente el relleno, optimizar el espacio disponible y evitar interferencias con la futura implantación del gavión, asegurando la continuidad del sistema estructural.

De manera complementaria, y como medida temporal de estabilización, se recomienda la conformación de un terraplén temporal adosado al escarpe del lado de la vía, el cual funcionará como elemento de estabilización provisional mientras se ejecuta el relleno estructural.

Este terraplén:

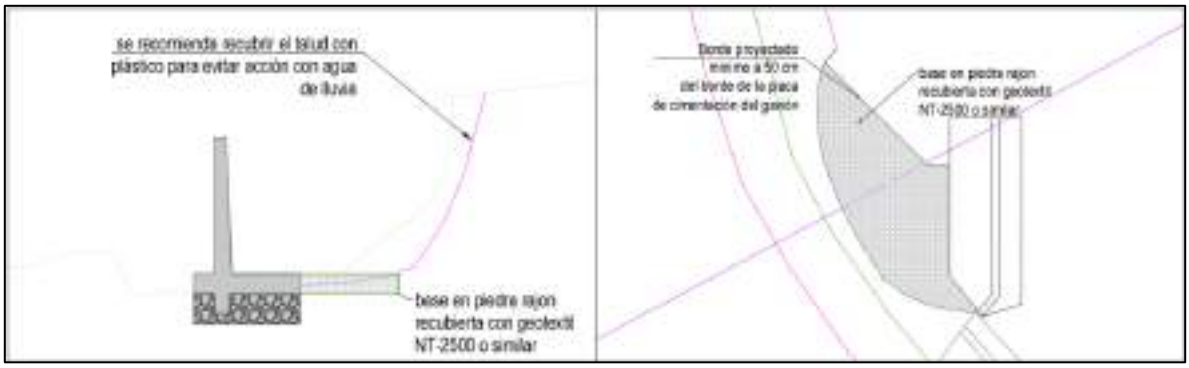
- Controla totalmente la altura libre del escarpe
- Disminuye el riesgo de retroceso hacia la calzada
- Permite trabajar con mayor seguridad

Una vez estabilizado este primer volumen de relleno, se procederá a la construcción del gavión de cierre, el cual actuará como elemento definitivo de confinamiento contra el terreno natural. Posteriormente, se completará el relleno restante hasta alcanzar la configuración final del trasdós de la aleta, garantizando la integración funcional entre el sistema de relleno, el refuerzo geosintéticos y la estructura de gaviones.

Es indispensable, además, implementar medidas de manejo de aguas superficiales y control de escorrentía, evitando la infiltración directa hacia el talud y el relleno en construcción, ya que este factor ha sido el principal agente de degradación del terreno. Se presenta a continuación a manera esquemática la secuencia para atender la contingencia y recuperar la estabilidad de la calzada.

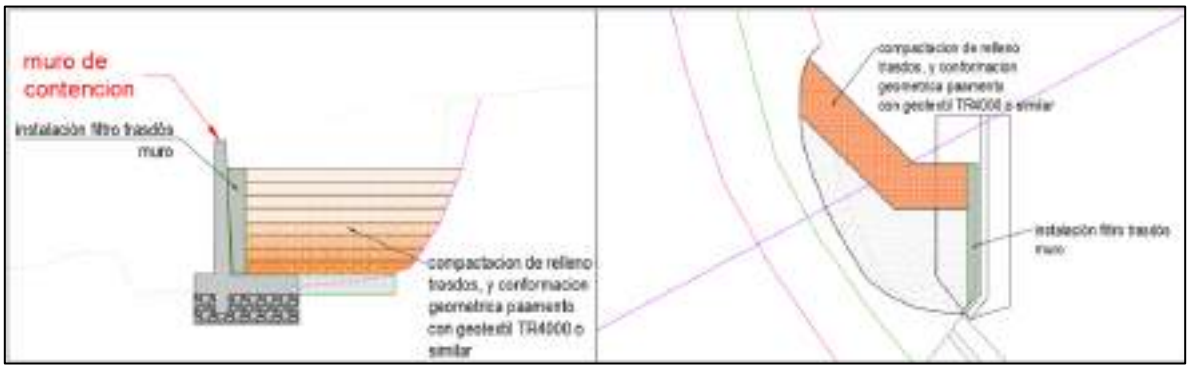
Con base en la condición observada en campo y la identificación de lutitas a aproximadamente un tercio de la altura de la excavación, las cuales presentan mejores propiedades de resistencia frente al material coluvial afectado, se proyecta la remoción del material reblandecido en la base y la conformación de una capa de mejoramiento en rajón, con espesor aproximado a la altura de la zarpa, envuelto en geotextil tipo NT2500 o similar, con el fin de proporcionar una base competente y drenante para el relleno estructural en el trasdós de la aleta.

Ilustración 1. Base granular como mejoramiento al suelo natural para apoyo del relleno.



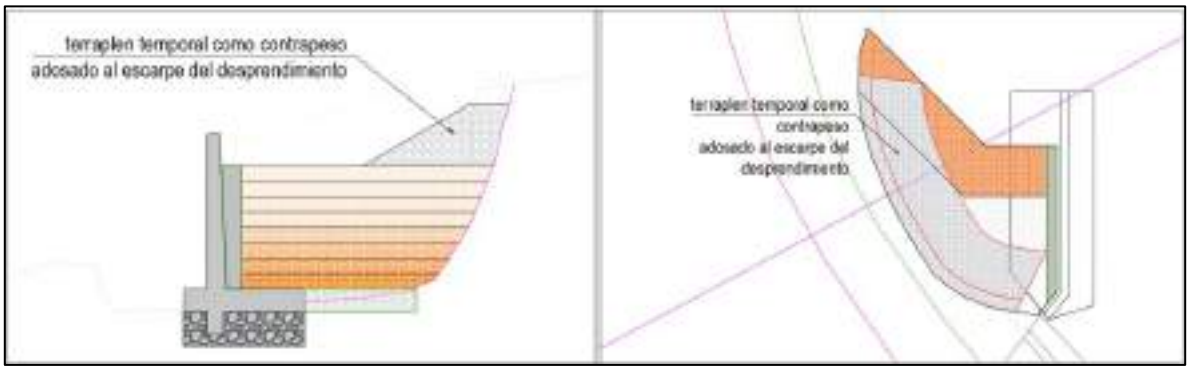
Luego de conformada la base, se inicia la colocación y compactación del relleno con equipos que no induzcan vibraciones excesivas. En la zona destinada al cierre, y con el fin de garantizar el espacio para la implantación del gavión, se proyecta el confinamiento del relleno mediante refuerzo con geotextil, conformando un paramento tipo suelo mecánicamente reforzado, dispuesto en capas máximas de 40 cm, con un ancho en base de 2,0 m y una altura aproximada de 3,0 m, funcionando como contrapeso para estabilizar la excavación. De manera simultánea, se deberá instalar el filtro en el trasdós de la aleta para controlar la generación de presiones hidrostáticas durante el proceso constructivo.

Ilustración 2 proyección del paramento reforzado con geotextil



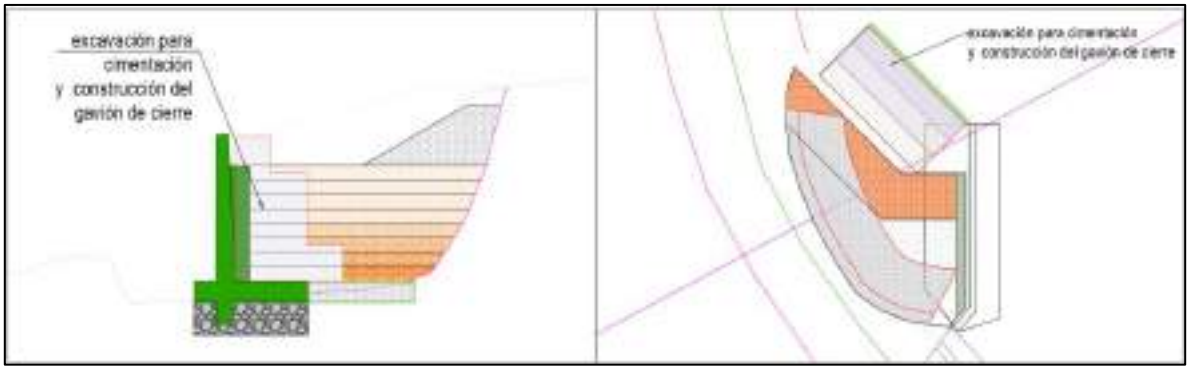
Luego de conformar el relleno reforzado con geotextil tipo TR4000 o similar, y con el fin de controlar la pérdida de banca, se recomienda disponer de manera temporal un terraplén adosado al escarpe, cuya función es proporcionar contrapeso y contribuir a la estabilización del talud en toda su altura.

Ilustración 3 localización de terraplén para confinamiento temporal de la calzada



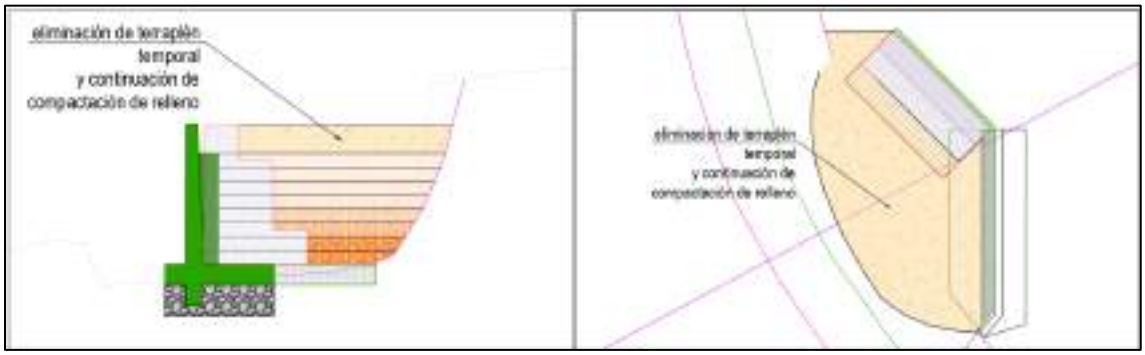
Una vez estabilizada la excavación mediante el relleno reforzado y el terraplén adosado al escarpe, se podrá proceder con la excavación localizada y la posterior implantación de los gaviones de cierre.

Ilustración 4 excavación en instalación de Gavión de cierre



Una vez los gaviones alcancen la cota del relleno reforzado, se podrá retirar el terraplén temporal y continuar con la colocación y compactación del relleno de forma uniforme en el trasdós de la aleta y en la zona de los gaviones.

Ilustración 5 eliminación de terraplén temporal y continuación de compactación de relleno



Una vez conformado el relleno se realiza las adecuaciones y mejoramientos a nivel de calzada.

Ilustración 6 conformación final de relleno y recuperación de calzada

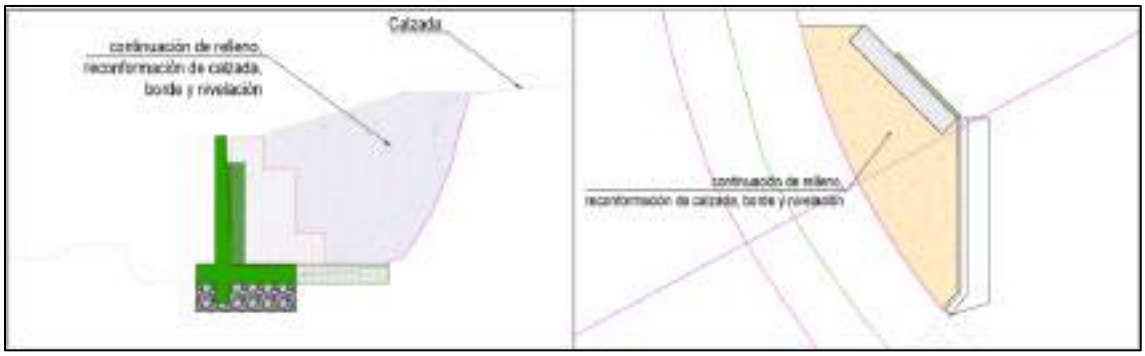
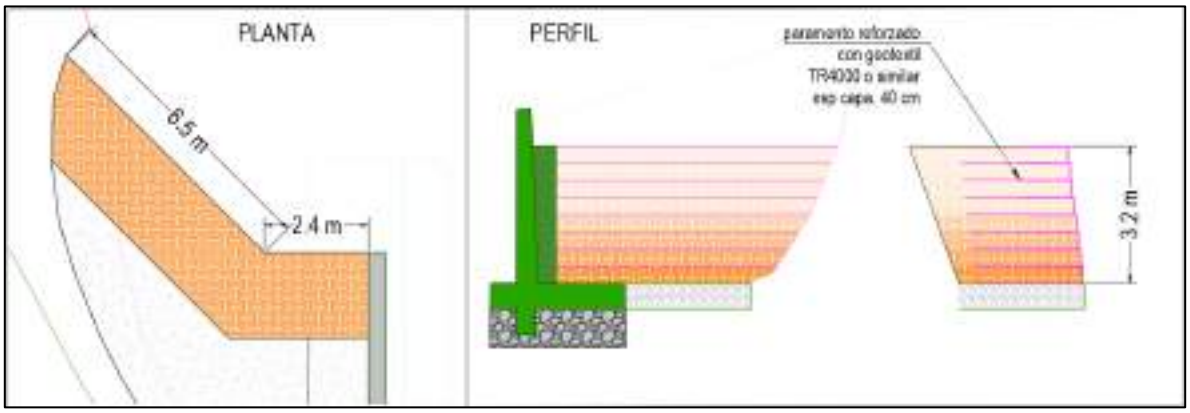


Ilustración 7 dimensionamiento del refuerzo del relleno como medida temporal de proceso constructivo



RECOMENDACIONES PARA EL PROCESO CONSTRUCTIVO Y CONTROL EN OBRA.

Durante la ejecución de las actividades planteadas, se deberán implementar medidas adicionales de control y seguimiento, orientadas a garantizar la estabilidad temporal del sistema y evitar la progresión de la pérdida de banca durante la fase constructiva.

1. Monitoreo continuo del estado del escarpe y la calzada

Se deberá realizar inspección diaria del borde de la calzada y del escarpe, con el fin de identificar:

- Aparición de nuevas grietas en corona
- Incremento de la pérdida de banca
- Desprendimientos recientes
- Deformaciones o asentamientos en el borde de la vía

En caso de evidenciar evolución del proceso, se deberá:

- Suspender actividades en el frente afectado
- Reforzar inmediatamente con material de contrapeso
- Ajustar la secuencia constructiva

2. Control de condiciones de humedad en la base de la excavación

Previo a la colocación del relleno estructural, se deberá verificar que la base de apoyo cumpla con condiciones adecuadas de humedad y capacidad de soporte.

Se deberá evitar:

- Colocación de material sobre suelos saturados
- Presencia de encharcamientos
- Bombeo insuficiente

En caso de condiciones desfavorables:

- Implementar drenaje temporal
- Retirar material blando o reblandecido
- Mejorar la superficie de apoyo con material granular

3. Protección de superficies expuestas (medida inmediata)

Toda superficie de talud expuesta deberá ser recubierta con material plástico (polietileno o similar) previo al inicio de las actividades o durante interrupciones por lluvia, con el fin de:

- Reducir infiltración directa
- Evitar pérdida adicional de resistencia
- Controlar procesos de erosión superficial

Esta medida debe mantenerse hasta que se instale el relleno definitivo.

4. Control de escorrentía superficial

Se deberán implementar medidas para evitar que el agua de la calzada o del entorno llegue al escarpe:

- Cunetas provisionales
- Canales de desvío
- Barreras con sacos o material granular

5. Secuencia controlada de relleno

El relleno estructural deberá ejecutarse bajo las siguientes condiciones:

- Colocación por capas controladas
- Compactación uniforme
- Evitar sobrecargas puntuales cerca del borde de la calzada
- Avance progresivo desde la aleta hacia el exterior

6. Control del terraplén temporal

El terraplén provisional deberá:

- Mantenerse mientras exista escarpe activo
- Ajustarse conforme avance el relleno estructural
- Retirarse de manera progresiva, no abrupta

7. Restricción de cargas y tránsito

Durante la ejecución:

- Limitar el paso de vehículos pesados
- Evitar vibraciones cercanas al borde
- Controlar tránsito en carril afectado

8. Condición crítica de suspensión de obra

Se deberá suspender la actividad cuando:

- Se presenten lluvias intensas

- Se evidencie aumento de deformaciones
- Se pierda estabilidad en la base

CONCLUSION GENERAL

Con base en la evaluación geotécnica realizada, se concluye que la condición de inestabilidad evidenciada en el sector de implantación de la aleta del puente corresponde a un estado transitorio inducido por la exposición prolongada del terreno excavado bajo condiciones climáticas adversas, las cuales han impedido la ejecución continua de las actividades constructivas y la oportuna restitución del confinamiento del trasdós.

El mecanismo observado está asociado a la pérdida progresiva de resistencia del suelo por saturación, generando desprendimientos sucesivos y el retroceso del escarpe hasta comprometer la banca de la calzada. No obstante, esta condición no obedece a deficiencias del diseño estructural o geotécnico de la aleta, sino a una alteración en la secuencia constructiva causada por factores externos, principalmente la incidencia de lluvias.

La solución planteada, basada en la ejecución anticipada del relleno estructural y del sistema de filtro contemplados en el diseño original, complementada con un refuerzo localizado mediante geotextil en la zona de cierre y la posterior construcción del gavión, constituye una medida técnica adecuada para restablecer el equilibrio del sistema suelo–estructura. Esta intervención permite recuperar el confinamiento del terreno, generar un contrapeso efectivo frente al escarpe y garantizar la viabilidad constructiva del sistema definitivo.

Sin embargo, el éxito de la solución depende directamente de la correcta implementación de la secuencia constructiva y del control riguroso de las condiciones de humedad y drenaje, así como del monitoreo continuo del comportamiento del talud durante la ejecución. La ausencia de estas medidas puede derivar en la reactivación del proceso de inestabilidad.

En este sentido, se establece que la intervención no corresponde a un rediseño, sino a una adaptación técnica del proceso constructivo que permite activar los elementos del diseño bajo condiciones no previstas, con el fin de recuperar la estabilidad del sector y garantizar la seguridad de la infraestructura vial.

FICHA DE DIAGNÓSTICO GEOTÉCNICO PARA PUENTES EN VÍAS (PROYECTO)

Proyecto:	Diagnóstico y ejecución de obras de emergencia para mitigar el riesgo de daño y/o colapso de puentes ubicados en el departamento por la afectación causada por efecto de la ola invernal, declarada en virtud del decreto de calamidad pública no. 0522 de 24 de mayo de 2025. Contrato de obra no. 2833 de 2025
Fecha de levantamiento:	[08 / 09 / 25]
Profesional geotécnico:	[Yenser Antonio Quintero]
Condiciones climáticas:	[Seco]

1. GENERALIDADES DEL PUENTE

Vía / Tramo	[Municipio de Santa Sofía a municipio de Moniquirá]
Municipio / Departamento	[Santa Sofía / Boyacá]
Coordenadas (WGS84)	Lat [5°44'31.29"N] Long [73°36'23.64"O]
Cota aproximada (msnm)	[2332]
Cauce/Quebrada/Río	[Quebrada Guatoque]
Altura de gálibo (m)	[4.0 m]
Ancho de calzada (m)	[6.5 m]
Longitud total del puente (m)	[4.8 m]
Número de luces	[1]
Número de apoyos	[2]
Material dominante	[Concreto__X__ Acero____ Mixto____ Madera _____]
Tipo estructural	[Simplemente apoyado__X__ Continuo _____Otro _____]

2. ENTORNO GEOLÓGICO LOCAL

La descripción realizada del entorno geológico se realiza con base a la información en el atlas geológico 2023, y corroborado con las observaciones de campo, a continuación, se describe el entorno geológico local donde se encuentra ubicado el puente quebrada Guatoque.

Imagen No 1 Entorno geológico puente Quebrada Guatoque



2.1. Unidad geológica identificada:

El sector del Puente quebrada Guatoque se encuentra en contacto con la formación paja (Kip) las cuales son lutitas y limolitas negras, en la parte inferior a media concreciones calcárea y películas de yeso, a la base unos niveles de calizas lumaquÍlicas (Ostreas.). Los materiales de la Formación Paja, al estar compuestos principalmente por lutitas, lodolitas y arcillolitas (rocas sedimentarias de grano fino), son particularmente susceptibles a procesos geodinámicos externos relacionados con el agua y la gravedad, especialmente en el clima andino, los taludes son de pendiente fuertemente inclinada a escarpada en la zona adyacente al cauce de la quebrada Guatoque, más sin embargo haciendo un recorrido de la zona se denota que los materiales presentes no se encuentran con procesos físicos de meteorización y protección herbácea, lo cual genera que la zona aferente al cauce de la quebrada presente estabilidad en las laderas.

2.2. Litología dominante:

La unidad está compuesta principalmente por la formación Paja está compuesta principalmente por rocas sedimentarias de grano fino depositadas en un ambiente marino, predominan las lodolitas negras y lutitas oscuras (a veces descritas como shales oscuros), contiene también arcillolitas abigarradas (multicolores), En la fotografía del talud frente al estribo del puente lado de Moniquirá se evidencian una ladera con alta cobertura vegetal donde sus pendientes favorecen la estabilidad y buen drenaje sin lograr velocidades de flujos con potencial erosivo, sin embargo los materiales son altamente susceptibles a procesos de meteorización fisca y erosión hídrica.

Imagen No 2 materiales perteneciente a la UGS identificada como formación Paja Kip



2.3. Implicaciones geotécnicas.

Geotécnicamente, La composición arcillosa de la roca madre la hace vulnerable a diferentes procesos que generan cambios en su comportamiento geomecánico, aunque son lutitas negras, las intercalaciones de minerales son muy reactivas. Al exponerse al agua y al aire, la pirita se oxida, generando ácido sulfúrico, lo que acelera la desintegración de la roca (meteorización química), también puede ser susceptible a meteorización física (Intemperismo), esto debido a la alternancia de ciclos de humedad y sequía, así como los cambios de temperatura, provocan la expansión y contracción de las arcillolitas. Este proceso debilita la matriz rocosa, favoreciendo la disgregación en fragmentos más pequeños y la formación de suelos.

2.4. Taludes en los accesos del puente [SI]

En los accesos al puente no se identifican taludes que involucren el alineamiento de la vía y sobre todo el puente.

3. ENTORNO GEOLÓGICO LOCAL

Procesos activos: [SI ___ NO _X_]

(Marcar los que apliquen)

- ☐ Remoción en masa (deslizamientos, flujos, reptación)
- ☐ Caída de bloques / Desprendimientos
- ■ Erosión superficial en taludes
- ☐ Socavación lateral del cauce
- ☐ Meteorización intensa en taludes rocosos
- ☐ Ninguno observado

3.1. Descripción del proceso activo

En la margen izquierda aguas abajo se identifica una pérdida parcial de banca asociada al desconfinamiento del material de relleno en la zona de la aleta lateral del estribo. La afectación se evidencia en la pérdida de soporte lateral del pavimento y en la vegetación inclinada hacia el cauce, producto del debilitamiento progresivo del borde del terraplén. Este fenómeno está relacionado con el deterioro estructural y erosión localizada de la aleta, lo que ha permitido la migración del material de relleno y la pérdida de confinamiento del terraplén de acceso.

El proceso, aunque actualmente controlado, representa un riesgo potencial de avance del deterioro del borde vial y de exposición de la estructura de acceso.

Imagen No 3 Perdida parcial de banca debido a la afectación que presenta la aleta M-I aguas abajo.



4. ESTRIBOS Y ELEMENTOS DE CONFINAMIENTO

4.1. Descripción general de las estructuras de apoyo.

4.1.1. Estribos.

El puente cuenta con estribos construidos en concreto reforzado, apoyados sobre lo que correspondería a sistemas superficiales de cimentación. El estribo del lado Moniquirá presenta un muro frontal con una geometría recta. El estribo opuesto, correspondiente a la salida hacia Santa Sofia, está conformado igualmente por un elemento en concreto de sección vertical, cuya función principal es recibir las cargas del tablero y transferirlas al terreno de fundación, la cimentación es superficial.

Imagen No 4 Estribos puente quebrada Guatoque. (imagen izq. Lado Moniquirá – Imagen Der. Lado Santa Sofía)



4.1.2. Aletas de confinamiento

Las aletas de los estribos se desarrollan de manera diagonal respecto al alineamiento del apoyo. Las aletas aguas abajo combina en su parte inferior una cimentación superficial en concreto, sobre el cual continúa un cuerpo en concreto, este además de confinar el material de relleno, sirve como una estructura de contención. Las aletas aguas arriba corresponde a un elemento de concreto que confina el material de relleno de la estructura de aproximación del puente con estructura de cimentación superficial.

Imagen No 5 Aletas margen izquierda rio Loblanco (Imagen Izq. Sector aguas arriba costado Moniquirá – Imagen Der. Sector aguas abajo costado Moniquirá)



5. AFECTACIONES Y PATOLOGÍAS

5.1. Cimentación de estribos

En la base del estribo correspondiente al lado de Santa Sofía se observa una acumulación de material fino a limoso con intercalaciones arenosas, producto de procesos de deposición de sedimentos por arrastre del flujo de la quebrada Guatoque. Este depósito se encuentra sobre una planicie de sedimentación que se ha conformado de manera natural aguas abajo del estribo.

Destaca la presencia, frente al estribo, bloques rocosos de tamaño métrico que actúan como elementos de protección natural ante la socavación local, funcionando como un escudo que disipa la energía del flujo y reduce la erosión directa sobre la cimentación del apoyo. Gracias a este elemento, no se evidencian procesos activos de socavación en el punto observado; sin embargo, el flujo del cauce ha generado la deposición progresiva de finos en la zona posterior al bloque, indicando una dinámica de transporte y sedimentación controlada por la morfología del cauce y los obstáculos rocosos existentes.

Imagen No 6 indicios de arrastre y erosión laminar (Imagen izq. Estribo lado Moniquirá – Imagen der, estribo lado Sta. Sofia)



5.2. Aletas de confinamiento:

En la aleta de confinamiento correspondiente al estribo del lado de Moniquirá, margen izquierda aguas abajo, se evidencia una fisura vertical abierta de gran desarrollo que atraviesa prácticamente toda la altura del elemento estructural, extendiéndose desde la base hasta la parte superior de la aleta. Esta fisura presenta desplazamiento diferencial entre ambos lados de la grieta y signos de lavado del material, lo que indica pérdida de adherencia interna y posible debilitamiento por acción erosiva y filtración de agua a través de la junta.

Se observa además exposición superficial del concreto con desintegración del recubrimiento y crecimiento vegetal, lo que sugiere falta de mantenimiento y una posible infiltración constante de aguas de escorrentía provenientes de la calzada o del trasdós del muro. Esta condición ha favorecido el avance del deterioro estructural y del proceso de desconfinamiento del relleno de acceso.

Imagen No 7 Agrietamiento diagonal en aleta M-I aguas abajo (lado Moniquirá).



5.2.1. Taludes aguas arriba:

Los taludes aguas arriba que conforman el cauce no presentan afectaciones directas. Está conformada por un depósito aluvial reciente que enmarca el alineamiento del cauce, localizándose a lo largo del cauce y sirviendo de protección a la base de los taludes conformados por materiales susceptibles a la erosión (arcillolitas y limolitas). El riesgo no proviene de un deslizamiento de ladera, sino de la acción directa e indirecta del río, la alta energía del río (debida a la pendiente del cauce) y el caudal actúan como el agente principal de inestabilidad y transporte, el flujo constante y energético socava el pie de los taludes del cauce, arrastrando cantos de diferentes tamaños, el río tiene suficiente energía para movilizar las rocas de tamaño métrico y el sedimento fino. este arrastre continuo puede impactar la infraestructura.

La buena cobertura vegetal y las pendientes naturales presentes en el área aferente al cauce de la quebrada Guatoque están actualmente neutralizando la alta susceptibilidad litológica a los movimientos en masa, lo que explica la estabilidad actual. El sector es estable en términos de movimientos en masa superficiales de ladera, pero presenta una amenaza alta por procesos fluviales (socavación y arrastre de material), debido a la naturaleza fácilmente erosionable de la Formación Paja y la alta energía del río.

Imagen No 8 Taludes aguas arriba. (Imagen Izq. Margen izquierda – Imagen Der. Margen derecha)



5.2.2. Taludes aguas abajo:

En el sector aguas abajo, los taludes adyacentes al cauce se mantienen estables y sin manifestaciones de erosión significativa o desprendimientos que puedan representar una amenaza para la infraestructura. Las márgenes se encuentran recubiertas parcialmente por vegetación arbustiva y herbácea, lo que contribuye a la protección natural frente a la acción del

flujo. En conjunto, tanto aguas arriba como aguas abajo, los taludes no presentan afectaciones críticas en relación con la operación y seguridad del puente, material de arrastre depositado aguas arriba logra una disminución de energía del flujo con el fin de proteger la estructura, pero adicional a esto logra conservar el cauce de la quebrada Guatoque por arrastres y desprendimiento de material.

Imagen No 9 Taludes aguas abajo (Imagen Izq. Margen izquierda costado Moniquirá – Imagen Der. Margen derecha costado Santa Sofia)



5.3. Socavación

En el sector del puente sobre la quebrada Guatoque se identifica un proceso de socavación localizado en la base del estribo correspondiente al lado de Santa Sofía, asociado a la acción directa del flujo sobre el apoyo y a la dinámica de arrastre de material fino y arenoso en eventos de creciente. No obstante, de manera general, el cauce no presenta evidencias de socavación generalizada, dado que no se observan desniveles significativos ni pérdidas de cota en el lecho que indiquen erosión progresiva o cambios en la morfología del canal. La presencia de bloques rocosos métricos en el entorno inmediato actúa como elemento de control natural del flujo y disipación de energía, lo que ha limitado el avance de la erosión y mantiene una estabilidad relativa del fondo del cauce.

5.4. Otros daños observados

En la margen izquierda aguas abajo se evidencia una pérdida parcial de banca a nivel de calzada, directamente asociada al deterioro estructural y desconfinamiento de la aleta lateral del estribo. La fisura y el desplazamiento del elemento de contención han permitido el deslizamiento progresivo del material de relleno del terraplén, generando la pérdida de soporte lateral del pavimento y el inicio de procesos de erosión superficial. Esta condición compromete la

funcionalidad del borde vial y representa un riesgo potencial de ampliación del daño hacia la calzada, especialmente durante eventos de lluvia que incrementen la saturación del suelo.

6. CONCEPTO GEOTÉCNICO DEL DIAGNÓSTICO

6.1. Hallazgos principales

Durante la inspección geotécnica se determinó que el puente se encuentra apoyado sobre un cauce con control natural por presencia de bloques rocosos métricos, los cuales actúan como barreras de protección hidráulica, disipando la energía del flujo y reduciendo la socavación directa sobre el estribo del lado de Santa Sofía. Esta condición ha favorecido la acumulación de sedimentos finos y arenosos en su base, generando una planicie de deposición estable que evidencia un comportamiento de sedimentación y no de erosión activa.

Sin embargo, la configuración del cauce y la disposición de dichos bloques han desviado parcialmente la corriente hacia el estribo del lado de Moniquirá, donde se observa concentración del flujo, arrastre de material y erosión incipiente en la base del estribo. Esta situación ha afectado la aleta de confinamiento de la margen izquierda aguas abajo, la cual presenta fisuración vertical de gran desarrollo y crecimiento vegetal, lo que ha generado pérdida de confinamiento del relleno y pérdida parcial de banca a nivel de calzada.

6.2. Patologías críticas identificadas

Las principales patologías se concentran en el estribo del lado de Moniquirá, donde la desviación del cauce ha generado erosión incipiente en la base y un deterioro estructural avanzado en la aleta de confinamiento de la margen izquierda aguas abajo, evidenciada por una fisura vertical abierta, pérdida de material y crecimiento vegetal. Esta afectación ha provocado desconfinamiento del relleno y pérdida parcial de banca a nivel de calzada, comprometiendo la estabilidad lateral del acceso vial. Por su parte, el estribo del lado de Santa Sofía no presenta socavación activa, sino un proceso de sedimentación controlado por bloques métricos, que, aunque actúa como elemento protector, ha contribuido a redirigir el flujo hacia el lado opuesto, intensificando las patologías mencionadas.

6.3. Nivel de riesgo

Para fines prácticos de la presente ficha, se adopta una metodología simplificada que evalúa el riesgo en función de la combinación de:

Riesgo = Probabilidad × Consecuencia

Riesgo	Nivel
1 – 4	Bajo

5 – 9	Medio
10 – 16	Alto
15 – 25	Muy Alto (Critico)

- **Probabilidad (P):** nivel de ocurrencia esperado de la amenaza, a partir de observaciones de campo (procesos activos, evidencia de deterioro, antecedentes).

Probabilidad	Muy baja	Baja	Media	Alta	Muy alta
Valor	1	2	3	4	5

  - Muy alta: Evidencia clara de socavación crítica, erosión activa, procesos que avanzan rápido.
  - Alta: Procesos activos con señales fuertes (exposición parcial de cimentación, erosión marcada).
  - Media: Señales moderadas (grietas, erosión incipiente, arrastre de material leve).
  - Baja: Evidencias menores, procesos lentos.
  - Muy baja: No se observan procesos activos, estabilidad aparente.

- **Consecuencia (C):** impacto potencial sobre la estructura y el servicio vial en caso de materializarse la amenaza.

Consecuencia	Menor	Moderada	Seria	Mayor	Catastrófica
Valor	1	2	3	4	5

  - Catastrófica (5): Colapso total del puente, interrupción prolongada de la vía.
  - Mayor (4): Afectación grave de la estructura (un estribo/pila comprometida).
  - Seria (3): Daños estructurales importantes, pero con posibilidad de rehabilitación.
  - Moderada (2): Daños reparables sin riesgo inmediato de pérdida del servicio.
  - Menor (1): Patología superficial, no compromete la seguridad.

Esta aproximación está alineada con los lineamientos de INVIAS – Cartilla de Gestión del Riesgo en Infraestructura Vial

Probabilidad	Consecuencia	Nivel de riesgo
3	3	Medio

6.4. Obras necesarias

Recuperación de la aleta margen izquierda sector aguas abajo costado Moniquirá, se debe ampliar la sección del elemento, limpieza y reconformación de la geometría del cauce bajo del puente, en este caso garantizar que las obras proyectadas lleguen hasta las aletas de los dos

costados del puente de la quebrada Guatoque, protección contra la socavación de las bases de los estribos de los dos costados.

6.5. Exploración geotécnica

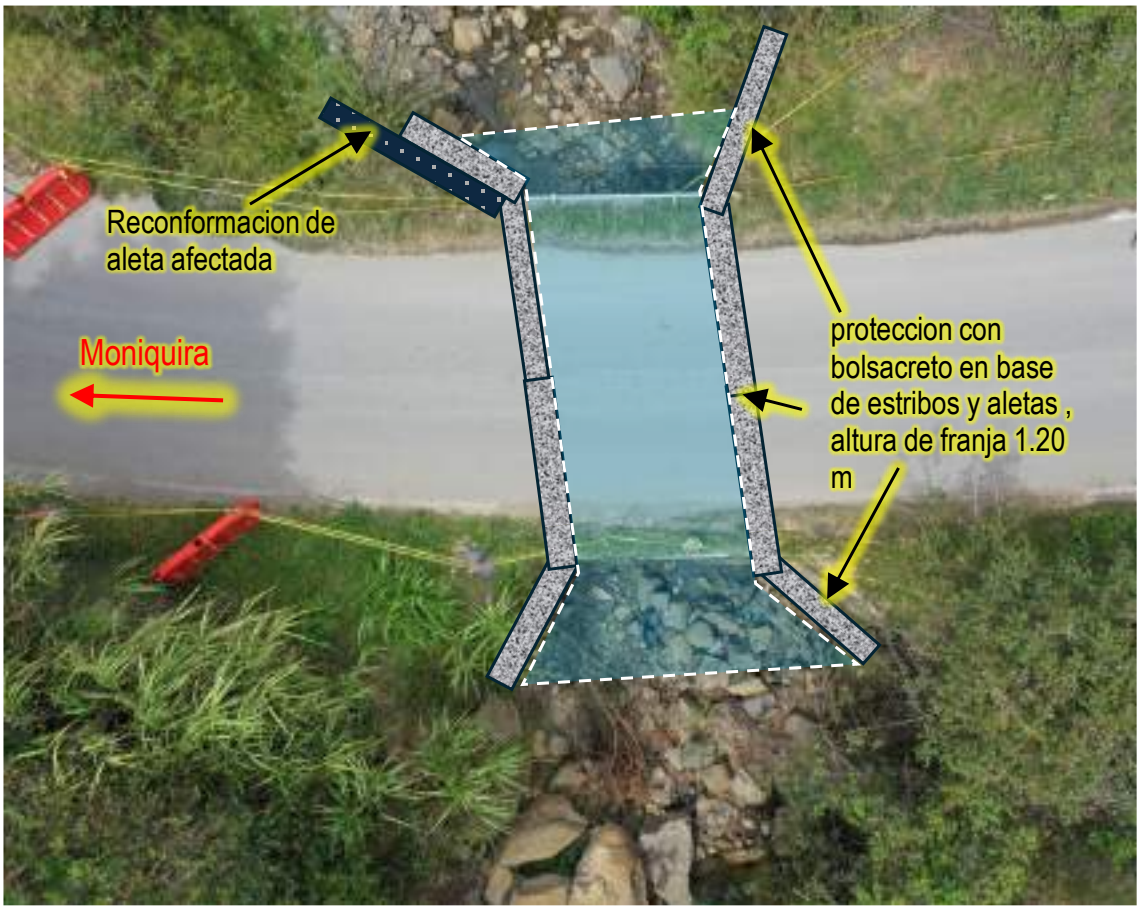
- **Sondeo mecánico**: localizado en la M-I aguas abajo para proyectar obra de protección y contención.
  Profundidad: 12.0 m
  Ensayos: caracterización cada 1.50 m (granulometría, limites, pesos unitarios) del nivel de cimentación y del suelo in situ que soporta la estructura de contención y confinamiento. Ensayo de corte directo para su diseño de deslizamiento y volcamiento.
- **Apiques**: localizado a nivel de vía sobre los aleros aguas arriba (ambos costados), para verificar materiales de subrasante.
  Profundidad: 1.5 – 2.0 m

6.6. Proyección de obras definitivas de mitigación:

Aleta aguas abajo M-I (lado Moniquirá): Se recomienda reconstrucción del elemento y reconformación del lleno estructural en el trasdós de la aleta, se debe ampliar la sección del elemento estructural con el fin de tener una mayor área de control de procesos de socavación en la entrada del puente vehicular, se debe evaluar la estructura de cimentación y la geometría de la aleta de acuerdo a los empujes de suelo y sobre carga, complementado con protección a la socavación mediante bolsacretos en el pie y costados expuestos para disipar energía del flujo, también realizar todas las obras complementarias para conducción y drenaje de las aguas de escorrentía.

6.7. Esquematización de propuesta de mitigación

Puente	Quebrada Guatoque – Santa Sofía



7. CONCLUSIÓN DEL DIAGNÓSTICO

Del análisis realizado en campo y la evaluación de las condiciones geotécnicas y morfodinámicas del sector, se concluye que el Puente sobre la quebrada Guatoque presenta un comportamiento estructural y geotécnico condicionado por la dinámica hidráulica del cauce, el cual se encuentra parcialmente controlado por la presencia de bloques rocosos métricos frente al estribo del lado de Santa Sofía. Estos elementos han favorecido la deposición de sedimentos finos en dicha margen, evitando la socavación local, pero al mismo tiempo han generado una desviación del flujo hacia el estribo del lado de Moniquirá, donde se concentran los procesos erosivos.

La afectación más relevante corresponde al deterioro estructural de la aleta de confinamiento de la margen izquierda aguas abajo (lado Moniquirá), cuya fisuración y pérdida de material han derivado en desconfinamiento del relleno y pérdida parcial de banca a nivel de calzada, comprometiendo la estabilidad local del acceso vial. Si bien no se evidencia socavación generalizada en el cauce, la concentración del flujo y la erosión en la base del estribo del lado de Moniquirá incrementan el riesgo de descalse y pérdida de soporte durante eventos de creciente.

Por lo anterior, desde el punto de vista geotécnico se recomienda priorizar obras de recalce y reconstrucción de la aleta afectada, acompañadas de protección hidráulica con bolsacreto en la base de estribos y aletas, pues los bloques métricos son muestra de la energía que tiene la quebrada en tiempos de alta precipitación, además de la restitución del confinamiento del relleno y rehabilitación del borde de calzada.

8. RECOMENDACIÓN MATERIALES DE RELLENO

El material que se disponga como relleno a estructuras se debe ajustar a materiales tipo SBG, alineado a requerimientos tipo INV-610-22. los materiales para utilizar pueden provenir de cantera de préstamo, pueden disponerse de material granulares tipo SBG las partículas deben ser duras y resistentes de características uniformes, libres de terrones de arcilla y material orgánico. Los requerimientos mínimos se establecen en la tabla 610-3 de INV-610-22 presentadas a continuación.

Tabla 810 – 3. Requisitos para materiales granulares tipo SBG o BG

Característica	Norma de ensayo INV	Requisito	
		Tipo SBG	Tipo BG
Dureza (C)			
Desgaste en la máquina de los Ángeles (Gradación A), máximo (%) - Quinientas (500) revoluciones	E-218	50	40
Durabilidad (C)			
Pérdidas en ensayo de solidez en sulfatos, máximo (%) (Nota) - Sulfato de sodio - Sulfato de magnesio	E-220	12 18	12 18
Limpieza (F)			
Límite líquido, máximo (%)	E-125	25	25
Índice de plasticidad, máximo (%)	E-125 y E-126	6	3
Equivalente de arena, mínimo (%)	E-133	25	30
Contenido de terrones de arcilla y partículas deleznables, máximo (%)	E-211	2	2
Geometría de las Partículas (F)			
Índices de alargamiento y aplanamiento, máximo (%)	E-230	-	35
Caras fracturadas (una cara), mínimo (%)	E-227	-	50

Nota: se puede validar el requisito de durabilidad, empleando cualquiera de los dos (2) sulfatos indicados.

Tabla 810 – 4. Franjas granulométricas para materiales granulares tipo SBG o BG

Tipo de gradación	Tamiz (mm / U.S. Standard)									
	50,0 2 Pulgadas	37,5 1 ½ Pulgadas	25,0 1 Pulgada	19,0 ¾ Pulgada	12,5 ½ Pulgada	9,5 3/8 Pulgada	4,75 Nro. 4	2,00 Nro. 10	0,425 Nro. 40	0,075 Nro. 200
	Pasa tamiz (%)									
SGB-50	100	70 – 95	60 – 90	-	45 – 75	40 – 70	25 – 55	15 – 40	8 – 25	2 – 15
SGB-38	-	100	75 – 95	-	55 – 85	45 – 75	30 – 60	20 – 45	8 – 30	2 – 15
SGB-20	-	-	-	100	60 – 87	50 – 80	35 – 65	24 – 49	8 – 30	2 – 15
BG-38	-	100	70 – 100	-	50 – 80	40 – 70	30 – 60	20 – 45	10 – 30	5 – 15
BG-25	-	-	100	-	70 – 100	50 – 80	35 – 65	20 – 45	10 – 30	5 – 15
Tolerancias en producción sobre la fórmula de trabajo (1)	0 %	7 %					6 %			3 %

Firmas

Geotecnista: Yenser Antonio Quintero Serrano **Revisor:**
T.P.: 54202-363195 NTS **T.P.:**
Fecha: 09/09/2025 **Fecha:**

ES 2540-5 – GUATOQUE

Proyecto: Obras de emergencia puentes vehiculares - Puente Guatoque

Localización: Santa Sofia

Cliente: CONSORCIO PEB-JI

LÓPEZ HERMANOS GEOTECNIA Y AGUAS SUBTERRÁNEAS S.A.S.

Fecha: Octubre 2025

1. INTRODUCCIÓN Y ALCANCE

El presente documento contiene el diseño geotécnico de las obras de protección del puente de Guatoque, ubicado en el municipio de Santa Sofia, Boyacá. El objetivo principal es establecer los parámetros geotécnicos y las recomendaciones para el diseño y construcción para la reposición de la aleta del borde izquierdo aguas abajo. El estudio se fundamenta en los resultados de campo y laboratorio obtenidos por LÓPEZ HERMANOS GEOTECNIA Y AGUAS SUBTERRÁNEAS S.A.S., aplicando los lineamientos de la NSR-10 (Título H).

2. INVESTIGACIONES DE CAMPO Y LABORATORIO

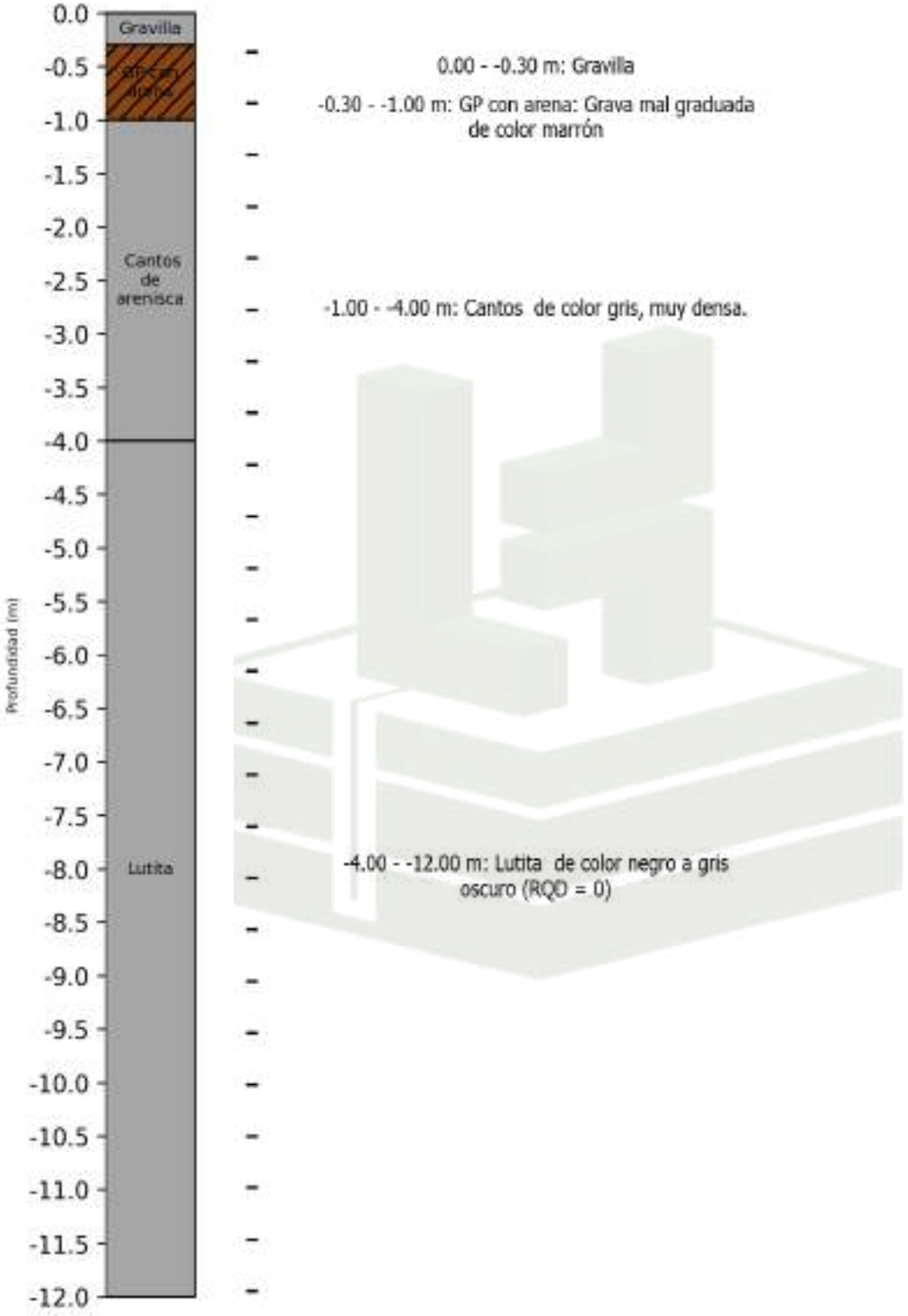
Se realizaron dos apiques geotécnicos para caracterizar el lecho del rio, y una perforación con equipo mecánico en el costado izquierdo aguas abajo. En laboratorio se ejecutaron ensayos de clasificación, límites de Atterberg, granulometría, penetración normal, penetración normal, RQD, y carga puntual.





3. CARACTERIZACIÓN DE MATERIALES

Se encontró el siguiente perfil de suelo, hasta la profundidad establecida previamente:

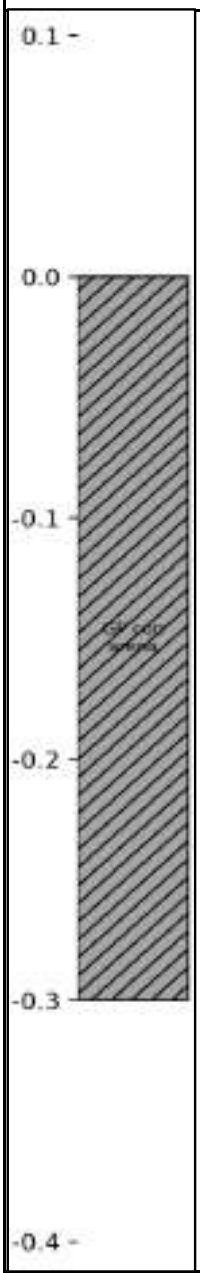

0.0
-0.5
-1.0
-1.5
-2.0
-2.5
-3.0
-3.5
-4.0
-4.5
-5.0
-5.5
-6.0
-6.5
-7.0
-7.5
-8.0
-8.5
-9.0
-9.5
-10.0
-10.5
-11.0
-11.5
-12.0
Profundidad (m)
Gravilla
Cantos de arenisca
Lutita
0.00 - -0.30 m: Gravilla
-0.30 - -1.00 m: GP con arena: Grava mal graduada de color marrón
-1.00 - -4.00 m: Cantos de color gris, muy densa.
-4.00 - -12.00 m: Lutita de color negro a gris oscuro (RQD = 0)

LOPEZ HERMANOS GEOTECNIA Y AGUAS SUBTERRANEAS S.A.S.

Avenida Norte 48-57 - Tunja (Boy). Tel: 3108717384. email: estudios@lhltda.com

ESTUDIO DE SUELOS SERVICIO DE LABORATORIO DE SUELOS Y CONCRETOS - POZOS PROFUNDOS

Solicitado por: CONSORCIO PEB-JI.	Localización: Santa Sofia - Boyacá		Nivel de referencia: 0 m	Inicio: 26/09/2025 / Finalizado: 26/09/2025
Proyecto: Obras de emergencia puentes vehiculares - Puente Quebrada Guatoque	Latitud/Norte:	Longitud/este:	Tipo de Perfil: LECHO DE RIO	N° sondeo : Lecho de Río Aguas Abajo

PERFIL	DESCRIPCION PERFIL	Inconfinada, penetrometro y veleta (kPa)	Penetración normal corregida N (SPT)
	0.00 - -0.30 m: GP con arena: Grava mal graduada de color gris		

Observaciones:

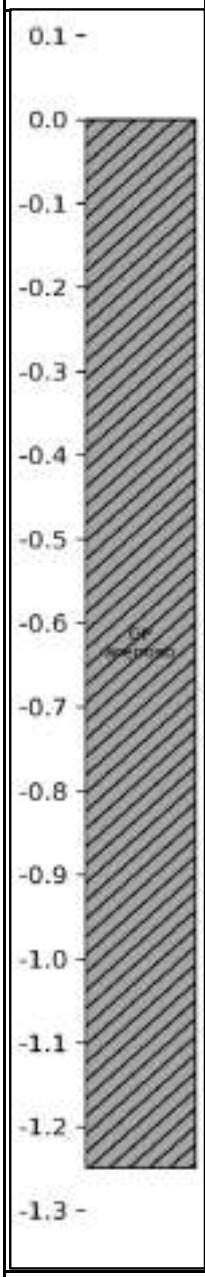
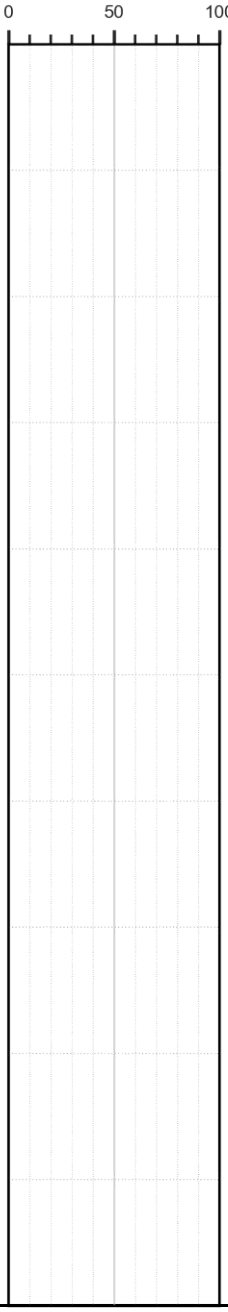
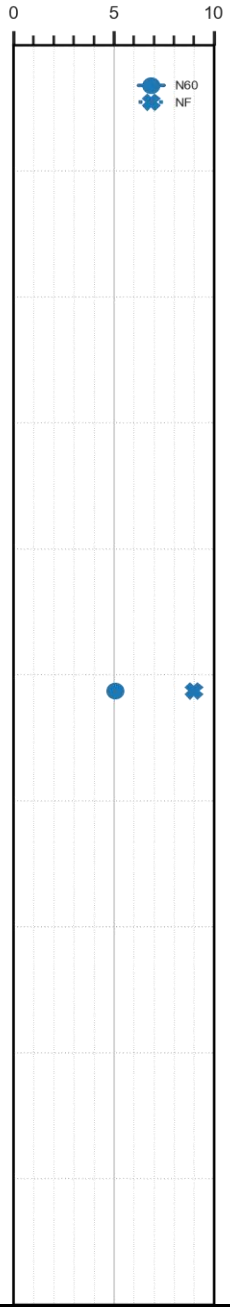
NIVEL FREATICO - m COTA NF - m

LOPEZ HERMANOS GEOTECNIA Y AGUAS SUBTERRANEAS S.A.S.

Avenida Norte 48-57 - Tunja (Boy). Tel: 3108717384. email: estudios@lhltda.com

ESTUDIO DE SUELOS SERVICIO DE LABORATORIO DE SUELOS Y CONCRETOS - POZOS PROFUNDOS

Solicitado por: CONSORCIO PEB-JI.	Localización: Santa Sofia - Boyacá		Nivel de referencia: 0 m	Inicio: 26/09/2025 / Finalizado: 26/09/2025
Proyecto: Obras de emergencia puentes vehiculares - Puente Quebrada Guatoque	Latitud/Norte: 5°44'31,62"	Longitud/este: 73°36'23,75"	Tipo de Perfil: Apique	N° sondeo : AP-1

PERFIL	DESCRIPCION PERFIL	Inconfinada, penetrometro y veleta (kPa)	Penetración normal corregida N (SPT)
	0.00 - -1.25 m: GP arenoso: Grava mal graduada de color marrón y gris		

Observaciones:

NIVEL FREATICO - m COTA NF - m

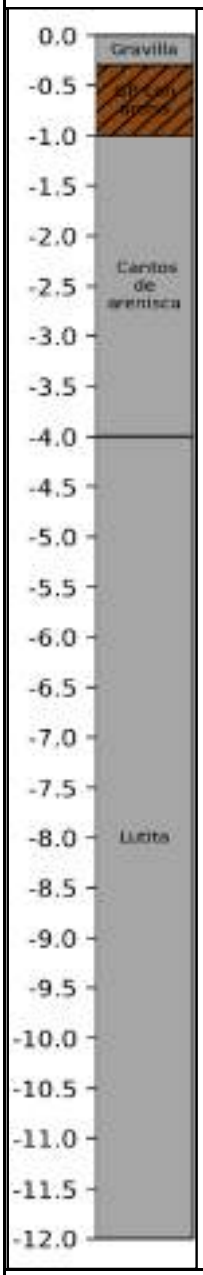
LOPEZ HERMANOS GEOTECNIA Y AGUAS SUBTERRANEAS S.A.S.

Avenida Norte 48-57 - Tunja (Boy). Tel: 3108717384. email: estudios@lhltda.com

ESTUDIO DE SUELOS SERVICIO DE LABORATORIO DE SUELOS Y CONCRETOS - POZOS PROFUNDOS

Solicitado por: CONSORCIO PEB-JI.	Localización: Santa Sofia - Boyacá		Nivel de referencia: 0 m	Inicio: 29/09/2025 / Finalizado: 01/10/2025
Proyecto: Obras de emergencia puentes vehiculares - Puente Quebrada Guatoque	Latitud/Norte: 5°44'31,84"	Longitud/este: 73°36'23,82"	Tipo de Perfil: Barreno	N° sondeo : B-1

PERFIL



DESCRIPCION PERFIL

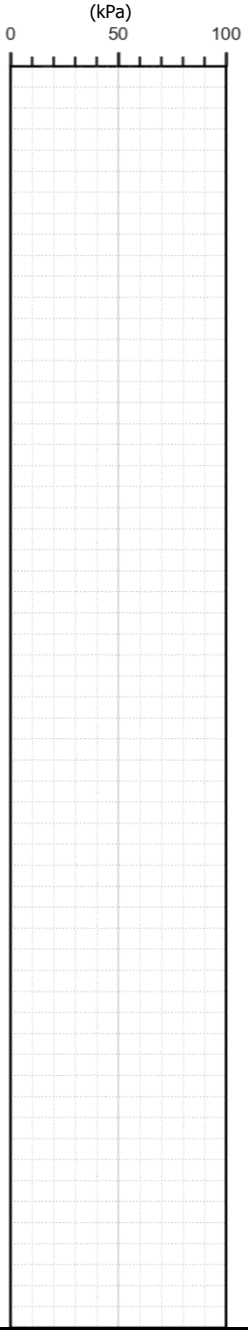
0.00 - -0.30 m: Gravilla

-0.30 - -1.00 m: GP con arena: Grava mal graduada de color marrón

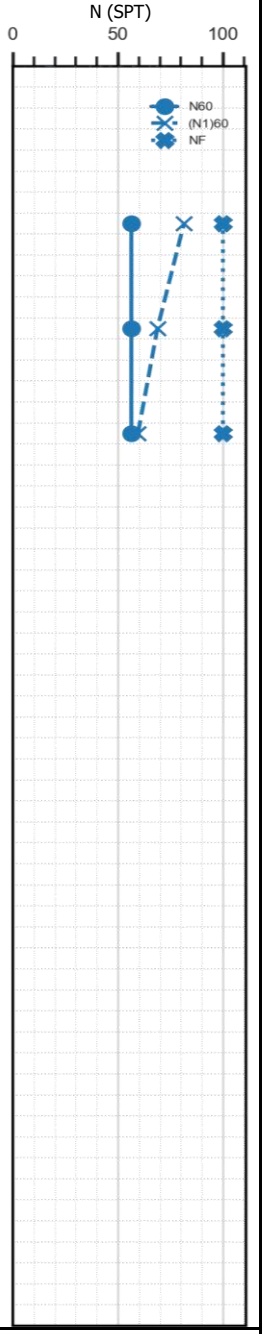
-1.00 - -4.00 m: Cantos de color gris, muy densa.

-4.00 - -12.00 m: Lutita de color negro a gris oscuro (RQD = 0)

Inconfinada, penetrometro y veleta (kPa)



Penetración normal corregida N (SPT)



Observaciones:

NIVEL FREATICO - m COTA NF - m

LÓPEZ HERMANOS GEOTECNIA Y AGUAS SUBTERRÁNEAS S.A.S.

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y CONCRETOS

Avenida Norte No. 48-57 Tel. 403972 Tunja, BOY.

Obra: Obras de emergencia puentes vehiculares - Puente Quebrada Guatoque

Localización Santa Sofia - Boyacá

Fecha de ensayos: Junio 2025

CUADRO RESUMEN DE ENSAYOS

Barreno Nº- Prof. (m)	Propiedades físicas y clasificación															Penetración normal				Esfuerzo			ROCK QUALITY DESIGNATION (RQD)			Descripción
	Humedad natural%	Limite Líquido (%)	Límite plástico (%)	Índice de plasticidad (%)	Índice de liquidez	Humedad de equilibrio (%)	Peso unitario total (kN/m³)	Peso unitario seco (kN/m³)	Peso unitario seco crítico (kN/m³)	%Pasa No.4 (<4,75 mm)	% Pasa 200 (<0,075mm)	% Finos	% Arenas	% Gravas	Clasificación USC	Número de golpes de campo	Número de golpes de campo por cada 15 cm	Penetración normal corregida N60(SPT)	Penetración normal corregida normalizada N160(SPT)	Esfuerzo Mpa (CSRI)	Ias(50)	Promedio resistencia a la compresión uniaxial estimada,σc. (MPa)	Índice de recuperación (%)	Designación de calidad de la roca (RQD)	Clasificación	
Lecho de Río Aguas Abajo (0,00/0,30)	-	-	-	-			-	-	-	28,53	9	9	20	71	GP con arena	-,-,-				0	0	0	-	-	-	Grava mal graduada de color gris
AP-1 (0,00/0,30)	-	-	-	-			-	-	-	50	16	16	34	50	GP arenoso	-,-,-				0	0	0	-	-	-	Grava mal graduada de color marrón y gris
AP-1 (0,30/0,70)	-	-	-	-			-	-	-	53	24	24	29	47	GP con arena	-,-,-				-	-	-	-	-	-	Grava mal graduada de color marron
AP-1 (0,80/1,25)	1,9	25	17	8	-1,9	15,35	19,0	18,6	15,9	-	-	-				6,5,4	9,0	5	8	-	-	-	-	-	-	Grava de color marrón en estado Sólido, de plasticidad Baja, de expansividad Baja
B-1 (0,30/1,00)	-	-	-	-			-	-	-	45	25	25	20	55	GP con arena	-,-,-				-	-	-	-	-	-	Grava mal graduada de color marrón
B-1 (1,00/2,00)	-	-	-	-			-	-	-	-	-	-				50,50,50	100,0	56	81	-	-	-	20%	10%	Muy mala	Cantos de color gris, muy densa.
B-1 (2,00/3,00)	-	-	-	-			26,6	-	-	-	-	-				50,50,50	100,0	56	69	12	-	-	14%	0%	Muy mala	Cantos de color gris, muy densa.
B-1 (3,00/4,00)	-	-	-	-			-	-	-	-	-	-				50,50,50	100,0	56	60	-	-	-	19%	0%	Muy mala	Cantos de color gris, muy densa.
B-1 (4,00/5,00)	-	-	-	-			-	-	-	-	-	-				-,-,-				-	-	-	-	-	-	Lutita de color negro a gris oscuro (RQD = 0)
B-1 (5,00/6,00)	-	-	-	-			27,4	-	-	-	-	-				-,-,-				-	4	127	14%	0%	Muy mala	Lutita de color negro a gris oscuro (RQD = 0)
B-1 (6,00/7,50)	-	-	-	-			-	-	-	-	-	-				-,-,-				-	-	-	0%	0%	Muy mala	Lutita de color negro a gris oscuro (RQD = 0)
B-1 (7,50/7,60)	-	-	-	-			-	-	-	-	-	-				-,-,-				-	-	-	-	-	-	Lutita de color negro a gris oscuro (RQD = 0)
B-1 (7,60/9,00)	-	NP	NP	NP			-	-	-	100	45	45	55	0	SM	-,-,-				-	-	-	-	-	-	Lutita de color negro a gris oscuro (RQD = 0)
B-1 (9,00/10,50)	-	-	-	-			-	-	-	-	-	-				-,-,-				-	-	-	-	-	-	Lutita de color negro a gris oscuro (RQD = 0)
B-1 (10,50/12,00)	-	-	-	-			28,65	-	-	-	-	-				-,-,-				-	6,3	211	0%	0%	Muy mala	Lutita de color negro a gris oscuro (RQD = 0)

4. CAPACIDAD DE SOPORTE Y ASENTAMIENTOS

Estimación de la Capacidad de Soporte en Lutita Laminada (RQD ≈ 0, σci = 127 MPa)

El subsuelo está constituido por una lutita laminada muy meteorizada, con RQD = 0%, lo que indica un macizo completamente desintegrado, con bloques pequeños y planos de laminación debilitados. A pesar de la alta resistencia de la roca intacta (σci = 127 MPa), la roca masiva pierde continuidad estructural y presenta comportamiento equivalente a un suelo de baja competencia

Parámetros y condiciones de diseño

- Tipo de material: Lutita laminada muy meteorizada.
- Resistencia de la roca intacta: σci = 127 MPa.
- RQD: 0 %.
- Profundidad de desplante (Df): 1,0 m.
- Ancho de zapata (B): 1,0 a 4,0 m.
- Presencia de agua: Sí.
- Peso unitario (γ): 19 kN/m³ (estimado).
- Disturbio (D): 0,3.
- GSI estimado: 15–20.

A pesar de la alta resistencia de la lutita intacta, el macizo laminado y saturado se comporta como un suelo blando a medianamente firme. Se recomienda adoptar qa admisible de 110 kPa

7. CONCLUSIONES

Como la lutita es susceptible a la perdida de resistencia por humedad se recomienda

- Remover 0,3–0,5 m de material meteorizado y regularizar con concreto pobre (5–7 MPa).
- Colocar una subbase granular de 30–50 cm bien compactada.
- Drenar la base mediante filtros.
- Incluir llaves o dentados en la base si hay buzamiento desfavorable.

REGISTRO FOTOGRÁFICO

Perforación: apique 1



FOTO 1



FOTO 3



FOTO 2



FOTO 4



FOTO 5

Perforación: MUESTRA apique 1



MUESTRA 1



MUESTRA 2 (2)



MUESTRA 3



MUESTRA 2

Perforación: BARRENO 1



FOTO 3



FOTO 2



FOTO 4



FOTO 5

MUESTRAS BARRENO 1



MUESTRA 1(0.00-1.00)



MUESTRA 2(1.00-2.00)



MUESTRA 3(2.00-3.00)



MUESTRA 4(3.00-4.00)



MUESTRA 7(7.5-7.8)



MUESTRA 6(5.00-6.00)



MUESTRA 8(7.60-9.00)



MUESTRA 9(9.00-10.5)



MUESTRA 10(10.5-12.00)

Perforación: LECHO DE RIO A ABAJO



FOTO 1



FOTO 2



MUESTRA 1



MUESTRA 1 (2)

Solicitado por:	CONSORCIO PEB-JI.	***Orden No.:***	**41795**
Dirección:	CL 109 14 B 60 OF 204 BRR CHICO	***Muestra No.:***	**140533 (2)**
NIT./C.C.:	901977234-8	***Fecha de muestreo:***	26/09/2025
Tel.:	3102778858	***Fecha de ingreso de muestra:***	26/09/2025
Obra:	ES25040-7 PUENTE QUEBRADA GUATOQUE.	***Norma de ensayo:***	INV E 123-13
Finalidad:	Determinar calidad del material	***Fecha de ensayo:***	3/10/2025
Referencia Cliente:	ES25040-7 PUENTE QUEBRADA GUATOQUE	***Fecha de Informe:***	6/10/2025
Procedencia:	Santa Sofia - Boyacá	***Tipo de muestra:***	Lona
Profundidad (m):	0,00 _ 0,30		
Barreno:	Lecho de Río Aguas Abajo		
Descripción de la muestra:	Material granular redondeado en matriz arenosa de color gris		
Frente y localización:	Puente Quebrada Guatoque		

Masa seca Inicial de la muestra de ensayo (g):	7989
Masa seca despues del lavado sobre el Tamiz No. 200 (g):	7291

TAMIZ	Abertura (mm)	Peso Retenido (g)	Corrección (g)	Peso retenido corregido (g)	% Retenido	% Retenido Acumulado	% Pasa	ESPECIFICACIÓN NA	
								MIN	MAX
4"	101,6	0,0	0,0	0,0	0	0	100		
3"	76,2	932,2	0,2	932,4	12	12	88		
2 1/2"	63,5	868,7	0,2	868,9	11	23	77		
2"	50,8	676,2	0,1	676,3	8	31	69		
1 1/2"	38,1	802,5	0,1	802,6	10	41	59		
1"	25,4	851,9	0,2	852,1	11	52	48		
3/4"	19,1	264,2	0,0	264,2	3	55	45		
1/2"	12,7	393,5	0,1	393,6	5	60	40		
3/8"	9,5	246,0	0,0	246,0	3	63	37		
No. 4	4,8	673,4	0,1	673,5	8	71	29		
No. 8	2,4	604,4	0,1	604,5	8	79	21		
No. 10	2,00	149,4	0,0	149,4	2	81	19		
No. 16	1,19	283,3	0,1	283,4	4	84	16		
No. 20	0,84	85,4	0,0	85,4	1	86	14		
No. 30	0,60	160,5	0,0	160,5	2	88	12		
No. 40	0,41	77,5	0,0	77,5	1	89	11		
No. 50	0,30	63,3	0,0	63,3	1	89	11		
No. 60	0,24	2,2	0,0	2,2	0	89	11		
No. 80	0,18	76,3	0,0	76,3	1	90	10		
No. 100	0,15	29,1	0,0	29,1	0	91	9		
No. 200	0,074	43,5	0,0	43,5	0,5	91,2	8,8		
Fondo		6,2	0,0	6,2	0				

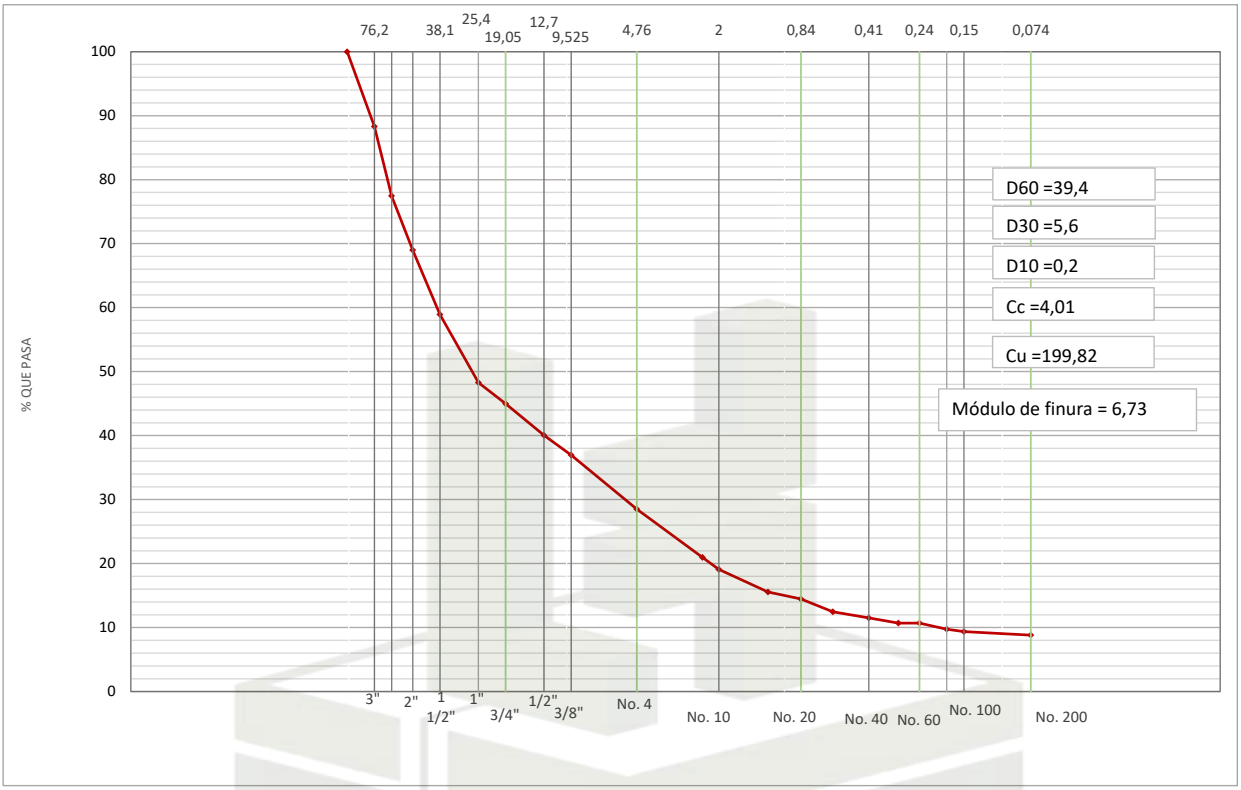
TAMAÑOS DE PARTÍCULAS						
% GRAVA 3" a No. 4	71,5	% ARENA No. 4 a No.200	19,7	% GRUESA No. 4 a No.10	% MEDIA No. 10 a No. 40	% FINA No. 40 a No.200
				9,4	7,6	2,7

Observaciones: No reporta

Revisó y Aprobó
JOHANA CAROLINA CARO
TP. 15202-320655 BYC

Nota: El laboratorio no es responsable de la información suministrada por el cliente.
Los ensayos fueron realizados en el laboratorio López Hermanos SAS sede Tunja.
Este folio no se deberá reproducir de forma parcial o total sin la aprobación por escrito de López Hermanos Geotecnia y Aguas subterráneas S.A.S
Los resultados mostrados en este informe corresponden unicamente a la(s) muestra(s) ensayada(s) tal como fueron recibida(s) del cliente.
Los resultados de este informe corresponden al instante y las condiciones en que se realizó el ensayo. El laboratorio no se hace responsable del uso indebido de la información.

Solicitado por:	CONSORCIO PEB-JI.	***Orden No.:***	**41795**
Dirección:	CL 109 14 B 60 OF 204 BRR CHICO	***Muestra No.:***	**140533 (2)**
NIT./C.C.:	901977234-8	***Fecha de muestreo:***	26/09/2025
Tel.:	3102778858	***Fecha de ingreso de muestra:***	26/09/2025
Obra:	ES25040-7 PUENTE QUEBRADA GUATOQUE.	***Norma de ensayo:***	INV E 123-13
Finalidad:	Determinar calidad del material	***Fecha de ensayo:***	3/10/2025
Referencia Cliente:	ES25040-7 PUENTE QUEBRADA GUATOQUE	***Fecha de Informe:***	6/10/2025
Procedencia:	Santa Sofia - Boyacá	***Tipo de muestra:***	Lona
Profundidad (m):	0,00 _ 0,30		
Barreno:	Lecho de Río Aguas Abajo		
Descripción de la muestra:	Material granular redondeado en matriz arenosa de color gris		
Frente y localización:	Puente Quebrada Guatoque		



TAMAÑOS DE PARTÍCULAS						
% GRAVA 3" a No. 4	71,5	% ARENA No. 4 a No.200	19,7	% GRUESA No. 4 a No.10	% MEDIA No. 10 a No. 40	% FINA No. 40 a No.200
				9,4	7,6	2,7

Revisó y Aprobó
JOHANA CAROLINA CARO
TP. 15202-320655 BYC

Nota: El laboratorio no es responsable de la información suministrada por el cliente.
Los ensayos fueron realizados en el laboratorio López Hermanos SAS sede Tunja.
Este folio no se deberá reproducir de forma parcial o total sin la aprobación por escrito de López Hermanos Geotecnia y Aguas subterráneas S.A.S
Los resultados mostrados en este informe corresponden unicamente a la(s) muestra(s) ensayada(s) tal como fueron recibida(s) del cliente.
Los resultados de este informe corresponden al instante y las condiciones en que se realizó el ensayo. El laboratorio no se hace responsable del uso indebido de la información.

-Fin del informe-

LÓPEZ HERMANOS S.A.S GEOTECNIA Y AGUAS SUBTERRÁNEAS	Formato del Sistema de Gestión de Calidad	Este documento es propiedad intelectual de López Hermanos Geotecnia y Aguas Subterráneas S.A.S	
	EJECUCIÓN DE ENSAYOS DE LABORATORIO		
	DETERMINACIÓN DE LA CANTIDAD DE MATERIAL QUE PASA EL TAMIZ DE 75 µM (NO.200) EN LOS AGREGADOS PÉTREOS MEDIANTE LAVADO INV E – 214-13	Versión No. 3	19/12/2024
		EL-INF-05	Página 1 de 1

Solicitado por:	CONSORCIO PEB-JI.	***Muestra No:***	***140898 (11)***
Dirección:	CL 109 14 B 60 OF 204 BRR CHICO	***Orden No.:***	***41795***
NIT./C.C.:	901977234-8	***Referencia cliente:***	ES25040-7 PUENTE QUEBRADA GUATOQUE
Tel.:	3102778858		
Obra:	ES25040-7 PUENTE QUEBRADA GUATOQUE.	***Fecha de muestreo:***	26/09/2025
Finalidad:	Determinar calidad del material	***Fecha de ingreso de la muestra:***	26/09/2025
Muestra tomada por:	López Hermanos (Geotecnia)	***Fecha de ensayo:***	10/10/2025
Procedencia:	Santa Sofia - Boyacá	***Fecha de Informe:***	15/10/2025 9:23
Profundidad (m):	0,00 - 0,30 m	***Barreno:***	AP-1
Descripción de la muestra:	Grava con arena y finos, de color marrón y gris	***Tipo de muestra:***	Bolsa
Frente y localización:	Puente Quebrada Guatoque		

Peso suelo seco antes de lavar, (g)	367,89
Peso suelo seco despues de lavar, (g)	310
PASANTE MALLA 4, (%)	**50**
PASANTE MALLA 200, (%)	**16**
Grava (%)	**50**
Arena (%)	**34**
Finos (%)	**16**

OBSERVACIONES:

No reporta

Aprobó
ING. JOHANA CAROLINA CARO
TP. 15202-320655 BYC

Nota: Este folio no se deberá reproducir de forma parcial o total sin la aprobación por escrito de López Hermanos Geotecnia y Aguas Subterráneas S.A.S
Los resultados mostrados en este informe corresponden únicamente a la(s) muestra(s) ensayada(s) tal como fueron recibida(s) del cliente.
Los resultados de este informe corresponde al instante y las condiciones en que se realizó el ensayo. El laboratorio no se hace responsable del uso inadecuado de la información.
El laboratorio no es responsable de la información suministrada por el cliente. Los ensayos fueron realizados en el laboratorio López Hermanos SAS sede Tunja

-Fin de informe-

Solicitado por:	CONSORCIO PEB-JI.	***Orden No.:***	**41795**
Dirección:	CL 109 14 B 60 OF 204 BRR CHICO	***Muestra No.:***	**140899 (2)**
NIT./C.C.:	901977234-8	***Fecha de muestreo:***	26/09/2025
Tel.:	3102778858	***Fecha de ingreso de muestra:***	26/09/2025
Obra:	ES25040-7 PUENTE QUEBRADA GUATOQUE.	***Norma de ensayo:***	INV E 123-13
Finalidad:	Determinar calidad del material	***Fecha de ensayo:***	8/10/2025
Referencia Cliente:	ES25040-7 PUENTE QUEBRADA GUATOQUE	***Fecha de Informe:***	15/10/2025
Procedencia:	Santa Sofia - Boyacá	***Tipo de muestra:***	Lona
Profundidad (m):	0,30 _ 0,70		
Barreno:	AP-1		
Descripción de la muestra:	Grava con arena y finos de color marrón		
Frente y localización:	Puente Quebrada Guatoque		

Masa seca Inicial de la muestra de ensayo (g):	6718,4
Masa seca despues del lavado sobre el Tamiz No. 200 (g):	5115

TAMIZ	Abertura (mm)	Peso Retenido (g)	Corrección (g)	Peso retenido corregido (g)	% Retenido	% Retenido Acumulado	% Pasa	ESPECIFICACIÓN NA	
								MIN	MAX
3"	76,2	0,0	0,0	0,0	0	0	100		
2 1/2"	63,5	0,0	0,0	0,0	0	0	100		
2"	50,8	0,0	0,0	0,0	0	0	100		
1 1/2"	38,1	890,7	0,3	891,0	13	13	87		
1"	25,4	594,1	0,2	594,3	9	22	78		
3/4"	19,1	249,3	0,1	249,4	4	26	74		
1/2"	12,7	516,5	0,2	516,7	8	34	66		
3/8"	9,5	231,4	0,1	231,5	3	37	63		
No. 4	4,8	647,8	0,3	648,1	10	47	53		
No. 8	2,4	638,3	0,2	638,5	10	56	44		
No. 10	2,00	158,7	0,1	158,8	2	58	42		
No. 16	1,19	263,8	0,1	263,9	4	62	38		
No. 20	0,84	83,3	0,0	83,3	1	64	36		
No. 30	0,60	170,7	0,1	170,8	3	66	34		
No. 40	0,41	102,1	0,0	102,1	2	68	32		
No. 50	0,30	155,1	0,1	155,2	2	70	30		
No. 60	0,24	6,2	0,0	6,2	0	70	30		
No. 80	0,18	130,4	0,1	130,5	2	72	28		
No. 100	0,15	81,8	0,0	81,8	1	73	27		
No. 200	0,074	178,5	0,1	178,6	2,7	75,9	24,1		
Fondo		14,3	0,0	14,3	0				

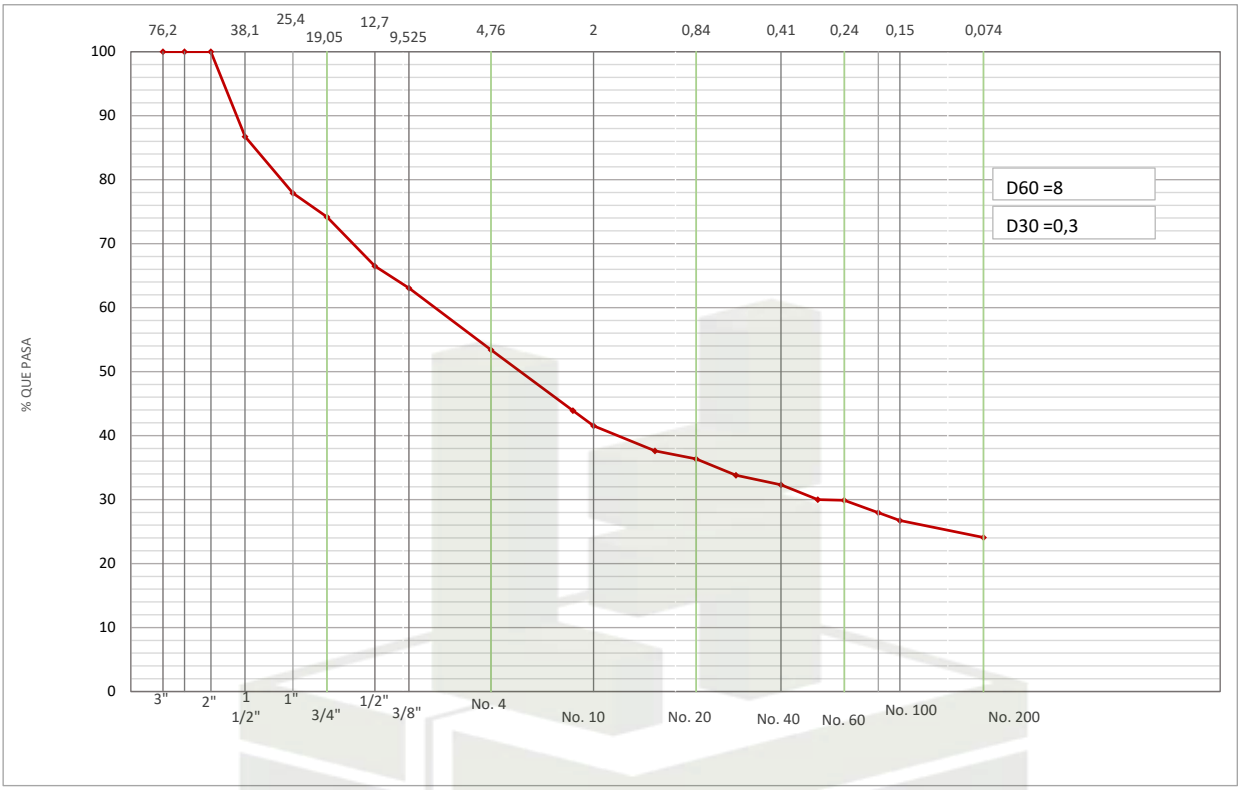
TAMAÑOS DE PARTÍCULAS						
% GRAVA 3" a No. 4	46,6	% ARENA No. 4 a No.200	29,3	% GRUESA No. 4 a No.10	% MEDIA No. 10 a No. 40	% FINA No. 40 a No.200
				11,9	9,2	8,2

Observaciones: No reporta

Revisó y Aprobó
JOHANA CAROLINA CARO
TP. 15202-320655 BYC

Nota: El laboratorio no es responsable de la información suministrada por el cliente.
Los ensayos fueron realizados en el laboratorio López Hermanos SAS sede Tunja.
Este folio no se deberá reproducir de forma parcial o total sin la aprobación por escrito de López Hermanos Geotecnia y Aguas subterráneas S.A.S
Los resultados mostrados en este informe corresponden unicamente a la(s) muestra(s) ensayada(s) tal como fueron recibida(s) del cliente.
Los resultados de este informe corresponden al instante y las condiciones en que se realizó el ensayo. El laboratorio no se hace responsable del uso indebido de la información.

Solicitado por:	CONSORCIO PEB-JI.	***Orden No.:***	**41795**
Dirección:	CL 109 14 B 60 OF 204 BRR CHICO	***Muestra No.:***	**140899 (2)**
NIT./C.C.:	901977234-8	***Fecha de muestreo:***	26/09/2025
Tel.:	3102778858	***Fecha de ingreso de muestra:***	26/09/2025
Obra:	ES25040-7 PUENTE QUEBRADA GUATOQUE.	***Norma de ensayo:***	INV E 123-13
Finalidad:	Determinar calidad del material	***Fecha de ensayo:***	8/10/2025
Referencia Cliente:	ES25040-7 PUENTE QUEBRADA GUATOQUE	***Fecha de Informe:***	15/10/2025
Procedencia:	Santa Sofia - Boyacá	***Tipo de muestra:***	Lona
Profundidad (m):	0,30 _ 0,70		
Barreno:	AP-1		
Descripción de la muestra:	Grava con arena y finos de color marrón		
Frente y localización:	Puente Quebrada Guatoque		



TAMAÑOS DE PARTÍCULAS						
% GRAVA 3" a No. 4	46,6	% ARENA No. 4 a No.200	29,3	% GRUESA No. 4 a No.10	% MEDIA No. 10 a No. 40	% FINA No. 40 a No.200
				11,9	9,2	8,2

Revisó y Aprobó
JOHANA CAROLINA CARO
TP. 15202-320655 BYC

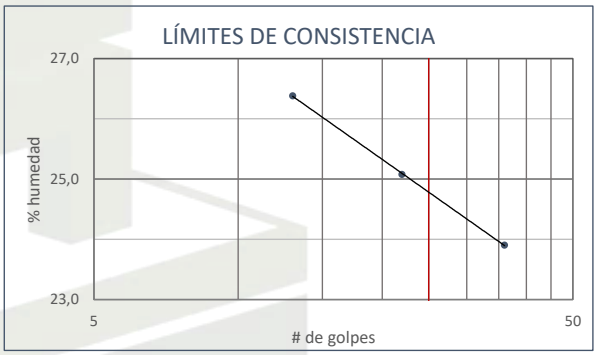
Nota: El laboratorio no es responsable de la información suministrada por el cliente.
Los ensayos fueron realizados en el laboratorio López Hermanos SAS sede Tunja.
Este folio no se deberá reproducir de forma parcial o total sin la aprobación por escrito de López Hermanos Geotecnia y Aguas subterráneas S.A.S
Los resultados mostrados en este informe corresponden unicamente a la(s) muestra(s) ensayada(s) tal como fueron recibida(s) del cliente.
Los resultados de este informe corresponden al instante y las condiciones en que se realizó el ensayo. El laboratorio no se hace responsable del uso indebido de la información.

-Fin del informe-

LÓPEZ HERMANOS S.A.S GEOTECNIA Y AGUAS SUBTERRÁNEAS	Formato del Sistema de Gestión de Calidad	Este documento es propiedad intelectual de López Hermanos Geotecnia y Aguas Subterráneas S.A.S	
	EJECUCIÓN DE ENSAYOS DE LABORATORIO		
	INFORME DE ENSAYO: DETERMINACIÓN DE LÍMITE LÍQUIDO, LÍMITE PLÁSTICO E ÍNDICE DE PLASTICIDAD DE LOS SUELOS INV E-125-13 Y INV E-126-13	Versión No. 3	13/11/2024
		EL-INF-04	Página 1 de 1

		Muestra No.:	***140900 (5)***
Solicitado por:	CONSORCIO PEB-JI.	***Orden No.:***	***41795***
Dirección:	CL 109 14 B 60 OF 204 BRR CHICO	***Referencia Cliente:***	ES25040-7 PUENTE QUEBRADA GUATOQUE
NIT./C.C.:	901977234-8	***Fecha de muestreo:***	26/09/2025
Tel.:	3102778858	***Fecha de ingreso de la muestra:***	26/09/2025
Obra:	ES25040-7 PUENTE QUEBRADA GUATOQUE.	***Fecha de ensayo:***	10/10/2025
Finalidad:	Determinar calidad del material	***Fecha de Informe:***	15/10/2025 9:29
Muestra tomada por:	López Hermanos (Geotecnia)	***Barreno:***	AP-1
Procedencia:	Santa Sofia - Boyacá	***Tipo de muestra:***	SPT
Profundidad:	0,8m/1,25m		
Descripción de la muestra:	Grava con arena y fino de color marrón		
Frente y localización:	N/A		
Método de preparación de la muestra:	Método A		

	Recipiente No.	**A124**	**A1**	**A40**
Límite Líquido	Número de golpes	13	22	36
	Masa del recipiente, g	20,63	17,75	18,27
	Masa del recipiente más muestra húmeda, g	29,78	25,83	27,03
	Masa del recipiente más muestra seca,g	27,87	24,21	25,34
	Contenido de agua, %	**26,4**	**25,1**	**23,9**
	Límite líquido (LL)	**25**		



Procedimiento de ensayo de límite plástico: Manual

	Cápsula	D71	D69
Límite Plástico	Masa del recipiente (g)	7,55	7,28
	Masa del recipiente + suelo húmedo (g)	16,34	14,73
	Masa del recipiente + suelo seco (g)	15,07	13,62
	Contenido de agua, %	16,9	17,5
	Límite plástico (LP)	**17**	
	Índice de Plasticidad (IP):	**8**	

Clasificación SUCS finos : **CL**

OBSERVACIONES: No reporta

Revisó y Aprobó
ING. JOHANA CAROLINA CARO
TP. 15202-320655 BYC

Nota: Este folio no se deberá reproducir de forma parcial o total sin la aprobación por escrito de López Hermanos Geotecnia y Aguas Subterráneas S.A.S
Los resultados mostrados en este informe corresponden unicamente a la(s) muestra(s) ensayada(s) tal como fueron recibida(s) del cliente.
Los resultados de este informe corresponde al instante y las condiciones en que se realizo el ensayo. El laboratorio no se hace responsable del uso inadecuado de la información.
El laboratorio no es responsable de la información suministrada por el cliente. Los ensayos fueron realizados en el laboratorio López Hermanos SAS sede Tunja.

- Fin de informe-

LÓPEZ HERMANOS S.A.S GEOTECNIA Y AGUAS SUBTERRÁNEAS	Formato del Sistema de Gestión de Calidad	Este documento es propiedad intelectual de López Hermanos Geotecnia y Aguas Subterráneas S.A.S	
	EJECUCIÓN DE ENSAYOS DE LABORATORIO		
	INFORME DE ENSAYO: DETERMINACIÓN EN LABORATORIO DEL CONTENIDO DE AGUA (HUMEDAD) DE MUESTRAS DE SUELO, ROCA Y MEZCLAS DE SUELO-AGREGADO INV E-122-13	Versión No. 2	18/11/2024
		EL-INF-03	1 de 1

		Orden No.:	***41795***
Solicitado por:	CONSORCIO PEB-JI.	***Muestra No.:***	***140900 (16)***
NIT./C.C.:	901977234-8	***Fecha de ingreso:***	26/09/2025
Dirección:	CL 109 14 B 60 OF 204 BRR CHICO	***Fecha de ensayo:***	10/10/2025
Tel.:	3102778858	***Fecha de Informe:***	15/10/2025
Obra:	ES25040-7 PUENTE QUEBRADA GUATOQUE.		
Finalidad:	Determinar calidad del material		
Fecha de muestreo:	26/09/2025		
Muestra tomada por:	López Hermanos (Geotecnia)		
Procedencia:	Santa Sofia - Boyacá		
Barreno:	AP-1	***Tipo de muestra:***	SPT
Profundidad (m):	0,80-1,25 m		
Descripción de la muestra:	Material granular de color marrón		
Referencia interna:	ES25040-7 PUENTE QUEBRADA GUATOQUE		
Frente y localización:	Puente Quebrada Guatoque		

Método de Ensayo	A
Recipiente N°	15
Masa del recipiente, (g)	38,71
Masa del recipiente + suelo húmedo, (g)	369,41
Masa del recipiente + suelo seco, (g)	363,12
Contenido de Humedad, %	**1,9**

OBSERVACIONES:

No reporta

Revisó y Aprobó
JOHANA CAROLINA CARO
TP. 15202-320655 BYC

Nota: Este folio no se deberá reproducir de forma parcial o total sin la aprobación por escrito de López Hermanos Geotecnia y Aguas subterráneas S.A.S
Los resultados mostrados en este informe corresponden unicamente a la(s) muestra(s) ensayada(s) tal como fueron recibida(s) del cliente.
Los resultados de este informe corresponde al instante y las condiciones en que se realizo el ensayo. El laboratorio no se hace responsable del uso inadecuado de la información.
El laboratorio no es responsable de la información suministrada por el cliente. Los ensayos fueron realizados en el laboratorio López Hermanos SAS sede Tunja

-Fin de informe-

LÓPEZ HERMANOS S.A.S GEOTECNIA Y AGUAS SUBTERRÁNEAS	Formato del Sistema de Gestión de Calidad	Este documento es propiedad intelectual de López Hermanos Geotecnia y Aguas Subterráneas S.A.S	
	EJECUCIÓN DE ENSAYOS DE LABORATORIO		
	DETERMINACIÓN DE LA CANTIDAD DE MATERIAL QUE PASA EL TAMIZ DE 75 µM (NO.200) EN LOS AGREGADOS PÉTREOS MEDIANTE LAVADO INV E – 214-13	Versión No. 3	19/12/2024
		EL-INF-05	Página 1 de 1

Solicitado por:	CONSORCIO PEB-JI.	***Muestra No:***	***140901 (11)***
Dirección:	CL 109 14 B 60 OF 204 BRR CHICO	***Orden No.:***	***41795***
NIT./C.C.:	901977234-8	***Referencia cliente:***	ES25040-7 PUENTE QUEBRADA GUATOQUE
Tel.:	3102778858		
Obra:	ES25040-7 PUENTE QUEBRADA GUATOQUE.	***Fecha de muestreo:***	26/09/2025
Finalidad:	Determinar calidad del material	***Fecha de ingreso de la muestra:***	26/09/2025
Muestra tomada por:	López Hermanos (Geotecnia)	***Fecha de ensayo:***	10/10/2025
Procedencia:	Santa Sofia - Boyacá	***Fecha de Informe:***	15/10/2025 9:35
Profundidad (m):	0,30 - 1,00 m	***Barreno:***	B-1
Descripción de la muestra:	Grava con arena y fino de color marrón	***Tipo de muestra:***	Bolsa
Frente y localización:	Puente Quebrada Guatoque		

Peso suelo seco antes de lavar, (g)	558,6
Peso suelo seco despues de lavar, (g)	417,8
PASANTE MALLA 4, (%)	**45**
PASANTE MALLA 200, (%)	**25**
Grava (%)	**55**
Arena (%)	**20**
Finos (%)	**25**

OBSERVACIONES:

No reporta

Aprobó
ING. JOHANA CAROLINA CARO
TP. 15202-320655 BYC

Nota: Este folio no se deberá reproducir de forma parcial o total sin la aprobación por escrito de López Hermanos Geotecnia y Aguas Subterráneas S.A.S
Los resultados mostrados en este informe corresponden únicamente a la(s) muestra(s) ensayada(s) tal como fueron recibida(s) del cliente.
Los resultados de este informe corresponde al instante y las condiciones en que se realizó el ensayo. El laboratorio no se hace responsable del uso inadecuado de la información.
El laboratorio no es responsable de la información suministrada por el cliente. Los ensayos fueron realizados en el laboratorio López Hermanos SAS sede Tunja

-Fin de informe-

LÓPEZ HERMANOS S.A.S GEOTECNIA Y AGUAS SUBTERRÁNEAS	Formato del sistema de Gestión de Calidad	Este documento es propiedad intelectual de López Hermanos Geotecnia y Aguas Subterráneas S.A.S	
	EJECUCIÓN DE ENSAYOS DE LABORATORIO		
	INFORME DE ENSAYO: DENSIDAD Y ABSORCIÓN DEL AGREGADO GRUESO INV E-223-13	**Versión No. 2**	**30/12/2024**
		EL - INF - 19	**1 de 1**

Solicitado por:	CONSORCIO PEB-JI.	***No. Orden:***	***41795***
Dirección:	CL 109 14 B 60 OF 204 BRR CHICO	***Muestra No.:***	***140903 (30)***
NIT./C.C.:	901977234-8	***Referencia interna del Cliente:***	ES25040-7 PUENTE QUEBRADA GUATOQUE B-1(2,0-3,0)
Teléfono:	3102778858	***Fecha de muestreo:***	26/09/2025
Obra:	ES25040-7 PUENTE QUEBRADA GUATOQUE.	***Fecha de ingreso de la muestra:***	26/09/2025
Finalidad:	Determinar calidad del material	***Fecha de ensayo:***	10/10/2025
Lugar de procedencia:	Puente Quebrada Guatoque	***Fecha de informe:***	15/10/2025 11:43
Descripción de la muestra:	Lutita calcarea de color gris	***Tipo de muestra:***	Fragmento de roca
Muestra tomada por:	López Hermanos (Geotecnia)		

Peso picnómetro en en el aire, (g)	2967
Peso picnómetro + suelo SSS al aire, (g)	3482
Peso Picnómetro + suelo + agua, (g)	7721
Peso picnómetro + agua, (g)	7394
Peso del recipiente No. **467**	115
Peso recipiente + suelo seco (g)	624
Masa de la muestra seca, M (g)	509
Masa de la muestra SSS, Ms (g)	515
Masa de la muestra sumergida, Mi (g)	327
Densidad Nominal, Dn (g /cm³)	**2,80**
Densidad aparente, Da (g /cm³)	**2,71**
Densidad bulk sss (g/cm^3)	**2,74**
Absorción, (%)	***1,3***

Observaciones:

No reporta

Revisó y Aprobó
ING. JOHANA CARO CARO
MP. 15202-320655 BYC

Nota: Este folio no se deberá reproducir de forma parcial o total sin la aprobación por escrito de López Hermanos Geotecnia y Aguas Subterráneas S.A.S
Los resultados mostrados en este informe corresponden unicamente a la(s) muestra(s) ensayada(s) tal como fueron recibida(s) del cliente.
Los resultados de este informe corresponde al instante y las condiciones en que se realizo el ensayo. El laboratorio no se hace responsable del uso inadecuado de la información.
El laboratorio no es responsable de la información suministrada por el cliente. Los ensayos fueron realizados en el laboratorio López Hermanos SAS sede Tunja.

-Fin de informe-

LÓPEZ HERMANOS S.A.S GEOTECNIA Y AGUAS SUBTERRÁNEAS	Formato del Sistema de Gestión de Calidad	Este documento es propiedad intelectual de López Hermanos Geotecnia y Aguas Subterráneas S.A.S	
	EJECUCIÓN DE ENSAYOS DE LABORATORIO		
	INFORME DE ENSAYO: RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN UNIAXIAL DE NÚCLEOS DE ROCA ASTM D 2938	Versión No. 2	30/12/2024
		EL-INF-63	-

Número de ensayo: ***140903 (47)***

Ref: **ES25040-7 PUENTE QUEBRADA GUATOQUE**

Solicitado por: CONSORCIO PEB-JI.

Fecha de ingreso muestra: 26/09/2025

Dirección: CL 109 14 B 60 OF 204 BRR CHICO

Fecha de ensayo : 10/10/2025

NIT./C.C.: 901977234-8

Fecha Informe: 15/10/2025 11:45

Tel.: 3102778858

Obra: ES25040-7 PUENTE QUEBRADA GUATOQUE.

Orden: 41795

Barreno/Profundidad (m): B-1 (2,00/3,00)

Descripción litológica: Lutita calcarea color gris

Orientación de la Carga: Perpendicular

Máquina de ensayo: MASTER LOADER HM 3000

Ensayo No.	Masa (g)	Altura (mm)	Diametro (mm)	Resistencia a Compresión				Tipo de falla	Peso Unitario (kg/m³)	Humedad de la Muestra
				Carga		Esfuerzo				
				kN	Kg	Mpa	kg/cm2			
140903 (47)	258,56	56,87	47,03	21,28	2170	12,2	124,9	Grietas verticales	2617	0,3%

OBSERVACIONES: Tomado de "Métodos recomendados para la determinación de la resistencia y deformabilidad a la compresión uniaxial de rocas (Capitulo 11)".

REVISO Y APROBÓ

JOHANA CAROLINA CARO CARO

15202-320655

- Fin de informe-



FOTOGRAFÍA 1



FOTOGRAFÍA 2



FOTOGRAFÍA 3

REVISÓ Y APROBÓ
JOHANA CAROLINA CARO CARO
15202-320655

Nota:

- Este folio no se debe reproducir de forma parcial sin la aprobación por escrito de López Hermanos Geotecnia y Aguas Subterráneas S.A.S

-Los resultados mostrados en este informe corresponden únicamente a la(s) muestra(s) ensayada(s) tal como fueron recibida(s) del cliente.

- Los resultados de este informe corresponde al instante y las condiciones en que se realizó el ensayo. El laboratorio no se hace responsable del uso inadecuado de la información.

- El laboratorio no es responsable de la información suministrada por el cliente. El ensayo es ejecutado en las instalaciones de lópez Hermanos -Tunja.

- Fin de informe-

Solicitado por:	CONSORCIO PEB-JI.	***No. Orden:***	***41795***
Dirección:	CL 109 14 B 60 OF 204 BRR CHICO	***Muestra No.:***	***140906 (30)***
NIT./C.C.:	901977234-8	***Referencia interna del Cliente:***	ES25040-7 PUENTE QUEBRADA GUATOQUE. B-1 (5,00-6,00)
Teléfono:	3102778858	***Fecha de muestreo:***	26/09/2025
Obra:	ES25040-7 PUENTE QUEBRADA GUATOQUE.	***Fecha de ingreso de la muestra:***	26/09/2025
Finalidad:	Determinar calidad del material	***Fecha de ensayo:***	11/10/2025
Lugar de procedencia:	Puente Quebrada Guatoque	***Fecha de informe:***	15/10/2025 12:03
Descripción de la muestra:	Lutita calcarea de color gris	***Tipo de muestra:***	Fragmento de roca
Muestra tomada por:	López Hermanos (Geotecnia)		

Peso picnómetro en en el aire, (g)	2967
Peso picnómetro + suelo SSS al aire, (g)	3244
Peso Picnómetro + suelo + agua, (g)	7573
Peso picnómetro + agua, (g)	7394
Peso del recipiente No. **P7**	39
Peso recipiente + suelo seco (g)	313
Masa de la muestra seca, M (g)	274
Masa de la muestra SSS, Ms (g)	277
Masa de la muestra sumergida, Mi (g)	179
Densidad Nominal, Dn (g /cm³)	**2,89**
Densidad aparente, Da (g /cm³)	**2,79**
Densidad bulk sss (g/cm^3)	**2,83**
Absorción, (%)	***1,3***

Observaciones:

No reporta

Revisó y Aprobó
ING. JOHANA CARO CARO
MP. 15202-320655 BYC

Nota: Este folio no se deberá reproducir de forma parcial o total sin la aprobación por escrito de López Hermanos Geotecnia y Aguas Subterráneas S.A.S
Los resultados mostrados en este informe corresponden unicamente a la(s) muestra(s) ensayada(s) tal como fueron recibida(s) del cliente.
Los resultados de este informe corresponde al instante y las condiciones en que se realizo el ensayo. El laboratorio no se hace responsable del uso inadecuado de la información.
El laboratorio no es responsable de la información suministrada por el cliente. Los ensayos fueron realizados en el laboratorio López Hermanos SAS sede Tunja.

-Fin de informe-

LÓPEZ HERMANOS S.A.S GEOTECNIA Y AGUAS SUBTERRÁNEAS	Formato del Sistema de Gestión de Calidad	Este documento es propiedad intelectual de López Hermanos Geotecnia y Aguas Subterráneas SAS	
	EJECUCIÓN DE ENSAYOS DE LABORATORIO	Versión No. 3	10/01/2025
	DETERMINACIÓN DEL ÍNDICE DE RESISTENCIA A LA CARGA PUNTUAL ASTM D 5731	EL-INF-43	_ de_

Solicitado por: CONSORCIO PEB-JI.
Dirección: CL 109 14 B 60 OF 204 BRR CHICO
NIT./C.C.: 901977234-8
Tel.: 3102778858
Obra: ES25040-7 PUENTE QUEBRADA GUATOQUE.
Finalidad: Determinar calidad de la barrena
Lugar de Procedencia: Santa Sofia - Boyacá
Barreno: B-1
Profundidad (m): 5,0-6,0
Descripción de la muestra: Lutita calcárea de color gris
Muestra tomada por: *López Hermanos (Geotecnia)*

Orden No: 41795
Muestra No: 140906
Referencia Cliente: ES25040-7 PUENTE QUEBRADA GUATOQUE
Fecha de muestreo: 26/09/2025
Fecha de ingreso de muestra: 26/09/2025
Fecha de ensayo: 10/10/2025
Fecha de Informe: 16/10/2025
Tipo de muestra: Barrena
Equipo: *Controls B 30/ AZ, Serial 00093577, capacidad de 30 kN*
Certificado de calibración: *REM-LF-262*

Número de especímen	*Tipo de ensayo*	*Ancho (W), mm*	*Diámetro (D), mm*	*Carga (divisiones)*	*Carga (P), kN*	*De^2,mm^2*	*De, mm*	*Is, MPa*	*F*	*$I_{s(50)}$,MPa*	*Resistencia a la compresión*
1	$a_{\perp}$	27,2	32,1	412	4,87	1112	33,34	4,38	0,83	3,7	107,3
2	$a_{\perp}$	26,4	35,6	482	5,69	1197	34,59	4,76	0,85	4,0	116,6
3	$a_{\perp}$	26,6	28,4	397	4,69	962	31,01	4,87	0,81	3,9	119,3
4	$a_{\perp}$	20,6	25,5	381	4,50	669	25,86	6,73	0,74	5,0	164,9

a= axial ⊥ = perpendicular al plano de falla

i= bloque irregular

Parámetro	Valor	Término descriptivo
Promedio $I_{s(50)}$ ⊥ (MPa)	4,15	*Resistencia alta*
$I_{as(50)}$	4,15	NA
Humedad de las muestras (%)	0,09	NA
Promedio resistencia a la compresión uniaxial estimada,σc, (MPa)	127	Resistencia alta

Revisó y Aprobó
ING. JOHANA CARO CARO
M.P. 15202-320655 BYC

Nota: Este folio no se deberá reproducir de forma parcial o total sin la aprobación por escrito de López Hermanos Geotecnia y Aguas subterráneas S.A.S.
Los resultados mostrados en este informe corresponden únicamente a la(s) muestra(s) ensayada(s) tal como fueron recibida(s) del cliente.
Los resultados de este informe corresponden al instante y las condiciones en que se realizó el ensayo. El laboratorio no se hace responsable del uso inadecuado de la información.
El laboratorio no es responsable de la información suministrada por el cliente. Los ensayos fueron realizados en el laboratorio López Hermanos SAS sede Tunja.

Solicitado por: CONSORCIO PEB-JI.
Dirección: CL 109 14 B 60 OF 204 BRR CHICO
NIT./C.C.: 901977234-8
Tel.: 3102778858
Obra: ES25040-7 PUENTE QUEBRADA GUATOQUE.
Finalidad: Determinar calidad de la barrena
Lugar de Procedencia: Santa Sofia - Boyacá
Barreno: B-1
Profundidad (m): 5,0-6,0
Descripción de la muestra: Lutita calcárea de color gris
Muestra tomada por: *López Hermanos (Geotecnia)*

Orden No: 41795
Muestra No: 140906
Referencia Cliente: ES25040-7 PUENTE QUEBRADA GUATOQUE
Fecha de muestreo: 26/09/2025
Fecha de ingreso de muestra: 26/09/2025
Fecha de ensayo: 10/10/2025
Fecha de Informe: 16/10/2025
Tipo de muestra: Barrena
Equipo: *Controls B 30/ AZ, Serial 00093577, capacidad de 30 kN*
Certificado de calibración: *REM-LF-262*

ANEXO FOTOGRÁFICO



FOTO 1



FOTO 2



FOTO 3

Revisó y Aprobó
ING. JOHANA CARO CARO
M.P. 15202-320655 BYC

-informe final-

LÓPEZ HERMANOS S.A.S GEOTECNIA Y AGUAS SUBTERRÁNEAS	Formato del Sistema de Gestión de Calidad	Este documento es propiedad intelectual de López Hermanos Geotecnia y Aguas Subterráneas S.A.S	
	EJECUCIÓN DE ENSAYOS DE LABORATORIO		
	INFORME DE ENSAYO: DETERMINACIÓN DE LÍMITE LÍQUIDO, LÍMITE PLÁSTICO E ÍNDICE DE PLASTICIDAD DE LOS SUELOS INV E-125-13 Y INV E-126-13	Versión No. 3	13/11/2024
		EL-INF-04	Página 1 de 1

		Muestra No.:	***140909 (5)***
Solicitado por:	CONSORCIO PEB-JI.	***Orden No.:***	***41795***
Dirección:	CL 109 14 B 60 OF 204 BRR CHICO	***Referencia Cliente:***	ES25040-7 PUENTE QUEBRADA GUATOQUE
NIT./C.C.:	901977234-8	***Fecha de muestreo:***	26/09/2025
Tel.:	3102778858	***Fecha de ingreso de la muestra:***	26/09/2025
Obra:	ES25040-7 PUENTE QUEBRADA GUATOQUE.	***Fecha de ensayo:***	10/10/2025
Finalidad:	Determinar calidad del material	***Fecha de Informe:***	15/10/2025 11:10
Muestra tomada por:	López Hermanos (Geotecnia)	***Barreno:***	B-1
Procedencia:	Santa Sofia - Boyacá	***Tipo de muestra:***	Bolsa
Profundidad:	7,6m/9m		
Descripción de la muestra:	Ripio color negro		
Frente y localización:	N/A		
Método de preparación de la muestra:	Método A		

Límite Líquido	**Recipiente No.**	**NP**	**NP**	**NP**
	Número de golpes	0	0	0
	Masa del recipiente, g	0	0	0
	Masa del recipiente más muestra húmeda, g	0	0	0
	Masa del recipiente más muestra seca,g	0	0	0
	Contenido de agua, %	**NL**	**NL**	**NL**
	Límite líquido (LL)	**NL**		



Procedimiento de ensayo de límite plástico: Manual

Límite Plástico	Cápsula	NP	NP
	Masa del recipiente (g)	0	0
	Masa del recipiente + suelo húmedo (g)	0	0
	Masa del recipiente + suelo seco (g)	0	0
	Contenido de agua, %	NP	NP
	Límite plástico (LP)	**NP**	
	Índice de Plasticidad (IP):	**No plástico**	

Clasificación SUCS finos :	**ML**

OBSERVACIONES: No reporta

Revisó y Aprobó
ING. JOHANA CAROLINA CARO
TP. 15202-320655 BYC

Nota: Este folio no se deberá reproducir de forma parcial o total sin la aprobación por escrito de López Hermanos Geotecnia y Aguas Subterráneas S.A.S
Los resultados mostrados en este informe corresponden unicamente a la(s) muestra(s) ensayada(s) tal como fueron recibida(s) del cliente.
Los resultados de este informe corresponde al instante y las condiciones en que se realizo el ensayo. El laboratorio no se hace responsable del uso inadecuado de la información.
El laboratorio no es responsable de la información suministrada por el cliente. Los ensayos fueron realizados en el laboratorio López Hermanos SAS sede Tunja.

- Fin de informe-

LÓPEZ HERMANOS S.A.S GEOTECNIA Y AGUAS SUBTERRÁNEAS	Formato del Sistema de Gestión de Calidad	Este documento es propiedad intelectual de López Hermanos Geotecnia y Aguas Subterráneas S.A.S	
	EJECUCIÓN DE ENSAYOS DE LABORATORIO		
	DETERMINACIÓN DE LA CANTIDAD DE MATERIAL QUE PASA EL TAMIZ DE 75 µM (NO.200) EN LOS AGREGADOS PÉTREOS MEDIANTE LAVADO INV E – 214-13	Versión No. 3	19/12/2024
		EL-INF-05	Página 1 de 1

Solicitado por:	CONSORCIO PEB-JI.	***Muestra No:***	***140909 (11)***
Dirección:	CL 109 14 B 60 OF 204 BRR CHICO	***Orden No.:***	***41795***
NIT./C.C.:	901977234-8	***Referencia cliente:***	ES25040-7 PUENTE QUEBRADA GUATOQUE
Tel.:	3102778858		
Obra:	ES25040-7 PUENTE QUEBRADA GUATOQUE.	***Fecha de muestreo:***	26/09/2025
Finalidad:	Determinar calidad del material	***Fecha de ingreso de la muestra:***	26/09/2025
Muestra tomada por:	López Hermanos (Geotecnia)	***Fecha de ensayo:***	10/10/2025
Procedencia:	Santa Sofia - Boyacá	***Fecha de Informe:***	15/10/2025 11:08
Profundidad (m):	7,60 - 9,00 m	***Barreno:***	B-1
Descripción de la muestra:	Ripio de color negro	***Tipo de muestra:***	Bolsa
Frente y localización:	Puente Quebrada Guatoque		

Peso suelo seco antes de lavar, (g)	280,6
Peso suelo seco despues de lavar, (g)	154
PASANTE MALLA 4, (%)	**100**
PASANTE MALLA 200, (%)	**45**
Grava (%)	**0**
Arena (%)	**55**
Finos (%)	**45**

OBSERVACIONES:

No reporta

Aprobó
ING. JOHANA CAROLINA CARO
TP. 15202-320655 BYC

Nota: Este folio no se deberá reproducir de forma parcial o total sin la aprobación por escrito de López Hermanos Geotecnia y Aguas Subterráneas S.A.S
Los resultados mostrados en este informe corresponden únicamente a la(s) muestra(s) ensayada(s) tal como fueron recibida(s) del cliente.
Los resultados de este informe corresponde al instante y las condiciones en que se realizó el ensayo. El laboratorio no se hace responsable del uso inadecuado de la información.
El laboratorio no es responsable de la información suministrada por el cliente. Los ensayos fueron realizados en el laboratorio López Hermanos SAS sede Tunja

-Fin de informe-

Solicitado por:	CONSORCIO PEB-JI.	**No. Orden**	***41795***
Dirección:	CL 109 14 B 60 OF 204 BRR CHICO	***Referencia interna del Cliente***	ES25040-7 PUENTE QUEBRADA GUATOQUE. B-1 (10,55-12,00)
NIT./C.C.:	901977234-8	***Muestra No.:***	140911 (30)
Teléfono:	3102778858	***Fecha de muestreo:***	26/09/2025
Obra:	ES25040-7 PUENTE QUEBRADA GUATOQUE.	***Fecha de ingreso de la muestra:***	26/09/2025
Finalidad:	Determinar calidad del material	***Fecha de ensayo:***	11/10/2025
Lugar de procedencia:	Puente Quebrada Guatoque	***Fecha de informe:***	15/10/2025 11:31
Descripción de la muestra:	Lutita calcárea color gris oscuro		
Muestra tomada por:	López Hermanos (Geotecnia)		

Peso picnómetro en en el aire, (g)	2967
Peso picnómetro + suelo SSS al aire, (g)	3158
Peso Picnómetro + suelo + agua, (g)	7520
Peso picnómetro + agua, (g)	7394
Peso del recipiente No. **P7**	35
Peso recipiente + suelo seco (g)	224,6
Masa de la muestra seca, M (g)	190
Masa de la muestra SSS, Ms (g)	191
Masa de la muestra sumergida, Mi (g)	126
Densidad Nominal, Dn (g /cm³)	**2,98**
Densidad aparente, Da (g /cm³)	**2,92**
Densidad bulk sss (g/cm^3)	**2,94**
Absorción, (%)	***0,7***

Observaciones: No reporta

Ejecutó	Revisó	Aprobó
YEIMY EDILSON RIOS	ING. JOHANA CARO CARO	ING. JOHANA CARO CARO
LABORATORISTA	MP. 15202-320655 BYC	MP. 15202-320655 BYC

Nota: Este folio no se deberá reproducir de forma parcial o total sin la aprobación por escrito de López Hermanos Geotécnia y Aguas subterraneas S.A.S

Los resultados mostrados en este informe corresponden unicamente a la(s) muestra(s) ensayada(s)

LÓPEZ HERMANOS S.A.S GEOTECNIA Y AGUAS SUBTERRÁNEAS	Formato del Sistema de Gestión de Calidad	Este documento es propiedad intelectual de López Hermanos Geotecnia y Aguas Subterráneas SAS	
	EJECUCIÓN DE ENSAYOS DE LABORATORIO	Versión No. 3	10/01/2025
	DETERMINACIÓN DEL ÍNDICE DE RESISTENCIA A LA CARGA PUNTUAL ASTM D 5731	EL-INF-43	_ de_

Solicitado por: CONSORCIO PEB-JI.
Dirección: CL 109 14 B 60 OF 204 BRR CHICO
NIT./C.C.: 901977234-8
Tel.: 3102778858
Obra: ES25040-7 PUENTE QUEBRADA GUATOQUE.
Finalidad: Determinar calidad de la barrena
Lugar de Procedencia: Santa Sofia - Boyacá
Barreno: B-1
Profundidad (m): 10,55-12,00
Descripción de la muestra: Lutita calcárea color gris oscuro
Muestra tomada por: *López Hermanos (Geotecnia)*

Orden No: 41795
Muestra No: 140911
Referencia Cliente: ES25040-7 PUENTE QUEBRADA GUATOQUE
Fecha de muestreo: 26/09/2025
Fecha de ingreso de muestra: 26/09/2025
Fecha de ensayo: 10/10/2025
Fecha de Informe: 16/10/2025
Tipo de muestra: Barrena
Equipo: *Controls B 30/ AZ, Serial 00093577, capacidad de 30 kN*
Certificado de calibración: *REM-LF-262*

Número de especímen	*Tipo de ensayo*	*Ancho (W), mm*	*Diámetro (D), mm*	*Carga (divisiones)*	*Carga (P), kN*	*De^2,mm^2*	*De, mm*	*Is, MPa*	*F*	*$I_{s(50)}$,MPa*	*Resistencia a la compresión*
1	a⊥	21,3	24,2	480	5,67	656	25,62	8,64	0,74	6,4	211,7
2	a⊥	19,6	23,1	421	4,97	576	24,01	8,62	0,72	6,2	211,2

a= axial ⊥ = perpendicular al plano de falla

i= bloque irregular

Parámetro	Valor	Término descriptivo
Promedio $I_{s(50)}$ ⊥ (MPa)	6,30	*Resistencia alta*
$I_{as(50)}$	6,30	NA
Humedad de las muestras (%)	0,13	NA
Promedio resistencia a la compresión uniaxial estimada,σc, (MPa)	211	Resistencia alta

Revisó y Aprobó
ING. JOHANA CARO CARO
M.P. 15202-320655 BYC

Nota: Este folio no se deberá reproducir de forma parcial o total sin la aprobación por escrito de López Hermanos Geotecnia y Aguas

LÓPEZ HERMANOS S.A.S GEOTECNIA Y AGUAS SUBTERRÁNEAS	Formato del Sistema de Gestión de Calidad	Este documento es propiedad intelectual de López Hermanos Geotecnia y Aguas Subterráneas SAS	
	EJECUCIÓN DE ENSAYOS DE LABORATORIO	Versión No. 3	10/01/2025
	DETERMINACIÓN DEL ÍNDICE DE RESISTENCIA A LA CARGA PUNTUAL ASTM D 5731	EL-INF-43	_ de_

Solicitado por:	CONSORCIO PEB-JI.	***Orden No:***	41795
Dirección:	CL 109 14 B 60 OF 204 BRR CHICO	***Muestra No:***	140911
NIT./C.C.:	901977234-8	***Referencia Cliente:***	ES25040-7 PUENTE QUEBRADA GUATOQUE
Tel.:	3102778858	***Fecha de muestreo:***	26/09/2025
Obra:	ES25040-7 PUENTE QUEBRADA GUATOQUE.	***Fecha de ingreso de muestra:***	26/09/2025
Finalidad:	Determinar calidad de la barrena	***Fecha de ensayo:***	10/10/2025
Lugar de Procedencia:	Santa Sofia - Boyacá	***Fecha de Informe:***	16/10/2025
Barreno:	B-1	***Tipo de muestra:***	Barrena
Profundidad (m):	10,55-12,00		
Descripción de la muestra:	Lutita calcárea color gris oscuro		
Muestra tomada por:	*López Hermanos (Geotecnia)*	***Equipo:***	*Controls B 30/ AZ, Serial 00093577, capacidad de 30 kN*
		Certificado de calibración:	*REM-LF-262*

ANEXO FOTOGRÁFICO



FOTO 1



FOTO 2



FOTO 3

Revisó y Aprobó
ING. JOHANA CARO CARO
M.P. 15202-320655 BYC

ne final-

LÓPEZ HERMANOS S.A.S GEOTECNIA Y AGUAS SUBTERRÁNEAS	Formato del Sistema de Gestión de Calidad	Este documento es propiedad intelectual de López Hermanos Geotecnia y Aguas Subterráneas SAS	
	EJECUCIÓN DE ENSAYOS DE LABORATORIO	Versión N° 1	15/10/2021
	INFORME DE ENSAYO: ROCK QUALITY DESIGNATION (RQD) ASTM D6032	EL-INF-79	1 DE 1

Número de ensayo: ES25040-7
Solicitado por: CONSORCIO PEB-JI.

Obra: ES25040-7 PUENTE QUEBRADA GUATOQUE.
Localización: Puente Quebrada Guatoque
Fecha de ensayo: 8/10/2025
Realizado por: López Hermanos (Geotecnia)

N°. De Orden: 41795
Fecha de ensayo: 11/10/2025

Fecha de informe: 16/10/2025

Barreno	Profundidad	Prof. Inicial	Prof. Final	Long. Teórica de muestreo del perfil (cm)	Longitud total nucleos recuperados (cm)	Longitud de tramos con medidas mayores a 10,16 (cm)	Descripción del Material	Índice de recuperación (%)	Designación de calidad de la roca (RQD)	Clasificación
1	1,0/2,00	1,0	2,00	100	20	10,1	Arenisca de color amarillo oxidado	20%	10%	Muy mala
1	2,0/3,0	2,0	3,0	100	14	0	Lutita y arenisca de color gris	14%	0%	Muy mala
1	3,0/4,0	3,0	4,0	100	19	0	Lutita Calcárea color gris oscuro	19%	0%	Muy mala
1	5,0/6,0	5,0	6,0	100	14	0	Lutita Calcárea color gris oscuro	14%	0%	Muy mala
1	6,0/7,0	6,0	7,0	100	0	0	Ripio	0%	0%	Muy mala
1	10,5/12,0	10,5	12,0	150	0	0	Lutita calcárea color gris oscuro	0%	0%	Muy mala

Observaciones : No reporta

Revisó y Aprobó
ING. JOHANA CAROLINA CARO
TP. 15202-320655 BYC

Nota: Este folio no se deberá reproducir de forma parcial o total sin la aprobación por escrito de López Hermanos Geotecnia y Aguas Subterráneas S.A.S
Los resultados mostrados en este informe corresponden unicamente a la(s) muestra(s) ensayada(s) tal como fueron recibida(s) del cliente.
Los resultados de este informe corresponde al instante y las condiciones en que se realizo el ensayo. El laboratorio no se hace responsable del uso inadecuado de la información.
El laboratorio no es responsable de la información suministrada por el cliente. Los ensayos fueron realizados en el laboratorio López Hermanos SAS sede Tunja.

- Fin de informe-

Nota: Este folio no se deberá reproducir de forma parcial o total sin la aprobación por escrito de López Hermanos Geotécnia y Aguas subterraneas S.A.S
Los resultados mostrados en este informe corresponden unicamente a la(s) muestra(s) ensayada(s)

FICHA DE DIAGNÓSTICO GEOTÉCNICO PARA PUENTES EN VÍAS (PROYECTO)

Proyecto:	Diagnóstico y ejecución de obras de emergencia para mitigar el riesgo de daño y/o colapso de puentes ubicados en el departamento por la afectación causada por efecto de la ola invernal, declarada en virtud del decreto de calamidad pública no. 0522 de 24 de mayo de 2025. Contrato de obra no. 2833 de 2025
Fecha de levantamiento:	[08 / 09 / 25]
Profesional geotécnico:	[Yenser Antonio Quintero]
Condiciones climáticas:	[Seco]

1. GENERALIDADES DEL PUENTE

Vía / Tramo	[Municipio de Santa Sofía a municipio de Moniquirá]
Municipio / Departamento	[Santa Sofía / Boyacá]
Coordenadas (WGS84)	Lat [5°44'31.29"N] Long [73°36'23.64"O]
Cota aproximada (msnm)	[2332]
Cauce/Quebrada/Río	[Quebrada Guatoque]
Altura de gálibo (m)	[4.0 m]
Ancho de calzada (m)	[6.5 m]
Longitud total del puente (m)	[4.8 m]
Número de luces	[1]
Número de apoyos	[2]
Material dominante	[Concreto__X__ Acero____ Mixto____ Madera _____]
Tipo estructural	[Simplemente apoyado__X__ Continuo _____Otro _____]

2. ENTORNO GEOLÓGICO LOCAL

La descripción realizada del entorno geológico se realiza con base a la información en el atlas geológico 2023, y corroborado con las observaciones de campo, a continuación, se describe el entorno geológico local donde se encuentra ubicado el puente quebrada Guatoque.

Imagen No 1 Entorno geológico puente Quebrada Guatoque



2.1. Unidad geológica identificada:

El sector del Puente quebrada Guatoque se encuentra en contacto con la formación paja (Kip) las cuales son lutitas y limolitas negras, en la parte inferior a media concreciones calcárea y películas de yeso, a la base unos niveles de calizas lumaquÍlicas (Ostreas.). Los materiales de la Formación Paja, al estar compuestos principalmente por lutitas, lodolitas y arcillolitas (rocas sedimentarias de grano fino), son particularmente susceptibles a procesos geodinámicos externos relacionados con el agua y la gravedad, especialmente en el clima andino, los taludes son de pendiente fuertemente inclinada a escarpada en la zona adyacente al cauce de la quebrada Guatoque, más sin embargo haciendo un recorrido de la zona se denota que los materiales presentes no se encuentran con procesos físicos de meteorización y protección herbácea, lo cual genera que la zona aferente al cauce de la quebrada presente estabilidad en las laderas.

2.2. Litología dominante:

La unidad está compuesta principalmente por la formación Paja está compuesta principalmente por rocas sedimentarias de grano fino depositadas en un ambiente marino, predominan las lodolitas negras y lutitas oscuras (a veces descritas como shales oscuros), contiene también arcillolitas abigarradas (multicolores), En la fotografía del talud frente al estribo del puente lado de Moniquirá se evidencian una ladera con alta cobertura vegetal donde sus pendientes favorecen la estabilidad y buen drenaje sin lograr velocidades de flujos con potencial erosivo, sin embargo los materiales son altamente susceptibles a procesos de meteorización fisca y erosión hídrica.

Imagen No 2 materiales perteneciente a la UGS identificada como formación Paja Kip



2.3. Implicaciones geotécnicas.

Geotécnicamente, La composición arcillosa de la roca madre la hace vulnerable a diferentes procesos que generan cambios en su comportamiento geomecánico, aunque son lutitas negras,

las intercalaciones de minerales son muy reactivas. Al exponerse al agua y al aire, la pirita se oxida, generando ácido sulfúrico, lo que acelera la desintegración de la roca (meteorización química), también puede ser susceptible a meteorización física (Intemperismo), esto debido a la alternancia de ciclos de humedad y sequía, así como los cambios de temperatura, provocan la expansión y contracción de las arcillolitas. Este proceso debilita la matriz rocosa, favoreciendo la disgregación en fragmentos más pequeños y la formación de suelos.

2.4. Taludes en los accesos del puente [SI]

En los accesos al puente no se identifican taludes que involucren el alineamiento de la vía y sobre todo el puente.

3. ENTORNO GEOLÓGICO LOCAL

Procesos activos: [SI ___ NO _X_]

(Marcar los que apliquen)

- ☐ Remoción en masa (deslizamientos, flujos, reptación)
- ☐ Caída de bloques / Desprendimientos
- ■ Erosión superficial en taludes
- ☐ Socavación lateral del cauce
- ☐ Meteorización intensa en taludes rocosos
- ☐ Ninguno observado

3.1. Descripción del proceso activo

En la margen izquierda aguas abajo se identifica una pérdida parcial de banca asociada al desconfinamiento del material de relleno en la zona de la aleta lateral del estribo. La afectación se evidencia en la pérdida de soporte lateral del pavimento y en la vegetación inclinada hacia el cauce, producto del debilitamiento progresivo del borde del terraplén. Este fenómeno está relacionado con el deterioro estructural y erosión localizada de la aleta, lo que ha permitido la migración del material de relleno y la pérdida de confinamiento del terraplén de acceso.

El proceso, aunque actualmente controlado, representa un riesgo potencial de avance del deterioro del borde vial y de exposición de la estructura de acceso.

Imagen No 3 Perdida parcial de banca debido a la afectación que presenta la aleta M-I aguas abajo.



4. ESTRIBOS Y ELEMENTOS DE CONFINAMIENTO

4.1. Descripción general de las estructuras de apoyo.

4.1.1. Estribos.

El puente cuenta con estribos construidos en concreto reforzado, apoyados sobre lo que correspondería a sistemas superficiales de cimentación. El estribo del lado Moniquirá presenta un muro frontal con una geometría recta. El estribo opuesto, correspondiente a la salida hacia Santa Sofia, está conformado igualmente por un elemento en concreto de sección vertical, cuya función principal es recibir las cargas del tablero y transferirlas al terreno de fundación, la cimentación es superficial.

Imagen No 4 Estribos puente quebrada Guatoque. (imagen izq. Lado Moniquirá – Imagen Der. Lado Santa Sofía)



4.1.2. Aletas de confinamiento

Las aletas de los estribos se desarrollan de manera diagonal respecto al alineamiento del apoyo. Las aletas aguas abajo combina en su parte inferior una cimentación superficial en concreto, sobre el cual continúa un cuerpo en concreto, este además de confinar el material de relleno, sirve como una estructura de contención. Las aletas aguas arriba corresponde a un elemento de concreto que confina el material de relleno de la estructura de aproximación del puente con estructura de cimentación superficial.

Imagen No 5 Aletas margen izquierda rio Loblanco (Imagen Izq. Sector aguas arriba costado Moniquirá – Imagen Der. Sector aguas abajo costado Moniquirá)



5. AFECTACIONES Y PATOLOGÍAS

5.1. Cimentación de estribos

En la base del estribo correspondiente al lado de Santa Sofía se observa una acumulación de material fino a limoso con intercalaciones arenosas, producto de procesos de deposición de sedimentos por arrastre del flujo de la quebrada Guatoque. Este depósito se encuentra sobre una planicie de sedimentación que se ha conformado de manera natural aguas abajo del estribo.

Destaca la presencia, frente al estribo, bloques rocosos de tamaño métrico que actúan como elementos de protección natural ante la socavación local, funcionando como un escudo que disipa la energía del flujo y reduce la erosión directa sobre la cimentación del apoyo. Gracias a este elemento, no se evidencian procesos activos de socavación en el punto observado; sin embargo, el flujo del cauce ha generado la deposición progresiva de finos en la zona posterior al bloque, indicando una dinámica de transporte y sedimentación controlada por la morfología del cauce y los obstáculos rocosos existentes.

Imagen No 6 indicios de arrastre y erosión laminar (Imagen izq. Estribo lado Moniquirá – Imagen der, estribo lado Sta. Sofia)



5.2. Aletas de confinamiento:

En la aleta de confinamiento correspondiente al estribo del lado de Moniquirá, margen izquierda aguas abajo, se evidencia una fisura vertical abierta de gran desarrollo que atraviesa prácticamente toda la altura del elemento estructural, extendiéndose desde la base hasta la parte superior de la aleta. Esta fisura presenta desplazamiento diferencial entre ambos lados de la grieta y signos de lavado del material, lo que indica pérdida de adherencia interna y posible debilitamiento por acción erosiva y filtración de agua a través de la junta.

Se observa además exposición superficial del concreto con desintegración del recubrimiento y crecimiento vegetal, lo que sugiere falta de mantenimiento y una posible infiltración constante de aguas de escorrentía provenientes de la calzada o del trasdós del muro. Esta condición ha favorecido el avance del deterioro estructural y del proceso de desconfinamiento del relleno de acceso.

Imagen No 7 Agrietamiento diagonal en aleta M-I aguas abajo (lado Moniquirá).



5.2.1. Taludes aguas arriba:

Los taludes aguas arriba que conforman el cauce no presentan afectaciones directas. Está conformada por un depósito aluvial reciente que enmarca el alineamiento del cauce, localizándose a lo largo del cauce y sirviendo de protección a la base de los taludes conformados por materiales susceptibles a la erosión (arcillolitas y limolitas). El riesgo no proviene de un deslizamiento de ladera, sino de la acción directa e indirecta del río, la alta energía del río (debida a la pendiente del cauce) y el caudal actúan como el agente principal de inestabilidad y transporte, el flujo constante y energético socava el pie de los taludes del cauce, arrastrando cantos de diferentes tamaños, el río tiene suficiente energía para movilizar las rocas de tamaño métrico y el sedimento fino. este arrastre continuo puede impactar la infraestructura.

La buena cobertura vegetal y las pendientes naturales presentes en el área aferente al cauce de la quebrada Guatoque están actualmente neutralizando la alta susceptibilidad litológica a los movimientos en masa, lo que explica la estabilidad actual. El sector es estable en términos de movimientos en masa superficiales de ladera, pero presenta una amenaza alta por procesos fluviales (socavación y arrastre de material), debido a la naturaleza fácilmente erosionable de la Formación Paja y la alta energía del río.

Imagen No 8 Taludes aguas arriba. (Imagen Izq. Margen izquierda – Imagen Der. Margen derecha)



5.2.2. Taludes aguas abajo:

En el sector aguas abajo, los taludes adyacentes al cauce se mantienen estables y sin manifestaciones de erosión significativa o desprendimientos que puedan representar una amenaza para la infraestructura. Las márgenes se encuentran recubiertas parcialmente por vegetación arbustiva y herbácea, lo que contribuye a la protección natural frente a la acción del

flujo. En conjunto, tanto aguas arriba como aguas abajo, los taludes no presentan afectaciones críticas en relación con la operación y seguridad del puente, material de arrastre depositado aguas arriba logra una disminución de energía del flujo con el fin de proteger la estructura, pero adicional a esto logra conservar el cauce de la quebrada Guatoque por arrastres y desprendimiento de material.

Imagen No 9 Taludes aguas abajo (Imagen Izq. Margen izquierda costado Moniquirá – Imagen Der. Margen derecha costado Santa Sofia)



5.3. Socavación

En el sector del puente sobre la quebrada Guatoque se identifica un proceso de socavación localizado en la base del estribo correspondiente al lado de Santa Sofía, asociado a la acción directa del flujo sobre el apoyo y a la dinámica de arrastre de material fino y arenoso en eventos de creciente. No obstante, de manera general, el cauce no presenta evidencias de socavación generalizada, dado que no se observan desniveles significativos ni pérdidas de cota en el lecho que indiquen erosión progresiva o cambios en la morfología del canal. La presencia de bloques rocosos métricos en el entorno inmediato actúa como elemento de control natural del flujo y disipación de energía, lo que ha limitado el avance de la erosión y mantiene una estabilidad relativa del fondo del cauce.

5.4. Otros daños observados

En la margen izquierda aguas abajo se evidencia una pérdida parcial de banca a nivel de calzada, directamente asociada al deterioro estructural y desconfinamiento de la aleta lateral del estribo. La fisura y el desplazamiento del elemento de contención han permitido el deslizamiento progresivo del material de relleno del terraplén, generando la pérdida de soporte lateral del pavimento y el inicio de procesos de erosión superficial. Esta condición compromete la

funcionalidad del borde vial y representa un riesgo potencial de ampliación del daño hacia la calzada, especialmente durante eventos de lluvia que incrementen la saturación del suelo.

6. CONCEPTO GEOTÉCNICO DEL DIAGNÓSTICO

6.1. Hallazgos principales

Durante la inspección geotécnica se determinó que el puente se encuentra apoyado sobre un cauce con control natural por presencia de bloques rocosos métricos, los cuales actúan como barreras de protección hidráulica, disipando la energía del flujo y reduciendo la socavación directa sobre el estribo del lado de Santa Sofía. Esta condición ha favorecido la acumulación de sedimentos finos y arenosos en su base, generando una planicie de deposición estable que evidencia un comportamiento de sedimentación y no de erosión activa.

Sin embargo, la configuración del cauce y la disposición de dichos bloques han desviado parcialmente la corriente hacia el estribo del lado de Moniquirá, donde se observa concentración del flujo, arrastre de material y erosión incipiente en la base del estribo. Esta situación ha afectado la aleta de confinamiento de la margen izquierda aguas abajo, la cual presenta fisuración vertical de gran desarrollo y crecimiento vegetal, lo que ha generado pérdida de confinamiento del relleno y pérdida parcial de banca a nivel de calzada.

6.2. Patologías críticas identificadas

Las principales patologías se concentran en el estribo del lado de Moniquirá, donde la desviación del cauce ha generado erosión incipiente en la base y un deterioro estructural avanzado en la aleta de confinamiento de la margen izquierda aguas abajo, evidenciada por una fisura vertical abierta, pérdida de material y crecimiento vegetal. Esta afectación ha provocado desconfinamiento del relleno y pérdida parcial de banca a nivel de calzada, comprometiendo la estabilidad lateral del acceso vial. Por su parte, el estribo del lado de Santa Sofía no presenta socavación activa, sino un proceso de sedimentación controlado por bloques métricos, que, aunque actúa como elemento protector, ha contribuido a redirigir el flujo hacia el lado opuesto, intensificando las patologías mencionadas.

6.3. Nivel de riesgo

Para fines prácticos de la presente ficha, se adopta una metodología simplificada que evalúa el riesgo en función de la combinación de:

Riesgo = Probabilidad × Consecuencia

Riesgo	Nivel
1 – 4	Bajo

5 – 9	Medio
10 – 16	Alto
15 – 25	Muy Alto (Critico)

- **Probabilidad (P):** nivel de ocurrencia esperado de la amenaza, a partir de observaciones de campo (procesos activos, evidencia de deterioro, antecedentes).

Probabilidad	Muy baja	Baja	Media	Alta	Muy alta
Valor	1	2	3	4	5

  - Muy alta: Evidencia clara de socavación crítica, erosión activa, procesos que avanzan rápido.
  - Alta: Procesos activos con señales fuertes (exposición parcial de cimentación, erosión marcada).
  - Media: Señales moderadas (grietas, erosión incipiente, arrastre de material leve).
  - Baja: Evidencias menores, procesos lentos.
  - Muy baja: No se observan procesos activos, estabilidad aparente.

- **Consecuencia (C):** impacto potencial sobre la estructura y el servicio vial en caso de materializarse la amenaza.

Consecuencia	Menor	Moderada	Seria	Mayor	Catastrófica
Valor	1	2	3	4	5

  - Catastrófica (5): Colapso total del puente, interrupción prolongada de la vía.
  - Mayor (4): Afectación grave de la estructura (un estribo/pila comprometida).
  - Seria (3): Daños estructurales importantes, pero con posibilidad de rehabilitación.
  - Moderada (2): Daños reparables sin riesgo inmediato de pérdida del servicio.
  - Menor (1): Patología superficial, no compromete la seguridad.

Esta aproximación está alineada con los lineamientos de INVIAS – Cartilla de Gestión del Riesgo en Infraestructura Vial

Probabilidad	Consecuencia	Nivel de riesgo
3	3	Medio

6.4. Obras necesarias

Recuperación de la aleta margen izquierda sector aguas abajo costado Moniquirá, se debe ampliar la sección del elemento, limpieza y reconformación de la geometría del cauce bajo del puente, en este caso garantizar que las obras proyectadas lleguen hasta las aletas de los dos costados del

puente de la quebrada Guatoque, protección contra la socavación de las bases de los estribos de los dos costados.

6.5. Exploración geotécnica

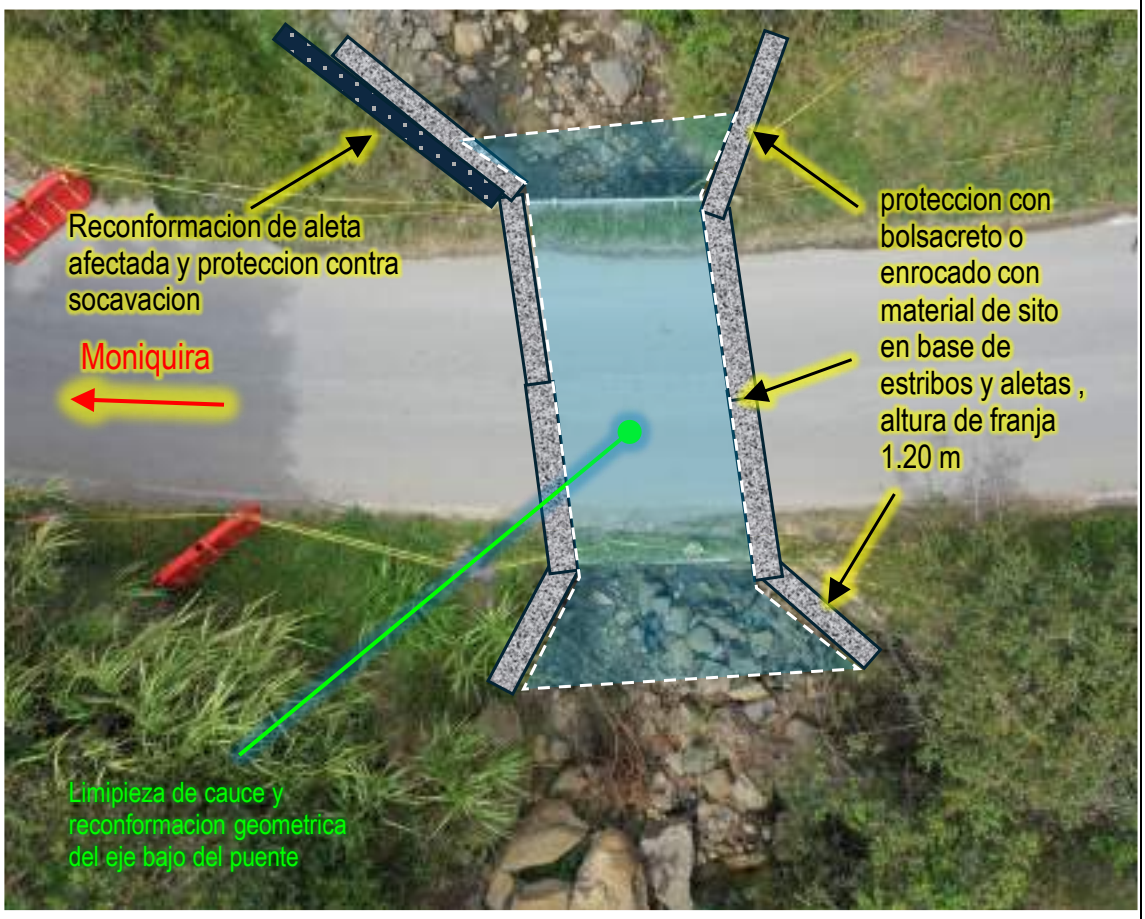
- **Sondeo mecánico**: localizado en la M-I aguas abajo para proyectar obra de protección y contención.
  Profundidad: 12.0 m
  Ensayos: caracterización cada 1.50 m (granulometría, limites, pesos unitarios) del nivel de cimentación y del suelo in situ que soporta la estructura de contención y confinamiento. Ensayo de corte directo para su diseño de deslizamiento y volcamiento.
- **Apiques**: localizado a nivel de vía sobre los aleros aguas arriba (ambos costados), para verificar materiales de subrasante.
  Profundidad: 1.5 – 2.0 m

6.6. Proyección de obras definitivas de mitigación:

Aleta aguas abajo M-I (lado Moniquirá): Se recomienda reconstrucción del elemento y reconformación del lleno estructural en el trasdós de la aleta, se debe ampliar la sección del elemento estructural con el fin de tener una mayor área de control de procesos de socavación en la entrada del puente vehicular, se debe evaluar la estructura de cimentación y la geometría de la aleta de acuerdo a los empujes de suelo y sobre carga, complementado con protección a la socavación mediante bolsacretos en el pie y costados expuestos para disipar energía del flujo, también realizar todas las obras complementarias para conducción y drenaje de las aguas de escorrentía.

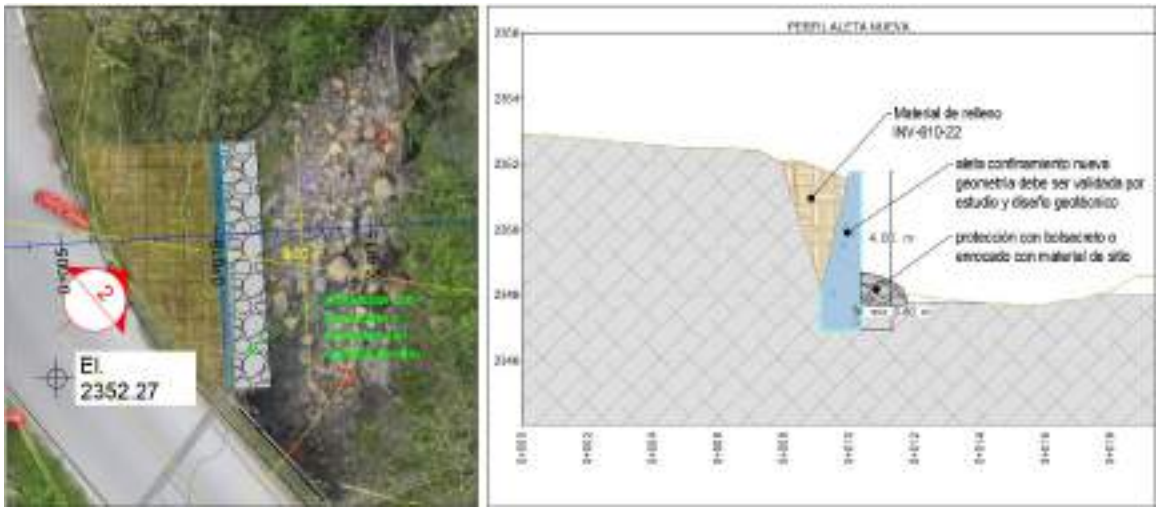
6.7. Esquematización de propuesta de mitigación

Puente	Quebrada Guatoque – Santa Sofía



La proyección del muro de aleta debe contener de manera adecuada el relleno para recuperar la afectación por perdida de banca, por lo que se requiere que el dimensionamiento cumpla con los requerimientos geotécnicos ante deslizamiento, volcamiento y capacidad portante.

Imagen No 10 esquematización planta y perfil transversal proyección aleta Nueva



7. CONCLUSIÓN DEL DIAGNÓSTICO

Del análisis realizado en campo y la evaluación de las condiciones geotécnicas y morfodinámicas del sector, se concluye que el Puente sobre la quebrada Guatoque presenta un comportamiento estructural y geotécnico condicionado por la dinámica hidráulica del cauce, el cual se encuentra parcialmente controlado por la presencia de bloques rocosos métricos frente al estribo del lado de Santa Sofía. Estos elementos han favorecido la deposición de sedimentos finos en dicha margen, evitando la socavación local, pero al mismo tiempo han generado una desviación del flujo hacia el estribo del lado de Moniquirá, donde se concentran los procesos erosivos.

La afectación más relevante corresponde al deterioro estructural de la aleta de confinamiento de la margen izquierda aguas abajo (lado Moniquirá), cuya fisuración y pérdida de material han derivado en desconfinamiento del relleno y pérdida parcial de banca a nivel de calzada, comprometiendo la estabilidad local del acceso vial. Si bien no se evidencia socavación generalizada en el cauce, la concentración del flujo y la erosión en la base del estribo del lado de Moniquirá incrementan el riesgo de descalse y pérdida de soporte durante eventos de creciente.

Por lo anterior, desde el punto de vista geotécnico se recomienda priorizar obras de recalce y reconstrucción de la aleta afectada, acompañadas de protección hidráulica con bolsacreto en la base de estribos y aletas, pues los bloques métricos son muestra de la energía que tiene la

quebrada en tiempos de alta precipitación, además de la restitución del confinamiento del relleno y rehabilitación del borde de calzada.

8. RECOMENDACIÓN MATERIALES DE RELLENO

El material que se disponga como relleno a estructuras se debe ajustar a materiales tipo SBG, alineado a requerimientos tipo INV-610-22. los materiales para utilizar pueden provenir de cantera de préstamo, pueden disponerse de material granulares tipo SBG las partículas deben ser duras y resistentes de características uniformes, libres de terrones de arcilla y material orgánico. Los requerimientos mínimos se establecen en la tabla 610-3 de INV-610-22 presentadas a continuación.

Tabla 610 – 3. Requisitos para materiales granulares tipo SBG o BG

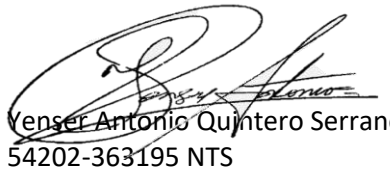
Característica	Norma de ensayo INV	Requisito	
		Tipo SBG	Tipo BG
Dureza (C)			
Desgaste en la máquina de los Ángeles (Gradación A), máximo (%) - Quinientas (500) revoluciones	E-218	50	40
Durabilidad (C)			
Pérdidas en ensayo de solidez en sulfatos, máximo (%) (Nota) - Sulfato de sodio - Sulfato de magnesio	E-220	12 18	12 18
Limpieza (F)			
Límite líquido, máximo (%)	E-125	25	25
Índice de plasticidad, máximo (%)	E-125 y E-126	6	3
Equivalente de arena, mínimo (%)	E-133	25	30
Contenido de terrones de arcilla y partículas deleznables, máximo (%)	E-211	2	2
Geometría de las Partículas (F)			
Índices de alargamiento y aplanamiento, máximo (%)	E-230	-	35
Caras fracturadas (una cara), mínimo (%)	E-227	-	50

Nota: se puede validar el requisito de durabilidad, empleando cualquiera de los dos (2) sulfatos indicados.

Tabla 610 – 4. Franjas granulométricas para materiales granulares tipo SBG o BG

Tipo de gradación	Tamiz (mm / U.S. Standard)									
	50,0 2 Pulgadas	37,5 1 ½ Pulgadas	25,0 1 Pulgada	19,0 ¾ Pulgada	12,5 ½ Pulgada	9,5 3/8 Pulgada	4,75 Nro. 4	2,00 Nro. 10	0,425 Nro. 40	0,075 Nro. 200
	Pasa tamiz (%)									
SGB-50	100	70 – 95	60 – 90	-	45 – 75	40 – 70	25 – 55	15 – 40	8 – 25	2 – 15
SGB-38	-	100	75 – 95	-	55 – 85	45 – 75	30 – 60	20 – 45	8 – 30	2 – 15
SGB-20	-	-	-	100	60 – 87	50 – 80	35 – 65	24 – 49	8 – 30	2 – 15
SG-38	-	100	70 – 100	-	60 – 90	45 – 75	30 – 60	20 – 45	10 – 30	5 – 15
SG-25	-	-	100	-	70 – 100	50 – 80	35 – 65	20 – 45	10 – 30	5 – 15
Tolerancias en producción sobre la fórmula de trabajo (1)	0 %	7 %					6 %			3 %

Firmas



Geotecnista:	Yenser Antonio Quintero Serrano	**Revisor:**	
T.P.:	54202-363195 NTS	**T.P.:**	
Fecha:	09/09/2025	**Fecha:**	

CONSORCIO INTER MAP–LAR
NIT: 901978204-1

PUENTE PUEBLITO BOYACENSE

Dirección de correo: Calle 2 # 7E-37 BARRIO QUINTA ORIENTAL
Dirección electrónica: consorciointermaplar@gmail.com
Teléfono: 3214711631
Cúcuta-Norte de Santander

San José de Cúcuta, 14 de mayo de 2026

CIML-172

SEÑORES:
JOSE LEONARDO ALVAREZ FONSECA
SECRETARÍO DE INFRAESTRUCTURA PÚBLICA
GOBERNACIÓN DE BOYACÁ
SUPERVISOR

REFERENCIA: INTERVENTORIA TÉCNICA, ADMINISTRATIVA, FINANCIERA, JURIDICA, CONTABLE Y AMBIENTAL AL CONTRATO DE OBRA CUYO OBJETO ES DIAGNOSTICO Y EJECUCIÓN DE OBRAS DE EMERGENCIA PARA MITIGAR EL RIESGO DE DAÑO Y/O COLAPSO DE PUENTES UBICADOS EN EL DEPARTAMENTO POR LA AFECTACIÓN CAUSADA POR EFECTO DE LA OLA INVERNAL, DECLARADA EN VIRTUD DEL DECRETO DE CALAMIDAD PUBLICA NO. 0522 DE 24 DE MAYO DE 2025.

ASUNTO: APROBACION DEL PLAN DE MANEJO DE TRANSITO – MUNICIPIO DE DUITAMA– PUENTE PUEBLITO BOYACENSE.

En ejercicio de las funciones asignadas en el marco del contrato de interventoría, me permito comunicar la APROBACIÓN del Plan de Manejo de Tránsito (PMT) correspondiente a la intervención del Puente PUEBLITO BOYACENSE Guatoque, ubicado en el municipio de DUITAMA.

Este plan fue presentado por el CONSORCIO PEB-JI y se encuentra conforme con los lineamientos técnicos y normativos requeridos para la ejecución de la obra.

Se adjuntan los documentos que conforman dicho plan, entre los cuales se incluye:

- Informe del Plan de Manejo de Tránsito, con sus respectivos anexos.

Sin otro particular, agradezco su atención y quedo atenta a cualquier requerimiento adicional.



MAIRA ALEJANDRA PICON GARCIA
C.C. 37.331.288 de Ocaña
CONSORCIO INTER MAP- LAR
REPRESENTANTE LEGAL

Dirección de correo: Calle 2 # 7E-37 BARRIO QUINTA ORIENTAL
Dirección electrónica: consorciointermaplar@gmail.com
Teléfono: 3214711631
Cúcuta-Norte de Santander
NIT: 901978204-1

CONSORCIO PEB-JI	Proyecto:	Puente PUEBLITO BOYACENSE	Preparo	Ing. JRZ	
	Asunto:	INSPECCION OCULAR	Revisó:	Ing. VHG	

DIAGNOSTICO Y EJECUCIÓN DE OBRAS DE EMERGENCIA PARA MITIGAR EL RIESGO DE DAÑO Y/O COLAPSO DE PUENTES UBICADOS EN EL DEPARTAMENTO POR LA AFECTACIÓN CAUSADA POR EFECTO DE LA OLA INVERNAL, DECLARADA EN VIRTUD DEL DECRETO DE CALAMIDAD PUBLICA NO. 0522 DE 24 DE MAYO DE 2025

INFORME INSPECCION OCULAR

INF._VHG_PEB-JI_INSP. PTE P. Boyacense_v0.0

SUPERVISOR TECNICO

VICTOR A. HERNANDEZ G.

Ingeniero Civil _ U de C

Especialista Estructuras_ ECI

23 de septiembre de 2025

CONSORCIO PEB-JI	Proyecto:	Puente PUEBLITO BOYACENSE	Preparo:	Ing. JRZ	VHG
	Asunto:	INSPECCION OCULAR	Revisó:	Ing. VHG	

DIAGNOSTICO Y EJECUCIÓN DE OBRAS DE EMERGENCIA PARA MITIGAR EL RIESGO DE DAÑO Y/O COLAPSO DE PUENTES UBICADOS EN EL DEPARTAMENTO POR LA AFECTACIÓN CAUSADA POR EFECTO DE LA OLA INVERNAL, DECLARADA EN VIRTUD DEL DECRETO DE CALAMIDAD PUBLICA NO. 0522 DE 24 DE MAYO DE 2025

INFORME INSPECCION OCULAR

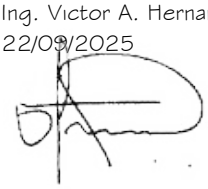
INF._VHG_PEB-JI_INSP. PTE P. Boyacense_v0.0

ORIGINAL

23 de septiembre de 2025

Version 0

Vigente desde: 23/09/2025

Elaboro Ing. Jorge Rojas Z. **Fecha:** 21/09/2025 **Firma:** **Cargo:** Ingeniero Civil_U de C Coordinador Estudios	**Reviso:** Ing. Victor A. Hernandez G. **Fecha:** 22/09/2025 **Firma:**  **Cargo:** Ingeniero Civil_U de C Especialista Estructuras_ECI	**Aprobó:** **Fecha:** **Firma:** **Cargo:**

PROYECTO:

DIAGNOSTICO Y EJECUCIÓN DE OBRAS DE EMERGENCIA PARA MITIGAR EL RIESGO DE DAÑO Y/O COLAPSO DE PUENTES UBICADOS EN EL DEPARTAMENTO POR LA AFECTACIÓN CAUSADA POR EFECTO DE LA OLA INVERNAL, DECLARADA EN VIRTUD DEL DECRETO DE CALAMIDAD PUBLICA NO. 0522 DE 24 DE MAYO DE 2025

Contratista	CONSORCIO PEB-JI
Contrato No.	CO1.PCCNTR.8186181/2833
Asunto:	Inspección ocular que permita contrastar la información previamente obtenida mediante la inspección visual realizada por la Secretaría de Infraestructura Pública de la Gobernación de Boyacá, a través de la observación directa en sitio de los daños físicos visibles —tales como grietas, fisuras, fracturas, entre otros— presentes en los componentes estructurales de la superestructura y la subestructura de los puentes y pontones.
Objeto:	A partir de la inspección ocular se obtendrá un diagnóstico preliminar, orientado a formular el tipo de soluciones que deberán implementarse en el marco de obras de mitigación. Dicho diagnóstico permitirá, previo a un análisis posterior de soluciones e intervenciones más detalladas —las cuales deberán ajustarse a las exigencias normativas vigentes y no hacen parte del objetivo de este estudio—, minimizar los riesgos de colapso de los puentes y pontones ocasionados por las cargas inherentes a la naturaleza del servicio que prestan las estructuras, así como por factores ambientales e hidrológicos.
Puente / Pontón:	Puente PUEBLITO BOYACENSE
Documento Referencia:	Ficha técnica FIV-PTE PUEBLITO BOYACENSE. V. 07072025 - Secretaría de Infraestructura Pública de la Gobernación de Boyacá
Descripción	Pontón de luz única L = 7,00 m, ancho tablero metálico corrugado B = 9,30 m. Tablero para paso vehicular, andenes peatonales sobre afirmado en tierra con bordillos y estructura en mampostería tipo colonial que conforman barreras (barandas) a ambos costados del pontón. tubería metálica corrugada que conforma la estructura; estribos formados por la propia tubería y aletas salvo en costado derecho aguas abajo (ausente); pérdida de sección por desgaste en la base de la tubería (posible socavación futura); afectación de talud izquierdo aguas arriba por acción del cauce. Se requiere opinión de hidrología.

Estado:

Superestructura:
Placa de piso: en adecuadas condiciones, sin afectaciones.

Elementos de protección lateral: en adecuadas condiciones, sin afectaciones solo requiere actividades de mantenimiento.





Pte PUEBLITO BOYACENSE. Tablero de piso en buenas condiciones, con elementos protección laterales en buen estado.

Estado:

Subestructura:

Estribos y aletas: en buenas condiciones los existentes. Ausencia de aleta en costado derecho aguas abajo

Base y fundación: perdida de sección en tubería metálica en contacto con agua, actualmente no se observa socavación. A mediano plazo podría iniciarse proceso por la falta de sección de estructura metálica



Estructura de soporte en concreto en buen estado, tubería de conformación puente y para paso de rio con desgaste y perdida de sección en base contacto con el cauce



afectación de talud izquierdo aguas arriba por acción del cauce. Se requiere opinión de hidrología.

Intervenciones Posibles:	☑ **Reparación estructural prioritaria:** Construcción regida de aleta en costado derecho aguas abajo. ☑ **Rehabilitación de elementos de protección:** efectuar mantenimiento de la baranda existente. ☑ **Base de apoyo:** construcción solera en concreto en área base de apoyo, en remplazo de tubería metálica corrugada. ☑ **Manejo hidráulico**: obras de protección para el talud izquierdo aguas arriba
Inspecciones e investigaciones	☑ Levantamiento Topográfico en detalle ☑ Revisión hidrológica / hidráulica: caracterizar caudal de diseño, avenidas máximas históricas y posible reorganización del cauce que permita evitar erosión local.
Conclusiones	Revisada la ficha técnica de referencia, se encuentra concordancia entre las recomendaciones allí consignadas y las observaciones efectuadas en la presente inspección. En conjunto, ambos insumos conforman el plan de acciones a implementar para la atención, mitigación y rehabilitación de la estructura del Puente PUEBLITO BOYACENSE

PROYECTO

DIAGNOSTICO Y EJECUCIÓN DE OBRAS DE EMERGENCIA PARA MITIGAR EL RIESGO DE DAÑO Y/O COLAPSO DE PUENTES UBICADOS EN EL DEPARTAMENTO POR LA AFECTACIÓN CAUSADA POR EFECTO DE LA OLA INVERNAL, DECLARADA EN VIRTUD DEL DECRETO DE CALAMIDAD PUBLICA No. 0522 de 24 de MAYO DE 2025

CONTIENE

ANALISIS, CALCULO Y DISEÑO ESTRUCTURAL MURO CONTENCION EN VOLADIZO

Sector Descole

CONSULTOR

VICTOR A. HERNANDEZ G.
Ingeniero Civil_U de C
Especialista Estructuras_ECI

Noviembre de 2025

PROYECTO
DIAGNOSTICO Y EJECUCIÓN DE OBRAS DE EMERGENCIA PARA MITIGAR EL RIESGO DE DAÑO Y/O COLAPSO DE PUENTES UBICADOS EN EL DEPARTAMENTO POR LA AFECTACIÓN CAUSADA POR EFECTO DE LA OLA INVERNAL, DECLARADA EN VIRTUD DEL DECRETO DE CALAMIDAD PUBLICA No. 0522 de 24 de MAYO DE 2025

ANALISIS, CALCULO Y DISEÑO ESTRUCTURAL
MURO CONTENCION EN VOLADIZO
Sector Descole

VHG-MT_Pte Pto Boyacense- MR Vol._v0

ORIGINAL

BOGOTA D.C, noviembre de 2025

VERSIÓN 0.0 Vigente desde: 20/11/2025		
Elaboró: Ing. Víctor Hernández G. Fecha: 19/11/2025	Revisó: Fecha:	Aprobó: Fecha:
Firma:	Firma:	Firma:
Cargo: Especialista en Estr.	Cargo: Especialista en Estr. Interv.	Cargo:

	Proyecto:	Pte Pto Boyacense	Calculó:	Ing. vhg	Fecha: 20/11/2025
	Asunto:	Analisis, calculo y diseño estructural aleta SECTOR	Revisó:	Ing. VHG	Hoja __ de _19_
					Ver. 0,0

1.- OBJETO:

Análisis, calculo y diseño estructural de aleta de acompañamiento a estribo del puente en el SECTOR DE DESCOLE.

2. -LOCALZACION:

Aleta margen izquierda aguas abajo - Lado Moniquira

3. -NORMAS DISEÑO:

CCP-14

4. -DOCUMENTOS REFERENCIA:

Ficha Técnica NT-001_GEOTEC_PTE-PUEB-BOY_DUI

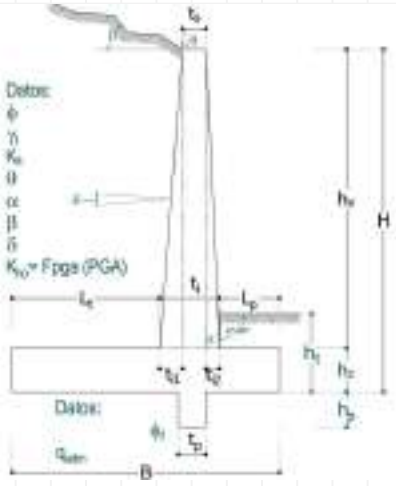
INF._VHG-PEB-JI_INSP. PTE Pueblito Boyacense_v0.0

5. -MATERIALES

f'c=	28,00	Mpa	w_c=	2.400	kg/m^3	**Ec**= $0.043\ k_1\ (w_c)^{1.5}\sqrt{f'c}$ =	**26.752,50 Mpa**
			k_1=	1			
fy=	420	Mpa	**E_s=**	200.000	Mpa	**N= Es / Ec=**	7,48

6 -PREDIMENSIONAMIENTO

H=	4,00	m						
hs'=	0,60	m	Tabla 3,11,6,4,-2	CCP-24		**α=**	87,55	o
θ_d=	85,91	o				**θ=**	90,00	o
B= 1/2H ~ 2/3H =			2,67	m	=>adopt.	**B=**	2,70	m
hz= 0.1H=			0,40	m	=>adopt.	**hz=**	0,50	m
t_s= H/24			0,17	m	=>adopt.	**t_s=**	0,30	m
t_i= 0.1H			0,40	m	=>adopt.	**t_i=**	0,45	m
t_{i1}= (H-hz) * Tang^{-1}θ			0,25		=>adopt.	**t_{i1}=**	0,00	m
t_{i2}=			-0,02		=>adopt.	**t_{i2}=**	0,15	m
L_p= B/3			0,90	m	=>adopt.	**Lp=**	0,90	m
L_t= 2/3B			1,80	m	=>adopt.	**Lt=**	1,35	m



7.- PROPIEDADES SUELO - CALCULO K_a y K_{AE}

θ=	90,00	o
β=	0,00	o
ι=	0,00	o
ϕ=	30,00	o
ϕ_f=	32,50	o
δ=	0,00	o
γ_s=	2.400,00	kg/m^3
q_{adm}=	0,81	kg/cm^2

$$\Gamma = \left[1 + \sqrt{\frac{\operatorname{sen}(\phi+\delta)\operatorname{sen}(\phi-\beta)}{\operatorname{sen}(\theta-\delta)\operatorname{sen}(\theta+\beta)}}\right]^2 = 2{,}25$$

$$k_a = \frac{\operatorname{sen}^2(\theta+\phi)}{\Gamma\left[\operatorname{sen}^2\theta\operatorname{sen}(\theta-\delta)\right]} = 0{,}333$$

Fpga = 1,1 PGA = 0,3

$\theta = \arctan\left(\frac{k_h}{1-k_v}\right) =$ **9,37** °

$K_{ho} = F_{pga}\,(PGA) =$ 0,33

Kh= coef. De aceleracion htal= 0.50 K_{ho}= 0,17 num. 11.6.5.2.1 - CCP14

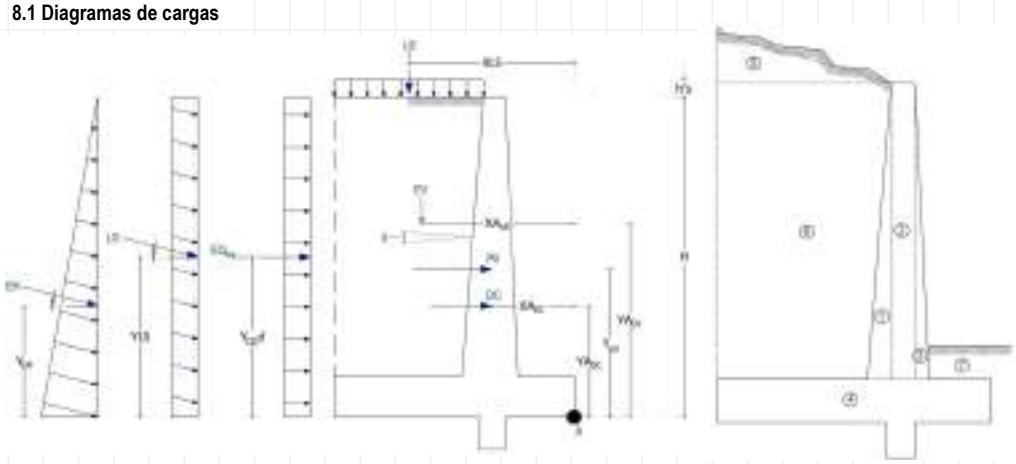
Kv= coeficiente de aceleracion vertical= 0,0 num. 11.6.5.2.2 - CCP14

Para ϕ =30° > i + v ==>> num. 11.6.5.2.3 - CCP14

$$K_{AE} = \frac{\cos^2(\phi-\theta-\beta)}{\cos\theta\cos^2\beta\cos(\delta+\beta+\theta)\left[1+\sqrt{\frac{\sin(\phi+\delta)\sin(\phi-\theta-i)}{\cos(\delta+\beta+\theta)\cos(i-\beta)}}\right]^2} = \mathbf{0,445}$$

8. -ANALISIS ESTABILIDAD

8.1 Diagramas de cargas



Identificación de Cargas **Numeración Cargas Verticales**

8.2 -PRESIONES LATERALES

Lateral del terreno, _EH_1 = 1/2*Ka γ_s H^2= **6.400,00** kg/m

Lateral sobre carga viva, _LS_1 = Ka γ_s hs'H= **1.920,00** kg/m

8.2 -PRESIONES VERTICALES

Cargas DC **TIPO** DC

Peso Propio

Elemento	Volumen	DC	X_A	Y_A	X_A . DC	Y_A . DC
	(m3)	kg/m	(m)	(m)	kg-m/m	kg-m/m
1	0,00	0,00	1,35	1,67	0,00	0,00
2	1,05	2.520,00	1,20	2,25	3.024,00	5.670,00
3	0,26	630,00	1,00	1,67	630,00	1.050,00
4	1,35	3.240,00	1,35	0,25	4.374,00	810,00
	Σ	**6.390,00**			**8.028,00**	**7.530,00**

$XA_{DC} = \frac{X_A\,DC}{\Sigma DC}$ **1,26** m $YA_{DC} = \frac{Y_A\,DC}{\Sigma DC}$ **1,18** m

	Proyecto:	Pte Pto Boyacense	Calculó:	Ing. vhg	Fecha: 20/11/2025
	Asunto:	Analisis, calculo y diseño estructural aleta SECTOR	Revisó:	Ing. VHG	Hoja __ de _19_
					Ver. 0,0

Cargas EV (peso del Terreno)

Cargas EV **TIPO** EV

Elemento	Volumen	EV	X_A	Y_A	X_A . EV	Y_A . EV
	(m3)	kg/m	(m)	(m)	kg-m/m	kg-m/m
5	0,00	0,00	2,25	4,00	0,00	0,00
6	4,73	11.340,00	2,03	2,25	22.963,50	25.515,00
7	0,00	0,00	0,45	0,00	0,00	0,00
	Σ	**11.340,00**			**22.963,50**	**25.515,00**

$$XA_{EV} = \frac{X_A\,EV}{\Sigma EV} = 2{,}03 \text{ m} \qquad YA_{EV} = \frac{Y_A\,EV}{\Sigma EV} = 2{,}25 \text{ m}$$

Carga EH_{1y} **TIPO** EH

Vertical del terreno, $\_EH_{1y} = \_EH_1 \operatorname{sen} \delta$

$\_EH_{1y}$= **0,00** kg/m

XEH_{1y}= **2,70** m

Carga LS **TIPO** LS

Carga LS (sobrecarga por carga viva proyectada en talón)= hs' (Lt + _Ti1) γs

LS= **1.944,00** kg/m

XLS= **2,03** m

Carga LS_{1y} **TIPO** LS

Carga LS1y (empuje por sobrecarga por carga viva)= _LS1 seno_d

$\_LS_{1y}$= **0,00** kg/m

XLS_{1y}= **2,70** m

RESUMEN CARGAS VERTICALES				
CARGA	**TIPO**	**V (kg/m)**	**X_A (m)**	**M_V (kg-m/m)**
DC	DC	6.390,00	1,26	8.028,00
EV	EV	11.340,00	2,03	22.963,50
EH1y	EH	0,00	2,70	0,00
LS	LS	1.944,00	2,03	3.936,60
LS1y	LS	0,00	2,70	0,00
Σ		**19.674,00**		**34.928,10**

	Proyecto: Pte Pto Boyacense	Calculó: Ing. vhg	Fecha: 20/11/2025
	Asunto: Analisis, calculo y diseño estructural aleta SECTOR	Revisó: Ing. VHG	Hoja __ de _19_
			Ver. 0,0

8.3 CARGAS HORIZONTALES

Carga EH_{1x} **TIPO** EH

Lateral del terreno, $\_EH_{1x} = EH_1 \cos \delta$

$\_EH_{1x}$ = **6.400,00** kg/m

YEH_{1x}= **1,33** m

Carga LS_{1x} **TIPO** LS

Carga LS_{1x} (sobrecarga por carga viva en el terreno)= $LS_1 \cos\_\delta$

$\_LS_{1x}$ = **1.920,0** kg/m

YLS_{1x}= **2,00** m

Cargas EQ (acción sísmica)

Efecto combinado de P_{AE} y P_{IR}

$P_{AE} = 1/2\ K_{AE}\ \gamma_t\ H^2$= 8.536,13 kg/m

Cargas EQ_{terr} **TIPO** EQ

Acción sísmica del terreno, EQ_{terr}

$\_EQ_{terr} = P_{AE} - \_EH_1$= 2.136,1 kg/m

Y_{EQ} = 2 m

Cargas $0.5P_{ir}$ **TIPO** EQ

Fza inercial del estribo **(P_{ir})**

Ww+ Ws = 6.390,00 + 11.340,00 = 17.730,00 kg/m

$P_{ir} = K_h (W_w + W_s)$= **2.925,45** kg/m num. 11.6.5.1-1; CCP14

$$Y_{pir} = \frac{Ww\ Y_A + Ws\ Y_A}{Ww + Ws} = 1{,}86 \text{ m}$$

Max. $P_{AE} + 0.5\ P_{IR}$= 9.998,85 / $(0.5P_{AE} > \_EH1) + P_{IR}$ 9.325,45 **9.998,85** kg/m num. 11.6.5.1; CCP14

$05P_{ir}$ = **1.462,73** kN/m

RESUMEN CARGAS HORIZONTALES				
CARGA	**TIPO**	**H (kg/m)**	**Y_A (m)**	**M_H (kg-m/m)**
EH1x	EH	6.400,00	1,33	8.533,33
LS1x	LS	1.920,00	2,00	3.840,00
EQterr	EQ	2.136,13	2,00	4.272,26
0.5Pir	EQ	1.462,73	1,86	2.726,21
Σ		**11.918,85**		**19.371,80**

8.3 - ESTADOS LIMITES APLICABLE Y COMBINACIONES DE CARGAS

ESTADO LIMITE	γ_{DC}	γ_{DW}	γ_{EV}	γ_{LL+IM}	γ_{LSY}	γ_{LSX}	γ_{EH}	γ_{EQ}	γ_{WS}	γ_{BR}	$\gamma_{CR+SH+TU}$	Aplicación
Resistencia Ia	0,90	0,65	1,00	0	0	1,75	1,50	0	0	1,75	0,50	Desliz. y Vuelco
Resistencia Ib	1,25	1,50	1,35	1,75	1,75	1,75	1,50	0	0	1,75	0,50	Presiones resistencia
Resistencia IIIa	0,90	0,65	1,00	0	0	0	1,50	0	1,40	0	0,50	Desliz. y Vuelco
Resistencia IIIb	1,25	1,50	1,35	0	0	0	1,50	0	1,40	0	0,50	Presiones resistencia
Ev. Extremo I	1,00	1,00	1,00	0,50	0,50	0,50	1,00	1,00	0	0,50	0	Deslizm., Vuelco y
Servicio I	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,00	0	1,00	0	Agriet.

Cargas Verticales (Vu)

TIPO	DC			DW	EV	EH		LL+IM	LS		$\Sigma= V_U$(kg)
CARGA	DC				EV	EH1y			LS	LS1y	
Vu (kg)	**6.390**	**0**	**0**	**0**	**11.340**	**0**			**1.944**	**0**	**19.674,00**
Resistencia Ia	5.751	0	0	0	11.340	0	0	0	0	0	**17.091,00**
Resistencia Ib	7.988	0	0		15.309	0		0	3.402	0	**26.698,50**
Resistencia IIIa	5.751	0	0		11.340	0		0	0	0	**17.091,00**
Resistencia IIIb	7.988	0	0		15.309	0		0	0	0	**23.296,50**
Ev. Extremo I	6.390	0	0		11.340	0		0	972	0	**18.702,00**
Servicio I	6.390	0	0		11.340	0		0	1.944	0	**19.674,00**

Mto Estabilizador por cargas vert. (M_{vu})

TIPO	DC			DW	EV	EH		LL+IM	LS		$\Sigma= M_{UV}$(kg-m)
CARGA	DC				EV	EH1y			LS	LS1y	
Mvu (kg-m/m)	**8.028**	**0**	**0**	**0**	**22.964**	**0**			**3.937**	**0**	**34.928,10**
Resistencia Ia	7.225	0	0	0	22.964	0	0	0	0	0	**30.188,70**
Resistencia Ib	10.035	0	0	0	31.001	0	0	0	6.889	0	**47.924,78**
Resistencia IIIa	7.225	0	0	0	22.964	0	0	0	0	0	**30.188,70**
Resistencia IIIb	10.035	0	0	0	31.001	0	0	0	0	0	**41.035,73**
Ev. Extremo I	8.028	0	0	0	22.964	0	0	0	1.968	0	**32.959,80**
Servicio I	8.028	0	0	0	22.964	0	0	0	3.937	0	**34.928,10**

Cargas Htales (Hu)

TIPO	EH		LS	WS	BR	CR+SH+TU	EQ			$\Sigma= H_U$(kg)
CARGA	EH1x		LS1x				EQterr	0.5Pir		
Hu (kN)	**6.400**	**0**	**1.920**	**0**	**0**	**0**	**2.136**	**1.463**	**0**	**11.918,85**
Resistencia Ia	9.600	0	3.360	0	0	0	0	0	0	**12.960,00**
Resistencia Ib	9.600	0	3.360	0	0	0	0	0	0	**12.960,00**
Resistencia IIIa	9.600	0	0	0	0	0	0	0	0	**9.600,00**
Resistencia IIIb	9.600	0	0	0	0	0	0	0	0	**9.600,00**
Ev. Extremo I	6.400	0	960	0	0	0	2.136	1.463	0	**10.958,85**
Servicio I	6.400	0	1.920	0	0	0	0	0	0	**8.320,00**

Mto vuelco por cargas htales (M_{Hu})

TIPO	EH		LS	WS	BR	CR+SH+TU	EQ			Σ= M_{UH}(kg-m)
CARGA	EH1x		LS1x				EQterr	0.5Pir	0,00	
M_{Hu} (kN)	**8.533**	**0**	**3.840**	**0**	**0**	**0**	**4.272**	**2.726**	**0**	**19.371,80**
Resistencia Ia	12.800	0	6.720	0	0	0	0	0	0	**19.520,00**
Resistencia Ib	12.800	0	6.720	0	0	0	0	0	0	**19.520,00**
Resistencia IIIa	12.800	0	0	0	0	0	0	0	0	**12.800,00**
Resistencia IIIb	12.800	0	0	0	0	0	0	0	0	**12.800,00**
Ev. Extremo I	8.533	0	1.920	0	0	0	4.272	2.726	0	**17.451,80**
Servicio I	8.533	0	3.840	0	0	0	0	0	0	**12.373,33**

8.3.1 - CHEQUEO ESTABILIDAD Y ESFUERZOS

8.3.1.2 - Giro alrededor de punto "A"

Estado limite de Resistencia. Num. 11.6.3.3

Se debe mantener la resultante en la base del cimiento dentro de los dos tercios centrales (e ≤ B/3), excepto el caso de suelo rocos en el que se mantendrá en los 9/20 centrales (e ≤ 0.45B)

e_{max} ≤ B/3 **B/3=** 0,90 m

e_{max} ≤ 0,45 B **0,45B=** 1,22 m

Estado limite de Evento Extremo. Num. 11.6.5.1

Cuando γ_{EQ}= 0, se debe mantener la resultante en la base del cimiento dentro de los 2/3 centrales del cimiento para cualquier suelo (e ≤ B/3)

Cuando γ_{EQ}= 1, se debe mantener la resultante en la base del cimiento dentro de los 8/10 centrales del cimiento para cualquier suelo (e ≤ 2/5B)

Para valores de γ_{EQ} entre 0 y 1.0 interpolar linealmente entre valores especificados. Para γ_{EQ} = 0.5 , la interpolación da un limite e ≤ 11/30 B)

e_{max} = 11/30 B= 0,00 m

Estado	Vu kg/m	M_{VU} kg-m/m	M_{HU} kg-m/m	$x_o = \frac{M_{VU} - M_{HU}}{Vu}$ (m)	e = B/2 - X_0 (m)	e_{max}≤B/3 (m)	e_{max}≤0,45B (m)
Resistencia Ia	17.091,00	30.188,70	19.520,00	0,62	0,73	0,9 oK	1,22 oK
Resistencia Ib	26.698,50	47.924,78	19.520,00	1,06	0,29	0,9 oK	1,22 oK
Resistencia IIIa	17.091,00	30.188,70	12.800,00	1,02	0,33	0,9 oK	1,22 oK
Resistencia IIIb	23.296,50	41.035,73	12.800,00	1,21	0,14	0,9 oK	1,22 oK
Ev. Extremo I	18.702,00	32.959,80	17.451,80	0,83	0,52	0,9 oK	1,22 oK
Servicio I	19.674,00	34.928,10	12.373,33	1,15	0,20	0,9 oK	1,22 oK

	Proyecto: Pte Pto Boyacense	Calculó: Ing. vhg	Fecha: 20/11/2025
	Asunto: Analisis, calculo y diseño estructural aleta SECTOR	Revisó: Ing. VHG	Hoja __ de _19_
			Ver. 0,0

8.3.1.3 - Deslizamiento en la base del estribo

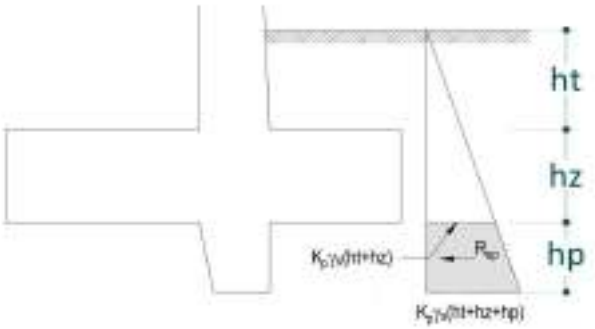
μ= tang ϕ_f = **0,637** Tabla 3.11.5.3-1- CCP14

$\phi\tau$= 1,00 estado limite de Resistencia - Tabla 11.5.7-1, CCP14

1,00 estado limite de Resistencia - Tabla 11.5.8, CCP14

Estado	Vu kg-m/m	Ff = μ ($\phi\tau$ Vu)	Actuante, Hu kg/m
Resistencia Ia	17.091,00	10.888,17	12960 N.C
Resistencia Ib	26.698,50	17.008,82	12960 oK
Resistencia IIIa	17.091,00	10.888,17	9600 oK
Resistencia IIIb	23.296,50	14.841,51	9600 oK
Ev. Extremo I	18.702,00	11.914,49	10958,85 oK
Servicio I	19.674,00	12.533,72	8320 oK

definir DENTELLON



ϕ_f= 32,5 º ==> k_p= 8,00 Figura 3.11.5.4 y 3.11.5.4.-1 - CP14

θ= 90 º **Kp= R k_p=** 3,57

δ= 0 º ==> **R=** 0,45 Figura 3.11.5.4 y 3.11.5.4.-1 - CP14

δ/ϕ_f= 0,00

Rep= $\frac{Hu - Ff}{\phi_{ep}}$ ϕ_{ep}= 0,50 Tabla 10.5.5.2.2-1 R_{ep}= 4.143,66 kg/m

h_t= 0,50 m

$R_{ep} = K_p \gamma_s h_p [(2(ht+hz) + hp] /2$

$\frac{2Rep}{K_p \gamma_s}$ = 0,97 m2 ==> $hp^2 + 2 (hz + ht) hp - 2Rep / Kp \gamma_s = 0$ ==> **hp=** 0,40 m

	Proyecto: Pte Pto Boyacense	Calculó: Ing. vhg	Fecha: 20/11/2025
	Asunto: Analisis, calculo y diseño estructural aleta SECTOR	Revisó: Ing. VHG	Hoja __ de _19_
			Ver. 0,0

8.3.1.4 - presiones en la base del estribo

ϕ_{br}=	0,55	Tabla 11.5.7.1-1, CCP14
ϕ_{be}=	1,00	num. 11.5.8, CCP14
FS=	3,00	

1) Estado limite de resistencia

$q_r = \phi_{br}\, q_n$

$q_r = \phi_{br}\, (FS\ q_{adm})$= **1,34** kg/cm^2

2) Estado limite de evento extremo

$q_{re} = \phi_{be}\, q_n$

$q_{re} = \phi_{be}\, (FS\ q_{adm})$= **2,43** kg/cm^2

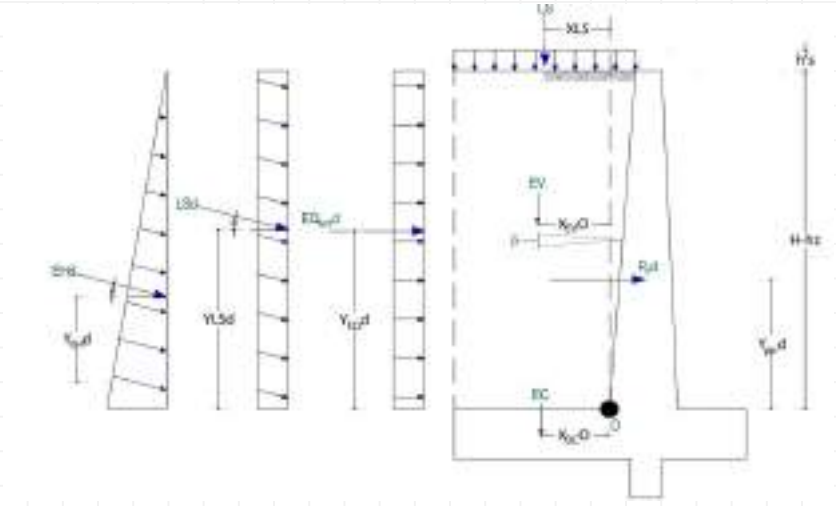
3) Estado limite de servicio

q_{adm}= **0,81** kg/cm^2

Estado	Vu	M_{VU}	M_{HU}	$x_o = \frac{M_{VU} - M_{HU}}{Vu}$	e = B/2 - X_0	$q = \frac{Vu}{B - 2e}$
	kg/m	kg-m/m	kg-m/m	(m)	(m)	kg/cm^2
Resistencia Ia	17.091,00	30.188,70	19.520,00	0,62	0,73	1,37 => NC q > qr
Resistencia Ib	26.698,50	47.924,78	19.520,00	1,06	0,29	1,25 => oK q < qr
Resistencia IIIa	17.091,00	30.188,70	12.800,00	1,02	0,33	0,84 => oK q < qr
Resistencia IIIb	23.296,50	41.035,73	12.800,00	1,21	0,14	0,96 => oK q < qr
Ev. Extremo I	18.702,00	32.959,80	17.451,80	0,83	0,52	1,13 => oK q < qre
Servicio	19.674,00	34.928,10	12.373,33	1,15	0,20	0,86 => NC q > qadm

9.0 -DISEÑO

9.1 -DIAGRAMA CARGAS



	Proyecto: Pte Pto Boyacense	Calculó: Ing. vhg	Fecha: 20/11/2025
	Asunto: Analisis, calculo y diseño estructural aleta SECTOR	Revisó: Ing. VHG	Hoja __ de _19_
			Ver. 0,0

9.2 -CARGAS HORIZONTALES

Carga LS_xd **TIPO** LS Carga LS_{1x} (sobrecarga por carga viva en el terreno)= LS_1 cos_δ

Lateral sobre carga viva, **LS_xd** = Ka γ_s hs'(H-hz) cos_d=

LS_xd= **1.680,0** kg/m

YLS_xd= **1,75** m

MLS_xd= **2.940,00** kg-m/m

Carga EHxd **TIPO** EH

Lateral del terreno, **EH_xd** = 1/2 Ka γ_s $(H\text{-}hz)^2$ cos_d

EH_xd = **4.900,00** kg/m

YEHd=1/3(H-hz) **1,17** m

MEH_xd= **5.716,67** kg-m/m

Cargas EQ (acción sísmica)

Efecto combinado de P_{AE} y P_{IR}

$P_{AE}d$ = 1/2 K_{AE} γ_t $(H\text{-}hz)^2$=

$P_{AE}d$ = 6.535,47 kg/m

Cargas $EQ_{terr}d$ **TIPO** EQ

Acción sísmica del terreno, **EQterrd**

$EQ_{terr}d$ = PAE d - EH_{xd}= **1.635,47** kg/m

$Y_{EQ}d$ = 1/2*(H-hz) **1,75** m

$M_{EQterr}d$= **2.862,08** kg-m/m

Cargas $0.5P_{ir}d$ **TIPO** EQ

Fza inercial del estribo **(P_{ir})**

Elemento	Volumen	Ww	X_{Aw}	Y_{Aw}	X_{Aw} . Ww	Y_{Aw} . Ww
	(m3)	kg/m	(m)	(m)	kg-m/m	kg-m/m
1	0,00	0,00	1,35	1,17	0,00	0,00
2	1,05	2.520,00	1,20	1,75	3.024,00	5.670,00
3	0,26	630,00	1,00	1,17	630,00	1.050,00
	Σ	**3.150,00**			**3.654,00**	**6.720,00**

$$Y_{pir}d = \frac{\Sigma Y_{Aw}\, Ww}{\Sigma Ww} \quad \mathbf{2,13} \quad \mathbf{m}$$

$P_{ir}d$ = $K_h W_w$= **519,75** kg/m sin incluir masa suelo sobre el talón, num. 11.6.5.1 - CCP14

Max. $P_{AE}d + 0.5\ P_{IR}d$= 6.795,35 **6.795,35** kg/m num. 11.6.5.1; CCP14

$(05P_{AE}d > EHxd) + P_{IR}d$= 5.419,75

$05P_{ir}d$ = **259,88** kN/m

$M_{05Pir}d$= 05Pird*Yaw **554,40** kg-m/m

9.3 -CALCULO DEL ACERO

9.3.1 - DISEÑO PANTALLA

9.3.1.1 - Flexión

9.3.1.1.1 - Acero para flexión

Mtos por cargas htales (M_H)

TIPO	EH	LS	EQ		Σ= M_{UH}(kg-m)
CARGA	MEHxd=	MLSxd=	MEQterrd=	M05Pird=	
M_{Hu} (kg-m/ml)	5.716,67	2.940,00	2.862,08	554,40	12.073,14
Resistencia Ia	8.575,00	5.145,00	0,00	0,00	13.720,00
Resistencia Ib	8.575,00	5.145,00	0,00	0,00	13.720,00
Resistencia IIIa	8.575,00	0,00	0,00	0,00	8.575,00
Resistencia IIIb	8.575,00	0,00	0,00	0,00	8.575,00
Ev. Extremo I	5.716,67	1.470,00	2.862,08	554,40	10.603,14
Servicio	5.716,67	2.940,00	0,00	0,00	8.656,67

M_U= 134,46 kN-m/m

Mmin

La cantidad de acero proporcionado debe ser capaz de resistir el menor de Mcr y 1.33Mu

1.33Mu= 178,83 kN-m/m

Mcr= 1.1 f_r S **S=** $bh^2/6$ = 3,38E+07 mm^3 **_fr=** 0.63 $(f'c)^{\wedge 1/2}$= 3,33 Mpa

Mcr= 123,8 kN-m/m

min(1.33Mu, Mcr)= 123,76 kN-m/m

Mu_m= 134,46 kN-m/m

r= 5,00 cm tabla 5.12.3-1, CCP14

barra ref. No. 5 **r_m** al centro del acero= 5,79 cm

$d_m = t_{inf} - r_m$= 39,21 cm

ϕ_m= 0,9 según 11.5.8 de CCP14 ==>> ρ_a= 0,0023635

As/s (Ast)= 9,27 cm2/m s_m= 0,214 m c/c **USAR No 5 21,4 cm c/c**

9.3.1.1.2 - Acero de temperatura

espesor promedio pantalla, **tpm**= $(t_s + t_i)/2$= **375** mm

altura de pantalla, **hm**=(H-hz)= **3.500** mm

$$A_s \geq \frac{0.75bh}{2(b+h)f_y}$$ = 0,302 mm2/mm

$0.233 \leq A_s \leq 1.27$ **Astm oK**

s_{max}: 3tpm= 1,13 m **USAR No 3 23,6 cm c/c**

0,45 m

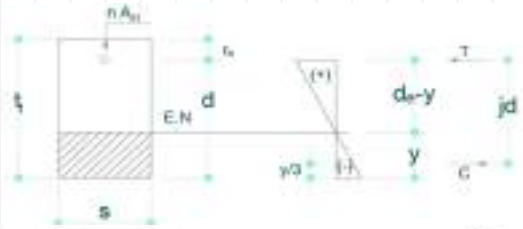
No 3 s_{tm}= 0,24 m

	Proyecto: Pte Pto Boyacense	Calculó: Ing. vhg	Fecha: 20/11/2025
	Asunto: Analisis, calculo y diseño estructural aleta SECTOR	Revisó: Ing. VHG	Hoja __ de _19_
			Ver. 0,0

9.3.1.1.3 - Revisión fisuración

Ms= $M_{LS} + M_{EH} + M_{MR}$ = 84,84 kN-m/m s_m Ms= 1,81E+07 N-mm

n Ast= n π ϕ_{bm}^2 / 4 14,80 cm^2



$$s_0\frac{y^2}{2} = nA_{st}(d-y);\ =>\ Y = \quad 6,71\ cm \quad \wedge \quad jd = d - \frac{Y}{3} = \quad 369,70\ mm$$

$$f_{ss} = \frac{M_s}{(jd)A_{st}} = \quad 247,64\ Mpa \quad \leq 0.6Fy \quad f_{ss} = \quad 248\ Mpa$$

$$\beta_c = 1 + \frac{d_c}{0.7(h-d_c)} \quad = \quad 1,21$$

Exposición= Clase 2 ==>> γ_e = 0,75

$$s \leq \frac{123000\gamma_e}{\beta_c f_{ss}} - 2d_c \quad = \quad 191,71\ mm$$ **No Cumple** CCP14, ec. 5.7.3.4-1 **Nota:** 191,49mm ~ 206 → oK

9.3.1.2 -Revisión por cortante

Cargas Htales (Hh)

TIPO	EH	LS	EQ		Σ= Hh(kg/m)
CARGA	EHxd	LSxd	EQterr d	0.5Pird	
M_{Hu} (kg/ml)	**4.900,00**	**1.680,00**	**1.635,47**	**259,88**	**8.475,35**
Resistencia Ia	7.350,00	2.940,00	0,00	0,00	**10.290,00**
Resistencia Ib	7.350,00	2.940,00	0,00	0,00	**10.290,00**
Resistencia IIIa	7.350,00	0,00	0,00	0,00	**7.350,00**
Resistencia IIIb	7.350,00	0,00	0,00	0,00	**7.350,00**
Ev. Extremo I	4.900,00	840,00	1.635,47	259,88	**7.635,35**
Servicio	4.900,00	1.680,00	0,00	0,00	**6.580,00**

V_{Um}= 100,84 kN/m

Vr= ϕ Vn ϕ_{vm}= 0,90 **Vn** ==> min Vn= Vc + Vs + Vp; Vn= 0.25f'c bv dv + Vp

bvm= 1.000 mm

dm= 392,1 mm

$$a = \frac{As\,fy}{0.85 f_c' b} = \quad 16,35\ mm$$

dv= 10*dm - a/2= 383,89 mm num. 5.8.2.9 - CCP14

max 0.9d= 352,86 mm; 0.72ti= 324,00 mm → 352,86 ==> **dvm=** 383,89 mm

calculo de β: aplica procedimiento gral 5.8.3.4.2-CCP14

$$\beta = \frac{4.8}{(1+750\varepsilon_x)}\frac{51}{(39+s_{xe})}$$ num. 5.8.3.4.2 - CCP14

V_{Um}= 100,84 kN/m Vum dv= 38,712 kN-m/m

M_U= 134,46 kN-m/m cumple num.5.8.3.4.2-CCP14 **Ok, Mu > Vudv**

$$\varepsilon_x = \frac{\frac{|M_u|}{d_v} + |V_u|}{E_s A_s}$$ = 0,00243 num. 5.8.3.4.2-4, CCP14

$$S_{xe} = s_x \frac{1.38}{a_g + 0.63}$$ num. 5.8.3.4.2-5, CCP14

s_x = dv = 383,89 mm

a_g= tamaño max agregado= 3/4 pulg

s_{xe}= 383,89 $300mm \le S_{xe} \le 2000mm$ **oK**

β_o= 1,60 ==>> Vc= $0.083\beta\sqrt{f'c}\,bvmdvm$ **Vc=** 269,94 kN/m

Vn ==> min 269,94 kN/m / 2.687,20 kN/m **Vn=** 269,94 kN/m

f_{vm}Vn= 242,95 kN/m **oK, fvmVn > Vu**

9.3.2 - DISEÑO CIMENTACION

9.3.2.1 - TALON

9.3.2.1.1 - CARGAS

Acciones en el Talón

Cargas DC **TIPO** DC

Peso Propio

Elemento	Volumen (m3)	DC kg/m	X_A (m)	X_A . DC kg-m/m
4	0,68	1.620,00	0,68	1.093,50
	Σ	**1.620,00**		**1.093,50**

$X_{DC}O$= $\frac{X_o DC}{\Sigma DC}$ **0,68 m**

DCz= 1.620,00 kg-m/ml

M_{DC}= 1.093,50 kg-m/ml

Cargas EV (peso del Terreno)

Cargas EV **TIPO** EV

Elemento	Volumen (m3)	EV kg/m	X_A (m)	X_A . EV kg-m/m
5	0,00	0,00	0,90	0,00
6	4,73	11.340,00	0,68	7.654,50
	Σ	**11.340,00**		**7.654,50**

$X_{EV}O$= $\frac{X_o EV}{\Sigma EV}$ 0,68 m

EVz= 11.340,00 kg/ml

M_{EV}= 7.654,50 kg-m/ml

Carga EHyd **TIPO** EH

Vertical del terreno, EHyd = 1/2 Ka γ_s $(H\text{-}hz)^2$ sen_d

EHyd= **0,00** kg/m

XEH_d= **1,35** m

MEHyd= **0,00** kg-m/m

Carga LS **TIPO** LS

Carga LS (sobrecarga por carga viva proyectada en talón)= hs' (Lt + _Ti1) γs

LSz= **1.944,00** kg/m

XLS= **0,68** **m**

MLSz= **1.312,20** kg-m/m

Carga LSyd **TIPO** LS

Vertical sobre carga viva, **$LS_y d$** = Ka γ_s hs'(H-hz) sen_d=

$LS_y d$= **0,0** kg/m

$XLS_y d$= **1,35** m

$MLS_y d$= **0,00** kg-m/m

9.3.2.1.2 -Flexión

9.3.2.1.2.1 -Acero para flexión

Estado Limite de Resistencia, **Ib**

Mu= 1.25 M_{DC} + 1.35M_{EV} + 1.75M_{LS} + 1.5M_{EH}= 137,17 kN-m/m

Mmin

La cantidad de acero proporcionado debe ser capaz de resistir el menor de Mcr y 1.33Mu

1.33Mu= 182,43 kN-m/m

Mcr= 1.1 f_r S **S**= $bh^2/6$ = 4,17E+07 mm^3 **fr**= 0.63 $(f'c)^{\wedge 1/2}$= 3,33 Mpa

Mcr= 152,8 kN-m/m

min(1.33Mu, Mcr)= 152,79 kN-m/m

Mu_t= 152,79 kN-m/m

r= 7,50 cm tabla 5.12.3-1, CCP14

barra ref. No. 5 **r_t** al centro del acero= 8,29 cm

dt= hz - rt= 41,71 cm ==>>

$\phi_r b$= 0,90 ρ_z= 0,00237

As/s = 9.8999 cm2/m s_t= 0,20 m c/c **USAR No 5 20 cm c/c**

$a = \frac{As\, f_y}{0.85 f'_c\, b}$ = 1,75 cm β_1= 0,85

c_t = a/β_1 = **2,06**

$\phi = 0.65 + 0.15\left(\frac{d_t}{c} - 1\right) \le 0.90$ 0,90 **oK frb supuesto** num. 5.5.4.2.1-2; fig. C5.5.4.2.1-1 - CCP14

9.3.2.1.2.2 -Acero de temperatura

espesor placa cmt, **h = hz=** **500** mm

b= B= **2.700** mm

$A_s \ge \frac{0.75bh}{2(b+h)f_y}$ = 0,377 mm2/mm

$0.233 \le A_s \le 1.27$ **Astp oK**

s_{max}: 3t= 1,5 m

0,45 m

No 3 s_{tt}= 0,19 m **USAR No 3 18,9 cm c/c**

9.3.2.1.3 -Revisión por cortante

Vut= 1.25 DC + 1.35EV + 1.75LS + 1.5EH= 304,05 kN/m

Vr= ϕ Vn ϕ_{vb}= 0,90 **Vnz** ==> min Vn= Vc + Vs + Vp ; Vn= 0.25f'c bv dv + Vp

b_v**b=** 1.000 mm

dv= dt - a/2= 408,33 mm num. 5.8.2.9 - CCP14

max 0.9dt= 375,36 mm ; 0.72hz= 360,00 mm 375,36 ==> **dvt=** 408,33 mm

β= 2,00 ==>> $Vc = 0.083\beta\sqrt{f'c}\, bvbdvt$ **Vc=** 358,67 kN/m

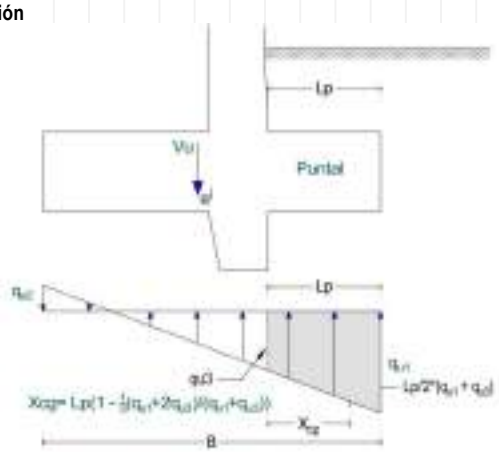
Vn ==> min 358,67 kN/m ; 2.858,29 kN/m **V_{nt}=** 358,67 kN/m

$\phi_{vb}V_nt$= 322,80 kN/m **oK, fvbVnt > Vfut**

9.3.2.2 - PUNTAL

9.3.2.2.1 -Flexión

9.3.2.2.1.1 -Acero para flexión



Resistencia Ib

Vup= 261,65 kN/ml

e_b= 0,29 m

$q_{ub} = \frac{V_u}{B}\left(1 \pm \frac{6e}{B}\right)$ **$q_{ub,1}$=** 158,51 kN/m² ; **$q_{ub,2}$=** 35,30 kN/m² ==> **$q_{ub,3}$=** 117,44 kN/m²

$M_u = \frac{L^2}{6}(q_{ub,3} + 2q_{ub,1})$ = **58,65 kN-m**

Mmin

La cantidad de acero proporcionado debe ser capaz de resistir el menor de Mcr y 1.33Mu

1.33Mu= 78,01 kN-m/m

Mcr= 1.1 f_r S **S**= $bh^2/6$ = 4,17E+07 mm^3 **fr**= 0.63 $(f'c)^{\wedge 1/2}$= 3,33 Mpa

Mcr= 152,8 kN-m/m

min(1.33Mu, Mcr)= 78,01 kN-m/m

Mu_p= 78,01 kN-m/m

r= 7,50 cm tabla 5.12.3-1, CCP14

barra ref. No. 4 **r_p** al centro del acero= 8,14 cm

dp= hz - rp= 41,87 cm ==>>

$\phi_r b$= 0,90 ρ= 0,00119

As/s = 4,98 cm2/m s_p= 0,25 m c/c **USAR No 4 25,4 cm c/c**

$a = \frac{As\, f_y}{0.85 f'_c\, b}$ = 0,88 cm β_1= 0,85

$c_p = a/\beta_1$ = **1,03**

$\varnothing = 0.65 + 0.15\left(\frac{d_t}{c} - 1\right) \le 0.90$ 0,90 **oK frb supuesto** num. 5.5.4.2.1-2; fig. C5.5.4.2.1-1 - CCP14

9.3.2.2.1.2 -Acero de temperatura

espesor placa cmt, **h = hz=** **500** mm

b= B= **2.700** mm

$A_s \ge \frac{0.75bh}{2(b+h)f_y}$ = 0,377 mm2/mm

$0.233 \le A_s \le 1.27$ **Astp oK**

s_{max}: 3t= 1,5 m

0,45 m

No 3 s_{tp}= 0,19 m **USAR No 3 18,9 cm c/c**

9.3.2.2.2 - Revisión por cortante

Vup= 1/2Lp (_q_{ub1} + _q_{ub3})= **124,18** **kN-m**

Vr= ϕ Vn **ϕ_{vb}=** 0,90 **Vnz** ==> min Vn= Vc + Vs + Vp; Vn= 0.25f'c bv dv + Vp

$b_v b$= 1.000 mm

dv= dp - a/2= 414,25 mm num. 5.8.2.9 - CCP14

max 0.9dp= 376,79 mm; 0.72hz= 360,00 mm 376,79 ==> **$d_v p$=** 414,25 mm

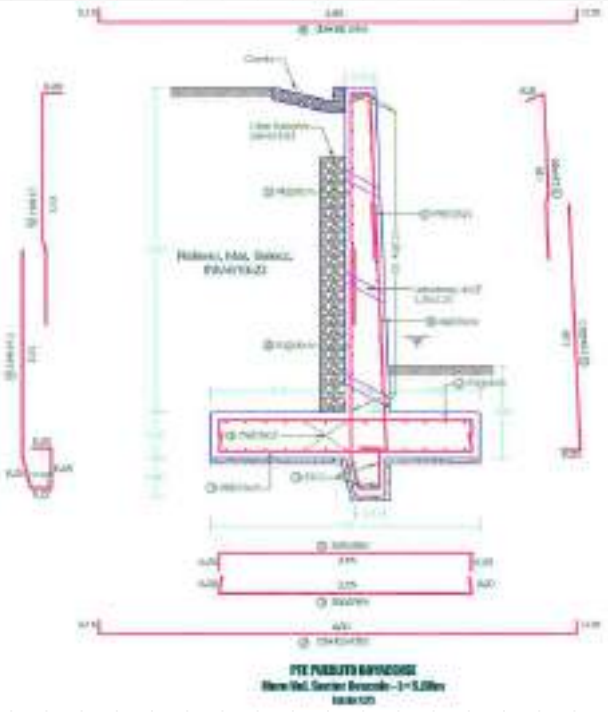
β= 2,00 ==>> Vc= $0.083\beta\sqrt{f'c}$ bvbdvt **Vc=** 363,88 kN/m

Vn ==> min 363,88 kN/m; 2.858,29 kN/m **V_{np}=** 363,88 kN/m

$\phi_{vb} V_n p$= 327,49 kN/m **oK, fvbVnp > Vup**

VHG	Proyecto: Pte Pto Boyacense	Calculó: Ing. vhg	Fecha: 20/11/2025	
	Asunto: Analisis, calculo y diseño estructural aleta SECTOR	Revisó: Ing. VHG	Hoja __ de _19_	
			Ver. 0,0	

10 -DETALLES DEL DISEÑO



11 -CANTIDADES DE OBRA

PTE PUEBLITO BOYACENSE

CANTIDADES DE OBRA

Version V0

No	Cant.	f	kg/ml	L(m)	Peso Parcial (kg)
1	20	4	1,00	2,95	59,00
2	25	5	3,60	3,05	274,50
3	30	3	0,56	5,10	85,06
4	26	6	1,56	3,45	134,77
5	25	4	1,00	2,70	67,50
6	25	4	1,00	2,85	71,25
7	25	4	1,00	2,00	50,00
8	36	3	0,56	5,10	103,29
				Peso Total (kg)	**845,35**
				A(m2)=	2,80
			Concreto, f'c28 MPa	L(m)=	5,00
				Vol.(m3)=	**14,01**
			Cuantia Acero (kg/m3)		**60,40**

PROYECTO

DIAGNOSTICO Y EJECUCIÓN DE OBRAS DE EMERGENCIA PARA MITIGAR EL RIESGO DE DAÑO Y/O COLAPSO DE PUENTES UBICADOS EN EL DEPARTAMENTO POR LA AFECTACIÓN CAUSADA POR EFECTO DE LA OLA INVERNAL, DECLARADA EN VIRTUD DEL DECRETO DE CALAMIDAD PUBLICA No. 0522 de 24 de MAYO DE 2025

CONTIENE

ANALISIS, CALCULO Y DISEÑO ESTRUCTURAL
MURO CONTENCION EN VOLADIZO
Sector Descole

CONSULTOR

VICTOR A. HERNANDEZ G.
Ingeniero Civil_U de C
Especialista Estructuras_ECI

Enero de 2026

PROYECTO
DIAGNOSTICO Y EJECUCIÓN DE OBRAS DE EMERGENCIA PARA MITIGAR EL RIESGO DE DAÑO Y/O COLAPSO DE PUENTES UBICADOS EN EL DEPARTAMENTO POR LA AFECTACIÓN CAUSADA POR EFECTO DE LA OLA INVERNAL, DECLARADA EN VIRTUD DEL DECRETO DE CALAMIDAD PUBLICA No. 0522 de 24 de MAYO DE 2025

ANALISIS, CALCULO Y DISEÑO ESTRUCTURAL
MURO CONTENCION EN VOLADIZO
Sector Descole

VHG-MT_Pte Pto Boyacense- MR Vol._v1

ORIGINAL

BOGOTA D.C, enero de 2026

VERSIÓN 1.0 Vigente desde: 16/01/2026		
Elaboró: Ing. Víctor Hernández G. Fecha: 15/01/2026	Revisó: Fecha:	Aprobó: Fecha:
Firma:	Firma:	Firma:
Cargo: Especialista en Estr.	Cargo: Especialista en Estr. Interv.	Cargo:

Proyecto: Pte Pto Boyacense	Calculó: Ing. vhg	Fecha: 16/01/2026
Asunto: Analisis, calculo y diseño estructural aleta SECTOR	Revisó: Ing. VHG	Hoja __ de _19_
		Ver. 1,0

1.- OBJETO:

Análisis, calculo y diseño estructural de aleta de acompañamiento a estribo del puente en el SECTOR DE DESCOLE.

2. -LOCALZACION:

Aleta margen izquierda aguas abajo - Lado Moniquira

3. -NORMAS DISEÑO:

CCP-14

4. -DOCUMENTOS REFERENCIA:

Ficha Técnica NT-001_GEOTEC_PTE-PUEB-BOY_DUI

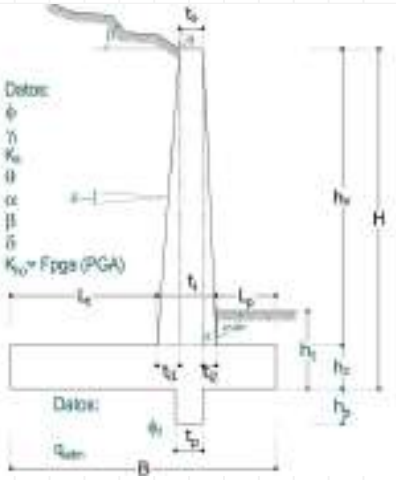
INF._VHG-PEB-JI_INSP. PTE Pueblito Boyacense_v0.0

5. -MATERIALES

f'c=	28,00	Mpa	w_c=	2.400	kg/m^3	**Ec**= $0.043\ k_1\ (w_c)^{1.5}\sqrt{f'c}$ =	**26.752,50**	**Mpa**
			k_1=	1				
fy=	420	Mpa	**E_s=**	200.000	Mpa	**N= Es / Ec=**	7,48	

6 -PREDIMENSIONAMIENTO

H=	4,00	m							
hs'=	0,60	m	Tabla 3,11,6,4,-2	CCP-24		**α=**	87,55	o	
θ_d=	85,91	o				**θ=**	90,00	o	
B= 1/2H ~ 2/3H =			2,67	m	=>adopt.	**B=**	2,70	m	
hz= 0.1H=			0,40	m	=>adopt.	**hz=**	0,50	m	
t_s= H/24			0,17	m	=>adopt.	**t_s=**	0,30	m	
t_i= 0.1H			0,40	m	=>adopt.	**t_i=**	0,45	m	
t_{i1}= (H-hz) * Tang^{-1}θ			0,25		=>adopt.	**t_{i1}=**	0,00	m	
t_{i2}=			-0,02		=>adopt.	**t_{i2}=**	0,15	m	
L_p= B/3			0,90	m	=>adopt.	**Lp=**	0,90	m	
L_t= 2/3B			1,80	m	=>adopt.	**Lt=**	1,35	m	



7.- PROPIEDADES SUELO - CALCULO K_a y K_{AE}

θ=	90,00	o
β=	0,00	o
ι=	0,00	o
ϕ=	30,00	o
ϕ_f=	32,50	o
δ=	0,00	o
γ_s=	2.400,00	kg/m^3
q_{adm}=	0,81	kg/cm^2

$$\Gamma = \left[1 + \sqrt{\frac{\operatorname{sen}(\phi+\delta)\operatorname{sen}(\phi-\beta)}{\operatorname{sen}(\theta-\delta)\operatorname{sen}(\theta+\beta)}}\right]^2 = 2{,}25$$

$$k_{ae} = \frac{\operatorname{sen}^2(\theta+\phi)}{\Gamma\left[\operatorname{sen}^2\theta\,\operatorname{sen}(\theta-\delta)\right]} = 0{,}333$$

Fpga = 1,1 PGA = 0,3

$\theta = \arctan\left(\frac{k_h}{i - k_v}\right) =$ **9,37** °

K_{ho}= F_{pga} (PGA) = 0,33

Kh= coef. De aceleracion htal= 0.50 K_{ho}= 0,17 num. 11.6.5.2.1 - CCP14

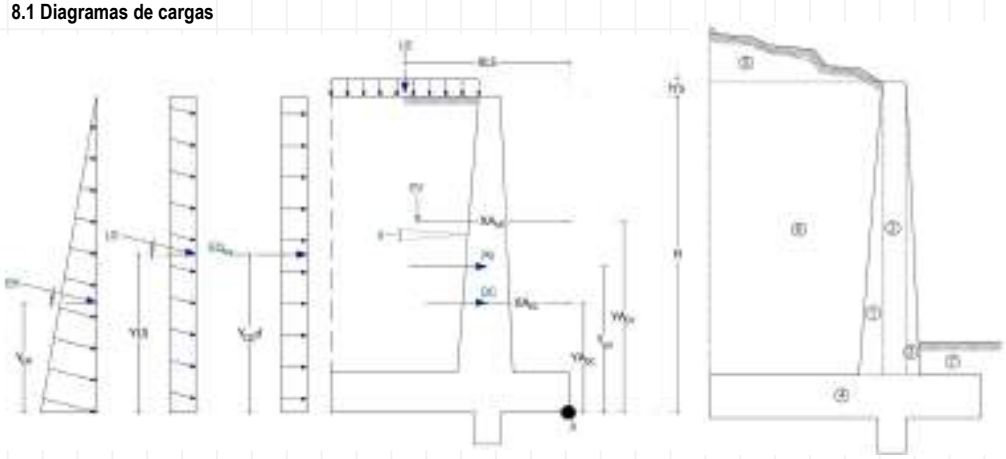
Kv= coeficiente de aceleracion vertical= 0,0 num. 11.6.5.2.2 - CCP14

Para ϕ =30° > i + v ==>> num. 11.6.5.2.3 - CCP14

$$K_{AE} = \frac{\cos^2(\phi - \theta - \beta)}{\cos\theta\cos^2\beta\cos(\delta + \beta + \theta)\left[1 + \sqrt{\frac{\sin(\phi + \delta)\sin(\phi - \theta - i)}{\cos(\delta + \beta + \theta)\cos(i - \beta)}}\right]^2} = \mathbf{0,445}$$

8. -ANALISIS ESTABILIDAD

8.1 Diagramas de cargas



Identificación de Cargas **Numeración Cargas Verticales**

8.2 -PRESIONES LATERALES

Lateral del terreno, _EH_1 = 1/2*Ka γ_s H^2= **6.400,00** kg/m

Lateral sobre carga viva, _LS_1 = Ka γ_s hs'H= **1.920,00** kg/m

8.2 -PRESIONES VERTICALES

Cargas DC **TIPO** DC

Peso Propio

Elemento	Volumen	DC	X_A	Y_A	X_A . DC	Y_A . DC
	(m3)	kg/m	(m)	(m)	kg-m/m	kg-m/m
1	0,00	0,00	1,35	1,67	0,00	0,00
2	1,05	2.520,00	1,20	2,25	3.024,00	5.670,00
3	0,26	630,00	1,00	1,67	630,00	1.050,00
4	1,35	3.240,00	1,35	0,25	4.374,00	810,00
	Σ	**6.390,00**			**8.028,00**	**7.530,00**

$XA_{DC} = \frac{X_A DC}{\Sigma DC}$ **1,26** m $YA_{DC} = \frac{Y_A DC}{\Sigma DC}$ **1,18** m

VHG	Proyecto: Pte Pto Boyacense	Calculó: Ing. vhg	Fecha: 16/01/2026	
	Asunto: Analisis, calculo y diseño estructural aleta SECTOR	Revisó: Ing. VHG	Hoja __ de _19_	
			Ver. 1,0	

Cargas EV (peso del Terreno)

Cargas EV **TIPO** EV

Elemento	Volumen	EV	X_A	Y_A	X_A . EV	Y_A . EV
	(m3)	kg/m	(m)	(m)	kg-m/m	kg-m/m
5	0,00	0,00	2,25	4,00	0,00	0,00
6	4,73	11.340,00	2,03	2,25	22.963,50	25.515,00
7	0,00	0,00	0,45	0,00	0,00	0,00
Σ		**11.340,00**			**22.963,50**	**25.515,00**

$$XA_{EV}= \frac{X_A\,EV}{\Sigma EV} = \mathbf{2,03}\ \mathbf{m} \qquad YA_{EV}= \frac{Y_A\,EV}{\Sigma EV} = \mathbf{2,25}\ \mathbf{m}$$

Carga EH_{1y} **TIPO** EH

Vertical del terreno, $\_EH_{1y} = \_EH_1 \operatorname{sen}\delta$

$\_EH_{1y}$= **0,00** kg/m

XEH_{1y}= **2,70** m

Carga LS **TIPO** LS

Carga LS (sobrecarga por carga viva proyectada en talón)= hs' (Lt + _Ti1) γs

LS= **1.944,00** kg/m

XLS= **2,03** **m**

Carga LS_{1y} **TIPO** LS

Carga LS1y (empuje por sobrecarga por carga viva)= _LS1 seno_d

$\_LS_{1y}$= **0,00** kg/m

XLS_{1y}= **2,70** m

RESUMEN CARGAS VERTICALES				
CARGA	**TIPO**	**V (kg/m)**	**X_A (m)**	**M_V (kg-m/m)**
DC	DC	6.390,00	1,26	8.028,00
EV	EV	11.340,00	2,03	22.963,50
EH1y	EH	0,00	2,70	0,00
LS	LS	1.944,00	2,03	3.936,60
LS1y	LS	0,00	2,70	0,00
Σ		**19.674,00**		**34.928,10**

8.3 CARGAS HORIZONTALES

Carga EH_{1x} **TIPO** EH

Lateral del terreno, $\_EH_{1x} = EH_1 \cos \delta$

$\_EH_{1x}$ = **6.400,00** kg/m

YEH_{1x}= **1,33** m

Carga LS_{1x} **TIPO** LS

Carga LS_{1x} (sobrecarga por carga viva en el terreno)= $LS_1 \cos\_\delta$

$\_LS_{1x}$ = **1.920,0** kg/m

YLS_{1x}= **2,00** m

Cargas EQ (acción sísmica)

Efecto combinado de P_{AE} y P_{IR}

P_{AE} = $1/2\ K_{AE}\ \gamma_t\ H^2$= 8.536,13 kg/m

Cargas EQ_{terr} **TIPO** EQ

Acción sísmica del terreno, EQ_{terr}

$\_EQ_{terr}$ = P_{AE} - $\_EH_1$= 2.136,1 kg/m

Y_{EQ} = 2 m

Cargas $0.5P_{ir}$ **TIPO** EQ

Fza inercial del estribo **(P_{ir})**

Ww+ Ws = 6.390,00 + 11.340,00 = 17.730,00 kg/m

P_{ir} = $K_h (W_w + W_s)$= **2.925,45** kg/m num. 11.6.5.1-1; CCP14

$$Y_{pir} = \frac{Ww\ Y_A + Ws\ Y_A}{Ww + Ws} = 1{,}86 \text{ m}$$

Max.	P_{AE} + 0.5 P_{IR}=	9.998,85	**9.998,85** kg/m	num. 11.6.5.1; CCP14
	($0.5P_{AE}$ > $\_EH1$) + P_{IR}	9.325,45		

$05P_{ir}$ = **1.462,73** kN/m

RESUMEN CARGAS HORIZONTALES				
CARGA	**TIPO**	**H (kg/m)**	**Y_A (m)**	**M_H (kg-m/m)**
EH1x	EH	6.400,00	1,33	8.533,33
LS1x	LS	1.920,00	2,00	3.840,00
EQterr	EQ	2.136,13	2,00	4.272,26
0.5Pir	EQ	1.462,73	1,86	2.726,21
Σ		**11.918,85**		**19.371,80**

8.3 - ESTADOS LIMITES APLICABLE Y COMBINACIONES DE CARGAS

ESTADO LIMITE	γ_{DC}	γ_{DW}	γ_{EV}	γ_{LL+IM}	γ_{LSY}	γ_{LSX}	γ_{EH}	γ_{EQ}	γ_{WS}	γ_{BR}	$\gamma_{CR+SH+TU}$	Aplicación
Resistencia Ia	0,90	0,65	1,00	0	0	1,75	1,50	0	0	1,75	0,50	Desliz. y Vuelco
Resistencia Ib	1,25	1,50	1,35	1,75	1,75	1,75	1,50	0	0	1,75	0,50	Presiones resistencia
Resistencia IIIa	0,90	0,65	1,00	0	0	0	1,50	0	1,40	0	0,50	Desliz. y Vuelco
Resistencia IIIb	1,25	1,50	1,35	0	0	0	1,50	0	1,40	0	0,50	Presiones resistencia
Ev. Extremo I	1,00	1,00	1,00	0,50	0,50	0,50	1,00	1,00	0	0,50	0	Deslizm., Vuelco y
Servicio I	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,00	0	1,00	0	Agriet.

Cargas Verticales (Vu)

TIPO	DC			DW	EV	EH		LL+IM	LS		$\Sigma= V_U$(kg)
CARGA	DC				EV	EH1y			LS	LS1y	
Vu (kg)	**6.390**	**0**	**0**	**0**	**11.340**	**0**			**1.944**	**0**	**19.674,00**
Resistencia Ia	5.751	0	0	0	11.340	0	0	0	0	0	**17.091,00**
Resistencia Ib	7.988	0	0		15.309	0		0	3.402	0	**26.698,50**
Resistencia IIIa	5.751	0	0		11.340	0		0	0	0	**17.091,00**
Resistencia IIIb	7.988	0	0		15.309	0		0	0	0	**23.296,50**
Ev. Extremo I	6.390	0	0		11.340	0		0	972	0	**18.702,00**
Servicio I	6.390	0	0		11.340	0		0	1.944	0	**19.674,00**

Mto Estabilizador por cargas vert. (M_{vu})

TIPO	DC			DW	EV	EH		LL+IM	LS		$\Sigma= M_{UV}$(kg-m)
CARGA	DC				EV	EH1y			LS	LS1y	
Mvu (kg-m/m)	**8.028**	**0**	**0**	**0**	**22.964**	**0**			**3.937**	**0**	**34.928,10**
Resistencia Ia	7.225	0	0	0	22.964	0	0	0	0	0	**30.188,70**
Resistencia Ib	10.035	0	0	0	31.001	0	0	0	6.889	0	**47.924,78**
Resistencia IIIa	7.225	0	0	0	22.964	0	0	0	0	0	**30.188,70**
Resistencia IIIb	10.035	0	0	0	31.001	0	0	0	0	0	**41.035,73**
Ev. Extremo I	8.028	0	0	0	22.964	0	0	0	1.968	0	**32.959,80**
Servicio I	8.028	0	0	0	22.964	0	0	0	3.937	0	**34.928,10**

Cargas Htales (Hu)

TIPO	EH		LS	WS	BR	CR+SH+TU	EQ			$\Sigma= H_U$(kg)
CARGA	EH1x		LS1x				EQterr	0.5Pir		
Hu (kN)	**6.400**	**0**	**1.920**	**0**	**0**	**0**	**2.136**	**1.463**	**0**	**11.918,85**
Resistencia Ia	9.600	0	3.360	0	0	0	0	0	0	**12.960,00**
Resistencia Ib	9.600	0	3.360	0	0	0	0	0	0	**12.960,00**
Resistencia IIIa	9.600	0	0	0	0	0	0	0	0	**9.600,00**
Resistencia IIIb	9.600	0	0	0	0	0	0	0	0	**9.600,00**
Ev. Extremo I	6.400	0	960	0	0	0	2.136	1.463	0	**10.958,85**
Servicio I	6.400	0	1.920	0	0	0	0	0	0	**8.320,00**

Mto vuelco por cargas htales (M_{Hu})

TIPO	EH		LS	WS	BR	CR+SH+TU	EQ			Σ= M_{UH}(kg-m)
CARGA	EH1x		LS1x				EQterr	0.5Pir	0,00	
M_{Hu} (kN)	**8.533**	**0**	**3.840**	**0**	**0**	**0**	**4.272**	**2.726**	**0**	**19.371,80**
Resistencia Ia	12.800	0	6.720	0	0	0	0	0	0	**19.520,00**
Resistencia Ib	12.800	0	6.720	0	0	0	0	0	0	**19.520,00**
Resistencia IIIa	12.800	0	0	0	0	0	0	0	0	**12.800,00**
Resistencia IIIb	12.800	0	0	0	0	0	0	0	0	**12.800,00**
Ev. Extremo I	8.533	0	1.920	0	0	0	4.272	2.726	0	**17.451,80**
Servicio I	8.533	0	3.840	0	0	0	0	0	0	**12.373,33**

8.3.1 - CHEQUEO ESTABILIDAD Y ESFUERZOS

8.3.1.2 - Giro alrededor de punto "A"

Estado limite de Resistencia. Num. 11.6.3.3

Se debe mantener la resultante en la base del cimiento dentro de los dos tercios centrales (e ≤ B/3), excepto el caso de suelo rocos en el que se mantendrá en los 9/20 centrales (e ≤ 0.45B)

e_{max} ≤ B/3 **B/3=** 0,90 m

e_{max} ≤ 0,45 B **0,45B=** 1,22 m

Estado limite de Evento Extremo. Num. 11.6.5.1

Cuando γ_{EQ}= 0, se debe mantener la resultante en la base del cimiento dentro de los 2/3 centrales del cimiento para cualquier suelo (e ≤ B/3)

Cuando γ_{EQ}= 1, se debe mantener la resultante en la base del cimiento dentro de los 8/10 centrales del cimiento para cualquier suelo (e ≤ 2/5B)

Para valores de γ_{EQ} entre 0 y 1.0 interpolar linealmente entre valores especificados. Para γ_{EQ} = 0.5 , la interpolación da un limite e ≤ 11/30 B)

e_{max} = 11/30 B= 0,00 m

Estado	Vu	M_{VU}	M_{HU}	$x_o = \frac{M_{VU} - M_{HU}}{Vu}$	e = B/2 - X_0	e_{max}≤B/3	e_{max}≤0,45B
	kg/m	kg-m/m	kg-m/m	(m)	(m)	(m)	(m)
Resistencia Ia	17.091,00	30.188,70	19.520,00	0,62	0,73	0,9 oK	1,22 oK
Resistencia Ib	26.698,50	47.924,78	19.520,00	1,06	0,29	0,9 oK	1,22 oK
Resistencia IIIa	17.091,00	30.188,70	12.800,00	1,02	0,33	0,9 oK	1,22 oK
Resistencia IIIb	23.296,50	41.035,73	12.800,00	1,21	0,14	0,9 oK	1,22 oK
Ev. Extremo I	18.702,00	32.959,80	17.451,80	0,83	0,52	0,9 oK	1,22 oK
Servicio I	19.674,00	34.928,10	12.373,33	1,15	0,20	0,9 oK	1,22 oK

	Proyecto: Pte Pto Boyacense	Calculó: Ing. vhg	Fecha: 16/01/2026
VHG	Asunto: Analisis, calculo y diseño estructural aleta SECTOR	Revisó: Ing. VHG	Hoja __ de _19_
			Ver. 1,0

8.3.1.3 - Deslizamiento en la base del estribo

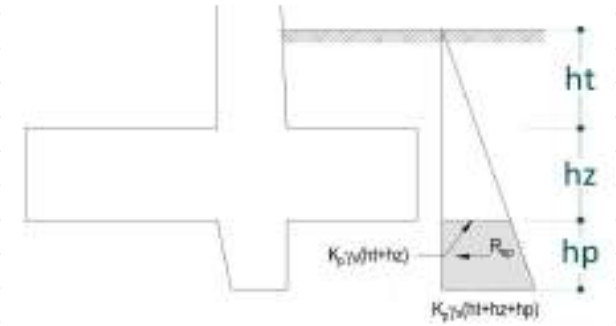
μ= tang ϕ_f = **0,637** Tabla 3.11.5.3-1- CCP14

$\phi\tau$= 1,00 estado limite de Resistencia - Tabla 11.5.7-1, CCP14

1,00 estado limite de Resistencia - Tabla 11.5.8, CCP14

Estado	Vu kg-m/m	Ff = μ ($\phi\tau$ Vu)	Actuante, Hu kg/m
Resistencia Ia	17.091,00	10.888,17	12960 N.C
Resistencia Ib	26.698,50	17.008,82	12960 oK
Resistencia IIIa	17.091,00	10.888,17	9600 oK
Resistencia IIIb	23.296,50	14.841,51	9600 oK
Ev. Extremo I	18.702,00	11.914,49	10958,85 oK
Servicio I	19.674,00	12.533,72	8320 oK

definir DENTELLON



ϕ_f= 32,5 ° ==> k_p= 8,00 Figura 3.11.5.4 y 3.11.5.4.-1 - CP14

θ= 90 °

δ= 0 ° ==> R= 0,45 Figura 3.11.5.4 y 3.11.5.4.-1 - CP14

δ/ϕ_f= 0,00

Kp= R k_p= 3,57

Rep= $\dfrac{\text{Hu - Ff}}{\phi_{ep}}$ ϕ_{ep}= 0,50 Tabla 10.5.5.2.2-1 R_{ep}= 4.143,66 kg/m

h_t= 0,50 m

$R_{ep} = K_p \gamma_s h_p [(2(ht+hz) + hp] /2$

$\dfrac{2Rep}{K_p \gamma_s}$ = 0,97 m2 ==> $hp^2 + 2 (hz + ht) hp - 2Rep / Kp \gamma_s = 0$ ==> hp= 0,40 m

8.3.1.4 - presiones en la base del estribo

ϕ_{br}= 0,55 Tabla 11.5.7.1-1, CCP14

ϕ_{be}= 1,00 num. 11.5.8, CCP14

FS= 3,00

1) Estado limite de resistencia

$q_r = \phi_{br}\, q_n$

$q_r = \phi_{br}$ (FS q_{adm})= **1,34** kg/cm^2

2) Estado limite de evento extremo

$q_{re} = \phi_{be}\, q_n$

$q_{re} = \phi_{be}$ (FS q_{adm})= **2,43** kg/cm^2

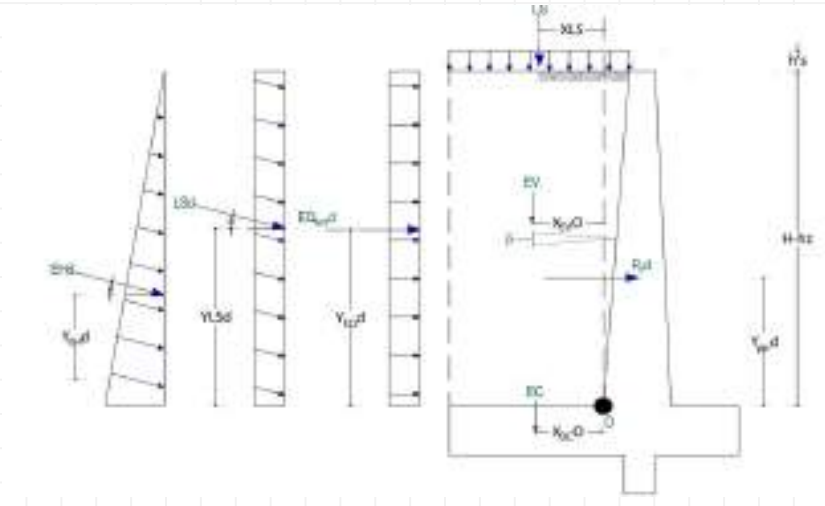
3) Estado limite de servicio

q_{adm}= **0,81** kg/cm^2

Estado	Vu	M_{VU}	M_{HU}	$x_o = \frac{M_{VU} - M_{HU}}{Vu}$	e = B/2 - X_0	$q = \frac{Vu}{B - 2e}$
	kg/m	kg-m/m	kg-m/m	(m)	(m)	kg/cm^2
Resistencia Ia	17.091,00	30.188,70	19.520,00	0,62	0,73	1,37 => NC q > qr
Resistencia Ib	26.698,50	47.924,78	19.520,00	1,06	0,29	1,25 => oK q < qr
Resistencia IIIa	17.091,00	30.188,70	12.800,00	1,02	0,33	0,84 => oK q < qr
Resistencia IIIb	23.296,50	41.035,73	12.800,00	1,21	0,14	0,96 => oK q < qr
Ev. Extremo I	18.702,00	32.959,80	17.451,80	0,83	0,52	1,13 => oK q < qre
Servicio	19.674,00	34.928,10	12.373,33	1,15	0,20	0,86 => NC q > qadm

9.0 -DISEÑO

9.1 -DIAGRAMA CARGAS



	Proyecto: Pte Pto Boyacense	Calculó: Ing. vhg	Fecha: 16/01/2026
VHG	Asunto: Analisis, calculo y diseño estructural aleta SECTOR	Revisó: Ing. VHG	Hoja __ de _19_
			Ver. 1,0

9.2 -CARGAS HORIZONTALES

Carga LS_xd **TIPO** LS Carga LS_{1x} (sobrecarga por carga viva en el terreno)= LS_1 cos_δ

Lateral sobre carga viva, **LS_xd** = Ka γ_s hs'(H-hz) cos_d=

LS_xd= **1.680,0** kg/m

YLS_xd= **1,75** m

MLS_xd= **2.940,00** kg-m/m

Carga EHxd **TIPO** EH

Lateral del terreno, **EH_xd** = 1/2 Ka γ_s $(H\text{-}hz)^2$ cos_d

EH_xd = **4.900,00** kg/m

YEHd=1/3(H-hz) **1,17** m

MEH_xd= **5.716,67** kg-m/m

Cargas EQ (acción sísmica)

Efecto combinado de P_{AE} y P_{IR}

$P_{AE}d$ = 1/2 K_{AE} γ_t $(H\text{-}hz)^2$=

$P_{AE}d$ = 6.535,47 kg/m

Cargas $EQ_{terr}d$ **TIPO** EQ

Acción sísmica del terreno, **EQterrd**

$EQ_{terr}d$ = PAE d - EH_{xd}= **1.635,47** kg/m

$Y_{EQ}d$ = 1/2*(H-hz) **1,75** m

$M_{EQterr}d$= **2.862,08** kg-m/m

Cargas $0.5P_{ir}d$ **TIPO** EQ

Fza inercial del estribo **(P_{ir})**

Elemento	Volumen	Ww	X_{Aw}	Y_{Aw}	X_{Aw} . Ww	Y_{Aw} . Ww
	(m3)	kg/m	(m)	(m)	kg-m/m	kg-m/m
1	0,00	0,00	1,35	1,17	0,00	0,00
2	1,05	2.520,00	1,20	1,75	3.024,00	5.670,00
3	0,26	630,00	1,00	1,17	630,00	1.050,00
	Σ	**3.150,00**			**3.654,00**	**6.720,00**

$$Y_{pir}d = \frac{\Sigma Y_{Aw}\, Ww}{\Sigma Ww} \quad \mathbf{2,13} \quad \mathbf{m}$$

$P_{ir}d$ = $K_h W_w$= **519,75** kg/m sin incluir masa suelo sobre el talón, num. 11.6.5.1 - CCP14

Max. $P_{AE}d + 0.5\ P_{IR}d$= 6.795,35 | $(05P_{AE}d > EHxd) + P_{IR}d$= 5.419,75 | **6.795,35** kg/m num. 11.6.5.1; CCP14

$05P_{ir}d$ = **259,88** kN/m

$M_{05Pir}d$= 05Pird*Yaw **554,40** kg-m/m

9.3 -CALCULO DEL ACERO

9.3.1 - DISEÑO PANTALLA

9.3.1.1 - Flexión

9.3.1.1.1 - Acero para flexión

Mtos por cargas htales (M_H)

TIPO	EH	LS	EQ		Σ= M_{UH}(kg-m)
CARGA	MEHxd=	MLSxd=	MEQterrd=	M05Pird=	
M_{Hu} (kg-m/ml)	**5.716,67**	**2.940,00**	**2.862,08**	**554,40**	**12.073,14**
Resistencia Ia	8.575,00	5.145,00	0,00	0,00	**13.720,00**
Resistencia Ib	8.575,00	5.145,00	0,00	0,00	**13.720,00**
Resistencia IIIa	8.575,00	0,00	0,00	0,00	**8.575,00**
Resistencia IIIb	8.575,00	0,00	0,00	0,00	**8.575,00**
Ev. Extremo I	5.716,67	1.470,00	2.862,08	554,40	**10.603,14**
Servicio	5.716,67	2.940,00	0,00	0,00	**8.656,67**

M_U= 134,46 kN-m/m

Mmin

La cantidad de acero proporcionado debe ser capaz de resistir el menor de Mcr y 1.33Mu

1.33Mu= 178,83 kN-m/m

Mcr= 1.1 f_r S **S=** $bh^2/6$ = 3,38E+07 mm^3 **_fr=** 0.63 $(f'c)^{\wedge 1/2}$= 3,33 Mpa

Mcr= 123,8 kN-m/m

min(1.33Mu, Mcr)= 123,76 kN-m/m

Mu_m= 134,46 kN-m/m

r= 5,00 cm tabla 5.12.3-1, CCP14

barra ref. No. 5 **r_m** al centro del acero= 5,79 cm

d_m = t_{inf} - r_m= 39,21 cm

ϕ_m= 0,9 según 11.5.8 de CCP14 ==>> ρ_a= 0,00236351

As/s (Ast)= 9,27 cm2/m s_m= 0,214 m c/c **USAR No 5 21,4 cm c/c**

9.3.1.1.2 - Acero de temperatura

espesor promedio pantalla, **tpm**= $(t_s + t_i)/2$= **375** mm

altura de pantalla, **hm**=(H-hz)= **3.500** mm

$$A_s \geq \frac{0.75bh}{2(b+h)f_y}$$ = 0,302 mm2/mm

$0.233 \leq A_s \leq 1.27$ **Astm oK**

s_{max}: 3tpm= 1,13 m **USAR No 3 23,6 cm c/c**

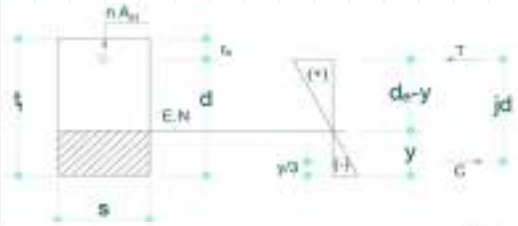
0,45 m

No 3 s_{tm}= 0,24 m

9.3.1.1.3 - Revisión fisuración

Ms= $M_{LS} + M_{EH} + M_{MR}$ = 84,84 kN-m/m s_m Ms= 1,81E+07 N-mm

n Ast= n π ϕ_{bm}^2 / 4 14,80 cm^2



$s_0 \frac{Y^2}{2} = nA_{st}(d-y);\ \Rightarrow Y =$ 6,71 cm ∧ $jd = d - \frac{Y}{3} =$ 369,70 mm

$f_{ss} = \frac{M_s}{(jd)A_s} =$ 247,64 Mpa ≤ 0.6Fy f_{ss}= 248 Mpa

$\beta_s = 1 + \frac{d_c}{0.7(h-d_c)}$ = 1,21

Exposición= Clase 2 ==>> γ_e = 0,75

$s \le \frac{123000\gamma_e}{\beta_s f_{ss}} - 2d_c$ = 191,71 mm **No Cumple** CCP14, ec. 5.7.3.4-1 **Nota:** 191,49mm ~ 206 → oK

9.3.1.2 -Revisión por cortante

Cargas Htales (Hh)

TIPO	EH	LS	EQ		Σ= Hh(kg/m)
CARGA	EHxd	LSxd	EQterr d	0.5Pird	
M_{Hu} (kg/ml)	**4.900,00**	**1.680,00**	**1.635,47**	**259,88**	**8.475,35**
Resistencia Ia	7.350,00	2.940,00	0,00	0,00	**10.290,00**
Resistencia Ib	7.350,00	2.940,00	0,00	0,00	**10.290,00**
Resistencia IIIa	7.350,00	0,00	0,00	0,00	**7.350,00**
Resistencia IIIb	7.350,00	0,00	0,00	0,00	**7.350,00**
Ev. Extremo I	4.900,00	840,00	1.635,47	259,88	**7.635,35**
Servicio	4.900,00	1.680,00	0,00	0,00	**6.580,00**

V_{Um}= 100,84 kN/m

Vr= ϕ Vn **ϕ_{vm}=** 0,90 **Vn** ==> min Vn= Vc + Vs + Vp ; Vn= 0.25f'c bv dv + Vp

bvm= 1.000 mm

dm= 392,1 mm

$a = \frac{As\ fy}{0.85 f_c' b}$ = 16,35 mm

dv= 10*dm - a/2= 383,89 mm num. 5.8.2.9 - CCP14

max 0.9d= 352,86 mm ; 0.72ti= 324,00 mm 352,86 ==> **dvm=** 383,89 mm

calculo de **β**: aplica procedimiento gral 5.8.3.4.2-CCP14

$$\beta = \frac{4.8}{(1+750\varepsilon_s)}\frac{51}{(39+s_{xe})}$$ num. 5.8.3.4.2 - CCP14

V_{Um}= 100,84 kN/m Vum dv= 38,712 kN-m/m **Ok, Mu > Vudv**

M_U= 134,46 kN-m/m cumple num.5.8.3.4.2-CCP14

$$\varepsilon_s = \frac{\frac{|M_u|}{d_v} + |V_u|}{E_s A_s}$$ = 0,00243 num. 5.8.3.4.2-4, CCP14

$$S_{xe} = S_x \frac{1.38}{a_g + 0.63}$$ num. 5.8.3.4.2-5, CCP14

s_x = dv = 383,89 mm

a_g= tamaño max agregado= 3/4 pulg

s_{xe}= 383,89 $300mm \le S_{xe} \le 2000mm$ **oK**

β_o= 1,60 ==>> $Vc = 0.083\beta\sqrt{f'c}\, bvmdvm$ **Vc=** 269,94 kN/m

Vn ==> min 269,94 kN/m, 2.687,20 kN/m **Vn=** 269,94 kN/m

f_{vm}Vn= 242,95 kN/m **oK, fvmVn > Vu**

9.3.2 - DISEÑO CIMENTACION

9.3.2.1 - TALON

9.3.2.1.1 - CARGAS

Acciones en el Talón

Cargas DC **TIPO** DC

Peso Propio

Elemento	Volumen (m3)	DC kg/m	X_A (m)	X_A . DC kg-m/m
4	0,68	1.620,00	0,68	1.093,50
	Σ	**1.620,00**		**1.093,50**

$X_{DC}O$= $\frac{X_o DC}{\Sigma DC}$ **0,68 m**

DCz= 1.620,00 kg-m/ml

M_{DC}= 1.093,50 kg-m/ml

Cargas EV (peso del Terreno)

Cargas EV **TIPO** EV

Elemento	Volumen (m3)	EV kg/m	X_A (m)	X_A . EV kg-m/m
5	0,00	0,00	0,90	0,00
6	4,73	11.340,00	0,68	7.654,50
	Σ	**11.340,00**		**7.654,50**

$X_{EV}O$= $\frac{X_o EV}{\Sigma EV}$ 0,68 m

EVz= 11.340,00 kg/ml

M_{EV}= 7.654,50 kg-m/ml

Carga EHyd **TIPO** EH

Vertical del terreno, EHyd = 1/2 Ka γ_s (H-hz) ^{2} sen_d

EHyd= **0,00** kg/m

XEH_d= **1,35** m

MEHyd= **0,00** kg-m/m

	Proyecto: Pte Pto Boyacense	Calculó: Ing. vhg	Fecha: 16/01/2026
	Asunto: Analisis, calculo y diseño estructural aleta SECTOR	Revisó: Ing. VHG	Hoja __ de _19_
			Ver. 1,0

Carga LS **TIPO** LS

Carga LS (sobrecarga por carga viva proyectada en talón)= hs' (Lt + _Ti1) γs

LSz= **1.944,00** kg/m

XLS= **0,68** **m**

MLSz= **1.312,20** kg-m/m

Carga LSyd **TIPO** LS

Vertical sobre carga viva, **$LS_y d$** = Ka γ_s hs'(H-hz) sen_d=

$LS_y d$= **0,0** kg/m

$XLS_y d$= **1,35** m

$MLS_y d$= **0,00** kg-m/m

9.3.2.1.2 -Flexión

9.3.2.1.2.1 -Acero para flexión

Estado Limite de Resistencia, **Ib**

Mu= 1.25 M_{DC} + 1.35M_{EV} + 1.75M_{LS} + 1.5M_{EH}= 137,17 kN-m/m

Mmin

La cantidad de acero proporcionado debe ser capaz de resistir el menor de Mcr y 1.33Mu

1.33Mu= 182,43 kN-m/m

Mcr= 1.1 f_r S **S**= $bh^2/6$ = 4,17E+07 mm^3 **fr**= 0.63 $(f'c)^{\wedge 1/2}$= 3,33 Mpa

Mcr= 152,8 kN-m/m

min(1.33Mu, Mcr)= 152,79 kN-m/m

Mu_t= 152,79 kN-m/m

r= 7,50 cm tabla 5.12.3-1, CCP14

barra ref. No. 5 **r_t** al centro del acero= 8,29 cm

dt= hz - rt= 41,71 cm ==>>

ϕ,b= 0,90 ρ_z= 0,00237

As/s = 9.8999 cm2/m s_t= 0,20 m c/c **USAR No 5 20 cm c/c**

$a = \frac{As\, f_y}{0.85 f'_c\, b}$ = 1,75 cm β_1= 0,85

c_t = a/β_1 = **2,06**

$\varnothing = 0.65 + 0.15\left(\frac{d_t}{c} - 1\right) \le 0.90$ 0,90 **oK frb supuesto** num. 5.5.4.2.1-2; fig. C5.5.4.2.1-1 - CCP14

9.3.2.1.2.2 -Acero de temperatura

espesor placa cmt, **h = hz=** **500** mm

b= B= **2.700** mm

$A_s \ge \frac{0.75bh}{2(b+h)f_y}$ = 0,377 mm2/mm

$0.233 \le A_s \le 1.27$ **Astp oK**

s_{max}: 3t= 1,5 m

0,45 m

No 3 s_{tt}= 0,19 m **USAR No 3 18,9 cm c/c**

9.3.2.1.3 -Revisión por cortante

Vut= 1.25 DC + 1.35EV + 1.75LS + 1.5EH= 304,05 kN/m

Vr= ϕ Vn ϕ_{vb}= 0,90 **Vnz** ==> min Vn= Vc + Vs + Vp ; Vn= 0.25f'c bv dv + Vp

$b_v b$= 1.000 mm

dv= dt - a/2= 408,33 mm num. 5.8.2.9 - CCP14

max 0.9dt= 375,36 mm ; 0.72hz= 360,00 mm → 375,36 ==> **dvt=** 408,33 mm

β= 2,00 ==>> $Vc = 0.083\beta\sqrt{f'c}\, bvbdvt$ **Vc=** 358,67 kN/m

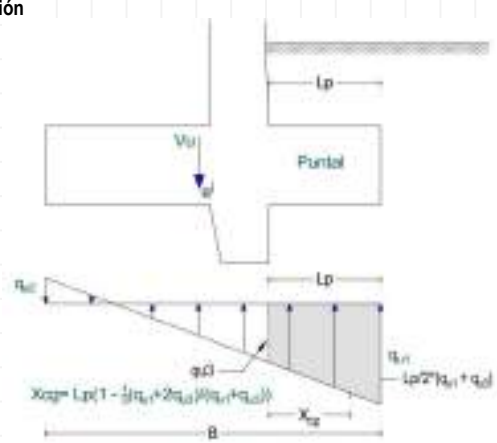
Vn ==> min 358,67 kN/m ; 2.858,29 kN/m **V_{nt}=** 358,67 kN/m

$\phi_{vb}V_n t$= 322,80 kN/m **oK, fvbVnt > Vfut**

9.3.2.2 - PUNTAL

9.3.2.2.1 -Flexión

9.3.2.2.1.1 -Acero para flexión



Resistencia Ib

Vup= 261,65 kN/ml

e_b= 0,29 m

$q_{u,} = \frac{V_u}{b}\left(1 \pm \frac{6e}{b}\right)$, **$_q_{ub,1}$=** 158,51 kN/m² ; **$_q_{ub,2}$=** 35,30 kN/m² ==> **$_q_{ub,3}$=** 117,44 kN/m²

$M_u = \frac{L^2}{6}(q_{u,3} + 2q_{u,}) =$ **58,65 kN-m**

	Proyecto: Pte Pto Boyacense	Calculó: Ing. vhg	Fecha: 16/01/2026
VHG	Asunto: Analisis, calculo y diseño estructural aleta SECTOR	Revisó: Ing. VHG	Hoja __ de _19_
			Ver. 1,0

Mmin

La cantidad de acero proporcionado debe ser capaz de resistir el menor de Mcr y 1.33Mu

1.33Mu= 78,01 kN-m/m

Mcr= 1.1 f_r S **S**= $bh^2/6$ = 4,17E+07 mm^3 **fr**= 0.63 $(f'c)^{\wedge 1/2}$= 3,33 Mpa

Mcr= 152,8 kN-m/m

min(1.33Mu, Mcr)= 78,01 kN-m/m

Mu_p= 78,01 kN-m/m

r= 7,50 cm tabla 5.12.3-1, CCP14

barra ref. No. 4 **r_p** al centro del acero= 8,14 cm

dp= hz - rp= 41,87 cm ==>>

ϕ_rb= 0,90 ρ= 0,00119

As/s = 4,98 cm2/m s_p= 0,25 m c/c **USAR No 4 25,4 cm c/c**

$a = \frac{As\, f_y}{0.85 f'_c\, b} =$ 0,88 cm β_1= 0,85

$c_b = a/\beta_1$ = **1,03**

$\varnothing = 0.65 + 0.15\left(\frac{d_t}{c} - 1\right) \le 0.90$ 0,90 **oK frb supuesto** num. 5.5.4.2.1-2; fig. C5.5.4.2.1-1 - CCP14

9.3.2.2.1.2 -Acero de temperatura

espesor placa cmt, **h = hz=** **500** mm

b= B= **2.700** mm

$A_s \ge \frac{0.75bh}{2(b+h)f_y}$ = 0,377 mm2/mm

$0.233 \le A_s \le 1.27$ **Astp oK**

s_{max}: 3t= 1,5 m

0,45 m

No 3 s_{tp}= 0,19 m **USAR No 3 18,9 cm c/c**

9.3.2.2.2 - Revisión por cortante

Vup= 1/2Lp (_q_{ub1} + _q_{ub3})= **124,18 kN-m**

Vr= ϕ Vn **ϕ_{vb}=** 0,90 **Vnz** ==> min Vn= Vc + Vs + Vp; Vn= 0.25f'c bv dv + Vp

b_vb= 1.000 mm

dv= dp - a/2= 414,25 mm num. 5.8.2.9 - CCP14

max 0.9dp= 376,79 mm; 0.72hz= 360,00 mm 376,79 ==> **d_vp=** 414,25 mm

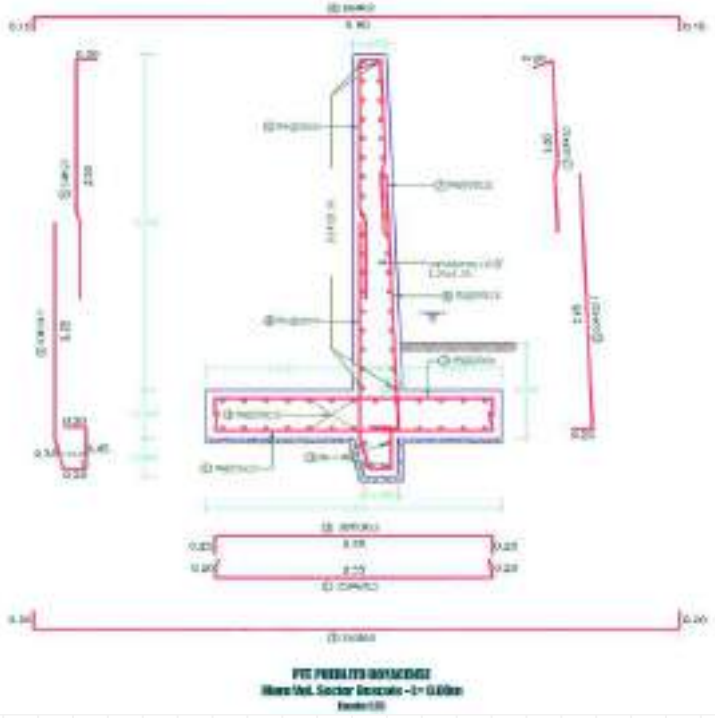
β= 2,00 ==>> Vc= $0.083\beta\sqrt{f'c}$ bvbdvt **Vc=** 363,88 kN/m

Vn ==> min 363,88 kN/m; 2.858,29 kN/m **V_{np}=** 363,88 kN/m

$\phi_{vb}V_np$= 327,49 kN/m **oK, fvbVnp > Vup**

	Proyecto:	Pte Pto Boyacense	Calculó:	Ing. vhg	Fecha: 16/01/2026
	Asunto:	Analisis, calculo y diseño estructural aleta SECTOR	Revisó:	Ing. VHG	Hoja __ de _19_
					Ver. 1,0

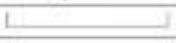
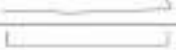
10 -DETALLES DEL DISEÑO

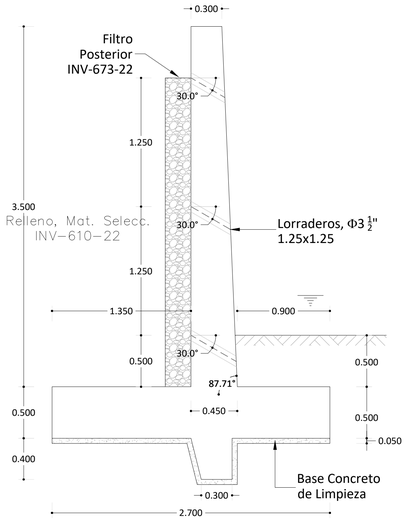


	Proyecto:	Pte Pto Boyacense	Calculó:	Ing. vhg	Fecha: 16/01/2026
	Asunto:	Analisis, calculo y diseño estructural aleta SECTOR	Revisó:	Ing. VHG	Hoja __ de _19_
					Ver. 1,0

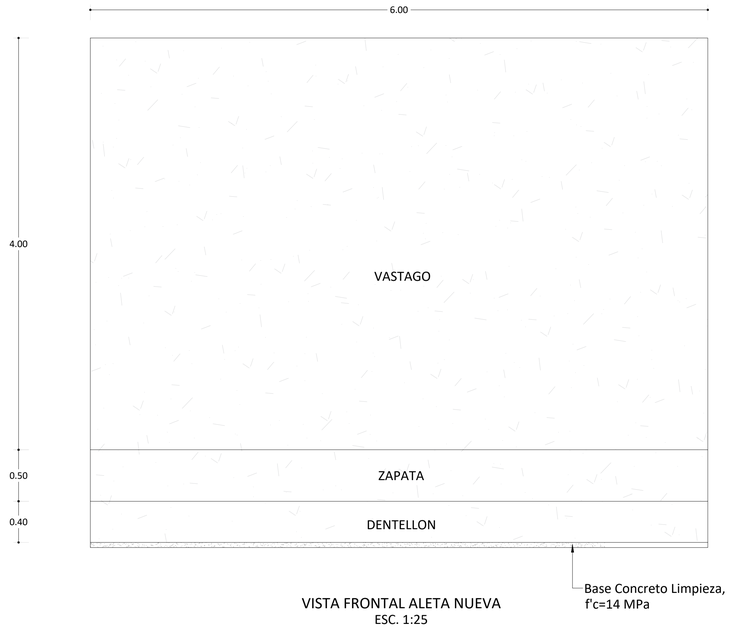
11 -CANTIDADES DE OBRA

CANTIDADES DE OBRA
Version V1

No	Figurado	Cant.	ϕ	kg/ml	L(m)	Peso Parcial (kg)
1		25	4	1.00	2.95	73.75
2		30	5	1.56	3.05	142.57
3		30	4	1.00	6.30	189.00
4		30	5	1.56	3.45	161.72
5		30	4	1.00	2.70	81.00
6		30	4	1.00	2.85	85.50
7		30	4	1.00	2.00	90.00
8		96	3	0.56	6.20	125.56
					Peso Total (kg)	**919.49**
					A(m2)=	2.80
				Concreto, F'c28 MPa	L(m)=	6.00
					Vol.(m3)=	**16.82**
				Base concreto limpieza, F'c 14MPa	**Vol.(m3)=**	**1.06**
				Cuantia Acero (kg/m3)		**54.68**



ALZADO MURO - GEOMETRIA
ESC. 1:25



VISTA FRONTAL ALETA NUEVA
ESC. 1:25

MATERIALES:

1. CONCRETO

MURO	f'c= 280 kgf/cm^2	28 MPa
LOSA CIMENTACION	f'c= 280 kgf/cm^2	28 MPa
CONCRETO LIMPIEZA	f'c= 140 kgf/cm^2	14 Mpa

2. ACERO

MALLAS ELECTROSOLDADAS	f'y= 4200 kgf/m^2	420 MPa
REFUERZO VARILLA Ø ≥ 3/8"	f'y= 4200 kgf/m^2	420 MPa

DTOS REFERENCIA

INFORME GEOLOGIA
NT-001_GEOTEC_PTE-PUEB-BOY_DUI (3)
IMPLANTACION MURO (3) PUEBLITO.DWG

NORMAS DE DISEÑO

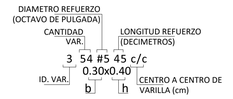
CCP-14

NOTAS GENERALES

1. TODAS LAS DIMENSIONES DEBEN VERIFICARSE EN OBRA.
2. LAS LONGITUDES DEL REFUERZO DEBERÀN VERIFICARSE EN LA OBRA CON ANTERIORIDAD AL PEDIDO DE LOS MATERIALES.

REFUERZO

CONVENCIONES



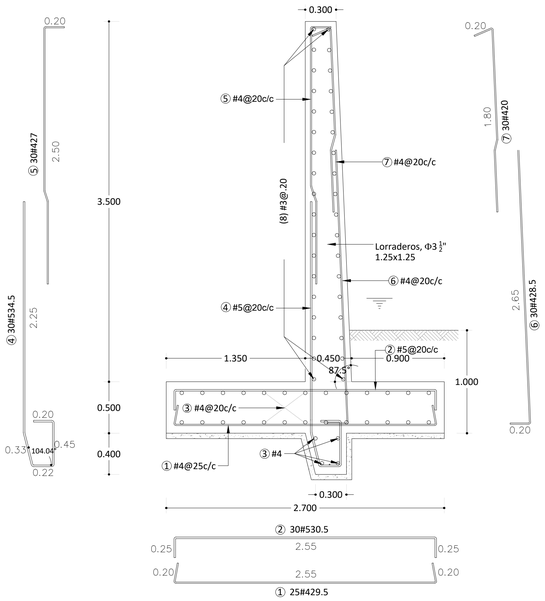
CUADRO DE GANCHOS / TRASLAPOS

GANCHOS REFUERZO LONGITUDINAL (mm)

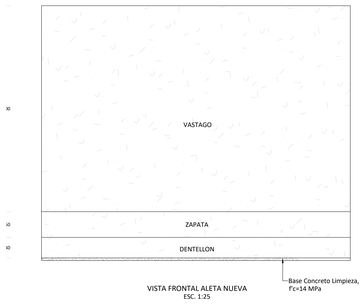
BARRA #	GANCHO
#3	150
#4	200
#5	250
#6	300
#7	350
#8	400

TRASLAPOS REFUERZO LONGITUDINAL MIN (mm)

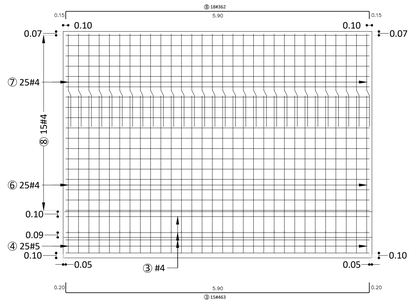
BARRA #	GANCHO
#3	450
#4	600
#5	700
#6	850
#7	1200
#8	1400



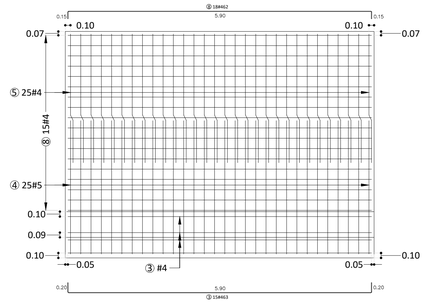
PTE PUEBLITO BOYACENSE
Muro Vol. Sector Descole - L= 6.00m
Escala 1:25



VISTA FRONTAL ALETA NUEVA
ESC. 1:25



REF. MURO - SUPERFICIE EXPUESTA
ESC. 1:50



REF. MURO - SUPERFICIE CONTRA RELLENO
ESC. 1:50

CANTIDADES DE OBRA
Version V1

No	Figurado	Cant.	ϕ	kg/ml	L(m)	Peso Parcial (kg)
1		25	4	1,00	2,95	73,75
2		30	5	1,56	3,05	142,97
3		30	4	1,00	6,30	189,00
4		30	5	1,56	3,45	161,72
5		30	4	1,00	2,70	81,00
6		30	4	1,00	2,85	85,50
7		30	4	1,00	2,00	60,00
8		36	3	0,56	6,20	125,55
					Peso Total (kg)	**919,49**
					A(m2)=	2,80
				Concreto, f'c28 MPa	L(m)=	6,00
					Vol.(m3)=	**16,82**
				Base concreto limpieza, f'c 14MPa	**Vol.(m3)=**	**1,06**
				Cuantia Acero (kg/m3)		**54,68**

GOBERNACIÓN DE BOYACÁ

GOBERNACIÓN DE BOYACÁ
ENTIDAD CONTRATANTE

CONSORCIO PEB – JI
901.977.234-8

CONSORCIO PEB - JI
CONTRATISTA DE OBRA

PROYECTO

DIAGNÓSTICO Y EJECUCIÓN DE OBRAS DE EMERGENCIA PARA MITIGAR EL RIESGO DE DAÑO Y/O COLAPSO DE PUENTES UBICADOS EN EL DEPARTAMENTO POR LA AFECTACIÓN CAUSADA POR EFECTO DE LA OLA INVERNAL, DECLARADA EN VIRTUD DEL DECRETO DE CALAMIDAD PUBLICA NO. 0522 DE 24 DE MAYO DE 2025

CONTRATO DE OBRA No. 2833 DE 2025

REVISÓ:

ING. GIOVANNI FRANCISCO LAZARO CORREA
CONSORCIO PEB-JI
Director de Obra

APROBÓ:

ING. MAIRA ALEJANDRA PICÓN GARCÍA
CONSORCIO INTER MAP-LAR
Director de Interventoria

SUPERVISÓ:

ING. OSCAR IVÁN PINZÓN SÁNCHEZ
Director de Desarrollo de Infraestructura Vial
Secretaria de Infraestructura Pública

ELABORÓ:

Ing. VICTOR HERNANDEZ G.
Ing. Civil - U de C
Especialista Estr. - ECI
Mat. 1320257029-BLV

FECHA

ENERO 2026

CONTENIDO

PTE PUEBLITO BOYACENSE
MURO SECTOR DESCOLE

ESCALA

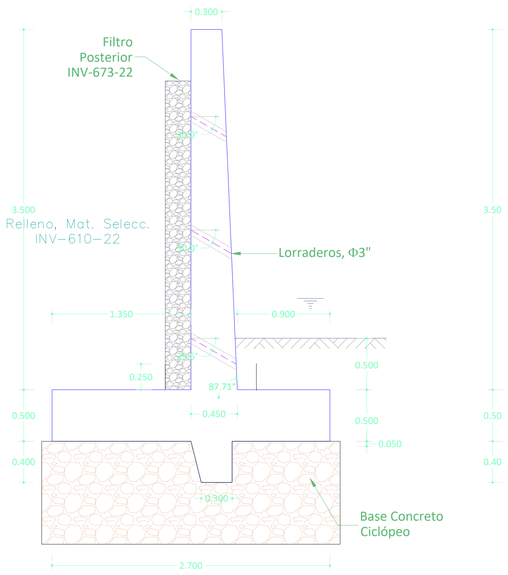
INDICADA

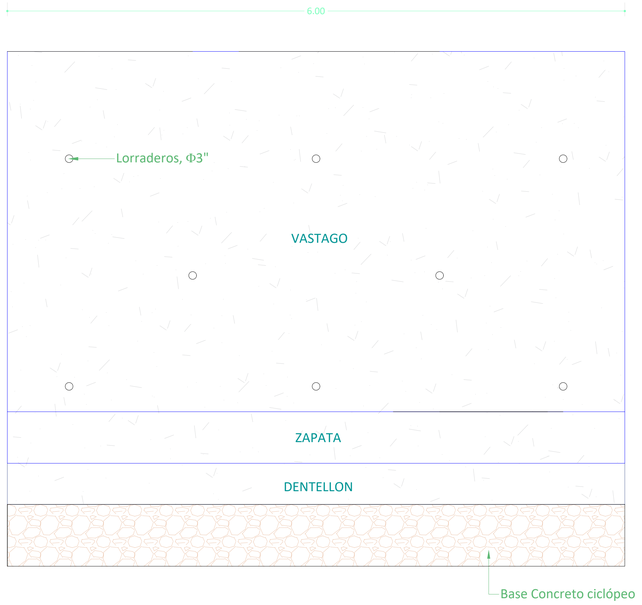
UBICACIÓN



MUNICIPIO DE BOYACÁ
COLOMBIA

PLANCHA 1 / 1





MATERIALES:

1. CONCRETO

MURO	f'c= 280 kgf/cm^2	28 MPa
LOSA CIMENTACION	f'c= 280 kgf/cm^2	28 MPa
CONCRETO LIMPIEZA	f'c= 140 kgf/cm^2	14 Mpa

2. ACERO

MALLAS ELECTROSOLDADAS	f'y= 4200 kgf/m^2	420 MPa
REFUERZO VARILLA Ø ≥ 3/8"	f'y= 4200 kgf/m^2	420 MPa

DTOS REFERENCIA

INFORME GEOLOGIA
NT-001_GEOTEC_PTE-PUEB-BOY_DUI (3)
IMPLANTACION MURO (3) PUEBLITO.DWG

NORMAS DE DISEÑO

CCP-14

NOTAS GENERALES

1. TODAS LAS DIMENSIONES DEBEN VERIFICARSE EN OBRA.
2. LAS LONGITUDES DEL REFUERZO DEBERÀN VERIFICARSE EN LA OBRA CON ANTERIORIDAD AL PEDIDO DE LOS MATERIALES.

REFUERZO

CONVENCIONES

DIAMETRO REFUERZO (OCTAVO DE PULGADA)
CANTIDAD VAR
LONGITUD REFUERZO (DECIMETROS)
3 54 #5 45 c/c
0.30x0.40
ID. VAR.
b
h
CENTRO A CENTRO DE VARILLA (cm)

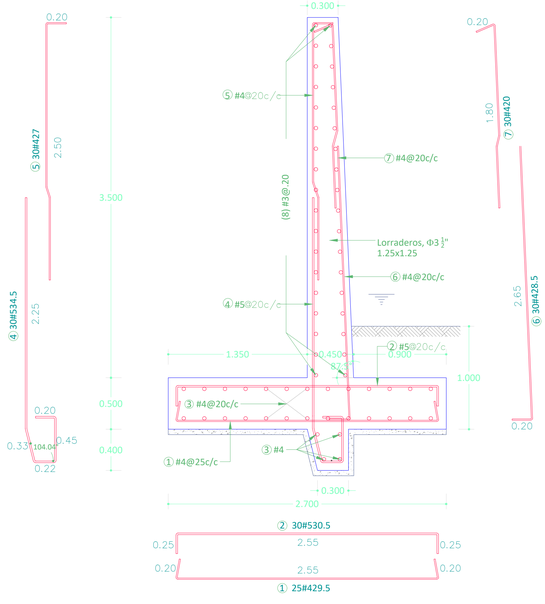
CUADRO DE GANCHOS / TRASLAPOS

GANCHOS REFUERZO LONGITUDINAL (mm)

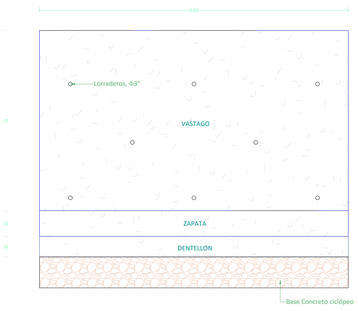
BARRA #	GANCHO
#3	150
#4	200
#5	250
#6	300
#7	350
#8	400

TRASLAPOS REFUERZO LONGITUDINAL MIN (mm)

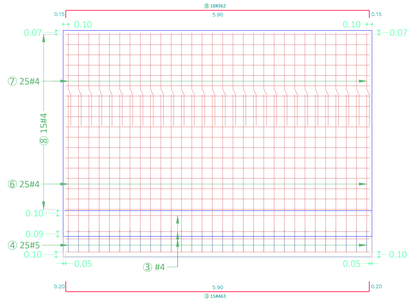
BARRA #	GANCHO
#3	450
#4	600
#5	700
#6	850
#7	1200
#8	1400



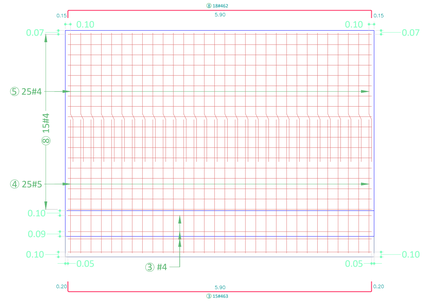
PTE PUEBLITO BOYACENSE
Muro Vol. Sector Descole - L= 6.00m
Escala 1:25



VISTA FRONTAL ALETA NUEVA
ESC. 1:25



REF. MURO - SUPERFICIE EXPUESTA
ESC. 1:50



REF. MURO - SUPERFICIE CONTRA RELLENO
ESC. 1:50

CANTIDADES DE OBRA
Version V1

No	Figurado	Cant.	ϕ	kg/ml	L(m)	Peso Parcial (kg)
1		25	4	1,00	2,95	73,75
2		30	5	1,56	3,05	142,97
3		30	4	1,00	6,30	189,00
4		30	5	1,56	3,45	161,72
5		30	4	1,00	2,70	81,00
6		30	4	1,00	2,85	85,50
7		30	4	1,00	2,00	60,00
8		36	3	0,56	6,20	125,55
					Peso Total (kg)	**919,49**
					A(m2)=	2,80
				Concreto, f'c28 MPa	L(m)=	6,00
					Vol.(m3)=	**16,82**
				Base concreto limpieza, f'c 14MPa	**Vol.(m3)=**	**1,06**
				Cuantia Acero (kg/m3)		**54,68**

GOBERNACIÓN DE BOYACÁ

GOBERNACIÓN DE BOYACÁ
ENTIDAD CONTRATANTE

CONSORCIO PEB – JI
901.977.234-8

CONSORCIO PEB - JI
CONTRATISTA DE OBRA

PROYECTO

DIAGNÓSTICO Y EJECUCIÓN DE OBRAS DE EMERGENCIA PARA MITIGAR EL RIESGO DE DAÑO Y/O COLAPSO DE PUENTES UBICADOS EN EL DEPARTAMENTO POR LA AFECTACIÓN CAUSADA POR EFECTO DE LA OLA INVERNAL, DECLARADA EN VIRTUD DEL DECRETO DE CALAMIDAD PUBLICA NO. 0522 DE 24 DE MAYO DE 2025

CONTRATO DE OBRA No. 2833 DE 2025

REVISÓ:

ING. GIOVANNI FRANCISCO LAZARO CORREA
CONSORCIO PEB-JI
Director de Obra

APROBÓ:

ING. MAIRA ALEJANDRA PICÓN GARCÍA
CONSORCIO INTER MAP-LAR
Director de Interventoría

SUPERVISÓ:

ING. OSCAR IVÁN PINZÓN SÁNCHEZ
Director de Desarrollo de Infraestructura Vial
Secretaria de Infraestructura Pública

ELABORÓ:

Ing. VICTOR HERNANDEZ G.
Ing. Civil - U de C
Especialista Estr. - ECI
Mat. 1320257029-BLV

FECHA

ENERO 2026

CONTENIDO

PTE PUEBLITO BOYACENSE
MURO SECTOR DESCOLE

ESCALA

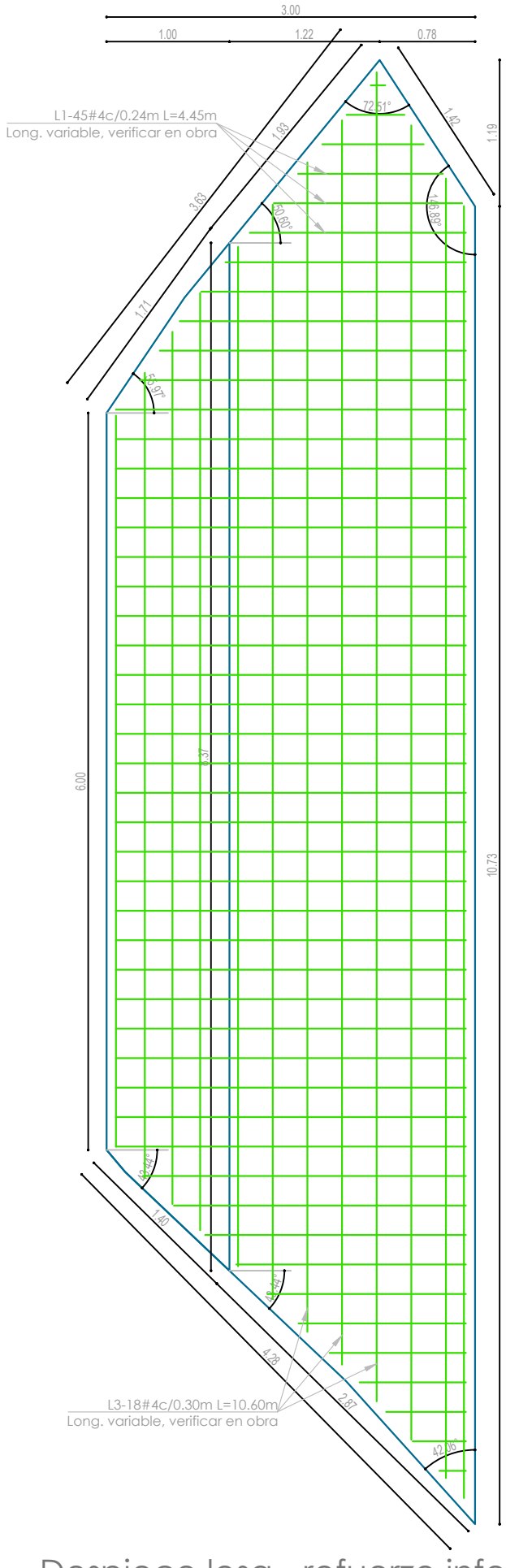
INDICADA

UBICACIÓN

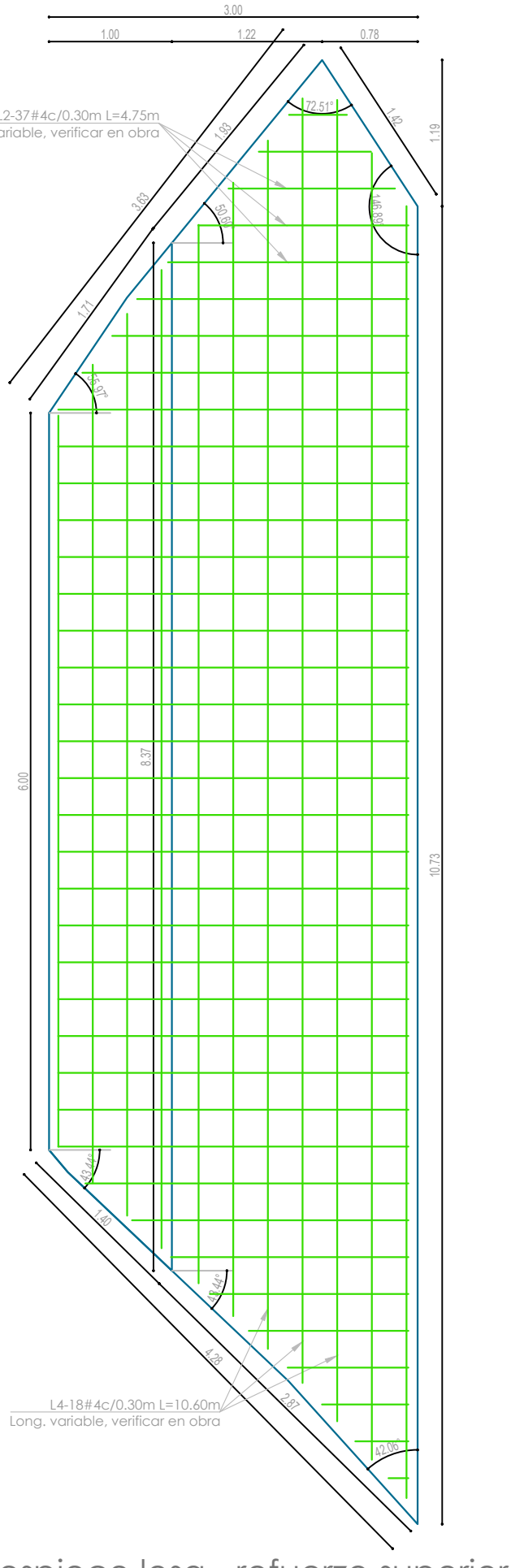


MUNICIPIO DE BOYACÁ
COLOMBIA

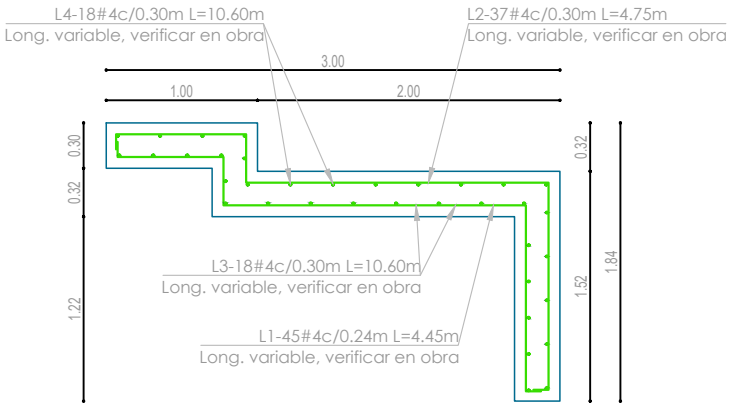
PLANCHA 1 / 1

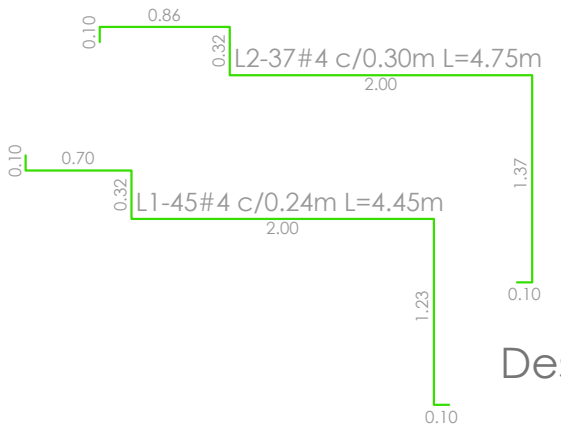


Despiece losa - refuerzo inferior



Despiece losa - refuerzo superior





Despiece losa - sección transversal

INFORME TÉCNICO No.953

INFORME COMPONENTE HIDROLOGÍA, HIDRÁULICA Y SOCAVACIÓN

Diagnóstico y ejecución de obras de emergencia para mitigar el riesgo de daño y/o colapso de puentes ubicados en el departamento por la afectación causada por efecto de la ola invernal, declarada en virtud del decreto de calamidad pública No. 0522 de 24 de mayo de 2025. Contrato de obra No. 2833 de 2025

FECHA:	**19 DE NOVIEMBRE DE 2025**	
PROYECTO:	**PUENTE PUEBLITO BOYACENSE MUNICIPIO DE DUITAMA - BOYACÁ**	
PREPARADO POR:	**ALBERTO MOUTHON BELLO** **C.C. 73.137.740** **M.P. 13202-47445 BLV** **Especialista en Hidráulica**	**EHINER MONTIEL DIAZ** **C.C. 1.233.496.714** **M.P. 091037-0592674 CND** **Ingeniero Modelador**

1. PRESENTACIÓN

El presente documento corresponde al análisis hidrológico, hidráulico y de socavación del **Puente Pueblito Boyacense**, localizado en la vía Duitama - Pueblito Boyacense, dentro del marco del Contrato de obra No. 2833 de 2025, ejecutado en desarrollo del Decreto de Calamidad Pública No. 0522 del 24 de mayo de 2025.

El propósito es diagnosticar el comportamiento hidráulico del cauce y las condiciones de estabilidad frente a procesos de socavación, a fin de sustentar técnicamente las medidas de mitigación que garanticen la funcionalidad y seguridad de la estructura.

Imagen 1. Localización general en el Departamento de Boyacá

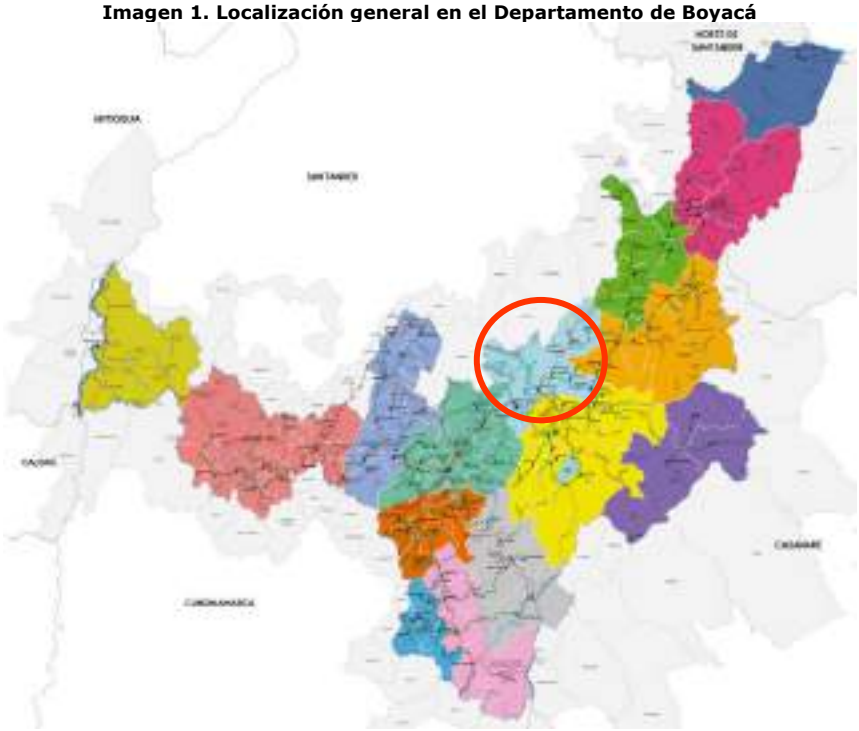


Imagen 2. Panorámica del sitio de implantación del puente



Tabla 1. Descripción general del puente

Ítem	Descripción
Vía / Tramo	Municipio de Duitama hacia Pueblito Boyacense
Municipio / Departamento	Duitama / Boyacá
Coordenadas (WGS84)	Lat [5° 49.563'N] Long [73° 1.307'O]
Cota aproximada (msnm)	2520
Cauce / Río	Rio Chiticuy
Altura de gálibo (m)	5.0
Ancho de calzada (m)	7.0
Longitud total (m)	10.0
Número de luces	1
Número de apoyos	2
Material dominante	Concreto
Tipo estructural	Simplemente apoyado

Tomado de informe de diagnóstico geotécnico, Consorcio PEB-JI

2. MORFOLOGÍA E INFORMACIÓN DE LA CUENCA

La cuenca hidrográfica asociada al Puente Pueblito Boyacense presenta características propias de sistemas de montaña andinos, con pendientes pronunciadas, marcada variabilidad altitudinal y una geometría alargada que condiciona su respuesta hidrológica e hidráulica frente a eventos de precipitación intensa.

La cuenca cuenta con una longitud aproximada de 12,69 km y una longitud de cauce principal de 16.788,63 m, lo que evidencia un sistema de drenaje relativamente extendido y con desarrollo longitudinal significativo. El área de la cuenca es de 74,86 km², con un ancho medio de 5,90 km, lo que corresponde a una cuenca de tamaño medio, con capacidad para concentrar caudales importantes hacia el punto de cruce del puente.

El perímetro de la cuenca (40,47 km), junto con un factor de forma de 0,27, indica una cuenca claramente alargada, lo que tiende a atenuar los picos de crecida en comparación con cuencas más compactas. No obstante, el coeficiente de compacidad de 1,32 y el índice de alargamiento de 2,15 reflejan que, aunque la geometría favorece una respuesta hidrológica algo más distribuida en el tiempo, el relieve y la pendiente del cauce pueden generar incrementos rápidos de caudal durante tormentas intensas y prolongadas.

Tabla 2. Parámetros morfométricos de la cuenca

ID		Nombre	Punto crítico
Longitud		(Km)	12,69
Longitud Cauce		(m)	16788,63
Área		(Km^2)	74,86
Ancho		(Km)	5,90
Perímetro		(Km)	40,47
Factor Form			0,27
Coeficiente de compasidad			1,32
Índice de alargamiento			2,15
Altura Máxima		(m)	3930
Altura Mínima		(m)	2510
Pendiente		%	8,46
Tiempo de concentración	Giandotti	min	119,00
	Témez	min	100,04
	CCP	min	90,39
	Clark	min	540,37
	Adoptado	min	119,00
Lag time		min	71,40
CN			65
Abstracción inicial		mm	27,49

Desde el punto de vista altimétrico, la cuenca presenta un rango significativo, con alturas máximas cercanas a 3.930 m s.n.m. y mínimas de 2.510 m s.n.m., lo que confirma un entorno de alta montaña. Este contraste altitudinal se traduce en una pendiente media del cauce del 8,46 %, característica de cauces torrenciales, con alta energía específica, capacidad de transporte de sedimentos gruesos y propensión a procesos de erosión y socavación lateral.

El análisis de los tiempos de concentración, calculados mediante diferentes metodologías, arroja valores del orden de:

- Giandotti: 119,00 min
- Témez: 100,04 min
- CCP: 90,39 min
- Clark: 540,37 min

Con base en estos resultados, se adopta un tiempo de concentración de 119,00 minutos, representativo de una cuenca que, aunque no es extremadamente rápida, puede responder con relativa prontitud ante eventos de lluvia intensa, especialmente en las zonas altas donde la pendiente es más marcada. El lag time estimado de 71,40 minutos refuerza esta condición, indicando un desfase moderado entre el inicio de la lluvia efectiva y la ocurrencia del caudal pico.

En cuanto a las condiciones de infiltración, el Curve Number (CN) de 65 sugiere una capacidad de infiltración moderada, típica de cuencas con coberturas mixtas y suelos parcialmente permeables. La abstracción inicial de 27,49 mm indica que una fracción importante de la precipitación puede

ser retenida inicialmente por interceptación, almacenamiento superficial y humedad antecedente, aunque esta capacidad se reduce de forma significativa durante eventos prolongados o lluvias sucesivas.

En conjunto, la cuenca del Río Chiticuy en el sector del Puente Pueblito Boyacense se caracteriza por:

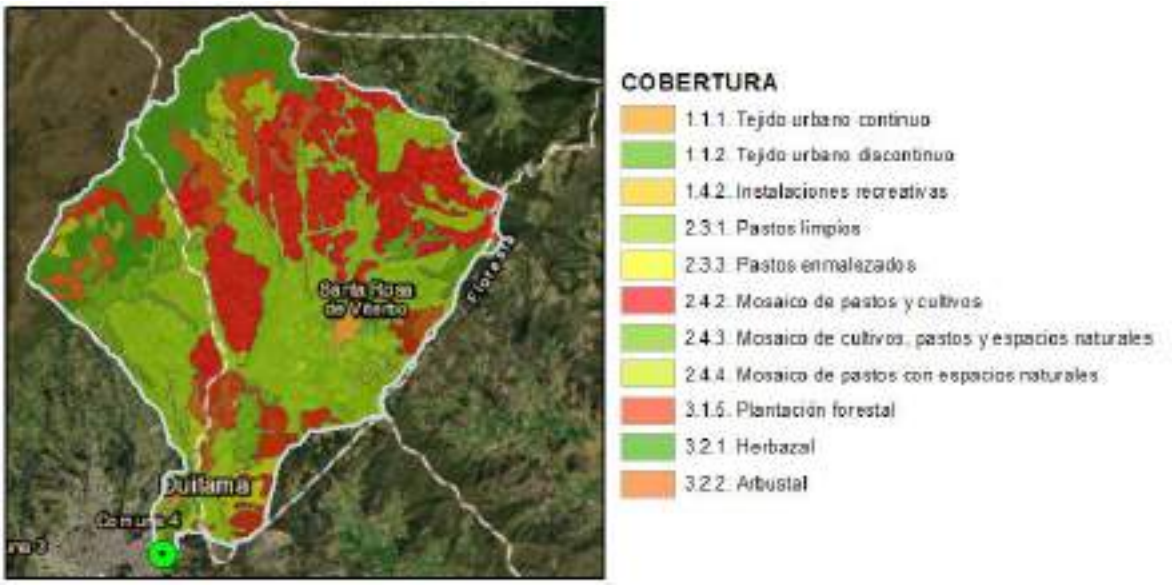
- Geometría alargada con drenaje bien definido.
- Pendientes elevadas y comportamiento hidráulico energético.
- Capacidad de generar caudales significativos durante crecientes.
- Potencial para procesos de erosión lateral y transporte de sedimentos gruesos.

Estas condiciones morfológicas constituyen un insumo fundamental para la interpretación de los resultados hidráulicos y para la evaluación de los procesos de socavación e inestabilidad observados en las márgenes y estructuras de confinamiento asociadas al puente.

Imagen 3. Cuenca aferente de la zona en estudio



Imagen 4. Definición de coberturas en la cuenca aferente de la zona en estudio



3. ANÁLISIS HIDROLÓGICO

3.1 Información base

Se utilizó información pluviográfica de la estación Tibaná (código 35070040) y las curvas IDF regionales del IDEAM (Región Andina R1) con parámetros:

a = 0.94, b = 0.18, c = 0.66, d = 0.83.

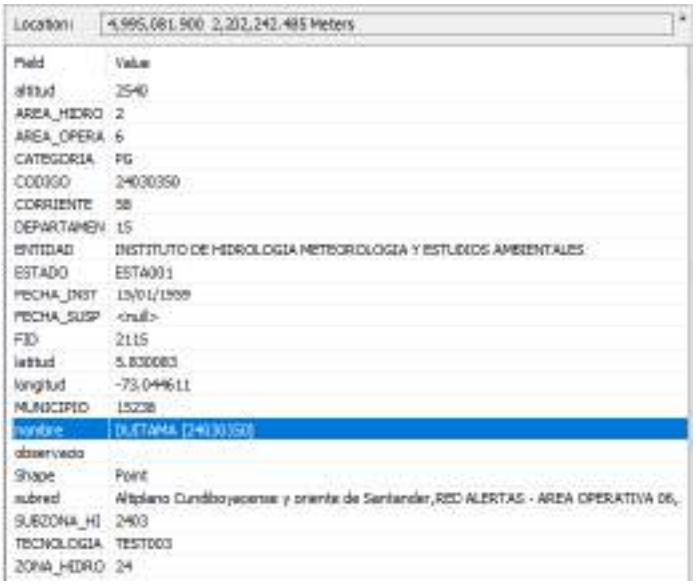
Ecuación general de la intensidad:

$$i(T_r, t) = \frac{a \cdot T_r^b}{(t + c)^d}$$

Donde:

i = intensidad (mm/h)
$T\mathrm{r}$ = período de retorno (años)
t = duración de la lluvia (min)

Imagen 5. Características de la Estación Duitama (código 24030350)



A partir de la relación anterior se calcularon las intensidades para diferentes duraciones y períodos de retorno, construyendo los hietogramas de diseño mediante el método SCS.

Tabla 3. Precipitaciones máximas en 24h. Estación Duitama (código 24030350)

LOCALIZACIÓN:	Duitama, Boyacá	**DESCRIPCIÓN:**	Serie diaria máxima

DATOS DE LA ESTACIÓN

NOMBRE	DUITAMA	**ENTIDAD**	IDEAM	**CORRIENTE**	NA	**ALTITUD**	2540
CODIGO	24030350	**D/MENTO**	BOYACÁ	**NORTE**	5,830083	**ESTADO**	Activa
CATEGORÍA	PG	**MUNICIPIO**	DUITAMA	**ESTE**	-73,044611		

Precipitación máxima 24 H

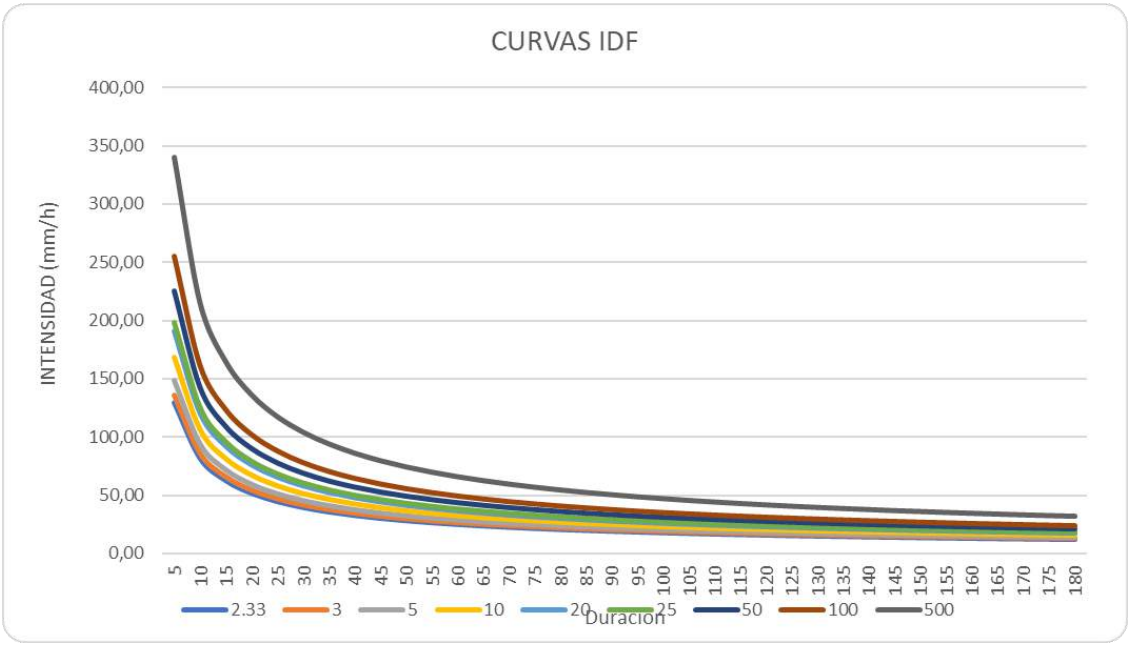
Año	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembr	Octubre	Noviembre	Diciembre	Promedio	Maximos
2000	10	50,5	14,5	37,7	23	27,5	13	10	15,2	21	11,5	3,1	19,75	50,50
2001	1,2	8,2	28,1	1,1	37	7,8	19	7,4	27,3	24,5	13,1	27,7	16,87	37,00
2002	1,9	10,2	25,4	24,3	22	17	4,7	9,5	13,7	13,7	13,2	14,5	14,18	25,40
2003	5,5	17,5	19,5	16	30,9		11						16,73	30,90
2004	0	6,2	13,6		28,1	7,3	10,6	4,7	41	17	26,5		15,50	41,00
2005											72	13,4	42,70	72,00
2006	19,8	15,6	22,5	23,9	22,3	18,5	12,5	16	7,5	23,9	36,6	14,5	19,47	36,60
2007	12,7	9,4	34,4	23,4	24,5	13,8	16,1	27,8	6,8	25,7	26,4	17,5	19,88	34,40
2008	13,4	5,5	57,8	38,8	36,1	26,4	18,1	37,4	12,2	18,1			26,38	57,80
2009	12,3	19,4	21,9	42,1	14,7	17,9	5,1	12,5	17,7	25,5	22,8	14,8	18,89	42,10
2010	7,4	10,3	25,1	46,8	21,7	17,8	37,6	10	15,5	28,5	19,8	11,1	20,97	46,80
2011	10,3	36,7	30,2	37	47,5	13,1	12,1	37,7	19	24,6	44,4	32,1	28,73	47,50
2012	17,4	8,1	17,5	50,8	23,8	21,4	9	15	6,2	26,5	16,1	8,9	18,39	50,80
2013	3,1	26,1	10,2	27,5	23,4	10	12,3	23	14,4	20,8	16,6	10,2	16,47	27,50
2014	7,4	19	23,5	36,8	24,9	6,6	6,8	7	28,2	27,5	11,8	15,3	17,90	36,80
2015	11,5	6	6,7	23,2	9,2	9,6	14,9	13,2	12,8	17,1			12,42	23,20
2016	26,2	4,2	26,4	32,3	29,7	12,5	12,8	3,2	34,6	49,7	39,5	36,6	25,64	49,70
2017	12,1	13,2	34,5	30,4	50,7	22,5	11,1	26,3	14,5	18,1	6,2	17,7	21,44	50,70
2018	15,3	11	32,1	26,1	53,3	7,8	16,5	18	22,5	26,5	43,5	7,5	23,34	53,30
2019	9,1	15,5	29,5	28,5	38,5	5,3	8,2	13,7	24	54,9	25,1	22,5	22,90	54,90
2020	16,1	4,7	9,3	10,5	19,9	16,6	10,2	12	15,1	15,2	38	17,6	15,43	38,00
2021	30,2	11	29,8	39	30,7	23	9,5	27	20,6	25,5	23,1	11	23,37	39,00
2022	8	38	19,5	28	18,5	18,1	17	16	47	15,5	27,5	17,6	22,56	47,00
2023	19	13	29	28	16,3	16	11	14,3	23	47	29,5	13,2	21,61	47,00
2024	2,2	16,5	10,5	34,5	24,5	14	7	8	47,5	29,8	24,5	16,8	19,65	47,50
2025	14,2	28,4	35	18,4	46,5	17,1	8	12	18,6	25,1	5,1		20,76	46,50

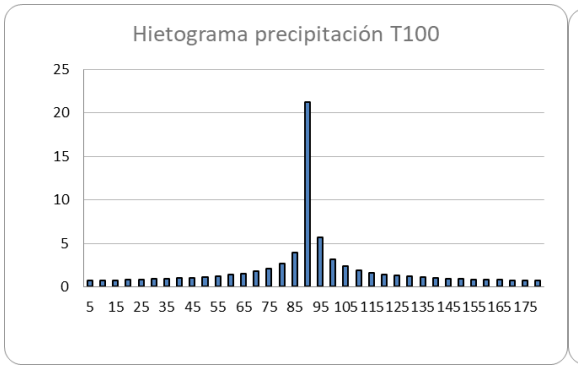
	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembr	Octubre	Noviembre	Diciembre	
Medios	11,45	16,17	24,26	29,38	28,71	15,32	12,56	15,90	21,04	25,90	25,77	16,36	43,61
Maximos	30,2	50,5	57,8	50,8	53,3	27,5	37,6	37,7	47,5	54,9	72	36,6	
Minimos	0	4,2	6,7	1,1	9,2	5,3	4,7	3,2	6,2	13,7	5,1	3,1	

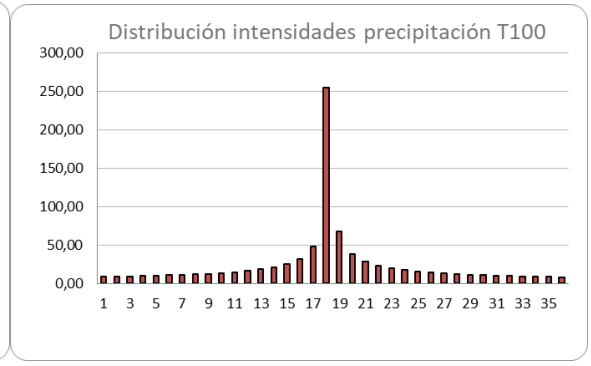
Tabla 4. Datos para construir Curvas IDF Estación Duitama (código 24030350)

	Periodo de retorno en Años								
T (min)	2,33	3	5	10	20	25	50	100	500
5	129,53	135,56	148,62	168,37	190,74	198,56	224,94	254,83	340,46
10	81,98	85,79	94,06	106,56	120,72	125,66	142,36	161,28	215,47
15	62,73	65,65	71,97	81,54	92,37	96,16	108,94	123,41	164,88
20	51,88	54,30	59,53	67,44	76,40	79,53	90,10	102,07	136,37
25	44,78	46,86	51,37	58,20	65,94	68,64	77,76	88,09	117,69
30	39,70	41,55	45,55	51,60	58,46	60,86	68,94	78,10	104,35
35	35,86	37,53	41,14	46,61	52,81	54,97	62,27	70,55	94,26
40	32,84	34,36	37,67	42,68	48,35	50,33	57,02	64,60	86,30
45	30,38	31,79	34,86	39,49	44,73	46,57	52,76	59,77	79,85
50	28,34	29,66	32,51	36,83	41,73	43,44	49,21	55,75	74,49
55	26,61	27,85	30,53	34,59	39,19	40,79	46,21	52,35	69,94
60	25,13	26,30	28,83	32,66	37,00	38,51	43,63	49,43	66,04
65	23,83	24,94	27,34	30,98	35,09	36,53	41,39	46,89	62,64
70	22,70	23,75	26,04	29,50	33,42	34,79	39,41	44,65	59,65
75	21,69	22,69	24,88	28,19	31,93	33,24	37,66	42,66	57,00
80	20,78	21,75	23,84	27,01	30,60	31,85	36,09	40,88	54,62
85	19,97	20,89	22,91	25,95	29,40	30,60	34,67	39,28	52,48
90	19,23	20,12	22,06	24,99	28,31	29,47	33,39	37,82	50,53
95	18,55	19,42	21,29	24,11	27,32	28,44	32,22	36,50	48,76
100	17,93	18,77	20,58	23,31	26,41	27,49	31,15	35,28	47,14
105	17,37	18,17	19,93	22,57	25,57	26,62	30,16	34,17	45,65
110	16,84	17,63	19,32	21,89	24,80	25,82	29,25	33,13	44,27
115	16,35	17,12	18,76	21,26	24,08	25,07	28,40	32,17	42,99
120	15,90	16,64	18,24	20,67	23,42	24,38	27,61	31,28	41,80
125	15,48	16,20	17,76	20,12	22,79	23,73	26,88	30,45	40,68
130	15,08	15,79	17,31	19,61	22,21	23,12	26,19	29,67	39,65
135	14,71	15,40	16,88	19,12	21,66	22,55	25,55	28,94	38,67
140	14,36	15,03	16,48	18,67	21,15	22,02	24,94	28,26	37,75
145	14,03	14,69	16,10	18,24	20,67	21,51	24,37	27,61	36,89
150	13,72	14,36	15,75	17,84	20,21	21,04	23,83	27,00	36,07
155	13,43	14,06	15,41	17,46	19,78	20,59	23,32	26,42	35,30
160	13,15	13,76	15,09	17,09	19,37	20,16	22,84	25,87	34,57
165	12,89	13,49	14,79	16,75	18,98	19,75	22,38	25,35	33,87
170	12,64	13,22	14,50	16,42	18,61	19,37	21,94	24,86	33,21
175	12,40	12,97	14,22	16,11	18,25	19,00	21,53	24,39	32,58
180	12,17	12,73	13,96	15,82	17,92	18,65	21,13	23,94	31,98

Imagen 6. Curvas IDF, hietograma y distribución de intensidades Estación Duitama (código 24030350)







3.2 Cálculo de escorrentía efectiva (Método SCS-CN)

Con base en los parámetros de cobertura del suelo, se estimó la **curva número (CN)** correspondiente y se determinó el volumen de escorrentía.

Almacenamiento potencial:

$$S = \frac{25400}{CN} - 254$$

Abstracción inicial:

$$I_a = 0.2S$$

Lluvia efectiva:

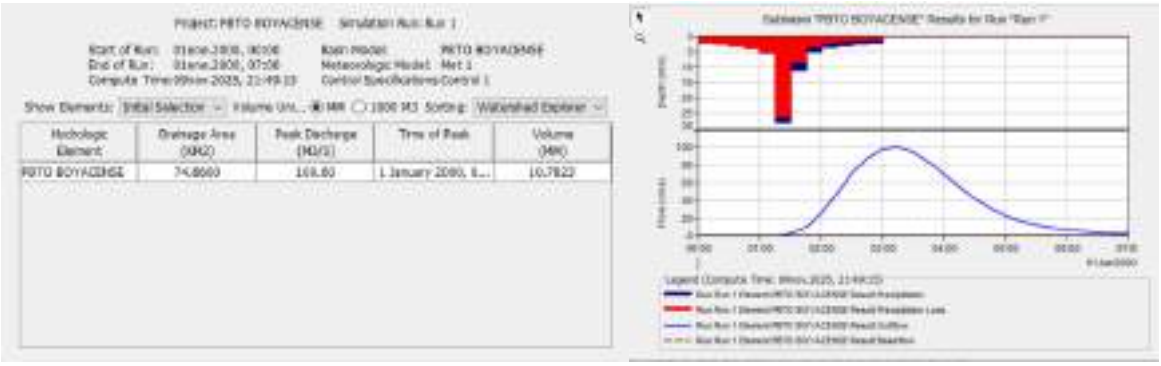
$$P_e = \frac{(P - I_a)^2}{P - I_a + S} \quad \text{para } P > I_a$$

3.3 Caudal de diseño

El caudal de validación fue estimado a partir de la modelación hidrológica con base en los parámetros de la cuenca del **Río Chiticuy**, aplicando el método SCS-CN y los hietogramas generados con la curva IDF.

El cálculo del tiempo de concentración (Tc) se realizó con base en la pendiente media y la longitud del cauce principal.

Imagen 7. Imagen de recorte de salida del HEC-HMS de cálculo del caudal pico



A partir de estos valores, el modelo determinó el caudal pico de diseño asociado al periodo de retorno de 100 años, empleado posteriormente para el análisis hidráulico y de socavación.

Este caudal representa la condición más crítica y sirve de referencia para evaluar la estabilidad del cauce y la magnitud de la socavación proyectada.

$$Q_{max} = 100.60\ m^3/s$$

4. ANÁLISIS HIDRÁULICO

4.1 Modelación lineal

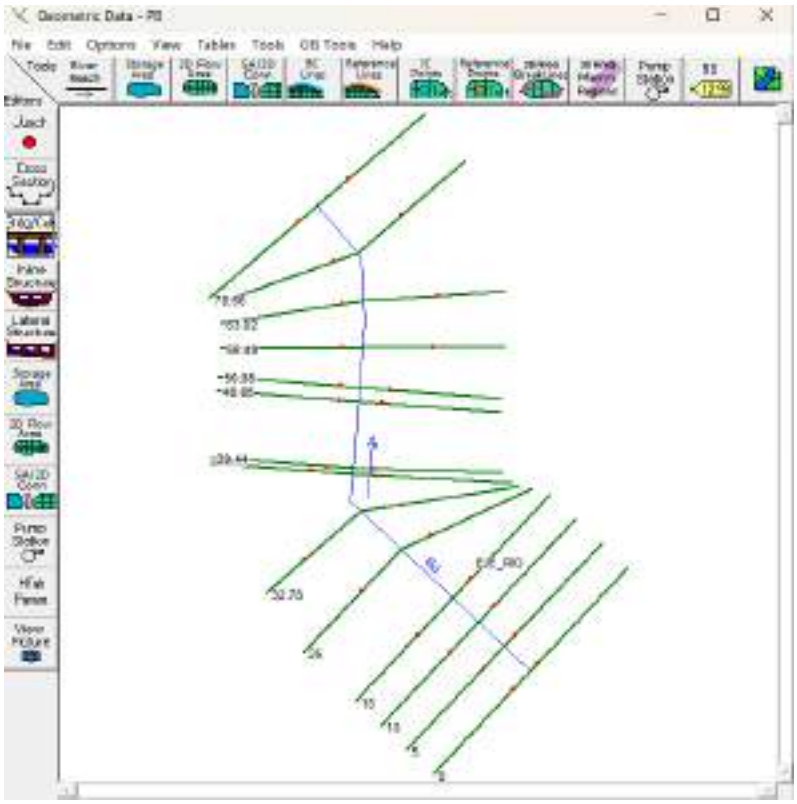
Debido a la geometría particular del cruce hidráulico en el Puente Pueblito Boyacense, cuya sección presenta un comportamiento cercano al de una estructura cerrada de tipo circular, similar al funcionamiento hidráulico de una alcantarilla, fue necesario implementar una modelación hidráulica unidimensional (lineal) en HEC-RAS. Esta condición geométrica impide representar adecuadamente el flujo mediante esquemas bidimensionales o secciones abiertas convencionales, ya que el control hidráulico se concentra en un conducto con confinamiento total o parcial del flujo.

La modelación lineal permitió definir con mayor precisión el eje del flujo, las secciones transversales perpendiculares al eje hidráulico y la transición de condiciones aguas arriba y aguas abajo de la estructura, capturando de forma adecuada los efectos de contracción, aceleración del flujo y control hidráulico propios de este tipo de cruce. De esta manera, se garantiza una representación más realista del comportamiento hidráulico del puente, especialmente bajo eventos de creciente, donde la estructura actúa como un elemento de control similar a una alcantarilla, condicionando los niveles de agua, las velocidades y el régimen de flujo.

Imagen 8. Imagen de alineamientos y secciones transversales exportadas a HEC-RAS



Imagen 9. Imagen de recorte de importación de alineamientos y secciones transversales en HEC-RAS



4.2 Asignación de parámetros

El comportamiento del flujo en el cruce hidráulico del **Puente Pueblito Boyacense** fue analizado mediante la ecuación de Manning, utilizando el modelo hidráulico unidimensional (1D) implementado en el software HEC-RAS, adecuado para representar estructuras con geometría cerrada o cuasi cerrada, como es el caso del puente, cuyo funcionamiento hidráulico es comparable al de una alcantarilla.

La formulación hidráulica empleada se basa en la relación:

$$Q = \frac{1}{n} A R^{2/3} S^{1/2}$$

Donde:

n = coeficiente de rugosidad de Manning (adoptado entre 0,040 y 0,045)

A = área hidráulica de la sección (m²)

R = radio hidráulico (m)

S = pendiente de la línea de energía o del cauce (m/m)

Los parámetros hidráulicos fueron definidos a partir de la geometría levantada en campo, representada mediante secciones transversales perpendiculares al eje del flujo, y considerando las condiciones físicas observadas en el cauce y en la estructura del puente.

El coeficiente de rugosidad de Manning (n) fue asignado teniendo en cuenta el tipo de fondo y de revestimiento existente, caracterizado por materiales granulares, presencia de roca y superficies de concreto en la estructura, así como la vegetación marginal y el grado de irregularidad del cauce. Esta asignación permite representar adecuadamente las pérdidas de energía asociadas al flujo confinado dentro de la estructura y en los tramos de aproximación y salida.

Las condiciones de frontera del modelo incluyeron un caudal impuesto aguas arriba bajo régimen subcrítico y una condición de control aguas abajo, definida a partir del nivel hidráulico correspondiente al cauce receptor. Adicionalmente, se incorporaron los efectos de contracción y expansión del flujo en la zona del puente, propios de una sección cerrada, mediante la adecuada definición de pérdidas locales en el modelo.

La combinación de estos parámetros garantiza que la modelación lineal represente de manera confiable el comportamiento hidráulico real del cruce, permitiendo evaluar los niveles, velocidades, régimen de flujo y condiciones energéticas asociadas a eventos de creciente en el entorno del puente.

4.3 Resultados de la modelación

Imagen 10. Modelación del tablero general

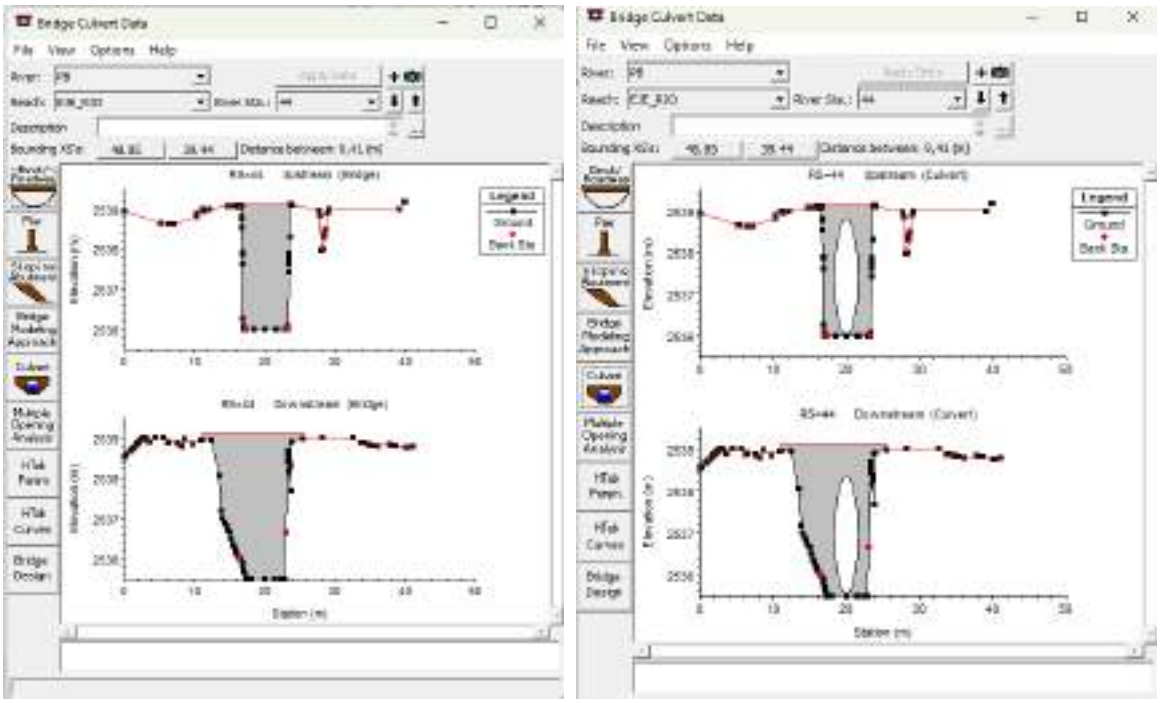
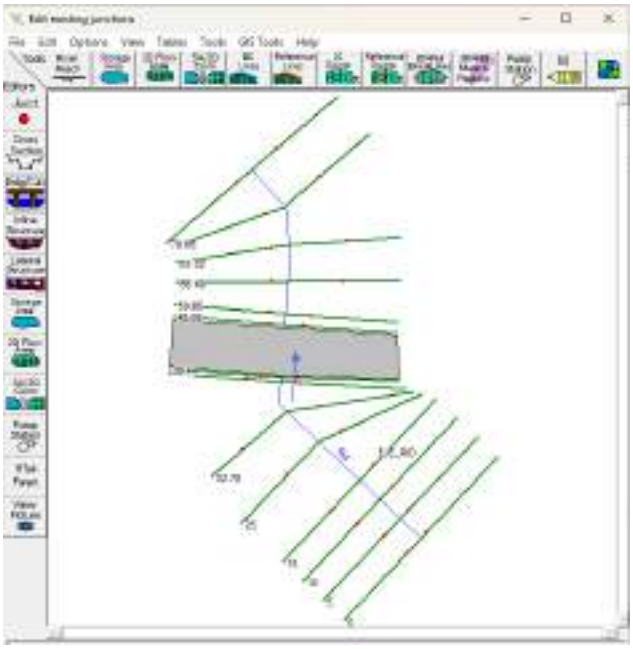


Imagen 11. Visualización en planta del tablero



4.4 Geometría hidráulica del cauce

Se definieron tres secciones de control para la validación hidráulica y de socavación, con el fin de analizar el comportamiento del flujo, los esfuerzos hidráulicos y las condiciones del lecho en el entorno del **Puente Pueblito Boyacense**:

- **Aguas arriba:** corresponde a la sección de aproximación al puente, donde se analizan las condiciones de entrada del flujo, su distribución transversal, posibles zonas de expansión o contracción, y la influencia de los remansos o acumulaciones de energía que pueden modificar el perfil del tirante. Esta zona permite identificar si existe obstrucción o reducción de la sección efectiva que pueda inducir incremento de niveles o desviación de corrientes hacia los estribos.

- **Eje del puente:** representa la sección principal de control estructural e hidráulico, donde el flujo atraviesa el claro del puente. En esta sección se evalúan los parámetros de régimen (velocidad, número de Froude y profundidad hidráulica), la distribución del flujo entre márgenes y canal principal, y los esfuerzos cortantes sobre el lecho y las cimentaciones. Esta información es fundamental para la estimación de la socavación general y localizada, así como para verificar la estabilidad del sistema de drenaje y del lecho bajo el puente.

- **Aguas abajo:** corresponde a la sección de restitución, donde el flujo recupera su régimen natural. En este punto se analizan las condiciones de disipación de energía, la formación potencial de resaltos hidráulicos, y el impacto del chorro principal sobre el lecho y las márgenes del cauce. Esta sección es clave para determinar la necesidad de obras de disipación y protección (enrocados, losas o disipadores) que aseguren la estabilidad de la estructura y del cauce en el tramo de salida

Cada sección fue evaluada con base en las velocidades y tirantes obtenidos, determinando los niveles de energía y la profundidad efectiva del flujo durante la crecida de diseño.

Imagen 12. Resultado general en sección del puente: Capacidad Insuficiente (aguas arriba/Aguas abajo)

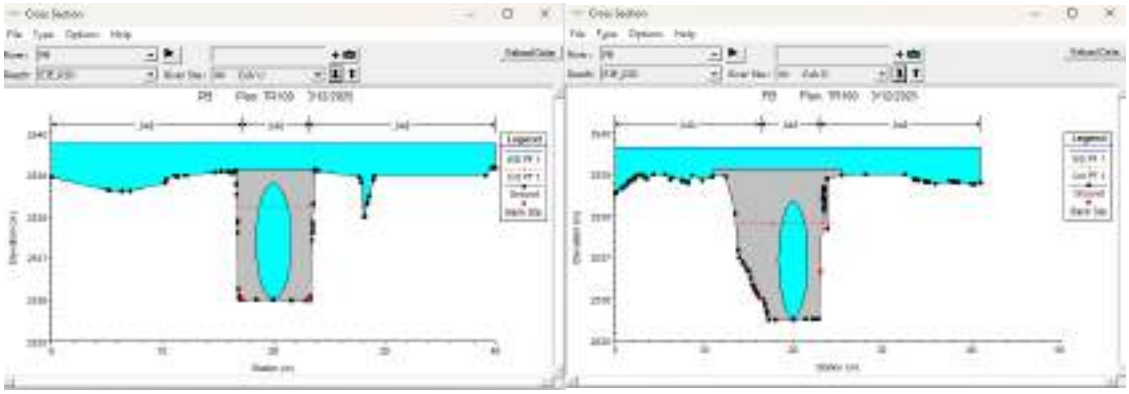


Imagen 14. Resultados de la modelación sección aguas arriba del puente (K0+50.85)

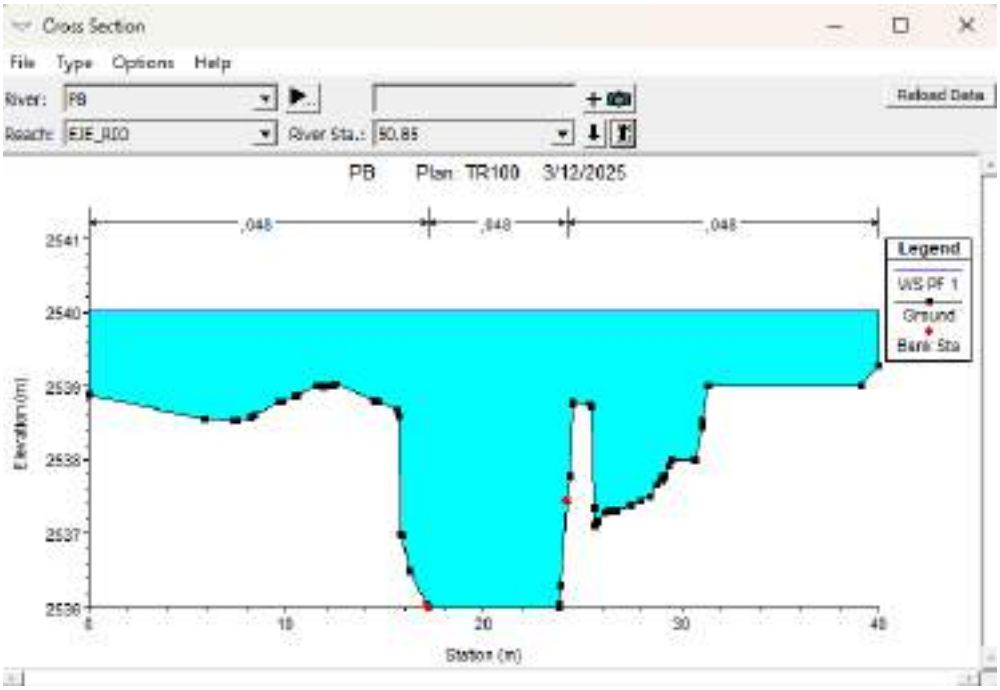
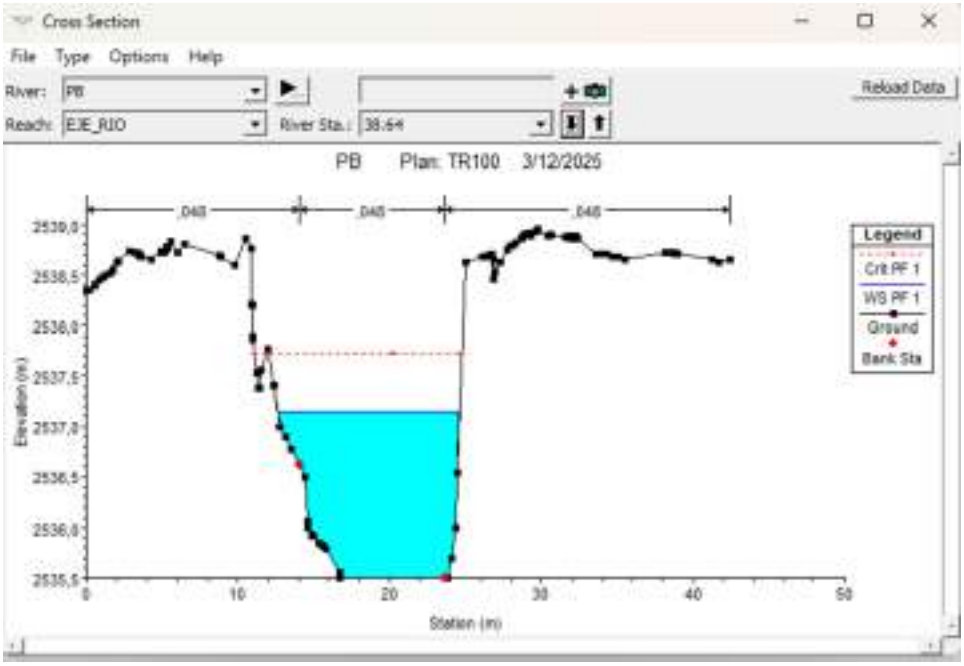


Imagen 15. Resultados de la modelación sección aguas abajo del puente (K0+38.64)



El análisis hidráulico del río Chiticuy, para un caudal de diseño de 100,60 m³/s, se desarrolló considerando dos secciones representativas: la sección K0+50,85, localizada aguas arriba del puente, y la sección K0+38,64, ubicada aguas abajo de la estructura. Los resultados obtenidos mediante el modelo HEC-RAS permiten caracterizar el comportamiento del flujo en el entorno inmediato del cruce y evaluar los posibles efectos hidráulicos y erosivos sobre el cauce y la infraestructura.

En la sección aguas arriba (K0+50,85), el modelo reporta un nivel de lámina de agua de 2540,02 m, con una profundidad hidráulica en el canal principal cercana a 3,98 m y una velocidad media del orden de 1,90 m/s. El esfuerzo cortante en el canal alcanza valores aproximados de 54,30 N/m², mientras que la potencia específica del flujo se sitúa alrededor de 103,44 N/m·s. Estas condiciones reflejan un flujo relativamente estable, con energía moderada, previo a su paso por la estructura, y sin indicios de aceleraciones significativas ni concentraciones extremas de energía en esta sección.

En la sección aguas abajo (K0+38,64) se evidencia un cambio notable en el comportamiento hidráulico del flujo. La lámina de agua desciende hasta una cota cercana a 2537,15 m, mientras que la velocidad media en el canal principal se incrementa de forma importante, alcanzando valores del orden de 6,48 m/s. De manera concomitante, el esfuerzo cortante aumenta significativamente, con valores cercanos a 836,38 N/m², y la potencia específica del flujo se eleva hasta aproximadamente 5.423,05 N/m·s. Este incremento sustancial de la energía del flujo indica una condición hidráulica altamente agresiva para el lecho y las márgenes, asociada a procesos de aceleración y disipación de energía a la salida del puente.

La comparación entre ambas secciones pone en evidencia que el puente actúa como un elemento de control hidráulico, generando una transición desde un régimen relativamente estable aguas arriba hacia un flujo mucho más energético aguas abajo. Este comportamiento es consistente con efectos de contracción y posterior expansión del flujo en la zona del cruce, lo cual explica los elevados esfuerzos cortantes y la alta potencia específica observada en la sección de salida.

En términos generales, el análisis hidráulico confirma que, si bien las condiciones aguas arriba no representan un riesgo hidráulico significativo, la sección aguas abajo del puente concentra los mayores niveles de energía del flujo, constituyéndose en el sector más susceptible a procesos de erosión del lecho y de las márgenes. Por tanto, cualquier evaluación de estabilidad del cauce o definición de medidas de protección debe considerar como escenario de diseño las condiciones hidráulicas registradas aguas abajo de la estructura, donde se presentan las solicitaciones más severas.

Imagen 17. Resultados de la modelación. K0+50.85 aguas arriba del puente

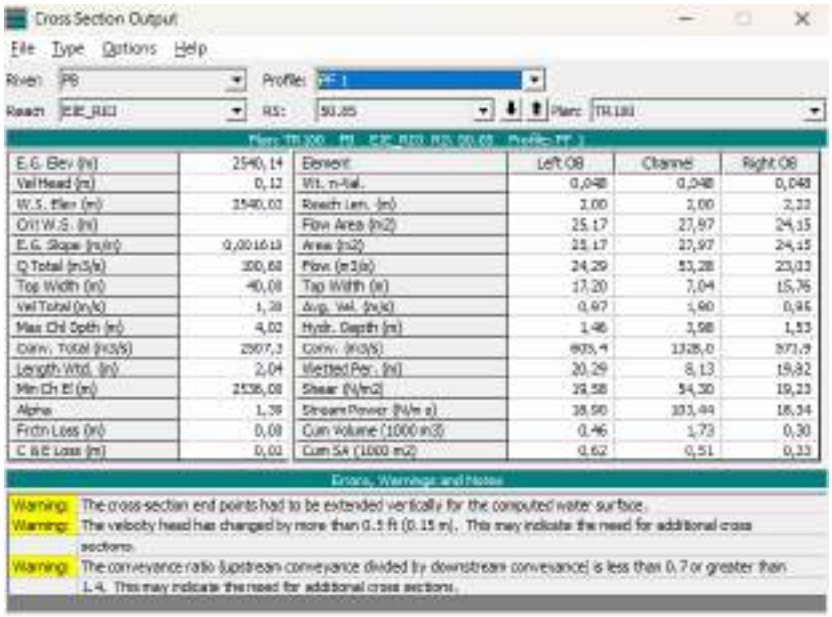
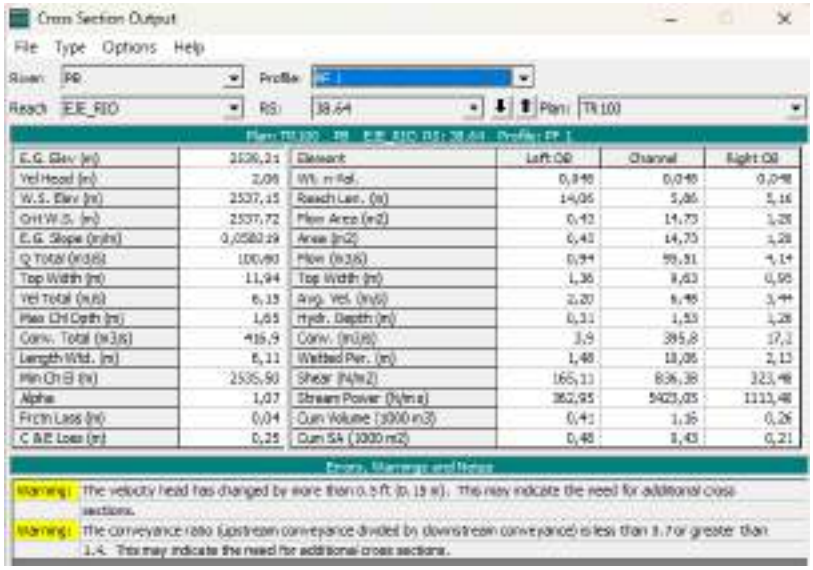


Imagen 18. Resultados de la modelación. K0+38.64 aguas abajo del puente



4.5 Análisis del número de Froude

El número de Froude se calculó con la expresión:

$$Fr = \frac{V}{\sqrt{g\,D_h}}$$

donde:

- V = velocidad media en el canal (dato de HEC-RAS),
- D_h = profundidad hidráulica del canal (Hydr. Depth),
- g = 9.81 m/s².

Imagen 20. Resultados generales de la hidráulica del río en el tramo estudiado

HEC-RAS Plan: TR100 River: PB Reach: EJE_RIO Profile: PF 1

Reach	River Sta	Profile	Q Total	Min Ch El	W.S. Elev	Crit W.S.	E.G. Elev	E.G. Slope	Vel Chnl	Flow Area	Top Width	Froude # Chl
			(m3/s)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m/m)	(m/s)	(m2)	(m)	
EJE_RIO	78.66	PF 1	100,60	2536,50	2537,58	2538,84	2550,14	1,000384	15,82	6,52	10,82	6,14
EJE_RIO	70	PF 1	100,60	2536,50	2540,09	2538,61	2540,17	0,000938	1,40	91,34	39,98	0,25
EJE_RIO	63.02	PF 1	100,60	2536,50	2540,09		2540,16	0,000785	1,28	97,31	40,38	0,23
EJE_RIO	56.49	PF 1	100,60	2536,00	2540,09		2540,15	0,000728	1,29	98,32	40,02	0,22
EJE_RIO	50.85	PF 1	100,60	2536,00	2540,02		2540,14	0,001610	1,90	77,29	40,00	0,31
EJE_RIO	48.85	PF 1	100,60	2536,00	2539,79	2539,52	2540,11	0,003424	2,97	54,85	40,00	0,49
EJE_RIO	44		Culvert									
EJE_RIO	39.44	PF 1	100,60	2535,50	2538,17	2538,17	2539,33	0,019607	4,98	22,04	10,13	0,99
EJE_RIO	38.64	PF 1	100,60	2535,50	2537,15	2537,72	2539,21	0,058219	6,48	16,36	11,94	1,67
EJE_RIO	32.78	PF 1	100,60	2535,50	2538,09	2537,01	2538,28	0,002765	2,04	56,11	30,35	0,41
EJE_RIO	25	PF 1	100,60	2535,00	2538,04		2538,25	0,002973	2,24	54,53	31,82	0,43
EJE_RIO	15	PF 1	100,60	2535,00	2537,99		2538,22	0,002961	2,35	53,40	30,04	0,43
EJE_RIO	10	PF 1	100,60	2534,50	2537,94		2538,21	0,003522	2,56	50,93	29,09	0,47
EJE_RIO	5	PF 1	100,60	2534,50	2537,50	2537,09	2538,14	0,008749	3,95	34,89	28,82	0,73
EJE_RIO	0	PF 1	100,60	2534,50	2537,21	2537,21	2538,06	0,014408	4,75	27,78	17,59	0,93

- Sección K0+50.85 (aguas arriba) Fr≈ 0.31
- Sección K0+38.64 (aguas abajo) Fr≈ 1.67

El análisis del número de Froude a lo largo del tramo modelado evidencia un comportamiento hidráulico variable, con alternancia de regímenes subcríticos, cercanos al crítico y supercríticos, asociado principalmente a cambios en la geometría del cauce y a la presencia del puente como elemento de control hidráulico.

En el tramo aguas arriba del puente, particularmente entre las estaciones K0+78,66 y K0+50,85, los valores del número de Froude se mantienen predominantemente subcríticos, con registros que oscilan aproximadamente entre 0,22 y 0,49, lo que indica un flujo controlado por la profundidad, con velocidades moderadas y una mayor capacidad de disipación natural de energía. Estas condiciones son coherentes con secciones más amplias y profundidades relativamente mayores, donde el flujo presenta un comportamiento estable previo a su aproximación a la estructura.

Al aproximarse a la zona del cruce, en las inmediaciones del eje del puente y la sección de alcantarilla, se observa una transición hidráulica marcada. En la estación K0+39,44, el número de Froude alcanza un valor cercano a 0,99, lo que corresponde a un régimen crítico, indicando que el flujo se encuentra en una condición límite, altamente sensible a cualquier variación geométrica

o hidráulica. Esta condición refleja el efecto directo del confinamiento y la contracción de la sección, propios de una estructura cerrada o cuasi cerrada.

Inmediatamente aguas abajo del puente, en la estación K0+38,64, el número de Froude se incrementa hasta un valor del orden de 1,67, evidenciando un régimen supercrítico. Este comportamiento confirma la aceleración significativa del flujo a la salida de la estructura, asociada a un aumento sustancial de la velocidad y a una reducción de la profundidad hidráulica, lo que implica un incremento notable de la energía cinética del flujo y de su potencial erosivo.

Más aguas abajo, entre las estaciones K0+32,78 y K0+5, los valores del número de Froude disminuyen progresivamente, retornando a condiciones subcríticas, con registros que oscilan entre 0,41 y 0,93. Esta tendencia sugiere una disipación gradual de la energía del flujo y una recuperación del control por profundidad, producto de la expansión de la sección y del restablecimiento de condiciones hidráulicas más estables en el cauce.

En conjunto, el tramo de estudio presenta una transición clara desde un régimen subcrítico aguas arriba, pasando por condiciones críticas en el entorno del puente, hasta un régimen supercrítico inmediatamente aguas abajo, seguido de una recuperación gradual hacia condiciones subcríticas. Este comportamiento confirma que el puente actúa como un elemento de control hidráulico que concentra y libera energía, siendo el sector aguas abajo de la estructura el más crítico desde el punto de vista hidráulico y erosivo. Por tanto, cualquier evaluación de estabilidad del cauce y definición de medidas de manejo o protección debe priorizar este sector, donde los valores del número de Froude indican un flujo altamente energético.

5. ANÁLISIS DE SOCAVACIÓN

5.1 Socavación general

Se utilizó el método de Lischvan–Lebediev para suelos granulares – Socavación general. Este método proviene de estudios hidromorfológicos realizados en la antigua Unión Soviética y fue posteriormente compilada en manuales de hidráulica fluvial y diseño de obras hidráulicas. LISCHVAN, E.; LEBEDIEV, A. Scouring around hydraulic structures in alluvial beds. Moscú: Hydrometeoizdat, 1967.

$$Y_s = \left(\frac{\alpha\, Y_0^{5/3}}{0.68\, \beta\, \mu\, \phi\, d_m^{0.28}} \right)^{\frac{1}{1+z}}$$

Y_s: Profundidad del flujo después de ocurrida la socavación. Se mide desde el nivel del agua cuando pasa la creciente, hasta el nivel del fondo del cauce erosionado, en metros (m).

Y_c: Profundidad inicial existente en una línea vertical predeterminada de la sección medida desde el nivel

del agua cuando pasa la creciente, hasta el nivel del cauce antes del proceso de socavación, en metros (m).

α: Coeficiente de sección, definido como:

$$\alpha = \frac{Q_d}{Y_m^{5/3} B_e} \quad [6.3]$$

Q_d: Caudal de diseño asociado al periodo de retorno, en metros cúbicos por segundo (m^3/s).

Y_m: Profundidad media, en metros (m), definida como:

$$Y_m = \frac{A}{B_e} \quad [6.4]$$

A: Área hidráulica, en metros cuadrados (m^2).

B_e: Ancho efectivo de la superficie del agua en la sección transversal, en metros (m). Del ancho total se debe descontar el ancho de las pilas cuando el ángulo de incidencia de la corriente con respecto al eje de la pila es 0. En caso de que la corriente forme un ángulo con las pilas, este valor se debe ajustar. (Figura 6.2).

β: Coeficiente de frecuencia. Este coeficiente toma en cuenta el periodo de retorno T comprendido entre 15 y 1500 años. Para obtener su valor se propone la siguiente expresión (Referencia 6.4):

$$\beta = 0.7929 + 0.0973\ Ln(T) \quad [6.5]$$

μ: Coeficiente de contracción. Este valor se toma de la Tabla 6.1 como una función de la velocidad media del flujo y de la distancia libre entre pilas cuando hay un puente.

ϕ: Coeficiente de corrección por el efecto de la densidad del agua durante la creciente. Para agua clara (clear water) este valor es igual a 1.0. Si la creciente transporta sedimentos en suspensión (lived – bed), este coeficiente se calcula como:

$$\phi = -0.54 + 1.5143\ \gamma_{sm} \quad [6.6]$$

γ_{sm}: Peso específico del agua más sedimento, en toneladas por metro cúbico (T/m^3).

d_m: Diámetro medio de las partículas del material granular, en milímetros (mm). Se calcula como:

$$d_m = 0.01 \sum d_i P_i \quad [6.7]$$

d_i: Diámetro en milímetros (mm) de una fracción de la curva granulométrica del material.

P_i: Peso de esa fracción expresado en porcentaje con respecto al total de la muestra (porcentaje retenido).

Z: Exponente variable que depende del diámetro medio de las partículas del material granular.

$$Z = 0.394557 - 0.0413 \log(d_m) - 0.00891 \log^2 d_m \quad [6.8]$$

Tabla 6.1. - Factor de corrección por contracción del cauce μ (Referencia 6.5)

V (m/s)	LONGITUD LIBRE ENTRE DOS PILAS O ESTRIBOS (m)												
	10	13	16	18	21	25	30	42	62	83	106	124	208
≤1.0	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
1.0	0.96	0.97	0.98	0.98	0.99	0.99	0.99	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
1.5	0.94	0.96	0.97	0.97	0.97	0.98	0.99	0.99	0.99	0.99	1.00	1.00	1.00
2.0	0.93	0.94	0.95	0.96	0.97	0.97	0.98	0.98	0.99	0.99	0.99	0.99	1.00
2.5	0.92	0.93	0.94	0.95	0.96	0.96	0.97	0.98	0.98	0.99	0.99	0.99	1.00
3.0	0.89	0.91	0.93	0.94	0.95	0.96	0.96	0.97	0.98	0.98	0.98	0.98	0.99
3.5	0.87	0.90	0.92	0.93	0.94	0.95	0.96	0.97	0.98	0.98	0.98	0.98	0.99
≥ 4.0	0.85	0.89	0.91	0.92	0.93	0.94	0.95	0.96	0.97	0.98	0.98	0.98	0.99

V = velocidad media en la sección transversal
μ = 1.0 si no hay obstáculos

5.2 Resultados

El análisis de socavación se efectuó mediante la aplicación de metodologías empíricas ajustadas a las condiciones del sitio.

Los resultados obtenidos fueron:

- Socavación general máxima aguas arriba: 0.97 m
- Socavación general máxima aguas abajo: 0.95 m

Estas profundidades reflejan la influencia del flujo incidente y las variaciones de pendiente en el lecho del río.

Imagen 20. Resultados de la modelación sección aguas arriba del puente (K0+50.85)

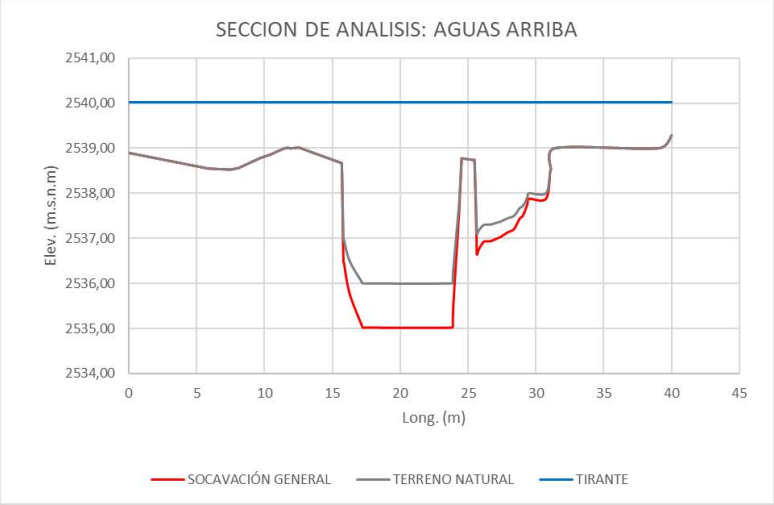


Imagen 21. Resultados de la modelación sección aguas abajo del puente (K0+38.64)



Tabla 5. Resumen de resultados de profundidad de erosión esperada y altura de protecciones

Ubicación	Profundidad estimada de erosión	Empotramiento recomendado	Altura mínima de la protección
	(m)	(m)	(msnm)
Aguas arriba	0,97	1,5	2540,5
Aguas abajo	0,95	1,4	2537,7

6. RECOMENDACIONES DE PROTECCIÓN

6.1 Dimensionamiento de protecciones necesarias

Las protecciones se definen en función del tirante de diseño Y_{100}, la socavación estimada Y_s y el régimen de flujo.

Para el diseño de las protecciones en el **Puente Pueblito Boyacense** se adoptará el criterio geométrico del *HEC-23 (2009, Fig. 6)*, en el cual la extensión horizontal de la protección se relaciona con el tirante de flujo de diseño (y_1), mientras que la profundidad de empotramiento y el espesor del manto se ajustarán en función de la socavación estimada (Y_s).

De esta manera, se garantiza que las protecciones cubran tanto la zona hidráulicamente activa (controlada por el flujo) como la zona potencialmente socavada (controlada por el proceso erosivo local).

Tabla 6. Recomendaciones para protección de fondo (Solera de protección)

PROTECCIÓN DE FONDO – APRON (SOLERA DE PROTECCIÓN)

Ubicación	Condición hidráulica	Velocidad (m/s)	Tirante (y_{100}) (m)	Socavación (y_s) (m)	Longitud total (L) * (m)	Ancho lanzado (W_{ap}=2 Y_{100}) (m)	Empotramiento (E=1,5Y_s) (m)	Espesor (T) (m)	Borde libre (BL) (m)
Aguas arriba (Est. 140)	Subcrítico Fr ≈ 0,31	2,97	1,64	0,97	2,5	3,30	1,5	0,20	0,5
Aguas abajo (Est. 125)	Supercrítico Fr ≈1,67	6,48	1,37	0,95	4,1	2,70	1,4	1,93	0,5

*: Si el flujo es supercrítico L=3xY, si es subcrítido L=1,5xY

Tabla 7. Recomendaciones para protección de márgenes

PROTECCIÓN DE MÁRGENES (REVESTIMIENTO LATERAL)

Ubicación	Condición hidráulica	Velocidad (m/s)	Ancho hidráulico (B) (m)	Socavación (y_s) (m)	Longitud por margen * (L_m=1 a 2B) (m)	Borde libre (BL) (m)	Altura (h) (m)	Ancho de pie (FA=2 Y_{100}) (m)	Espesor (T) (m)
Aguas arriba (Est. 140)	Subcrítico Fr ≈ 0,31	2,97	40	0,97	40,0	0,5	2540,5	3,30	0,20
Aguas abajo (Est. 125)	Supercrítico Fr ≈1,67	6,48	11,94	0,95	23,9	0,5	2537,7	2,70	1,93

*: Si el flujo es supercrítico Lm=2xB, si es subcrítido L=1xB

6.2 Material de protección

Alternativa Enrocado de protección

Una fórmula muy reconocida para estimar el tamaño de roca (mediana o mediana ponderada) para enrocados de protección (riprap) en márgenes, estribos, es la del manual Hydraulic Design of Flood Control Channels del U.S. Army Corps of Engineers.

$$D_{50} = \frac{\tau_0}{(\rho_s - \rho) g \theta_c}$$

con

$$\tau_0 = \rho g y S_f$$

donde:

- D_{50} = diámetro mediano de las rocas (m)
- τ_0 = esfuerzo cortante en el lecho (N/m²)
- ρ = densidad del agua ≈ 1000 kg/m³
- ρ_s = densidad de la roca (ej. 2650 kg/m³ → $\rho_s - \rho \approx 1650\ \mathrm{kg/m^3}$)
- g = gravedad ≈ 9.81 m/s²
- y = tirante de flujo (m)
- S_f = pendiente de energía o fondo (adimensional)
- θ_c = parámetro crítico de Shields (usualmente entre 0.045 y 0.06 para roca)

De acuerdo con las guías internacionales de diseño —HEC-11 y HEC-23 (FHWA, 2009)— el espesor recomendado para mantos de enrocado corresponde a 1.5 D_{50} – 2.0 D_{50}.

Adicionalmente, el Manual EM 1110-2-1601 del U.S. Army Corps of Engineers propone incorporar un margen adicional de 0.15 m 0.30 m para compensar posibles asentamientos o irregularidades del lecho.

Tabla 9. Cálculo de tamaño de roca y espesor del manto de protección aguas arriba

AGUAS ARRIBA		
PARÁMETROS		DESCRIPCIÓN
θc	0,047	parámetro crítico de Shields (usualmente entre 0.045 y 0.06 para roca)
Sf	0,00161	pendiente de energía o fondo (adimensional)
y	1,64	tirante de flujo (m)
g	9,81	gravedad ≈ 9.81 m/s²
ρs	2650	densidad de la roca (2650 kg/m³)
ρ	1000	densidad del agua ≈ 1000 kg/m³
T_0	25,9404	esfuerzo cortante en el lecho (N/m²)
D50	0,03	diámetro mediano de las rocas (m)
	1,10	Factor de seguridad (Entre 1,1 y 1,4) para considerar turbulencias o flujo supercrítico
D50	0,00	diámetro mediano de las rocas recomendado (m)
		Chequeo del espesor del manto de protección
T	0,00	recomendación HEC-11 / HEC-23, Manto simple o doble capa.
T	0,20	recomendación USACE EM 1110-2-1601 Incluye margen de seguridad y asentamiento, mín:0,30m

Tabla10. Cálculo de tamaño de roca y espesor del manto de protección aguas abajo

AGUAS ABAJO		
PARÁMETROS		DESCRIPCIÓN
θc	0,047	parámetro crítico de Shields (usualmente entre 0.045 y 0.06 para roca)
Sf	0,05822	pendiente de energía o fondo (adimensional)
y	1,37	tirante de flujo (m)
g	9,81	gravedad ≈ 9.81 m/s²
ρs	2650	densidad de la roca (2650 kg/m³)
ρ	1000	densidad del agua ≈ 1000 kg/m³
T_0	782,551	esfuerzo cortante en el lecho (N/m²)
D50	1,03	diámetro mediano de las rocas (m)
	1,10	Factor de seguridad (Entre 1,1 y 1,3) para considerar turbulencias o flujo supercrítico
D50	1,10	diámetro mediano de las rocas recomendado (m)
		Chequeo del espesor del manto de protección
T	1,93	recomendación HEC-11 / HEC-23, Manto simple o doble capa.
T	1,90	recomendación USACE EM 1110-2-1601 Incluye margen de seguridad y asentamiento, mín:0,30m

En consecuencia, se adopta como espesor de diseño del manto de protección T = 1.90 m para el margen aguas abajo con un D_{50} de 1.10 m, valor que satisface los requerimientos de estabilidad hidráulica frente a la socavación y garantiza una adecuada durabilidad estructural bajo las condiciones de flujo asociadas al período de retorno de 100 años.

6.3 Recomendación de protección

Con base en los resultados de la modelación hidráulica del río Chiticuy para el caudal de diseño de 100,60 m³/s, así como en las afectaciones y patologías identificadas en el informe geotécnico, se formulan las siguientes recomendaciones de protección orientadas a mitigar procesos erosivos, garantizar la estabilidad de las márgenes y preservar la integridad de la estructura del puente.

La modelación evidenció una transición del régimen hidráulico desde condiciones subcríticas aguas arriba (Fr < 0,5), hacia condiciones críticas y supercríticas en el entorno del puente y aguas abajo (Fr ≈ 1,0 a 1,7), con incrementos significativos de la velocidad del flujo, del esfuerzo cortante y de la potencia específica, particularmente en la margen derecha aguas abajo. Estas condiciones explican las patologías observadas en campo y fundamentan la necesidad de intervenciones selectivas.

1. Protección con gaviones en la margen izquierda aguas arriba

Se recomienda la construcción de una protección con gaviones en la margen izquierda aguas arriba del puente, con una longitud aproximada de 28,0 m, empotramiento de 1,0 m y un nivel superior de la protección a la cota 2538,0 m.

Esta recomendación se justifica en que, de acuerdo con la modelación hidráulica, el tramo aguas arriba presenta un régimen predominantemente subcrítico, con valores de número de Froude bajos (del orden de 0,22 a 0,49), velocidades moderadas y esfuerzos cortantes relativamente contenidos. Estas condiciones permiten el uso de soluciones flexibles por gravedad, como los gaviones, sin que se genere un incremento significativo de la energía del flujo ni un riesgo elevado de desestabilización.

Desde el punto de vista geotécnico, el informe identifica procesos de erosión superficial y pérdida de confinamiento lateral en esta margen, asociados a la acción prolongada del flujo y a la vulnerabilidad del material del talud. La protección con gaviones permitirá estabilizar el pie del talud, absorber deformaciones diferenciales y disipar energía, reduciendo el riesgo de socavación progresiva y de retroceso de la margen.

2. Construcción de aleta en concreto reforzado en la margen derecha aguas abajo

Se recomienda la construcción de una aleta en concreto reforzado en la margen derecha aguas abajo del puente, como elemento estructural de confinamiento y control hidráulico.

La modelación hidráulica muestra que en este sector se concentran las mayores velocidades del flujo (hasta aproximadamente 6,5 m/s), valores elevados del número de Froude (hasta ≈1,7) y esfuerzos cortantes muy superiores a los observados aguas arriba. Estas condiciones generan una fuerte acción erosiva localizada en la salida del puente, donde el flujo se acelera y cambia de régimen.

El informe geotécnico reporta afectaciones en esta margen, asociadas a pérdida de material de soporte y vulnerabilidad del relleno, lo que compromete el confinamiento lateral del cauce y puede afectar indirectamente la estabilidad del acceso y de la estructura. En este contexto, una aleta en concreto reforzado resulta necesaria para garantizar un control rígido del flujo, definir geométricamente la sección de salida y evitar procesos de erosión localizada que no pueden ser mitigados adecuadamente con soluciones flexibles.

3. Protección con enrocado en la margen derecha aguas abajo

Complementariamente, se recomienda la implementación de una protección con enrocado en la margen derecha aguas abajo, con una longitud aproximada de 18,0 m, diámetro medio del material D50 = 1,10 m, espesor de la capa T = 1,90 m, empotramiento de 1,0 m y nivel superior de la protección a la cota 2536,5 m.

Esta medida se justifica en las condiciones hidráulicas más severas del tramo, caracterizadas por régimen supercrítico, altas velocidades y elevados esfuerzos cortantes, que favorecen la socavación del lecho y de la margen si no se dispone de una protección de alta resistencia. El enrocado propuesto permite disipar energía, proteger el pie del talud y actuar como una transición robusta entre el cauce natural y la estructura rígida de la aleta.

Desde el enfoque geotécnico, esta protección responde a las patologías identificadas en la margen derecha aguas abajo, donde se evidencia susceptibilidad a la erosión y pérdida de material por acción directa del flujo. El empotramiento propuesto garantiza la estabilidad del sistema frente a procesos de socavación incipiente, mientras que el espesor definido proporciona un factor de seguridad adecuado frente al arrastre del material.

Imagen 26. Intervenciones recomendadas para Puente Pueblito Boyacense



En conjunto, las medidas recomendadas conforman un sistema integral de protección, en el cual las soluciones flexibles se disponen en zonas de menor energía y las soluciones rígidas o de mayor peso específico se concentran en los sectores de mayor solicitación hidráulica, asegurando la estabilidad del cauce y la funcionalidad del puente bajo escenarios de creciente.

7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

7.1 CONCLUSIONES

La cuenca del río Chiticuy presenta características típicas de un sistema de alta montaña, con pendientes pronunciadas, marcada variación altimétrica y un cauce con comportamiento torrencial, lo que condiciona una respuesta hidráulica energética durante eventos de creciente y un alto potencial erosivo en el entorno del puente.

El análisis hidrológico permitió estimar un caudal de diseño de 100,60 m³/s para un período de retorno de 100 años, el cual representa una condición crítica adecuada para la evaluación hidráulica y de socavación del Puente Pueblito Boyacense.

Debido a la geometría particular del cruce, con comportamiento hidráulico similar al de una estructura cerrada o alcantarilla, la modelación hidráulica unidimensional (1D) en HEC-RAS resultó ser la metodología más apropiada para representar de forma realista las condiciones de flujo, las pérdidas de energía y la transición de regímenes hidráulicos en el entorno del puente.

Los resultados hidráulicos evidencian que el puente actúa como un elemento de control hidráulico, generando una transición desde un régimen predominantemente subcrítico aguas arriba hacia condiciones críticas y supercríticas en el eje y aguas abajo de la estructura.

En la sección aguas arriba (K0+50.85) se identifican velocidades moderadas, valores bajos del número de Froude (≈0,31), esfuerzos cortantes relativamente contenidos y un comportamiento hidráulico estable, sin concentraciones extremas de energía.

En contraste, en la sección aguas abajo (K0+38.64) se presentan altas velocidades, valores elevados del número de Froude (≈1,67), esfuerzos cortantes del orden de 836 N/m² y potencias específicas significativamente altas, lo que confirma un escenario hidráulico altamente agresivo para el lecho y las márgenes.

El análisis del número de Froude a lo largo del tramo confirma la existencia de una transición hidráulica clara: flujo subcrítico aguas arriba, condición cercana al crítico en el entorno del puente y régimen supercrítico inmediatamente aguas abajo, seguido de una disipación progresiva de la energía más abajo del tramo.

El estudio de socavación indica profundidades relevantes de erosión general y local, con una socavación total cercana al puente de hasta 0.97 m, lo que resalta la necesidad de considerar adecuadamente la protección del lecho y de las márgenes, especialmente en los sectores de mayor energía hidráulica.

Las afectaciones y patologías identificadas en el informe geotécnico guardan coherencia con los resultados hidráulicos, particularmente en la margen derecha aguas abajo, donde se concentran los mayores esfuerzos hidráulicos y el mayor riesgo de erosión y desestabilización.

7.2 RECOMENDACIONES

Adoptar como criterio de diseño hidráulico y de protección las condiciones más severas registradas en la modelación, correspondientes al régimen supercrítico y a los mayores esfuerzos cortantes observados aguas abajo del puente, dado que este sector controla el comportamiento erosivo del sistema.

Implementar la protección con gaviones en la margen izquierda aguas arriba, con una longitud de 28,0 m, empotramiento de 1,0 m y nivel superior a la cota 2538,0 m, aprovechando que el régimen hidráulico en este tramo es subcrítico y permite el uso de soluciones flexibles por gravedad, compatibles con los procesos de deformación y asentamiento del talud.

Ejecutar la construcción de una aleta en concreto reforzado en la margen derecha aguas abajo, como medida estructural prioritaria para garantizar el confinamiento del flujo, controlar la geometría hidráulica de salida y evitar la erosión localizada asociada a las altas velocidades y esfuerzos cortantes identificados en la modelación.

Complementar la aleta con una protección en enrocado en la margen derecha aguas abajo, con longitud de 18,0 m, D_{50} = 1,10 m, espesor T = 1,90 m, empotramiento de 1,0 m y nivel superior a la cota 2536,5 m, asegurando una transición hidráulica robusta entre la estructura rígida y el cauce natural.

Garantizar que todas las protecciones propuestas consideren la profundidad de socavación estimada, tanto general como local, y que los empotramientos y espesores adoptados sean suficientes para mantener la estabilidad aún bajo escenarios de erosión incipiente o progresiva.

Realizar inspecciones periódicas posteriores a eventos de creciente significativa, con el fin de verificar el comportamiento de las protecciones, detectar posibles procesos de socavación residual y evaluar la necesidad de ajustes o mantenimientos preventivos.

Mantener el cauce libre de obstrucciones, acumulación excesiva de material y vegetación que puedan reducir la sección hidráulica efectiva y modificar desfavorablemente el régimen de flujo en las aproximaciones al puente.

8. BIBLIOGRAFÍA

1.) FEDERAL HIGHWAY ADMINISTRATION – FHWA. Bridge Scour and Stream Stability Countermeasures (HEC-23, Third Edition). Washington D.C., USA: U.S. Department of Transportation, National Highway Institute, 2009. 285 p. (FHWA-NHI-09-111).

2.) FEDERAL HIGHWAY ADMINISTRATION – FHWA. Evaluating Scour at Bridges (HEC-18, Fifth Edition). Washington D.C., USA: U.S. Department of Transportation, National Highway Institute, 2012. 290 p. (FHWA-NHI-12-003).

3.) U.S. ARMY CORPS OF ENGINEERS – USACE. Hydraulic Design of Flood Control Channels (Engineering Manual EM 1110-2-1601). Washington D.C., USA: Department of the Army, 1994. 230 p.

4.) INSTITUTO DE HIDROLOGÍA, METEOROLOGÍA Y ESTUDIOS AMBIENTALES – IDEAM. Guía metodológica para la elaboración de mapas de inundación. Bogotá D.C., Colombia: IDEAM, 2017. 96 p.

5.) INSTITUTO DE HIDROLOGÍA, METEOROLOGÍA Y ESTUDIOS AMBIENTALES – IDEAM. Guía para el diseño hidráulico de obras de drenaje transversal en carreteras. Bogotá D.C.: IDEAM; Ministerio de Transporte, 2014.

6.) MINISTERIO DE OBRAS PÚBLICAS – MOP. Manual de diseño de obras fluviales. Santiago de Chile, Chile: MOP, Dirección de Obras Hidráulicas, 2015. 215 p.

7.) ESCARAMEIA, M. River and Channel Protection: Using Riprap and Other Methods. Londres, Reino Unido: Construction Industry Research and Information Association (CIRIA), Report C683, 1998. 380 p.

8.) MELVILLE, B. W.; COLEMAN, S. E. Bridge Scour. Colorado, USA: Water Resources Publications, 2000. 550 p.

9.) INSTITUTO NACIONAL DE VÍAS – INVIAS. Manual de Drenaje para Carreteras, Segunda Edición. Bogotá D.C., Colombia: Ministerio de Transporte, 2018. 480 p.

10.) INSTITUTO DE HIDROLOGÍA, METEOROLOGÍA Y ESTUDIOS AMBIENTALES – IDEAM. Guía Nacional de Modelación del Recurso Hídrico para Aguas Superficiales Continentales. Bogotá D.C., Colombia: IDEAM, 2016. 124 p.

11.) LAURSEN, E. M. Scour at Bridge Crossings. Journal of the Hydraulics Division, ASCE, Vol. 84, No. HY1, 1958, pp. 1–14.

12.) LISCHVAN, E.; LEBEDIEV, A. Scouring around hydraulic structures in alluvial beds. Moscú: Hydrometeoizdat, 1967.

13.) COLORADO STATE UNIVERSITY (CSU). Method for Local Scour at Bridge Piers. Fort Collins, Colorado, USA, 1963.

14.) FROEHLICH, D. C. Analysis of Onsite Measurements of Scour at Bridge Piers. Journal of Hydraulic Engineering, ASCE, Vol. 114, No. 6, 1989, pp. 715–736.

-- FIN DEL INFORME TÉCNICO --



INFORME TÉCNICO No.953

INFORME COMPONENTE HIDROLOGÍA, HIDRÁULICA Y SOCAVACIÓN

Diagnóstico y ejecución de obras de emergencia para mitigar el riesgo de daño y/o colapso de puentes ubicados en el departamento por la afectación causada por efecto de la ola invernal, declarada en virtud del decreto de calamidad pública No. 0522 de 24 de mayo de 2025. Contrato de obra No. 2833 de 2025

FECHA:	**13 DE ENERO DE 2026 (versión 2)**	
PROYECTO:	**PUENTE PUEBLITO BOYACENSE MUNICIPIO DE DUITAMA - BOYACÁ**	
PREPARADO POR:	**ALBERTO MOUTHON BELLO** **C.C. 73.137.740** **M.P. 13202-47445 BLV** **Especialista en Hidráulica**	**EHINER MONTIEL DIAZ** **C.C. 1.233.496.714** **M.P. 091037-0592674 CND** **Ingeniero Modelador**

1. PRESENTACIÓN

El presente documento corresponde al análisis hidrológico, hidráulico y de socavación del **Puente Pueblito Boyacense**, localizado en la vía Duitama - Pueblito Boyacense, dentro del marco del Contrato de obra No. 2833 de 2025, ejecutado en desarrollo del Decreto de Calamidad Pública No. 0522 del 24 de mayo de 2025.

El propósito es diagnosticar el comportamiento hidráulico del cauce y las condiciones de estabilidad frente a procesos de socavación, a fin de sustentar técnicamente las medidas de mitigación que garanticen la funcionalidad y seguridad de la estructura.

Imagen 1. Localización general en el Departamento de Boyacá

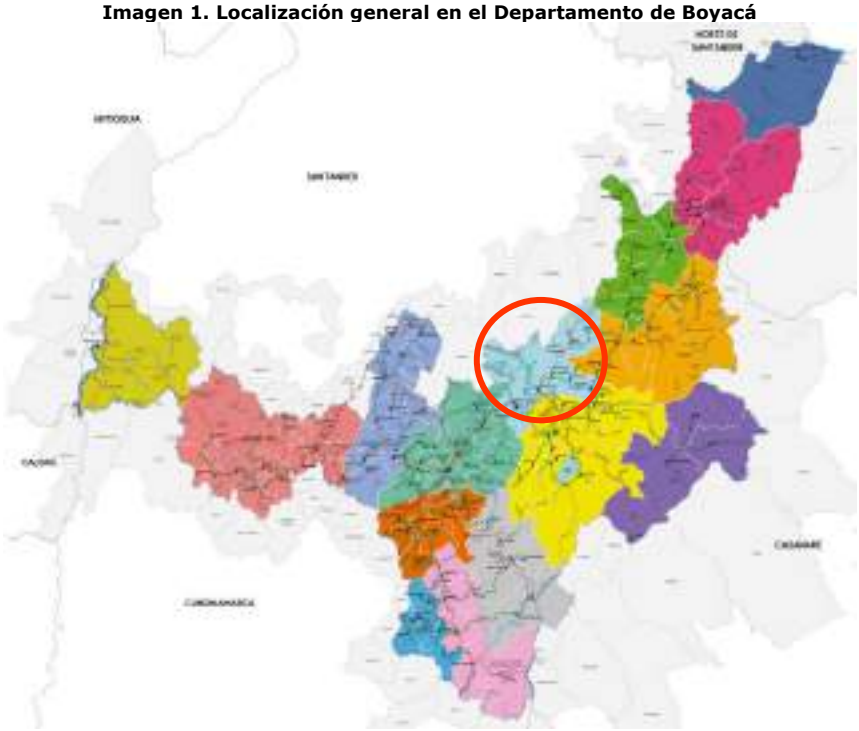


Imagen 2. Panorámica del sitio de implantación del puente



Tabla 1. Descripción general del puente

Ítem	Descripción
Vía / Tramo	Municipio de Duitama hacia Pueblito Boyacense
Municipio / Departamento	Duitama / Boyacá
Coordenadas (WGS84)	Lat [5° 49.563'N] Long [73° 1.307'O]
Cota aproximada (msnm)	2520
Cauce / Río	Rio Chiticuy
Altura de gálibo (m)	5.0
Ancho de calzada (m)	7.0
Longitud total (m)	10.0
Número de luces	1
Número de apoyos	2
Material dominante	Concreto
Tipo estructural	Simplemente apoyado

Tomado de informe de diagnóstico geotécnico, Consorcio PEB-JI

2. MORFOLOGÍA E INFORMACIÓN DE LA CUENCA

La cuenca hidrográfica asociada al Puente Pueblito Boyacense presenta características propias de sistemas de montaña andinos, con pendientes pronunciadas, marcada variabilidad altitudinal y una geometría alargada que condiciona su respuesta hidrológica e hidráulica frente a eventos de precipitación intensa.

La cuenca cuenta con una longitud aproximada de 12,69 km y una longitud de cauce principal de 16.788,63 m, lo que evidencia un sistema de drenaje relativamente extendido y con desarrollo longitudinal significativo. El área de la cuenca es de 74,86 km², con un ancho medio de 5,90 km, lo que corresponde a una cuenca de tamaño medio, con capacidad para concentrar caudales importantes hacia el punto de cruce del puente.

El perímetro de la cuenca (40,47 km), junto con un factor de forma de 0,27, indica una cuenca claramente alargada, lo que tiende a atenuar los picos de crecida en comparación con cuencas más compactas. No obstante, el coeficiente de compacidad de 1,32 y el índice de alargamiento de 2,15 reflejan que, aunque la geometría favorece una respuesta hidrológica algo más distribuida en el tiempo, el relieve y la pendiente del cauce pueden generar incrementos rápidos de caudal durante tormentas intensas y prolongadas.

Tabla 2. Parámetros morfométricos de la cuenca

ID		Nombre	Punto crítico
Longitud		(Km)	12,69
Longitud Cauce		(m)	16788,63
Área		(Km^2)	74,86
Ancho		(Km)	5,90
Perímetro		(Km)	40,47
Factor Form			0,27
Coeficiente de compasidad			1,32
Índice de alargamiento			2,15
Altura Máxima		(m)	3930
Altura Mínima		(m)	2510
Pendiente		%	8,46
Tiempo de concentración	Giandotti	min	119,00
	Témez	min	100,04
	CCP	min	90,39
	Clark	min	540,37
	Adoptado	min	119,00
Lag time		min	71,40
CN			65
Abstracción inicial		mm	27,49

Desde el punto de vista altimétrico, la cuenca presenta un rango significativo, con alturas máximas cercanas a 3.930 m s.n.m. y mínimas de 2.510 m s.n.m., lo que confirma un entorno de alta montaña. Este contraste altitudinal se traduce en una pendiente media del cauce del 8,46 %, característica de cauces torrenciales, con alta energía específica, capacidad de transporte de sedimentos gruesos y propensión a procesos de erosión y socavación lateral.

El análisis de los tiempos de concentración, calculados mediante diferentes metodologías, arroja valores del orden de:

- Giandotti: 119,00 min
- Témez: 100,04 min
- CCP: 90,39 min
- Clark: 540,37 min

Con base en estos resultados, se adopta un tiempo de concentración de 119,00 minutos, representativo de una cuenca que, aunque no es extremadamente rápida, puede responder con relativa prontitud ante eventos de lluvia intensa, especialmente en las zonas altas donde la pendiente es más marcada. El lag time estimado de 71,40 minutos refuerza esta condición, indicando un desfase moderado entre el inicio de la lluvia efectiva y la ocurrencia del caudal pico.

En cuanto a las condiciones de infiltración, el Curve Number (CN) de 65 sugiere una capacidad de infiltración moderada, típica de cuencas con coberturas mixtas y suelos parcialmente permeables. La abstracción inicial de 27,49 mm indica que una fracción importante de la precipitación puede

ser retenida inicialmente por interceptación, almacenamiento superficial y humedad antecedente, aunque esta capacidad se reduce de forma significativa durante eventos prolongados o lluvias sucesivas.

En conjunto, la cuenca del Río Chiticuy en el sector del Puente Pueblito Boyacense se caracteriza por:

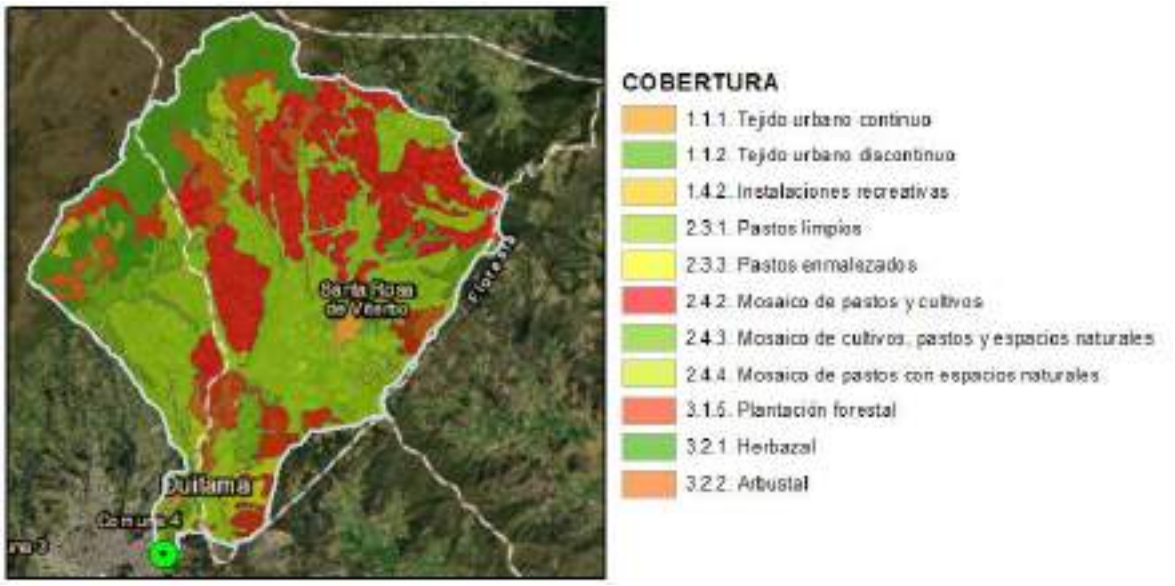
- Geometría alargada con drenaje bien definido.
- Pendientes elevadas y comportamiento hidráulico energético.
- Capacidad de generar caudales significativos durante crecientes.
- Potencial para procesos de erosión lateral y transporte de sedimentos gruesos.

Estas condiciones morfológicas constituyen un insumo fundamental para la interpretación de los resultados hidráulicos y para la evaluación de los procesos de socavación e inestabilidad observados en las márgenes y estructuras de confinamiento asociadas al puente.

Imagen 3. Cuenca aferente de la zona en estudio



Imagen 4. Definición de coberturas en la cuenca aferente de la zona en estudio



3. ANÁLISIS HIDROLÓGICO

3.1 Información base

Se utilizó información pluviográfica de la estación Tibaná (código 35070040) y las curvas IDF regionales del IDEAM (Región Andina R1) con parámetros:

a = 0.94, b = 0.18, c = 0.66, d = 0.83.

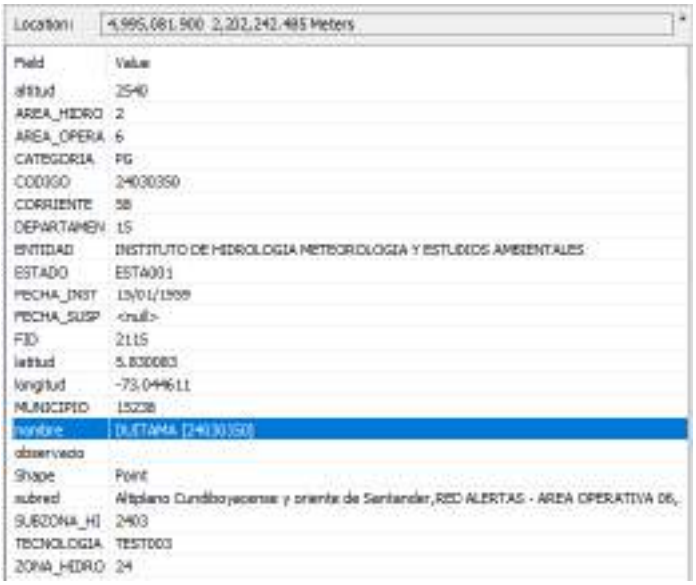
Ecuación general de la intensidad:

$$i(T_r, t) = \frac{a \cdot T_r^b}{(t + c)^d}$$

Donde:

i = intensidad (mm/h)
$T\mathrm{r}$ = período de retorno (años)
t = duración de la lluvia (min)

Imagen 5. Características de la Estación Duitama (código 24030350)



A partir de la relación anterior se calcularon las intensidades para diferentes duraciones y períodos de retorno, construyendo los hietogramas de diseño mediante el método SCS.

Tabla 3. Precipitaciones máximas en 24h. Estación Duitama (código 24030350)

LOCALIZACIÓN:	Duitama, Boyacá	**DESCRIPCIÓN:**	Serie diaria máxima

DATOS DE LA ESTACIÓN

NOMBRE	DUITAMA	**ENTIDAD**	IDEAM	**CORRIENTE**	NA	**ALTITUD**	2540
CODIGO	24030350	**D/MENTO**	BOYACÁ	**NORTE**	5,830083	**ESTADO**	Activa
CATEGORÍA	PG	**MUNICIPIO**	DUITAMA	**ESTE**	-73,044611		

Precipitación máxima 24 H

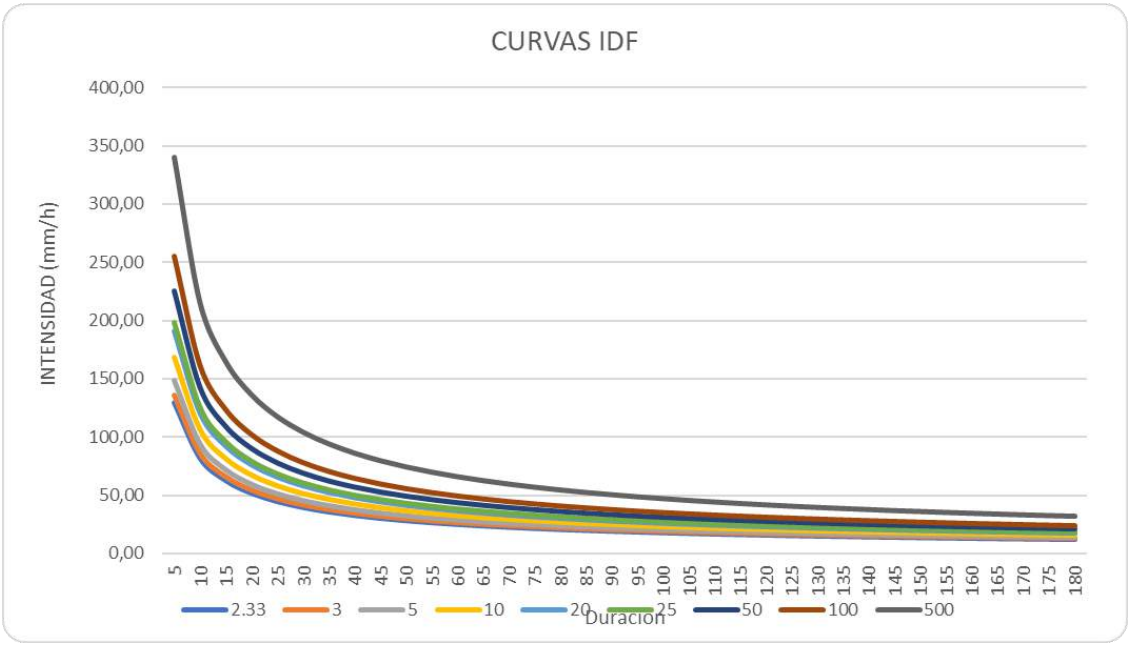
Año	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembr	Octubre	Noviembre	Diciembre	Promedio	Maximos
2000	10	50,5	14,5	37,7	23	27,5	13	10	15,2	21	11,5	3,1	19,75	50,50
2001	1,2	8,2	28,1	1,1	37	7,8	19	7,4	27,3	24,5	13,1	27,7	16,87	37,00
2002	1,9	10,2	25,4	24,3	22	17	4,7	9,5	13,7	13,7	13,2	14,5	14,18	25,40
2003	5,5	17,5	19,5	16	30,9		11						16,73	30,90
2004	0	6,2	13,6		28,1	7,3	10,6	4,7	41	17	26,5		15,50	41,00
2005											72	13,4	42,70	72,00
2006	19,8	15,6	22,5	23,9	22,3	18,5	12,5	16	7,5	23,9	36,6	14,5	19,47	36,60
2007	12,7	9,4	34,4	23,4	24,5	13,8	16,1	27,8	6,8	25,7	26,4	17,5	19,88	34,40
2008	13,4	5,5	57,8	38,8	36,1	26,4	18,1	37,4	12,2	18,1			26,38	57,80
2009	12,3	19,4	21,9	42,1	14,7	17,9	5,1	12,5	17,7	25,5	22,8	14,8	18,89	42,10
2010	7,4	10,3	25,1	46,8	21,7	17,8	37,6	10	15,5	28,5	19,8	11,1	20,97	46,80
2011	10,3	36,7	30,2	37	47,5	13,1	12,1	37,7	19	24,6	44,4	32,1	28,73	47,50
2012	17,4	8,1	17,5	50,8	23,8	21,4	9	15	6,2	26,5	16,1	8,9	18,39	50,80
2013	3,1	26,1	10,2	27,5	23,4	10	12,3	23	14,4	20,8	16,6	10,2	16,47	27,50
2014	7,4	19	23,5	36,8	24,9	6,6	6,8	7	28,2	27,5	11,8	15,3	17,90	36,80
2015	11,5	6	6,7	23,2	9,2	9,6	14,9	13,2	12,8	17,1			12,42	23,20
2016	26,2	4,2	26,4	32,3	29,7	12,5	12,8	3,2	34,6	49,7	39,5	36,6	25,64	49,70
2017	12,1	13,2	34,5	30,4	50,7	22,5	11,1	26,3	14,5	18,1	6,2	17,7	21,44	50,70
2018	15,3	11	32,1	26,1	53,3	7,8	16,5	18	22,5	26,5	43,5	7,5	23,34	53,30
2019	9,1	15,5	29,5	28,5	38,5	5,3	8,2	13,7	24	54,9	25,1	22,5	22,90	54,90
2020	16,1	4,7	9,3	10,5	19,9	16,6	10,2	12	15,1	15,2	38	17,6	15,43	38,00
2021	30,2	11	29,8	39	30,7	23	9,5	27	20,6	25,5	23,1	11	23,37	39,00
2022	8	38	19,5	28	18,5	18,1	17	16	47	15,5	27,5	17,6	22,56	47,00
2023	19	13	29	28	16,3	16	11	14,3	23	47	29,5	13,2	21,61	47,00
2024	2,2	16,5	10,5	34,5	24,5	14	7	8	47,5	29,8	24,5	16,8	19,65	47,50
2025	14,2	28,4	35	18,4	46,5	17,1	8	12	18,6	25,1	5,1		20,76	46,50

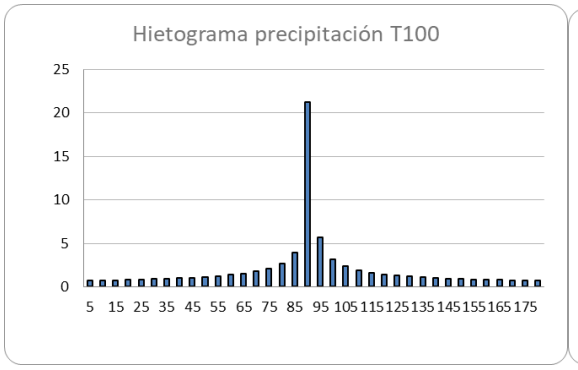
	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembr	Octubre	Noviembre	Diciembre	
Medios	11,45	16,17	24,26	29,38	28,71	15,32	12,56	15,90	21,04	25,90	25,77	16,36	43,61
Maximos	30,2	50,5	57,8	50,8	53,3	27,5	37,6	37,7	47,5	54,9	72	36,6	
Minimos	0	4,2	6,7	1,1	9,2	5,3	4,7	3,2	6,2	13,7	5,1	3,1	

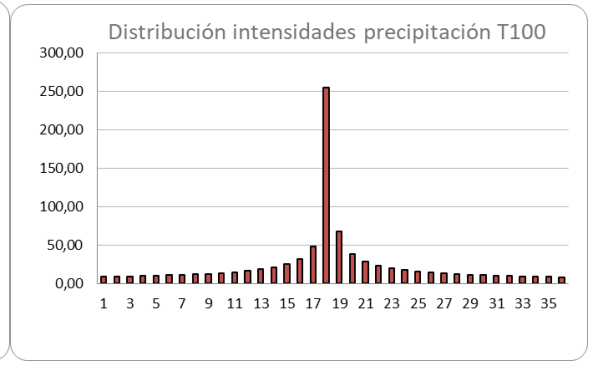
Tabla 4. Datos para construir Curvas IDF Estación Duitama (código 24030350)

	Periodo de retorno en Años								
T (min)	2,33	3	5	10	20	25	50	100	500
5	129,53	135,56	148,62	168,37	190,74	198,56	224,94	254,83	340,46
10	81,98	85,79	94,06	106,56	120,72	125,66	142,36	161,28	215,47
15	62,73	65,65	71,97	81,54	92,37	96,16	108,94	123,41	164,88
20	51,88	54,30	59,53	67,44	76,40	79,53	90,10	102,07	136,37
25	44,78	46,86	51,37	58,20	65,94	68,64	77,76	88,09	117,69
30	39,70	41,55	45,55	51,60	58,46	60,86	68,94	78,10	104,35
35	35,86	37,53	41,14	46,61	52,81	54,97	62,27	70,55	94,26
40	32,84	34,36	37,67	42,68	48,35	50,33	57,02	64,60	86,30
45	30,38	31,79	34,86	39,49	44,73	46,57	52,76	59,77	79,85
50	28,34	29,66	32,51	36,83	41,73	43,44	49,21	55,75	74,49
55	26,61	27,85	30,53	34,59	39,19	40,79	46,21	52,35	69,94
60	25,13	26,30	28,83	32,66	37,00	38,51	43,63	49,43	66,04
65	23,83	24,94	27,34	30,98	35,09	36,53	41,39	46,89	62,64
70	22,70	23,75	26,04	29,50	33,42	34,79	39,41	44,65	59,65
75	21,69	22,69	24,88	28,19	31,93	33,24	37,66	42,66	57,00
80	20,78	21,75	23,84	27,01	30,60	31,85	36,09	40,88	54,62
85	19,97	20,89	22,91	25,95	29,40	30,60	34,67	39,28	52,48
90	19,23	20,12	22,06	24,99	28,31	29,47	33,39	37,82	50,53
95	18,55	19,42	21,29	24,11	27,32	28,44	32,22	36,50	48,76
100	17,93	18,77	20,58	23,31	26,41	27,49	31,15	35,28	47,14
105	17,37	18,17	19,93	22,57	25,57	26,62	30,16	34,17	45,65
110	16,84	17,63	19,32	21,89	24,80	25,82	29,25	33,13	44,27
115	16,35	17,12	18,76	21,26	24,08	25,07	28,40	32,17	42,99
120	15,90	16,64	18,24	20,67	23,42	24,38	27,61	31,28	41,80
125	15,48	16,20	17,76	20,12	22,79	23,73	26,88	30,45	40,68
130	15,08	15,79	17,31	19,61	22,21	23,12	26,19	29,67	39,65
135	14,71	15,40	16,88	19,12	21,66	22,55	25,55	28,94	38,67
140	14,36	15,03	16,48	18,67	21,15	22,02	24,94	28,26	37,75
145	14,03	14,69	16,10	18,24	20,67	21,51	24,37	27,61	36,89
150	13,72	14,36	15,75	17,84	20,21	21,04	23,83	27,00	36,07
155	13,43	14,06	15,41	17,46	19,78	20,59	23,32	26,42	35,30
160	13,15	13,76	15,09	17,09	19,37	20,16	22,84	25,87	34,57
165	12,89	13,49	14,79	16,75	18,98	19,75	22,38	25,35	33,87
170	12,64	13,22	14,50	16,42	18,61	19,37	21,94	24,86	33,21
175	12,40	12,97	14,22	16,11	18,25	19,00	21,53	24,39	32,58
180	12,17	12,73	13,96	15,82	17,92	18,65	21,13	23,94	31,98

Imagen 6. Curvas IDF, hietograma y distribución de intensidades Estación Duitama (código 24030350)







3.2 Cálculo de escorrentía efectiva (Método SCS-CN)

Con base en los parámetros de cobertura del suelo, se estimó la **curva número (CN)** correspondiente y se determinó el volumen de escorrentía.

Almacenamiento potencial:

$$S = \frac{25400}{CN} - 254$$

Abstracción inicial:

$$I_a = 0.2S$$

Lluvia efectiva:

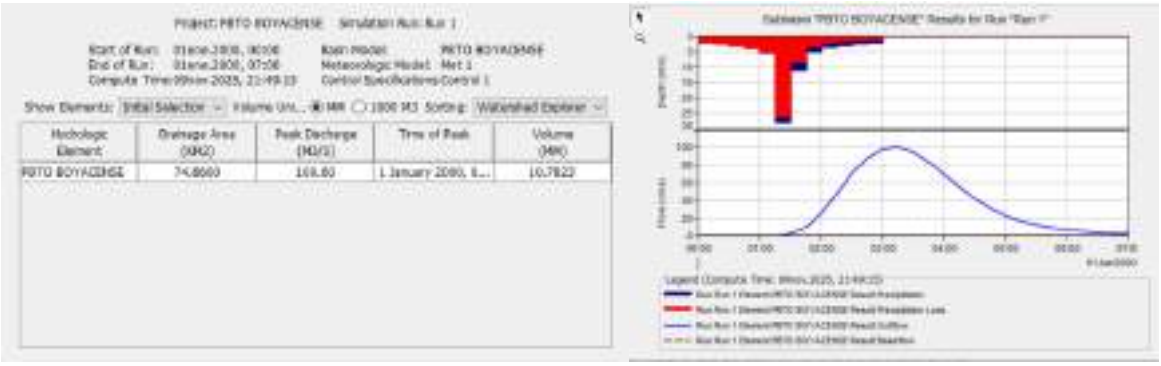
$$P_e = \frac{(P - I_a)^2}{P - I_a + S} \quad \text{para } P > I_a$$

3.3 Caudal de diseño

El caudal de validación fue estimado a partir de la modelación hidrológica con base en los parámetros de la cuenca del **Río Chiticuy**, aplicando el método SCS-CN y los hietogramas generados con la curva IDF.

El cálculo del tiempo de concentración (Tc) se realizó con base en la pendiente media y la longitud del cauce principal.

Imagen 7. Imagen de recorte de salida del HEC-HMS de cálculo del caudal pico



A partir de estos valores, el modelo determinó el caudal pico de diseño asociado al periodo de retorno de 100 años, empleado posteriormente para el análisis hidráulico y de socavación.

Este caudal representa la condición más crítica y sirve de referencia para evaluar la estabilidad del cauce y la magnitud de la socavación proyectada.

$$Q_{max} = 100.60\ m^3/s$$

4. ANÁLISIS HIDRÁULICO

4.1 Modelación lineal

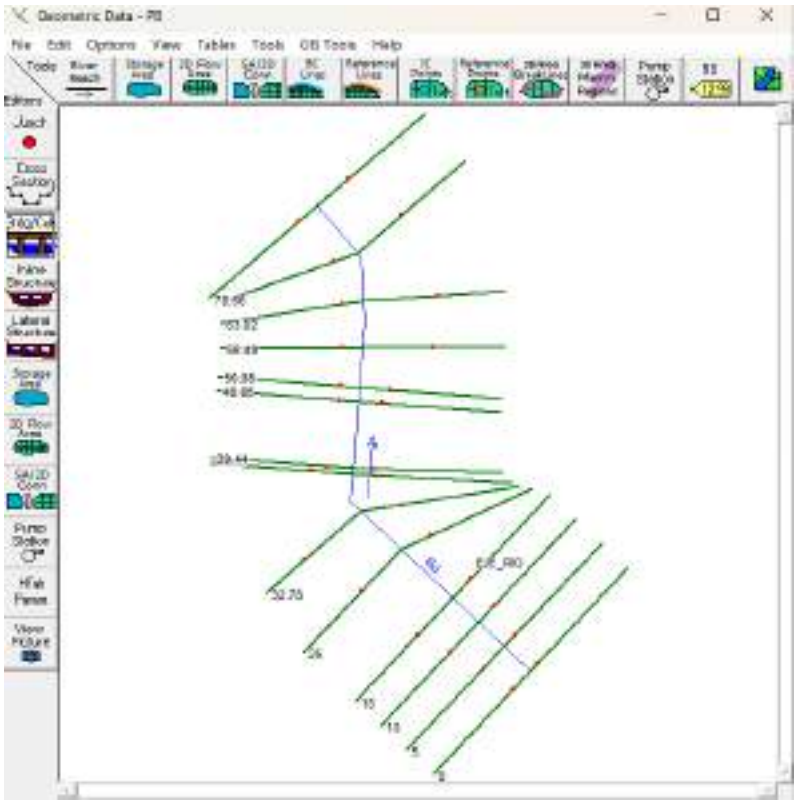
Debido a la geometría particular del cruce hidráulico en el Puente Pueblito Boyacense, cuya sección presenta un comportamiento cercano al de una estructura cerrada de tipo circular, similar al funcionamiento hidráulico de una alcantarilla, fue necesario implementar una modelación hidráulica unidimensional (lineal) en HEC-RAS. Esta condición geométrica impide representar adecuadamente el flujo mediante esquemas bidimensionales o secciones abiertas convencionales, ya que el control hidráulico se concentra en un conducto con confinamiento total o parcial del flujo.

La modelación lineal permitió definir con mayor precisión el eje del flujo, las secciones transversales perpendiculares al eje hidráulico y la transición de condiciones aguas arriba y aguas abajo de la estructura, capturando de forma adecuada los efectos de contracción, aceleración del flujo y control hidráulico propios de este tipo de cruce. De esta manera, se garantiza una representación más realista del comportamiento hidráulico del puente, especialmente bajo eventos de creciente, donde la estructura actúa como un elemento de control similar a una alcantarilla, condicionando los niveles de agua, las velocidades y el régimen de flujo.

Imagen 8. Imagen de alineamientos y secciones transversales exportadas a HEC-RAS



Imagen 9. Imagen de recorte de importación de alineamientos y secciones transversales en HEC-RAS



4.2 Asignación de parámetros

El comportamiento del flujo en el cruce hidráulico del **Puente Pueblito Boyacense** fue analizado mediante la ecuación de Manning, utilizando el modelo hidráulico unidimensional (1D) implementado en el software HEC-RAS, adecuado para representar estructuras con geometría cerrada o cuasi cerrada, como es el caso del puente, cuyo funcionamiento hidráulico es comparable al de una alcantarilla.

La formulación hidráulica empleada se basa en la relación:

$$Q = \frac{1}{n} A R^{2/3} S^{1/2}$$

Donde:

n = coeficiente de rugosidad de Manning (adoptado entre 0,040 y 0,045)

A = área hidráulica de la sección (m²)

R = radio hidráulico (m)

S = pendiente de la línea de energía o del cauce (m/m)

Los parámetros hidráulicos fueron definidos a partir de la geometría levantada en campo, representada mediante secciones transversales perpendiculares al eje del flujo, y considerando las condiciones físicas observadas en el cauce y en la estructura del puente.

El coeficiente de rugosidad de Manning (n) fue asignado teniendo en cuenta el tipo de fondo y de revestimiento existente, caracterizado por materiales granulares, presencia de roca y superficies de concreto en la estructura, así como la vegetación marginal y el grado de irregularidad del cauce. Esta asignación permite representar adecuadamente las pérdidas de energía asociadas al flujo confinado dentro de la estructura y en los tramos de aproximación y salida.

Las condiciones de frontera del modelo incluyeron un caudal impuesto aguas arriba bajo régimen subcrítico y una condición de control aguas abajo, definida a partir del nivel hidráulico correspondiente al cauce receptor. Adicionalmente, se incorporaron los efectos de contracción y expansión del flujo en la zona del puente, propios de una sección cerrada, mediante la adecuada definición de pérdidas locales en el modelo.

La combinación de estos parámetros garantiza que la modelación lineal represente de manera confiable el comportamiento hidráulico real del cruce, permitiendo evaluar los niveles, velocidades, régimen de flujo y condiciones energéticas asociadas a eventos de creciente en el entorno del puente.

4.3 Resultados de la modelación

Imagen 10. Modelación del tablero general

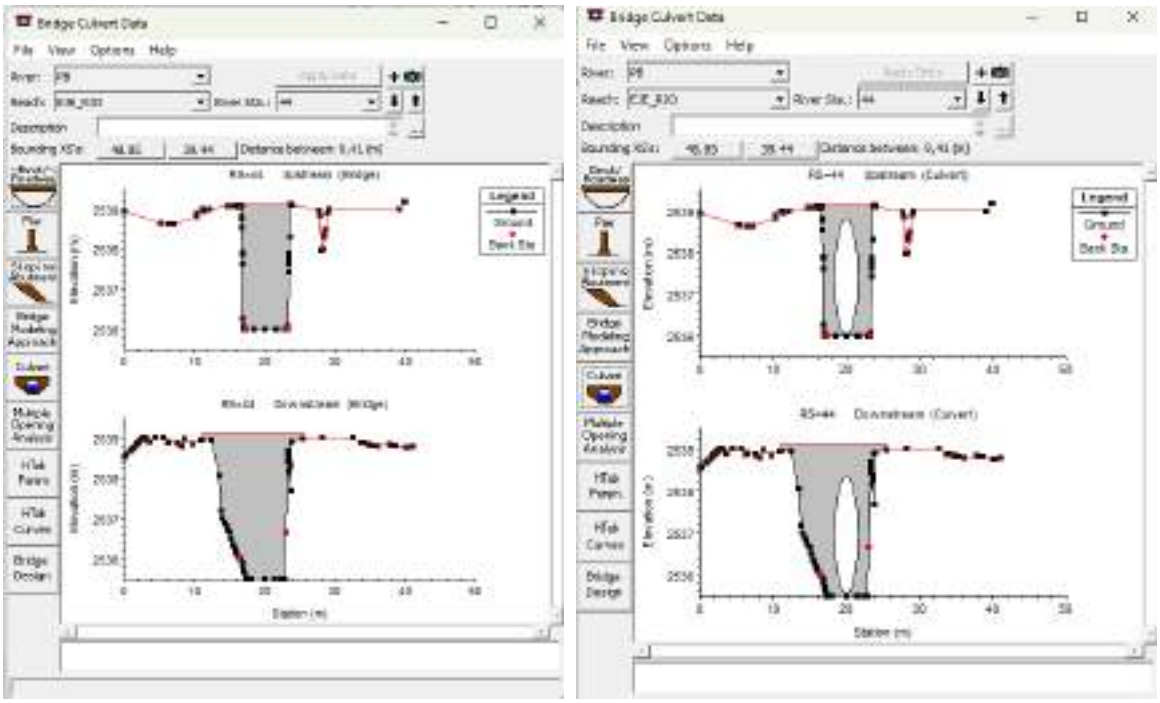
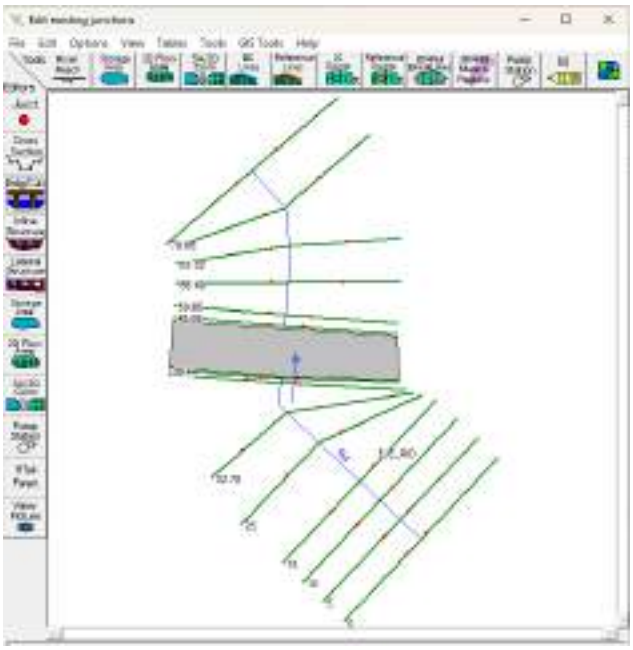


Imagen 11. Visualización en planta del tablero



4.4 Geometría hidráulica del cauce

Se definieron tres secciones de control para la validación hidráulica y de socavación, con el fin de analizar el comportamiento del flujo, los esfuerzos hidráulicos y las condiciones del lecho en el entorno del **Puente Pueblito Boyacense**:

- **Aguas arriba:** corresponde a la sección de aproximación al puente, donde se analizan las condiciones de entrada del flujo, su distribución transversal, posibles zonas de expansión o contracción, y la influencia de los remansos o acumulaciones de energía que pueden modificar el perfil del tirante. Esta zona permite identificar si existe obstrucción o reducción de la sección efectiva que pueda inducir incremento de niveles o desviación de corrientes hacia los estribos.

- **Eje del puente:** representa la sección principal de control estructural e hidráulico, donde el flujo atraviesa el claro del puente. En esta sección se evalúan los parámetros de régimen (velocidad, número de Froude y profundidad hidráulica), la distribución del flujo entre márgenes y canal principal, y los esfuerzos cortantes sobre el lecho y las cimentaciones. Esta información es fundamental para la estimación de la socavación general y localizada, así como para verificar la estabilidad del sistema de drenaje y del lecho bajo el puente.

- **Aguas abajo:** corresponde a la sección de restitución, donde el flujo recupera su régimen natural. En este punto se analizan las condiciones de disipación de energía, la formación potencial de resaltos hidráulicos, y el impacto del chorro principal sobre el lecho y las márgenes del cauce. Esta sección es clave para determinar la necesidad de obras de disipación y protección (enrocados, losas o disipadores) que aseguren la estabilidad de la estructura y del cauce en el tramo de salida

Cada sección fue evaluada con base en las velocidades y tirantes obtenidos, determinando los niveles de energía y la profundidad efectiva del flujo durante la crecida de diseño.

Imagen 12. Resultado general en sección del puente: Capacidad Insuficiente (aguas arriba/Aguas abajo)

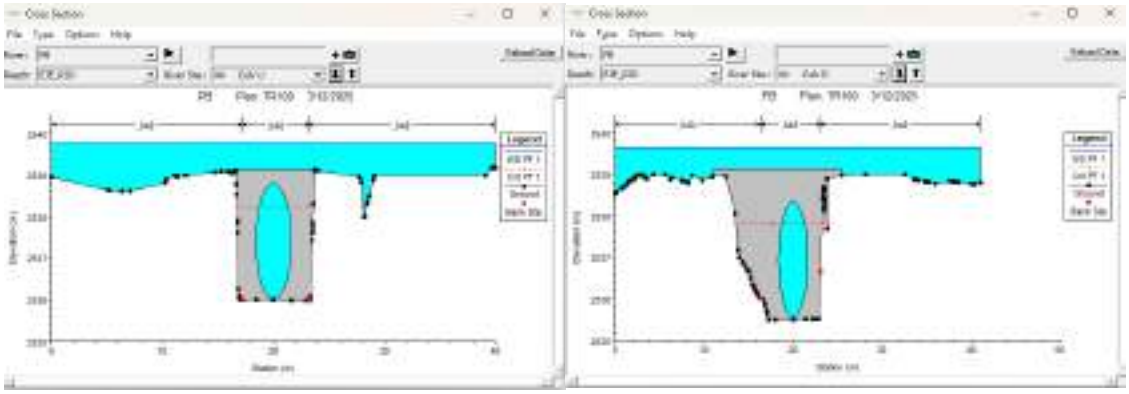


Imagen 14. Resultados de la modelación sección aguas arriba del puente (K0+50.85)

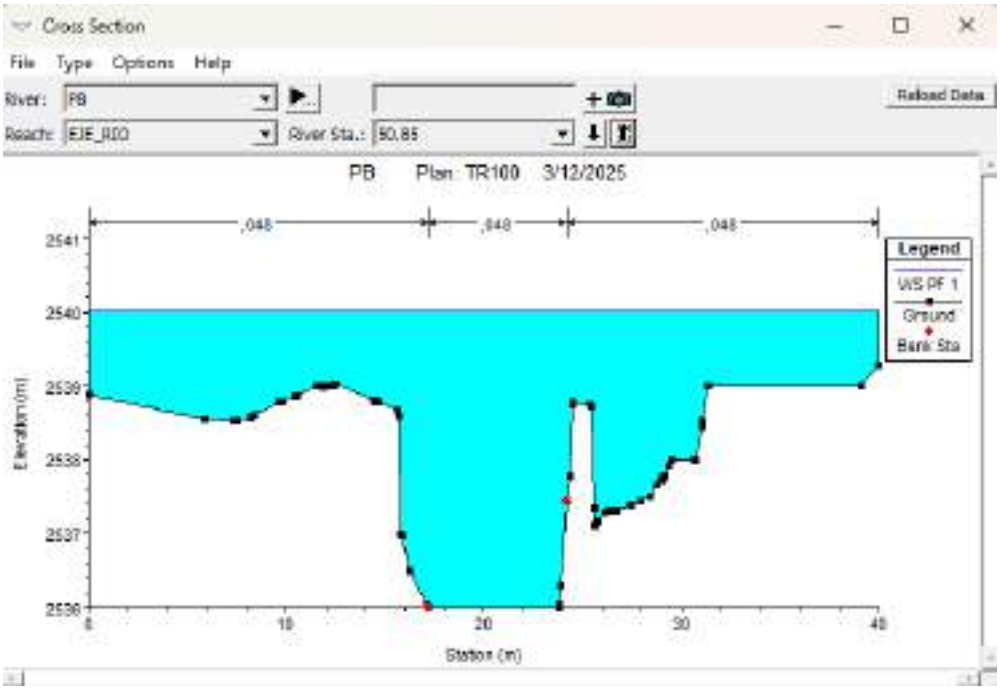
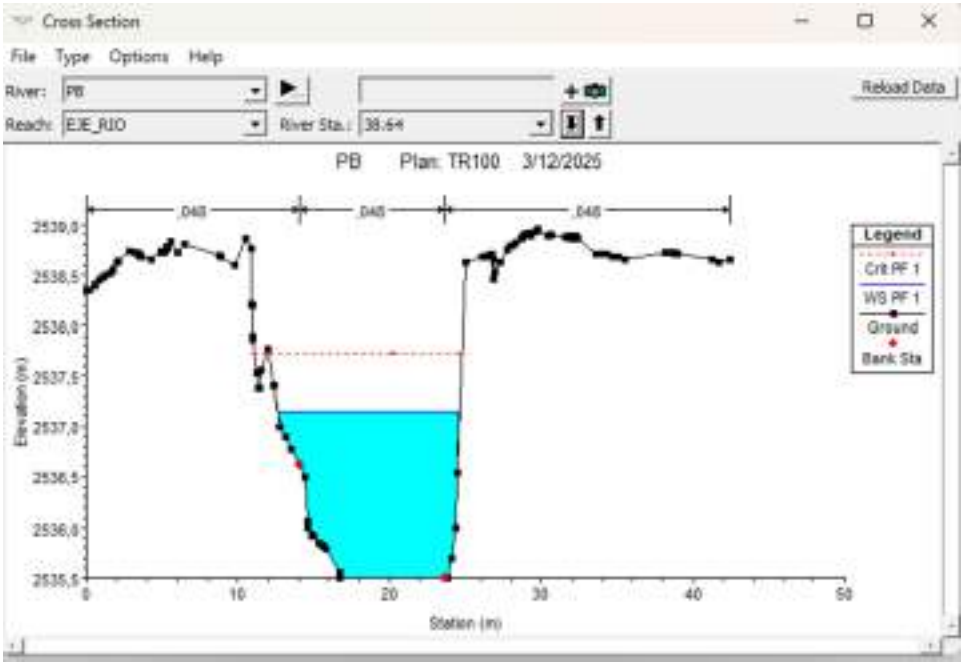


Imagen 15. Resultados de la modelación sección aguas abajo del puente (K0+38.64)



El análisis hidráulico del río Chiticuy, para un caudal de diseño de 100,60 m³/s, se desarrolló considerando dos secciones representativas: la sección K0+50,85, localizada aguas arriba del puente, y la sección K0+38,64, ubicada aguas abajo de la estructura. Los resultados obtenidos mediante el modelo HEC-RAS permiten caracterizar el comportamiento del flujo en el entorno inmediato del cruce y evaluar los posibles efectos hidráulicos y erosivos sobre el cauce y la infraestructura.

En la sección aguas arriba (K0+50,85), el modelo reporta un nivel de lámina de agua de 2540,02 m, con una profundidad hidráulica en el canal principal cercana a 3,98 m y una velocidad media del orden de 1,90 m/s. El esfuerzo cortante en el canal alcanza valores aproximados de 54,30 N/m², mientras que la potencia específica del flujo se sitúa alrededor de 103,44 N/m·s. Estas condiciones reflejan un flujo relativamente estable, con energía moderada, previo a su paso por la estructura, y sin indicios de aceleraciones significativas ni concentraciones extremas de energía en esta sección.

En la sección aguas abajo (K0+38,64) se evidencia un cambio notable en el comportamiento hidráulico del flujo. La lámina de agua desciende hasta una cota cercana a 2537,15 m, mientras que la velocidad media en el canal principal se incrementa de forma importante, alcanzando valores del orden de 6,48 m/s. De manera concomitante, el esfuerzo cortante aumenta significativamente, con valores cercanos a 836,38 N/m², y la potencia específica del flujo se eleva hasta aproximadamente 5.423,05 N/m·s. Este incremento sustancial de la energía del flujo indica una condición hidráulica altamente agresiva para el lecho y las márgenes, asociada a procesos de aceleración y disipación de energía a la salida del puente.

La comparación entre ambas secciones pone en evidencia que el puente actúa como un elemento de control hidráulico, generando una transición desde un régimen relativamente estable aguas arriba hacia un flujo mucho más energético aguas abajo. Este comportamiento es consistente con efectos de contracción y posterior expansión del flujo en la zona del cruce, lo cual explica los elevados esfuerzos cortantes y la alta potencia específica observada en la sección de salida.

En términos generales, el análisis hidráulico confirma que, si bien las condiciones aguas arriba no representan un riesgo hidráulico significativo, la sección aguas abajo del puente concentra los mayores niveles de energía del flujo, constituyéndose en el sector más susceptible a procesos de erosión del lecho y de las márgenes. Por tanto, cualquier evaluación de estabilidad del cauce o definición de medidas de protección debe considerar como escenario de diseño las condiciones hidráulicas registradas aguas abajo de la estructura, donde se presentan las solicitaciones más severas.

Imagen 17. Resultados de la modelación. K0+50.85 aguas arriba del puente

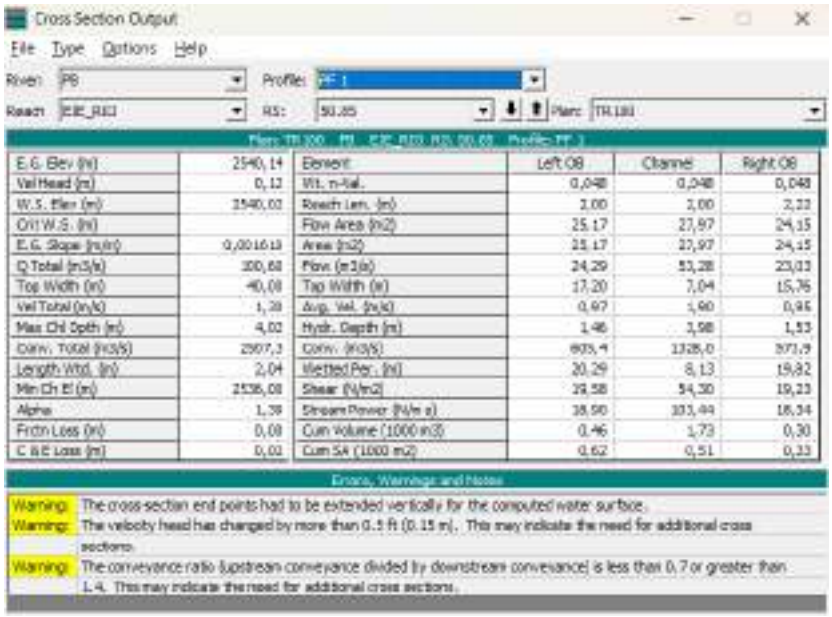
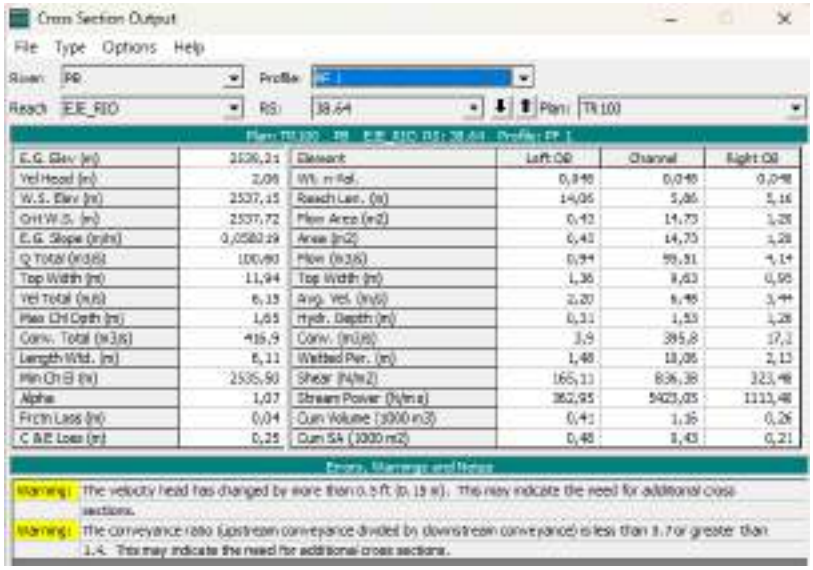


Imagen 18. Resultados de la modelación. K0+38.64 aguas abajo del puente



4.5 Análisis del número de Froude

El número de Froude se calculó con la expresión:

$$Fr = \frac{V}{\sqrt{g\,D_h}}$$

donde:

- V = velocidad media en el canal (dato de HEC-RAS),
- D_h = profundidad hidráulica del canal (Hydr. Depth),
- g = 9.81 m/s².

Imagen 20. Resultados generales de la hidráulica del río en el tramo estudiado

HEC-RAS Plan: TR100 River: PB Reach: EJE_RIO Profile: PF 1

Reach	River Sta	Profile	Q Total	Min Ch El	W.S. Elev	Crit W.S.	E.G. Elev	E.G. Slope	Vel Chnl	Flow Area	Top Width	Froude # Chl
			(m3/s)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m/m)	(m/s)	(m2)	(m)	
EJE_RIO	78.66	PF 1	100,60	2536,50	2537,58	2538,84	2550,14	1,000384	15,82	6,52	10,82	6,14
EJE_RIO	70	PF 1	100,60	2536,50	2540,09	2538,61	2540,17	0,000938	1,40	91,34	39,98	0,25
EJE_RIO	63.02	PF 1	100,60	2536,50	2540,09		2540,16	0,000785	1,28	97,31	40,38	0,23
EJE_RIO	56.49	PF 1	100,60	2536,00	2540,09		2540,15	0,000728	1,29	98,32	40,02	0,22
EJE_RIO	50.85	PF 1	100,60	2536,00	2540,02		2540,14	0,001610	1,90	77,29	40,00	0,31
EJE_RIO	48.85	PF 1	100,60	2536,00	2539,79	2539,52	2540,11	0,003424	2,97	54,85	40,00	0,49
EJE_RIO	44		Culvert									
EJE_RIO	39.44	PF 1	100,60	2535,50	2538,17	2538,17	2539,33	0,019607	4,98	22,04	10,13	0,99
EJE_RIO	38.64	PF 1	100,60	2535,50	2537,15	2537,72	2539,21	0,058219	6,48	16,36	11,94	1,67
EJE_RIO	32.78	PF 1	100,60	2535,50	2538,09	2537,01	2538,28	0,002765	2,04	56,11	30,35	0,41
EJE_RIO	25	PF 1	100,60	2535,00	2538,04		2538,25	0,002973	2,24	54,53	31,82	0,43
EJE_RIO	15	PF 1	100,60	2535,00	2537,99		2538,22	0,002961	2,35	53,40	30,04	0,43
EJE_RIO	10	PF 1	100,60	2534,50	2537,94		2538,21	0,003522	2,56	50,93	29,09	0,47
EJE_RIO	5	PF 1	100,60	2534,50	2537,50	2537,09	2538,14	0,008749	3,95	34,89	28,82	0,73
EJE_RIO	0	PF 1	100,60	2534,50	2537,21	2537,21	2538,06	0,014408	4,75	27,78	17,59	0,93

- Sección K0+50.85 (aguas arriba) Fr≈ 0.31
- Sección K0+38.64 (aguas abajo) Fr≈ 1.67

El análisis del número de Froude a lo largo del tramo modelado evidencia un comportamiento hidráulico variable, con alternancia de regímenes subcríticos, cercanos al crítico y supercríticos, asociado principalmente a cambios en la geometría del cauce y a la presencia del puente como elemento de control hidráulico.

En el tramo aguas arriba del puente, particularmente entre las estaciones K0+78,66 y K0+50,85, los valores del número de Froude se mantienen predominantemente subcríticos, con registros que oscilan aproximadamente entre 0,22 y 0,49, lo que indica un flujo controlado por la profundidad, con velocidades moderadas y una mayor capacidad de disipación natural de energía. Estas condiciones son coherentes con secciones más amplias y profundidades relativamente mayores, donde el flujo presenta un comportamiento estable previo a su aproximación a la estructura.

Al aproximarse a la zona del cruce, en las inmediaciones del eje del puente y la sección de alcantarilla, se observa una transición hidráulica marcada. En la estación K0+39,44, el número de Froude alcanza un valor cercano a 0,99, lo que corresponde a un régimen crítico, indicando que el flujo se encuentra en una condición límite, altamente sensible a cualquier variación geométrica

o hidráulica. Esta condición refleja el efecto directo del confinamiento y la contracción de la sección, propios de una estructura cerrada o cuasi cerrada.

Inmediatamente aguas abajo del puente, en la estación K0+38,64, el número de Froude se incrementa hasta un valor del orden de 1,67, evidenciando un régimen supercrítico. Este comportamiento confirma la aceleración significativa del flujo a la salida de la estructura, asociada a un aumento sustancial de la velocidad y a una reducción de la profundidad hidráulica, lo que implica un incremento notable de la energía cinética del flujo y de su potencial erosivo.

Más aguas abajo, entre las estaciones K0+32,78 y K0+5, los valores del número de Froude disminuyen progresivamente, retornando a condiciones subcríticas, con registros que oscilan entre 0,41 y 0,93. Esta tendencia sugiere una disipación gradual de la energía del flujo y una recuperación del control por profundidad, producto de la expansión de la sección y del restablecimiento de condiciones hidráulicas más estables en el cauce.

En conjunto, el tramo de estudio presenta una transición clara desde un régimen subcrítico aguas arriba, pasando por condiciones críticas en el entorno del puente, hasta un régimen supercrítico inmediatamente aguas abajo, seguido de una recuperación gradual hacia condiciones subcríticas. Este comportamiento confirma que el puente actúa como un elemento de control hidráulico que concentra y libera energía, siendo el sector aguas abajo de la estructura el más crítico desde el punto de vista hidráulico y erosivo. Por tanto, cualquier evaluación de estabilidad del cauce y definición de medidas de manejo o protección debe priorizar este sector, donde los valores del número de Froude indican un flujo altamente energético.

5. ANÁLISIS DE SOCAVACIÓN

5.1 Socavación general

Se utilizó el método de Lischvan–Lebediev para suelos granulares – Socavación general. Este método proviene de estudios hidromorfológicos realizados en la antigua Unión Soviética y fue posteriormente compilada en manuales de hidráulica fluvial y diseño de obras hidráulicas. LISCHVAN, E.; LEBEDIEV, A. Scouring around hydraulic structures in alluvial beds. Moscú: Hydrometeoizdat, 1967.

$$Y_s = \left(\frac{\alpha\, Y_0^{5/3}}{0.68\, \beta\, \mu\, \phi\, d_m^{0.28}} \right)^{\frac{1}{1+z}}$$

Y_s: Profundidad del flujo después de ocurrida la socavación. Se mide desde el nivel del agua cuando pasa la creciente, hasta el nivel del fondo del cauce erosionado, en metros (m).

Y_c: Profundidad inicial existente en una línea vertical predeterminada de la sección medida desde el nivel

del agua cuando pasa la creciente, hasta el nivel del cauce antes del proceso de socavación, en metros (m).

α: Coeficiente de sección, definido como:

$$\alpha = \frac{Q_d}{Y_m^{5/3} B_e} \quad [6.3]$$

Q_d: Caudal de diseño asociado al periodo de retorno, en metros cúbicos por segundo (m^3/s).

Y_m: Profundidad media, en metros (m), definida como:

$$Y_m = \frac{A}{B_e} \quad [6.4]$$

A: Área hidráulica, en metros cuadrados (m^2).

B_e: Ancho efectivo de la superficie del agua en la sección transversal, en metros (m). Del ancho total se debe descontar el ancho de las pilas cuando el ángulo de incidencia de la corriente con respecto al eje de la pila es 0. En caso de que la corriente forme un ángulo con las pilas, este valor se debe ajustar. (Figura 6.2).

β: Coeficiente de frecuencia. Este coeficiente toma en cuenta el periodo de retorno T comprendido entre 15 y 1500 años. Para obtener su valor se propone la siguiente expresión (Referencia 6.4):

$$\beta = 0.7929 + 0.0973\ Ln(T) \quad [6.5]$$

μ: Coeficiente de contracción. Este valor se toma de la Tabla 6.1 como una función de la velocidad media del flujo y de la distancia libre entre pilas cuando hay un puente.

ϕ: Coeficiente de corrección por el efecto de la densidad del agua durante la creciente. Para agua clara (clear water) este valor es igual a 1.0. Si la creciente transporta sedimentos en suspensión (lived – bed), este coeficiente se calcula como:

$$\phi = -0.54 + 1.5143\ \gamma_{sm} \quad [6.6]$$

γ_{sm}: Peso específico del agua más sedimento, en toneladas por metro cúbico (T/m^3).

d_m: Diámetro medio de las partículas del material granular, en milímetros (mm). Se calcula como:

$$d_m = 0.01 \sum d_i P_i \quad [6.7]$$

d_i: Diámetro en milímetros (mm) de una fracción de la curva granulométrica del material.

P_i: Peso de esa fracción expresado en porcentaje con respecto al total de la muestra (porcentaje retenido).

Z: Exponente variable que depende del diámetro medio de las partículas del material granular.

$$Z = 0.394557 - 0.0413 \log(d_m) - 0.00891 \log^2 d_m \quad [6.8]$$

Tabla 6.1. - Factor de corrección por contracción del cauce μ (Referencia 6.5)

V (m/s)	LONGITUD LIBRE ENTRE DOS PILAS O ESTRIBOS (m)												
	10	13	16	18	21	25	30	42	62	83	106	124	208
≤1.0	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
1.0	0.96	0.97	0.98	0.98	0.99	0.99	0.99	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
1.5	0.94	0.96	0.97	0.97	0.97	0.98	0.99	0.99	0.99	0.99	1.00	1.00	1.00
2.0	0.93	0.94	0.95	0.96	0.97	0.97	0.98	0.98	0.99	0.99	0.99	0.99	1.00
2.5	0.92	0.93	0.94	0.95	0.96	0.96	0.97	0.98	0.98	0.99	0.99	0.99	1.00
3.0	0.89	0.91	0.93	0.94	0.95	0.96	0.96	0.97	0.98	0.98	0.98	0.98	0.99
3.5	0.87	0.90	0.92	0.93	0.94	0.95	0.96	0.97	0.98	0.98	0.98	0.98	0.99
≥ 4.0	0.85	0.89	0.91	0.92	0.93	0.94	0.95	0.96	0.97	0.98	0.98	0.98	0.99

V = velocidad media en la sección transversal
μ = 1.0 si no hay obstáculos

5.2 Resultados

El análisis de socavación se efectuó mediante la aplicación de metodologías empíricas ajustadas a las condiciones del sitio.

Los resultados obtenidos fueron:

- Socavación general máxima aguas arriba: 0.97 m
- Socavación general máxima aguas abajo: 0.95 m

Estas profundidades reflejan la influencia del flujo incidente y las variaciones de pendiente en el lecho del río.

Imagen 20. Resultados de la modelación sección aguas arriba del puente (K0+50.85)

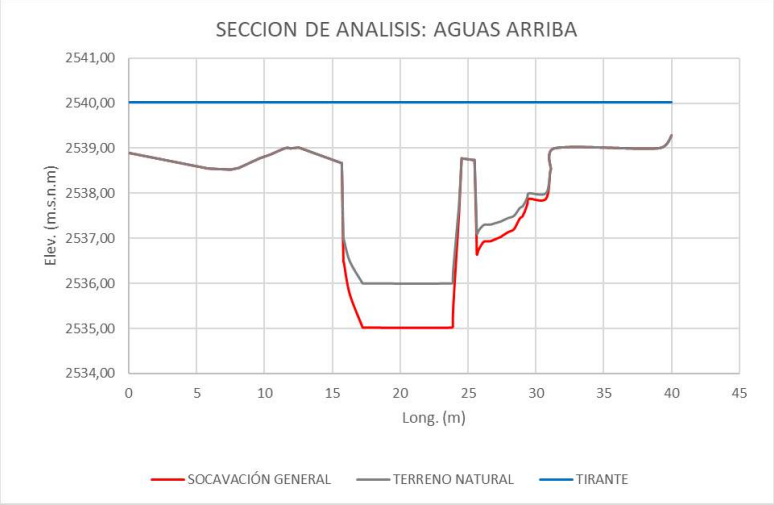


Imagen 21. Resultados de la modelación sección aguas abajo del puente (K0+38.64)



Tabla 5. Resumen de resultados de profundidad de erosión esperada y altura de protecciones

Ubicación	Profundidad estimada de erosión (m)	Empotramiento recomendado (*) (m)	Altura mínima de la protección (msnm)
Aguas arriba	0,97	1,5	2540,5
Aguas abajo	0,95	1,4	2537,7
(*) Se recomienda reducir a 1,0 m según justificación presentada a continuación			

Las profundidades de socavación total calculadas corresponden a una envolvente de socavación general y local para el tramo completo del cauce, asociada a eventos de periodo de retorno elevado y condiciones extremas.

En contraste, la intervención propuesta se enmarca en un proyecto de emergencia, cuyo objetivo es estabilizar una falla puntual y restablecer la funcionalidad del puente en el corto plazo, sin modificar la configuración estructural de los estribos ni replantear la cimentación del puente.

La inspección de campo y la comparación de secciones topográficas no evidencian degradación histórica del lecho en el orden superior a 1 m, por lo que se considera que la socavación general calculada es un valor conservador para el diseño de obras definitivas y no necesariamente representativo de la condición actual del cauce.

Se adopta como cota de referencia la profundidad de cimentación del estribo, de manera que la protección se empotre hasta un nivel similar o algo superior, ya que la obra de protección no tiene por objeto reemplazar ni sobrepasar la capacidad de la cimentación existente, sino proteger el relleno y la aleta frente a la socavación superficial localizada.

Para el diseño de la protección de aleta y márgenes, y dado su carácter de obra de emergencia, se adopta un empotramiento de 1.0 m, suficiente para resistir socavaciones locales asociadas a eventos frecuentes (Tr 10–25 años), quedando explícito que futuras obras definitivas podrán requerir profundidades adicionales si se replantea la cimentación del puente.

6. RECOMENDACIONES DE PROTECCIÓN

6.1 Dimensionamiento de protecciones necesarias

Las protecciones se definen en función del tirante de diseño Y_{100}, la socavación estimada Y_s y el régimen de flujo.

Para el diseño de las protecciones en el **Puente Pueblito Boyacense** se adoptará el criterio geométrico del *HEC-23 (2009, Fig. 6)*, en el cual la extensión horizontal de la protección se relaciona con el tirante de flujo de diseño (y_1), mientras que la profundidad de empotramiento y el espesor del manto se ajustarán en función de la socavación estimada (Y_s).

De esta manera, se garantiza que las protecciones cubran tanto la zona hidráulicamente activa (controlada por el flujo) como la zona potencialmente socavada (controlada por el proceso erosivo local).

Tabla 6. Recomendaciones para protección de fondo (Solera de protección)

PROTECCIÓN DE FONDO – APRON (SOLERA DE PROTECCIÓN)

Ubicación	Condición hidráulica	Velocidad (m/s)	Tirante (y_{100}) (m)	Socavación (y_s) (m)	Longitud total (L) * (m)	Ancho lanzado (W_{ap}=2 Y_{100}) (m)	Empotramiento (E=1,5Y_s) (m)	Espesor (T) (m)	Borde libre (BL) (m)
Aguas arriba (Est. 140)	Subcrítico Fr ≈ 0,31	2,97	1,64	0,97	2,5	3,30	1,5	0,20	0,5
Aguas abajo (Est. 125)	Supercrítico Fr ≈1,67	6,48	1,37	0,95	4,1	2,70	1,4	1,93	0,5

*: Si el flujo es supercrítico L=3xY, si es subcrítido L=1,5xY

Tabla 7. Recomendaciones para protección de márgenes

PROTECCIÓN DE MÁRGENES (REVESTIMIENTO LATERAL)

Ubicación	Condición hidráulica	Velocidad (m/s)	Ancho hidráulico (B) (m)	Socavación (y_s) (m)	Longitud por margen * (L_m=1 a 2B) (m)	Borde libre (BL) (m)	Altura (h) (m)	Ancho de pie (FA=2 Y_{100}) (m)	Espesor (T) (m)
Aguas arriba (Est. 140)	Subcrítico Fr ≈ 0,31	2,97	40	0,97	40,0	0,5	2540,5	3,30	0,20
Aguas abajo (Est. 125)	Supercrítico Fr ≈1,67	6,48	11,94	0,95	23,9	0,5	2537,7	2,70	1,93

*: Si el flujo es supercrítico Lm=2xB, si es subcrítido L=1xB

6.2 Material de protección

Alternativa Enrocado de protección

Una fórmula muy reconocida para estimar el tamaño de roca (mediana o mediana ponderada) para enrocados de protección (riprap) en márgenes, estribos, es la del manual Hydraulic Design of Flood Control Channels del U.S. Army Corps of Engineers.

$$D_{50} = \frac{\tau_0}{(\rho_s - \rho) g \theta_c}$$

con

$$\tau_0 = \rho g y S_f$$

donde:

- D_{50} = diámetro mediano de las rocas (m)
- τ_0 = esfuerzo cortante en el lecho (N/m²)
- ρ = densidad del agua ≈ 1000 kg/m³
- ρ_s = densidad de la roca (ej. 2650 kg/m³ → $\rho_s - \rho \approx 1650$ kg/m³)
- g = gravedad = 9.81 m/s²
- y = tirante de flujo (m)
- S_f = pendiente de energía o fondo (adimensional)
- θ_c = parámetro crítico de Shields (usualmente entre 0.045 y 0.06 para roca)

De acuerdo con las guías internacionales de diseño —HEC-11 y HEC-23 (FHWA, 2009)— el espesor recomendado para mantos de enrocado corresponde a 1.5 D_{50} – 2.0 D_{50}.

Adicionalmente, el Manual EM 1110-2-1601 del U.S. Army Corps of Engineers propone incorporar un margen adicional de 0.15 m 0.30 m para compensar posibles asentamientos o irregularidades del lecho.

Tabla 9. Cálculo de tamaño de roca y espesor del manto de protección aguas arriba

AGUAS ARRIBA

PARÁMETROS		DESCRIPCIÓN
θc	0,047	parámetro crítico de Shields (usualmente entre 0.045 y 0.06 para roca)
Sf	0,00161	pendiente de energía o fondo (adimensional)
y	1,64	tirante de flujo (m)
g	9,81	gravedad ≈ 9.81 m/s²
ρs	2650	densidad de la roca (2650 kg/m³)
ρ	1000	densidad del agua ≈ 1000 kg/m³
T_0	25,9404	esfuerzo cortante en el lecho (N/m²)
D50	0,03	diámetro mediano de las rocas (m)
	1,10	Factor de seguridad (Entre 1,1 y 1,4) para considerar turbulencias o flujo supercrítico
D50	0,00	diámetro mediano de las rocas recomendado (m)
		Chequeo del espesor del manto de protección
T	0,00	recomendación HEC-11 / HEC-23, Manto simple o doble capa.
T	0,20	recomendación USACE EM 1110-2-1601 Incluye margen de seguridad y asentamiento, mín:0,30m

Tabla10. Cálculo de tamaño de roca y espesor del manto de protección aguas abajo

AGUAS ABAJO		
PARÁMETROS		DESCRIPCIÓN
θc	0,047	parámetro crítico de Shields (usualmente entre 0.045 y 0.06 para roca)
Sf	0,05822	pendiente de energía o fondo (adimensional)
y	1,37	tirante de flujo (m)
g	9,81	gravedad ≈ 9.81 m/s²
ρs	2650	densidad de la roca (2650 kg/m³)
ρ	1000	densidad del agua ≈ 1000 kg/m³
T_0	782,551	esfuerzo cortante en el lecho (N/m²)
D50	1,03	diámetro mediano de las rocas (m)
	1,10	Factor de seguridad (Entre 1,1 y 1,3) para considerar turbulencias o flujo supercrítico
D50	1,10	diámetro mediano de las rocas recomendado (m)
		Chequeo del espesor del manto de protección
T	1,93	recomendación HEC-11 / HEC-23, Manto simple o doble capa.
T	1,90	recomendación USACE EM 1110-2-1601 Incluye margen de seguridad y asentamiento, mín:0,30m

En consecuencia, se adopta como espesor de diseño del manto de protección T = 1.90 m para el margen aguas abajo con un D_{50} de 1.10 m, valor que satisface los requerimientos de estabilidad hidráulica frente a la socavación y garantiza una adecuada durabilidad estructural bajo las condiciones de flujo asociadas al período de retorno de 100 años.

6.3 Recomendación de protección

Con base en los resultados de la modelación hidráulica del río Chiticuy para el caudal de diseño de 100,60 m³/s, así como en las afectaciones y patologías identificadas en el informe geotécnico, se formulan las siguientes recomendaciones de protección orientadas a mitigar procesos erosivos, garantizar la estabilidad de las márgenes y preservar la integridad de la estructura del puente.

La modelación evidenció una transición del régimen hidráulico desde condiciones subcríticas aguas arriba (Fr < 0,5), hacia condiciones críticas y supercríticas en el entorno del puente y aguas abajo (Fr ≈ 1,0 a 1,7), con incrementos significativos de la velocidad del flujo, del esfuerzo cortante y de la potencia específica, particularmente en la margen derecha aguas abajo. Estas condiciones explican las patologías observadas en campo y fundamentan la necesidad de intervenciones selectivas.

1. Protección en la margen izquierda aguas arriba

Se recomienda la construcción de una protección en la margen izquierda aguas arriba del puente, con una longitud aproximada de 28,0 m, empotramiento de 1,0 m y un nivel superior de la protección a la cota 2538,0 m.

Esta recomendación se justifica en que, de acuerdo con la modelación hidráulica, el tramo aguas arriba presenta un régimen predominantemente subcrítico, con valores del número de Froude bajos (del orden de 0,22 a 0,49), velocidades moderadas y esfuerzos cortantes relativamente contenidos. Estas condiciones permiten la implementación de soluciones flexibles por gravedad, sin que se genere un incremento significativo de la energía del flujo ni un riesgo elevado de desestabilización de las obras de protección.

Desde el punto de vista geotécnico, el informe identifica procesos de erosión superficial y pérdida de confinamiento lateral en esta margen, asociados a la acción prolongada del flujo y a la vulnerabilidad del material del talud.

Considerando que la intervención se enmarca dentro de un proyecto de atención de emergencias, se contempla como alternativa el uso de bolsacretos en la base del talud. Esta solución podría emplearse como medida temporal o complementaria, orientada a la estabilización inmediata de sectores puntuales donde se evidencie pérdida de material o exposición del pie del talud. No obstante, se advierte que los bolsacretos presentan limitaciones frente a procesos de socavación prolongados, impactos de material sólido y subpresiones, por lo cual no se recomiendan como solución definitiva y su desempeño deberá ser monitoreado de manera periódica, especialmente después de eventos de creciente.

2. Construcción de aleta en concreto reforzado en la margen derecha aguas abajo

Se recomienda la construcción de una aleta en concreto reforzado en la margen derecha aguas abajo del puente, como elemento estructural de confinamiento y control hidráulico.

La modelación hidráulica muestra que en este sector se concentran las mayores velocidades del flujo (hasta aproximadamente 6,5 m/s), valores elevados del número de Froude (hasta ≈1,7) y esfuerzos cortantes muy superiores a los observados aguas arriba. Estas condiciones generan una fuerte acción erosiva localizada en la salida del puente, donde el flujo se acelera y cambia de régimen.

El informe geotécnico reporta afectaciones en esta margen, asociadas a pérdida de material de soporte y vulnerabilidad del relleno, lo que compromete el confinamiento lateral del cauce y puede afectar indirectamente la estabilidad del acceso y de la estructura. En este contexto, una aleta en concreto reforzado resulta necesaria para garantizar un control rígido del flujo, definir geométricamente la sección de salida y evitar procesos de erosión localizada que no pueden ser mitigados adecuadamente con soluciones flexibles.

3. Protección con enrocado en la margen derecha aguas abajo

Se recomienda la implementación de una protección con enrocado en la margen derecha aguas abajo, con una longitud aproximada de 18,0 m, diámetro medio del material D_{50} = 1,10 m, espesor de la capa T = 1,90 m, empotramiento de 1,0 m y nivel superior de la protección a la cota 2536,5 m.

Esta medida se justifica en las condiciones hidráulicas más severas del tramo, caracterizadas por régimen supercrítico, altas velocidades y elevados esfuerzos cortantes, que favorecen la socavación del lecho y de la margen si no se dispone de una protección de alta resistencia. El enrocado propuesto permite disipar energía, proteger el pie del talud y actuar como una transición robusta entre el cauce natural y la estructura rígida de la aleta, reduciendo el riesgo de erosión regresiva y de descalce de la margen.

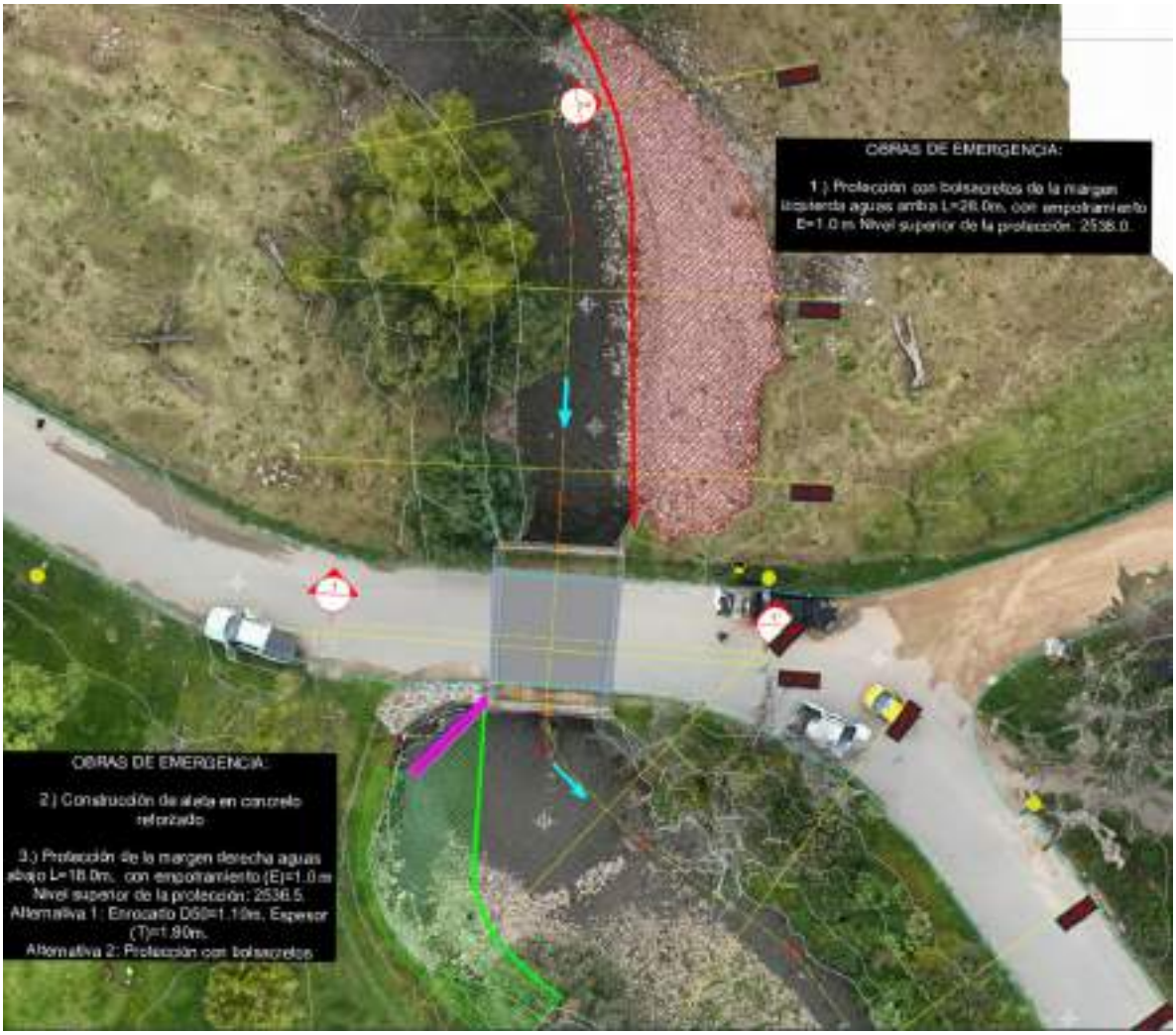
Desde el enfoque geotécnico, esta protección responde a las patologías identificadas en la margen derecha aguas abajo, donde se evidencia susceptibilidad a la erosión y pérdida de material por acción directa del flujo. El empotramiento propuesto garantiza la estabilidad del sistema frente a procesos de socavación incipiente, mientras que el espesor definido proporciona un factor de seguridad adecuado frente al arrastre del material durante eventos de creciente.

Adicionalmente, y considerando que la intervención se desarrolla dentro del marco de un proyecto de atención de emergencias, se contempla como alternativa el uso de bolsacretos en la base del

talud, en los mismos tramos definidos para la protección con enrocado. No obstante, debido al régimen supercrítico y a la alta energía del flujo en este sector, los bolsacretos solo se consideran admisibles como medida temporal y de mitigación inmediata, orientada a estabilizar puntualmente zonas descalzadas o con pérdida reciente de material. Se advierte que esta solución presenta limitaciones frente a la socavación de pie, la turbulencia intensa y el impacto de material sólido transportado, por lo cual no se recomienda como solución definitiva y su desempeño deberá ser monitoreado de manera frecuente, especialmente después de eventos de creciente.

En consecuencia, se establece como solución principal y preferente la protección con enrocado, mientras que el uso de bolsacretos se admite únicamente bajo un enfoque de intervención provisional de emergencia, hasta tanto se ejecuten o consoliden las obras de protección permanente.

Imagen 26. Intervenciones recomendadas para Puente Pueblito Boyacense



7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

7.1 CONCLUSIONES

La cuenca del río Chiticuy presenta características típicas de un sistema de alta montaña, con pendientes pronunciadas, marcada variación altimétrica y un cauce con comportamiento torrencial, lo que condiciona una respuesta hidráulica energética durante eventos de creciente y un alto potencial erosivo en el entorno del puente.

El análisis hidrológico permitió estimar un caudal de diseño de 100,60 m^3/s para un período de retorno de 100 años, el cual representa una condición crítica adecuada para la evaluación hidráulica y de socavación del Puente Pueblito Boyacense.

Debido a la geometría particular del cruce, con comportamiento hidráulico similar al de una estructura cerrada o alcantarilla, la modelación hidráulica unidimensional (1D) en HEC-RAS resultó ser la metodología más apropiada para representar de forma realista las condiciones de flujo, las pérdidas de energía y la transición de regímenes hidráulicos en el entorno del puente.

Los resultados hidráulicos evidencian que el puente actúa como un elemento de control hidráulico, generando una transición desde un régimen predominantemente subcrítico aguas arriba hacia condiciones críticas y supercríticas en el eje y aguas abajo de la estructura.

En la sección aguas arriba (K0+50.85) se identifican velocidades moderadas, valores bajos del número de Froude (≈0,31), esfuerzos cortantes relativamente contenidos y un comportamiento hidráulico estable, sin concentraciones extremas de energía.

En contraste, en la sección aguas abajo (K0+38.64) se presentan altas velocidades, valores elevados del número de Froude (≈1,67), esfuerzos cortantes del orden de 836 N/m^2 y potencias específicas significativamente altas, lo que confirma un escenario hidráulico altamente agresivo para el lecho y las márgenes.

El análisis del número de Froude a lo largo del tramo confirma la existencia de una transición hidráulica clara: flujo subcrítico aguas arriba, condición cercana al crítico en el entorno del puente y régimen supercrítico inmediatamente aguas abajo, seguido de una disipación progresiva de la energía más abajo del tramo.

El estudio de socavación indica profundidades relevantes de erosión general y local, con una socavación total cercana al puente de hasta 0.97 m, lo que resalta la necesidad de considerar adecuadamente la protección del lecho y de las márgenes, especialmente en los sectores de mayor energía hidráulica.

Las afectaciones y patologías identificadas en el informe geotécnico guardan coherencia con los resultados hidráulicos, particularmente en la margen derecha aguas abajo, donde se concentran los mayores esfuerzos hidráulicos y el mayor riesgo de erosión y desestabilización.

7.2 RECOMENDACIONES

Adoptar como criterio de diseño hidráulico y de protección las condiciones más severas registradas en la modelación, correspondientes al régimen supercrítico y a los mayores esfuerzos cortantes observados aguas abajo del puente, dado que este sector controla el comportamiento erosivo del sistema.

Implementar la protección con bolsacretos en la margen izquierda aguas arriba, con una longitud de 28,0 m, empotramiento de 1,0 m y nivel superior a la cota 2538,0 m, aprovechando que el régimen hidráulico en este tramo es subcrítico y permite el uso de soluciones flexibles por gravedad, compatibles con los procesos de deformación y asentamiento del talud.

Ejecutar la construcción de una aleta en concreto reforzado en la margen derecha aguas abajo, como medida estructural prioritaria para garantizar el confinamiento del flujo, controlar la geometría hidráulica de salida y evitar la erosión localizada asociada a las altas velocidades y esfuerzos cortantes identificados en la modelación.

Complementar la aleta con una protección en enrocado o bolsacretos en la margen derecha aguas abajo, con longitud de 18,0 m, D_{50} = 1,10 m, espesor T = 1,90 m, empotramiento de 1,0 m y nivel superior a la cota 2536,5 m, asegurando una transición hidráulica robusta entre la estructura rígida y el cauce natural.

Garantizar que todas las protecciones propuestas consideren la profundidad de socavación estimada, tanto general como local, y que los empotramientos y espesores adoptados sean suficientes para mantener la estabilidad aún bajo escenarios de erosión incipiente o progresiva.

Realizar inspecciones periódicas posteriores a eventos de creciente significativa, con el fin de verificar el comportamiento de las protecciones, detectar posibles procesos de socavación residual y evaluar la necesidad de ajustes o mantenimientos preventivos.

Mantener el cauce libre de obstrucciones, acumulación excesiva de material y vegetación que puedan reducir la sección hidráulica efectiva y modificar desfavorablemente el régimen de flujo en las aproximaciones al puente.

8. BIBLIOGRAFÍA

1.) FEDERAL HIGHWAY ADMINISTRATION – FHWA. Bridge Scour and Stream Stability Countermeasures (HEC-23, Third Edition). Washington D.C., USA: U.S. Department of Transportation, National Highway Institute, 2009. 285 p. (FHWA-NHI-09-111).

2.) FEDERAL HIGHWAY ADMINISTRATION – FHWA. Evaluating Scour at Bridges (HEC-18, Fifth Edition). Washington D.C., USA: U.S. Department of Transportation, National Highway Institute, 2012. 290 p. (FHWA-NHI-12-003).

3.) U.S. ARMY CORPS OF ENGINEERS – USACE. Hydraulic Design of Flood Control Channels (Engineering Manual EM 1110-2-1601). Washington D.C., USA: Department of the Army, 1994. 230 p.

4.) INSTITUTO DE HIDROLOGÍA, METEOROLOGÍA Y ESTUDIOS AMBIENTALES – IDEAM. Guía metodológica para la elaboración de mapas de inundación. Bogotá D.C., Colombia: IDEAM, 2017. 96 p.

5.) INSTITUTO DE HIDROLOGÍA, METEOROLOGÍA Y ESTUDIOS AMBIENTALES – IDEAM. Guía para el diseño hidráulico de obras de drenaje transversal en carreteras. Bogotá D.C.: IDEAM; Ministerio de Transporte, 2014.

6.) MINISTERIO DE OBRAS PÚBLICAS – MOP. Manual de diseño de obras fluviales. Santiago de Chile, Chile: MOP, Dirección de Obras Hidráulicas, 2015. 215 p.

7.) ESCARAMEIA, M. River and Channel Protection: Using Riprap and Other Methods. Londres, Reino Unido: Construction Industry Research and Information Association (CIRIA), Report C683, 1998. 380 p.

8.) MELVILLE, B. W.; COLEMAN, S. E. Bridge Scour. Colorado, USA: Water Resources Publications, 2000. 550 p.

9.) INSTITUTO NACIONAL DE VÍAS – INVIAS. Manual de Drenaje para Carreteras, Segunda Edición. Bogotá D.C., Colombia: Ministerio de Transporte, 2018. 480 p.

10.) INSTITUTO DE HIDROLOGÍA, METEOROLOGÍA Y ESTUDIOS AMBIENTALES – IDEAM. Guía Nacional de Modelación del Recurso Hídrico para Aguas Superficiales Continentales. Bogotá D.C., Colombia: IDEAM, 2016. 124 p.

11.) LAURSEN, E. M. Scour at Bridge Crossings. Journal of the Hydraulics Division, ASCE, Vol. 84, No. HY1, 1958, pp. 1–14.

12.) LISCHVAN, E.; LEBEDIEV, A. Scouring around hydraulic structures in alluvial beds. Moscú: Hydrometeoizdat, 1967.

13.) COLORADO STATE UNIVERSITY (CSU). Method for Local Scour at Bridge Piers. Fort Collins, Colorado, USA, 1963.

14.) FROEHLICH, D. C. Analysis of Onsite Measurements of Scour at Bridge Piers. Journal of Hydraulic Engineering, ASCE, Vol. 114, No. 6, 1989, pp. 715–736.

-- FIN DEL INFORME TÉCNICO --



INFORME TÉCNICO No.953

INFORME COMPONENTE HIDROLOGÍA, HIDRÁULICA Y SOCAVACIÓN

Diagnóstico y ejecución de obras de emergencia para mitigar el riesgo de daño y/o colapso de puentes ubicados en el departamento por la afectación causada por efecto de la ola invernal, declarada en virtud del decreto de calamidad pública No. 0522 de 24 de mayo de 2025. Contrato de obra No. 2833 de 2025

FECHA:	**02 DE MARZO DE 2026 (versión 4)**	
PROYECTO:	**PUENTE PUEBLITO BOYACENSE MUNICIPIO DE DUITAMA - BOYACÁ**	
PREPARADO POR:	**ALBERTO MOUTHON BELLO** **C.C. 73.137.740** **M.P. 13202-47445 BLV** **Especialista en Hidráulica**	**EHINER MONTIEL DIAZ** **C.C. 1.233.496.714** **M.P. 091037-0592674 CND** **Ingeniero Modelador**

1. PRESENTACIÓN

El presente documento corresponde al análisis hidrológico, hidráulico y de socavación del **Puente Pueblito Boyacense**, localizado en la vía Duitama - Pueblito Boyacense, dentro del marco del Contrato de obra No. 2833 de 2025, ejecutado en desarrollo del Decreto de Calamidad Pública No. 0522 del 24 de mayo de 2025.

El propósito es diagnosticar el comportamiento hidráulico del cauce y las condiciones de estabilidad frente a procesos de socavación, a fin de sustentar técnicamente las medidas de mitigación que garanticen la funcionalidad y seguridad de la estructura.

Imagen 1. Localización general en el Departamento de Boyacá

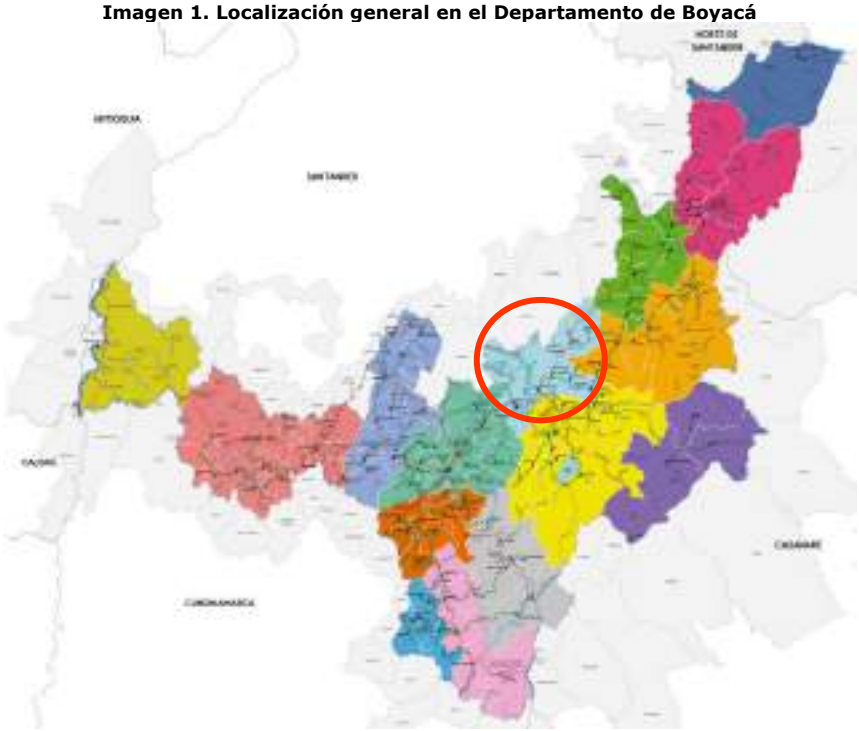


Imagen 2. Panorámica del sitio de implantación del puente



Tabla 1. Descripción general del puente

Ítem	Descripción
Vía / Tramo	Municipio de Duitama hacia Pueblito Boyacense
Municipio / Departamento	Duitama / Boyacá
Coordenadas (WGS84)	Lat [5° 49.563'N] Long [73° 1.307'O]
Cota aproximada (msnm)	2520
Cauce / Río	Rio Chiticuy
Altura de gálibo (m)	5.0
Ancho de calzada (m)	7.0
Longitud total (m)	10.0
Número de luces	1
Número de apoyos	2
Material dominante	Concreto
Tipo estructural	Simplemente apoyado

Tomado de informe de diagnóstico geotécnico, Consorcio PEB-JI

2. MORFOLOGÍA E INFORMACIÓN DE LA CUENCA

La cuenca hidrográfica asociada al Puente Pueblito Boyacense presenta características propias de sistemas de montaña andinos, con pendientes pronunciadas, marcada variabilidad altitudinal y una geometría alargada que condiciona su respuesta hidrológica e hidráulica frente a eventos de precipitación intensa.

La cuenca cuenta con una longitud aproximada de 12,69 km y una longitud de cauce principal de 16.788,63 m, lo que evidencia un sistema de drenaje relativamente extendido y con desarrollo longitudinal significativo. El área de la cuenca es de 74,86 km², con un ancho medio de 5,90 km, lo que corresponde a una cuenca de tamaño medio, con capacidad para concentrar caudales importantes hacia el punto de cruce del puente.

El perímetro de la cuenca (40,47 km), junto con un factor de forma de 0,27, indica una cuenca claramente alargada, lo que tiende a atenuar los picos de crecida en comparación con cuencas más compactas. No obstante, el coeficiente de compacidad de 1,32 y el índice de alargamiento de 2,15 reflejan que, aunque la geometría favorece una respuesta hidrológica algo más distribuida en el tiempo, el relieve y la pendiente del cauce pueden generar incrementos rápidos de caudal durante tormentas intensas y prolongadas.

Tabla 2. Parámetros morfométricos de la cuenca

ID		Nombre	Punto crítico
Longitud		(Km)	12,69
Longitud Cauce		(m)	16788,63
Área		(Km^2)	74,86
Ancho		(Km)	5,90
Perímetro		(Km)	40,47
Factor Form			0,27
Coeficiente de compasidad			1,32
Índice de alargamiento			2,15
Altura Máxima		(m)	3930
Altura Mínima		(m)	2510
Pendiente		%	8,46
Tiempo de concentración	Giandotti	min	119,00
	Témez	min	100,04
	CCP	min	90,39
	Clark	min	540,37
	Adoptado	min	119,00
Lag time		min	71,40
CN			65
Abstracción inicial		mm	27,49

Desde el punto de vista altimétrico, la cuenca presenta un rango significativo, con alturas máximas cercanas a 3.930 m s.n.m. y mínimas de 2.510 m s.n.m., lo que confirma un entorno de alta montaña. Este contraste altitudinal se traduce en una pendiente media del cauce del 8,46 %, característica de cauces torrenciales, con alta energía específica, capacidad de transporte de sedimentos gruesos y propensión a procesos de erosión y socavación lateral.

El análisis de los tiempos de concentración, calculados mediante diferentes metodologías, arroja valores del orden de:

- Giandotti: 119,00 min
- Témez: 100,04 min
- CCP: 90,39 min
- Clark: 540,37 min

Con base en estos resultados, se adopta un tiempo de concentración de 119,00 minutos, representativo de una cuenca que, aunque no es extremadamente rápida, puede responder con relativa prontitud ante eventos de lluvia intensa, especialmente en las zonas altas donde la pendiente es más marcada. El lag time estimado de 71,40 minutos refuerza esta condición, indicando un desfase moderado entre el inicio de la lluvia efectiva y la ocurrencia del caudal pico.

En cuanto a las condiciones de infiltración, el Curve Number (CN) de 65 sugiere una capacidad de infiltración moderada, típica de cuencas con coberturas mixtas y suelos parcialmente permeables. La abstracción inicial de 27,49 mm indica que una fracción importante de la precipitación puede

ser retenida inicialmente por interceptación, almacenamiento superficial y humedad antecedente, aunque esta capacidad se reduce de forma significativa durante eventos prolongados o lluvias sucesivas.

En conjunto, la cuenca del Río Chiticuy en el sector del Puente Pueblito Boyacense se caracteriza por:

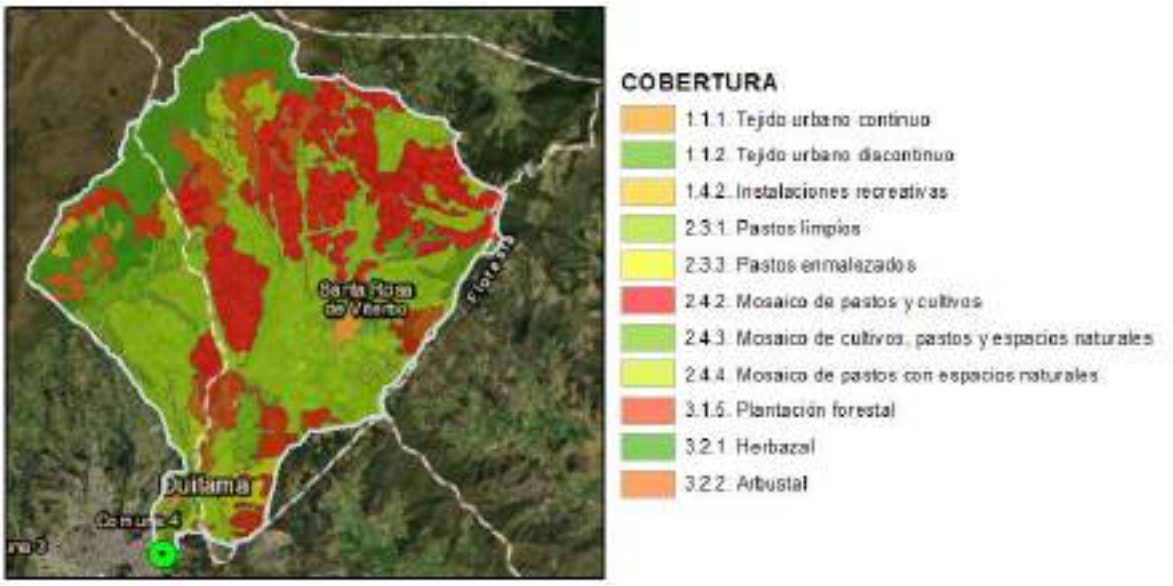
- Geometría alargada con drenaje bien definido.
- Pendientes elevadas y comportamiento hidráulico energético.
- Capacidad de generar caudales significativos durante crecientes.
- Potencial para procesos de erosión lateral y transporte de sedimentos gruesos.

Estas condiciones morfológicas constituyen un insumo fundamental para la interpretación de los resultados hidráulicos y para la evaluación de los procesos de socavación e inestabilidad observados en las márgenes y estructuras de confinamiento asociadas al puente.

Imagen 3. Cuenca aferente de la zona en estudio



Imagen 4. Definición de coberturas en la cuenca aferente de la zona en estudio



3. ANÁLISIS HIDROLÓGICO

3.1 Información base

Se utilizó información pluviográfica de la estación Tibaná (código 35070040) y las curvas IDF regionales del IDEAM (Región Andina R1) con parámetros:

a = 0.94, b = 0.18, c = 0.66, d = 0.83.

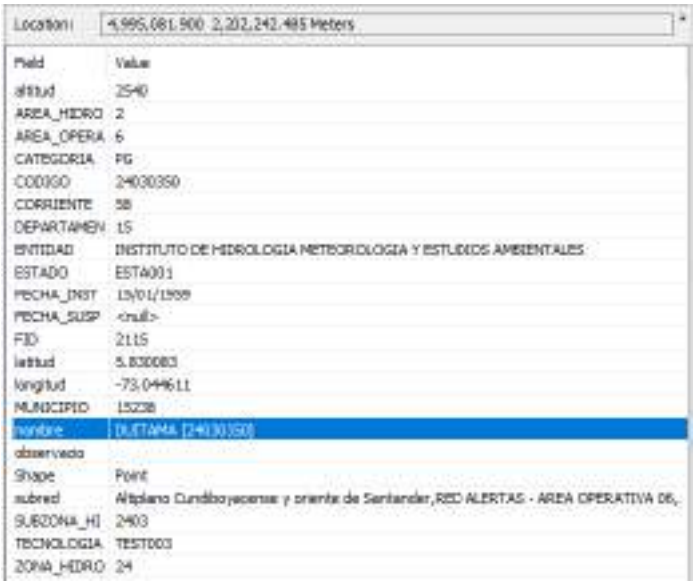
Ecuación general de la intensidad:

$$i(T_r, t) = \frac{a \cdot T_r^b}{(t + c)^d}$$

Donde:

i = intensidad (mm/h)
$T\mathrm{r}$ = período de retorno (años)
t = duración de la lluvia (min)

Imagen 5. Características de la Estación Duitama (código 24030350)



A partir de la relación anterior se calcularon las intensidades para diferentes duraciones y períodos de retorno, construyendo los hietogramas de diseño mediante el método SCS.

Tabla 3. Precipitaciones máximas en 24h. Estación Duitama (código 24030350)

LOCALIZACIÓN:	Duitama, Boyacá	**DESCRIPCIÓN:**	Serie diaria máxima

DATOS DE LA ESTACIÓN

NOMBRE	DUITAMA	**ENTIDAD**	IDEAM	**CORRIENTE**	NA	**ALTITUD**	2540
CODIGO	24030350	**D/MENTO**	BOYACÁ	**NORTE**	5,830083	**ESTADO**	Activa
CATEGORÍA	PG	**MUNICIPIO**	DUITAMA	**ESTE**	-73,044611		

Precipitación máxima 24 H

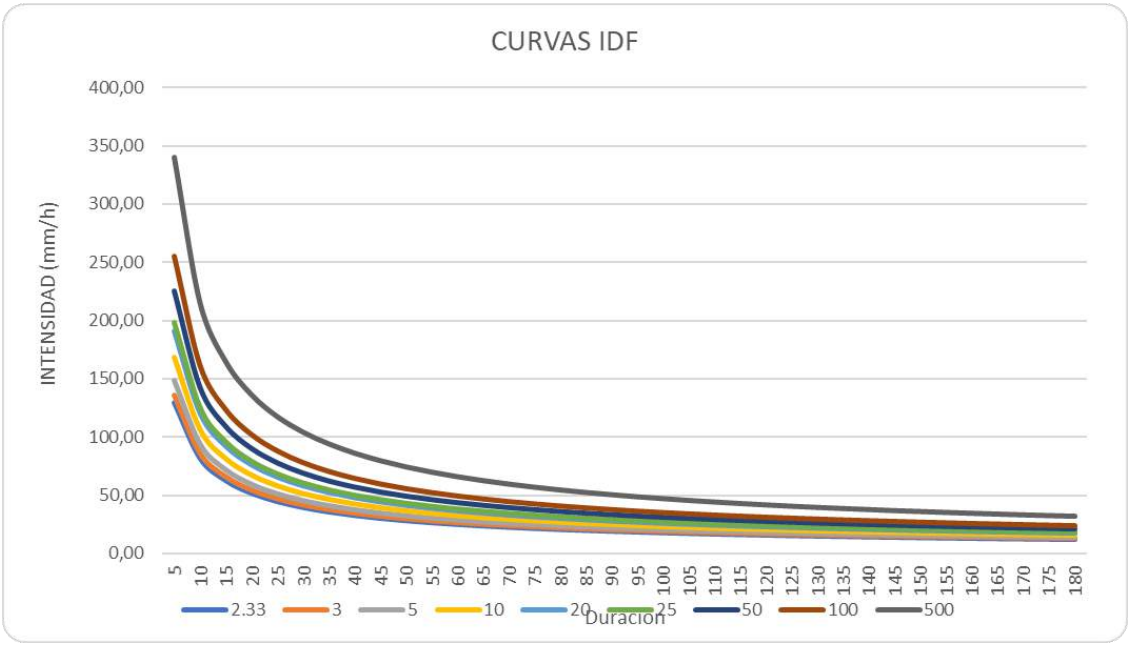
Año	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembr	Octubre	Noviembre	Diciembre	Promedio	Maximos
2000	10	50,5	14,5	37,7	23	27,5	13	10	15,2	21	11,5	3,1	19,75	50,50
2001	1,2	8,2	28,1	1,1	37	7,8	19	7,4	27,3	24,5	13,1	27,7	16,87	37,00
2002	1,9	10,2	25,4	24,3	22	17	4,7	9,5	13,7	13,7	13,2	14,5	14,18	25,40
2003	5,5	17,5	19,5	16	30,9		11						16,73	30,90
2004	0	6,2	13,6		28,1	7,3	10,6	4,7	41	17	26,5		15,50	41,00
2005											72	13,4	42,70	72,00
2006	19,8	15,6	22,5	23,9	22,3	18,5	12,5	16	7,5	23,9	36,6	14,5	19,47	36,60
2007	12,7	9,4	34,4	23,4	24,5	13,8	16,1	27,8	6,8	25,7	26,4	17,5	19,88	34,40
2008	13,4	5,5	57,8	38,8	36,1	26,4	18,1	37,4	12,2	18,1			26,38	57,80
2009	12,3	19,4	21,9	42,1	14,7	17,9	5,1	12,5	17,7	25,5	22,8	14,8	18,89	42,10
2010	7,4	10,3	25,1	46,8	21,7	17,8	37,6	10	15,5	28,5	19,8	11,1	20,97	46,80
2011	10,3	36,7	30,2	37	47,5	13,1	12,1	37,7	19	24,6	44,4	32,1	28,73	47,50
2012	17,4	8,1	17,5	50,8	23,8	21,4	9	15	6,2	26,5	16,1	8,9	18,39	50,80
2013	3,1	26,1	10,2	27,5	23,4	10	12,3	23	14,4	20,8	16,6	10,2	16,47	27,50
2014	7,4	19	23,5	36,8	24,9	6,6	6,8	7	28,2	27,5	11,8	15,3	17,90	36,80
2015	11,5	6	6,7	23,2	9,2	9,6	14,9	13,2	12,8	17,1			12,42	23,20
2016	26,2	4,2	26,4	32,3	29,7	12,5	12,8	3,2	34,6	49,7	39,5	36,6	25,64	49,70
2017	12,1	13,2	34,5	30,4	50,7	22,5	11,1	26,3	14,5	18,1	6,2	17,7	21,44	50,70
2018	15,3	11	32,1	26,1	53,3	7,8	16,5	18	22,5	26,5	43,5	7,5	23,34	53,30
2019	9,1	15,5	29,5	28,5	38,5	5,3	8,2	13,7	24	54,9	25,1	22,5	22,90	54,90
2020	16,1	4,7	9,3	10,5	19,9	16,6	10,2	12	15,1	15,2	38	17,6	15,43	38,00
2021	30,2	11	29,8	39	30,7	23	9,5	27	20,6	25,5	23,1	11	23,37	39,00
2022	8	38	19,5	28	18,5	18,1	17	16	47	15,5	27,5	17,6	22,56	47,00
2023	19	13	29	28	16,3	16	11	14,3	23	47	29,5	13,2	21,61	47,00
2024	2,2	16,5	10,5	34,5	24,5	14	7	8	47,5	29,8	24,5	16,8	19,65	47,50
2025	14,2	28,4	35	18,4	46,5	17,1	8	12	18,6	25,1	5,1		20,76	46,50

	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembr	Octubre	Noviembre	Diciembre	
Medios	11,45	16,17	24,26	29,38	28,71	15,32	12,56	15,90	21,04	25,90	25,77	16,36	43,61
Maximos	30,2	50,5	57,8	50,8	53,3	27,5	37,6	37,7	47,5	54,9	72	36,6	
Minimos	0	4,2	6,7	1,1	9,2	5,3	4,7	3,2	6,2	13,7	5,1	3,1	

Tabla 4. Datos para construir Curvas IDF Estación Duitama (código 24030350)

	Periodo de retorno en Años								
T (min)	2,33	3	5	10	20	25	50	100	500
5	129,53	135,56	148,62	168,37	190,74	198,56	224,94	254,83	340,46
10	81,98	85,79	94,06	106,56	120,72	125,66	142,36	161,28	215,47
15	62,73	65,65	71,97	81,54	92,37	96,16	108,94	123,41	164,88
20	51,88	54,30	59,53	67,44	76,40	79,53	90,10	102,07	136,37
25	44,78	46,86	51,37	58,20	65,94	68,64	77,76	88,09	117,69
30	39,70	41,55	45,55	51,60	58,46	60,86	68,94	78,10	104,35
35	35,86	37,53	41,14	46,61	52,81	54,97	62,27	70,55	94,26
40	32,84	34,36	37,67	42,68	48,35	50,33	57,02	64,60	86,30
45	30,38	31,79	34,86	39,49	44,73	46,57	52,76	59,77	79,85
50	28,34	29,66	32,51	36,83	41,73	43,44	49,21	55,75	74,49
55	26,61	27,85	30,53	34,59	39,19	40,79	46,21	52,35	69,94
60	25,13	26,30	28,83	32,66	37,00	38,51	43,63	49,43	66,04
65	23,83	24,94	27,34	30,98	35,09	36,53	41,39	46,89	62,64
70	22,70	23,75	26,04	29,50	33,42	34,79	39,41	44,65	59,65
75	21,69	22,69	24,88	28,19	31,93	33,24	37,66	42,66	57,00
80	20,78	21,75	23,84	27,01	30,60	31,85	36,09	40,88	54,62
85	19,97	20,89	22,91	25,95	29,40	30,60	34,67	39,28	52,48
90	19,23	20,12	22,06	24,99	28,31	29,47	33,39	37,82	50,53
95	18,55	19,42	21,29	24,11	27,32	28,44	32,22	36,50	48,76
100	17,93	18,77	20,58	23,31	26,41	27,49	31,15	35,28	47,14
105	17,37	18,17	19,93	22,57	25,57	26,62	30,16	34,17	45,65
110	16,84	17,63	19,32	21,89	24,80	25,82	29,25	33,13	44,27
115	16,35	17,12	18,76	21,26	24,08	25,07	28,40	32,17	42,99
120	15,90	16,64	18,24	20,67	23,42	24,38	27,61	31,28	41,80
125	15,48	16,20	17,76	20,12	22,79	23,73	26,88	30,45	40,68
130	15,08	15,79	17,31	19,61	22,21	23,12	26,19	29,67	39,65
135	14,71	15,40	16,88	19,12	21,66	22,55	25,55	28,94	38,67
140	14,36	15,03	16,48	18,67	21,15	22,02	24,94	28,26	37,75
145	14,03	14,69	16,10	18,24	20,67	21,51	24,37	27,61	36,89
150	13,72	14,36	15,75	17,84	20,21	21,04	23,83	27,00	36,07
155	13,43	14,06	15,41	17,46	19,78	20,59	23,32	26,42	35,30
160	13,15	13,76	15,09	17,09	19,37	20,16	22,84	25,87	34,57
165	12,89	13,49	14,79	16,75	18,98	19,75	22,38	25,35	33,87
170	12,64	13,22	14,50	16,42	18,61	19,37	21,94	24,86	33,21
175	12,40	12,97	14,22	16,11	18,25	19,00	21,53	24,39	32,58
180	12,17	12,73	13,96	15,82	17,92	18,65	21,13	23,94	31,98

Imagen 6. Curvas IDF, hietograma y distribución de intensidades Estación Duitama (código 24030350)



3.2 Cálculo de escorrentía efectiva (Método SCS-CN)

Con base en los parámetros de cobertura del suelo, se estimó la **curva número (CN)** correspondiente y se determinó el volumen de escorrentía.

Almacenamiento potencial:

$$S = \frac{25400}{CN} - 254$$

Abstracción inicial:

$$I_a = 0.2S$$

Lluvia efectiva:

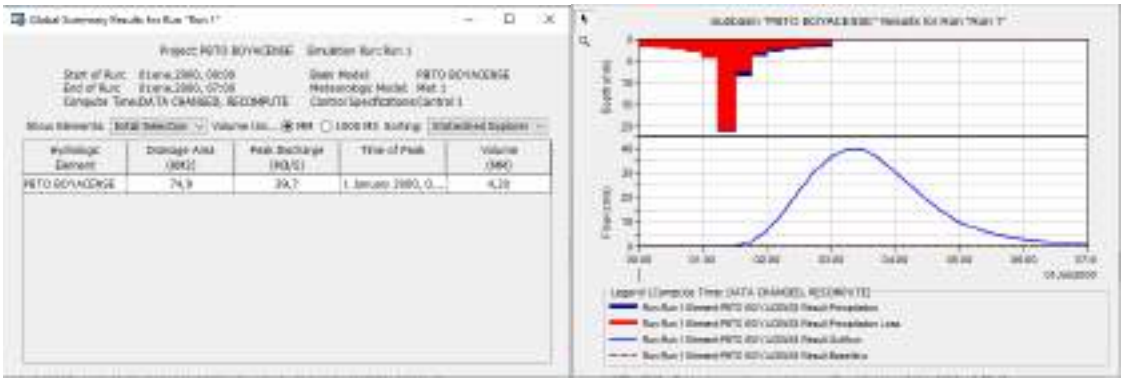
$$P_e = \frac{(P - I_a)^2}{P - I_a + S} \quad \text{para } P > I_a$$

3.3 Caudal de diseño

El caudal de validación fue estimado a partir de la modelación hidrológica con base en los parámetros de la cuenca del **Río Chiticuy**, aplicando el método SCS-CN y los hietogramas generados con la curva IDF.

El cálculo del tiempo de concentración (Tc) se realizó con base en la pendiente media y la longitud del cauce principal.

Imagen 7. Imagen de recorte de salida del HEC-HMS de cálculo del caudal pico



A partir de los parámetros hidrológicos definidos, el modelo permitió determinar el caudal pico de diseño asociado a un período de retorno de 20 años, el cual fue utilizado como base para el análisis hidráulico y de socavación de la estructura.

Inicialmente, desde el criterio técnico del consultor, se consideró pertinente evaluar la estructura bajo un período de retorno de 100 años, especialmente para el análisis de socavación, en concordancia con lo señalado en apartados del Manual de Drenaje para Carreteras del INVIAS

donde se menciona dicho período para este tipo de verificación hidráulica. Este enfoque buscaba incorporar un escenario de mayor exigencia hidráulica, considerando la dinámica torrencial de la cuenca y la incertidumbre asociada a eventos extremos.

No obstante, la supervisión del contrato instruyó mantener el período de retorno de 20 años, sustentando su decisión en el mismo Manual de Drenaje, el cual establece que para estructuras tipo alcantarilla el período de diseño hidráulico corresponde a 20 años. En atención a dicha directriz y con el fin de garantizar coherencia normativa y contractual, se adoptó finalmente este período de retorno tanto para el análisis hidráulico como para la evaluación de socavación.

Se deja constancia de que la modelación y los resultados aquí presentados corresponden estrictamente al escenario de TR = 20 años, conforme a la instrucción de la supervisión, sin perjuicio de que un análisis bajo períodos de retorno mayores podría conducir a solicitaciones hidráulicas superiores y, eventualmente, a requerimientos adicionales de protección.

De acuerdo con lo anterior,

$$Q_{TR20} = 39.7\ m^3/s$$

4. ANÁLISIS HIDRÁULICO

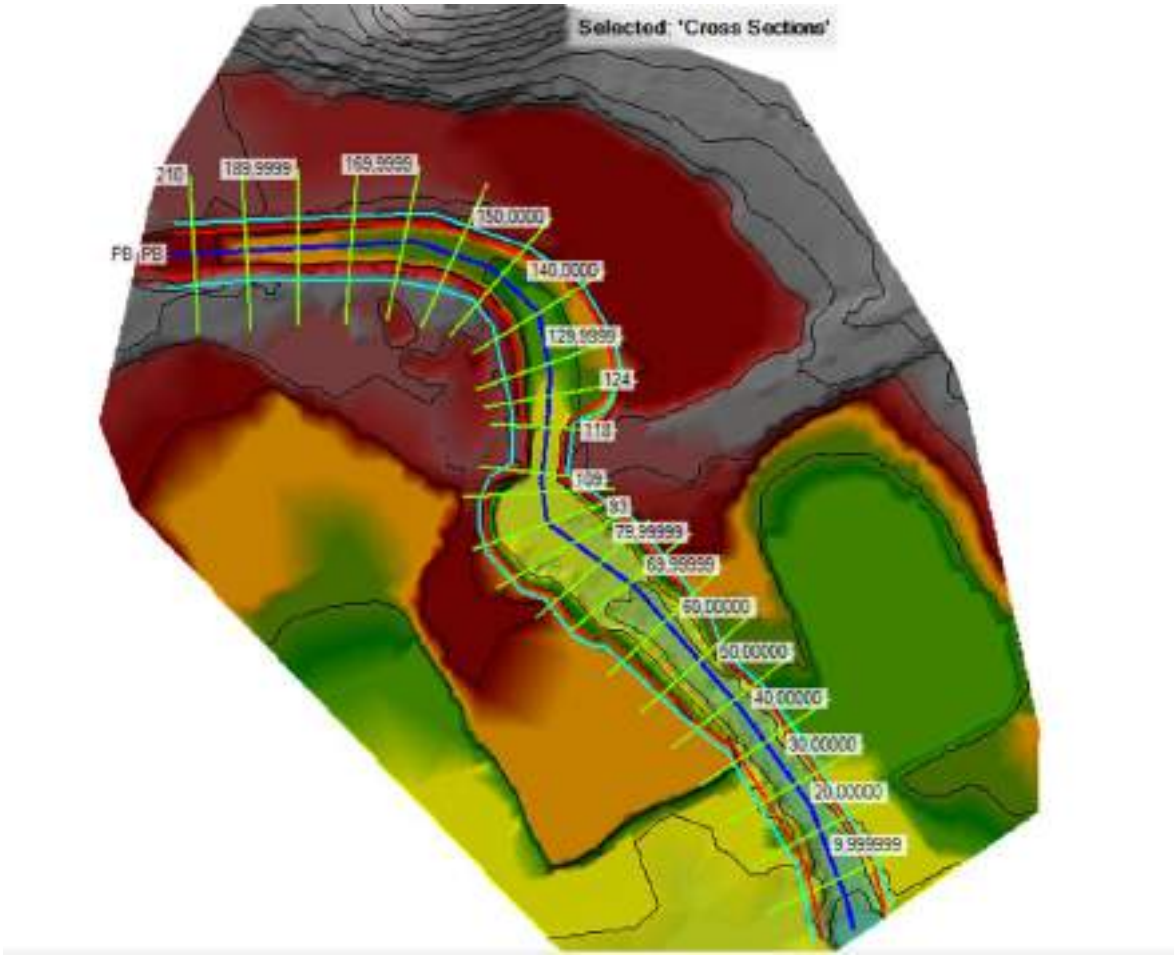
4.1 Modelo Digital de Elevación (DEM)

El Modelo Digital de Elevación (DEM) se generó a partir de la información topográfica levantada en el área de influencia del puente.

El modelo permitió definir con precisión la geometría del cauce, las márgenes y los niveles de control aguas arriba y aguas abajo.

A partir de este DEM se extrajeron los perfiles longitudinales y transversales empleados en el modelo hidráulico, garantizando la adecuada representación del relieve y las condiciones locales del río.

Imagen 8. DEM topografía y modelación en HEC RAS planta



4.2 Asignación de parámetros

El comportamiento del flujo se analizó mediante la ecuación de Manning utilizando el software HEC-RAS.

$$Q = \frac{1}{n} A R^{2/3} S^{1/2}$$

Donde:

n = coeficiente de rugosidad de Manning (0.040 a 0.045)
A = área hídrica (m²)
R = radio hidráulico (m)
S = pendiente del cauce (m/m)

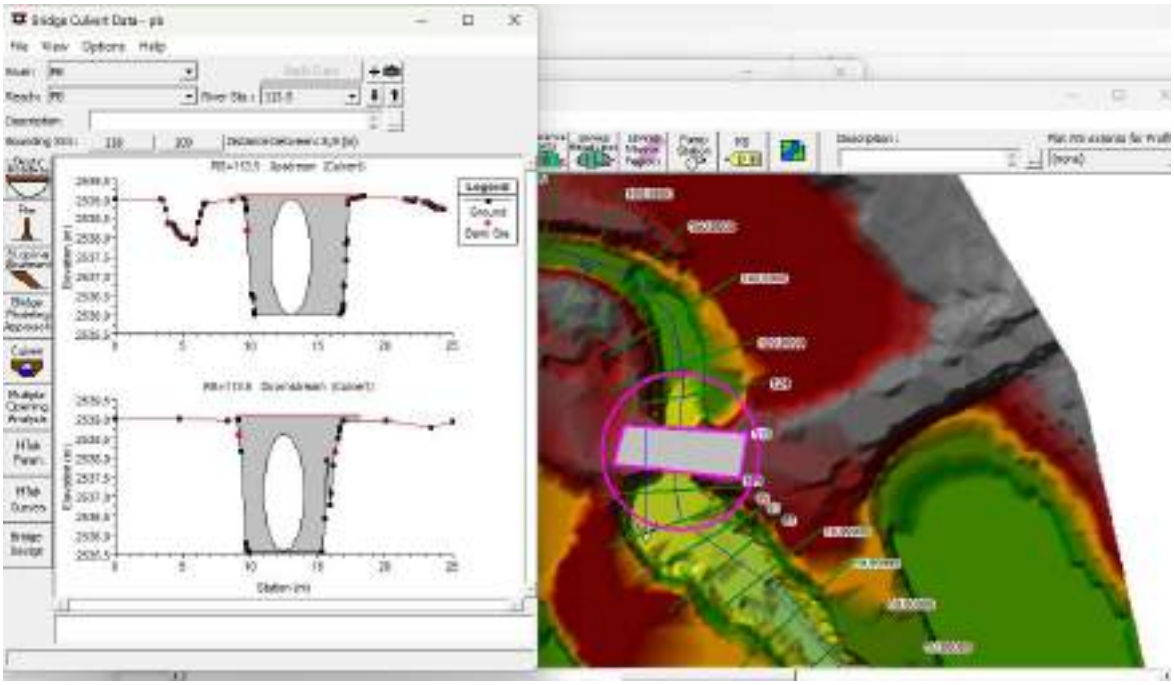
Los parámetros hidráulicos fueron definidos considerando las condiciones físicas del cauce y los materiales observados en campo.

El coeficiente de rugosidad de Manning (n) se asignó con base en el tipo de fondo (material granular y roca fracturada), vegetación y grado de sinuosidad.

Los límites del modelo incluyeron condiciones de frontera aguas arriba (flujo subcrítico) y aguas abajo (control de nivel), así como la configuración geométrica del cauce en las cercanías del puente.

Estos parámetros garantizan la representatividad del modelo respecto a las condiciones hidráulicas reales.

Imagen 9. Imagen de modelación del tablero general en HEC-RAS



4.3 Resultados de la modelación

Los resultados hidráulicos muestran la distribución de niveles de agua, velocidades y energía específica para el caudal de diseño.

Imagen 10. Resultado general en sección del puente: Capacidad Insuficiente (aguas arriba/Aguas abajo)

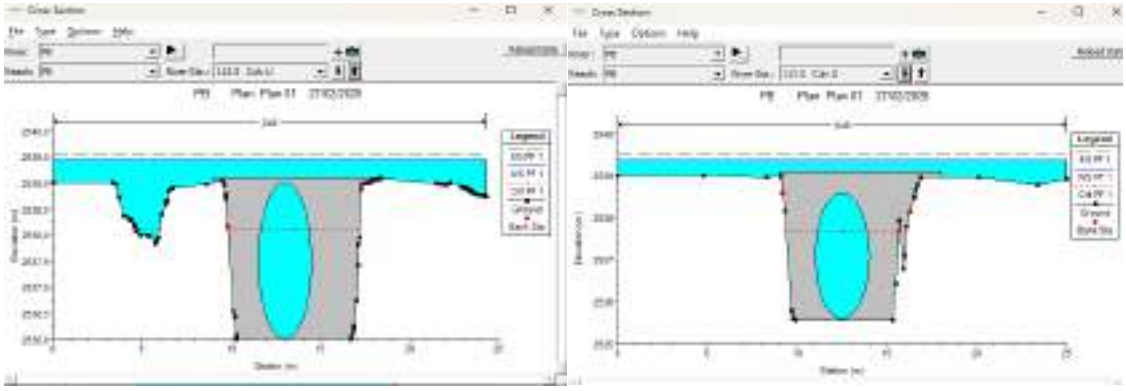


Imagen 11. Resultados de la modelación en términos de tirante hidráulico

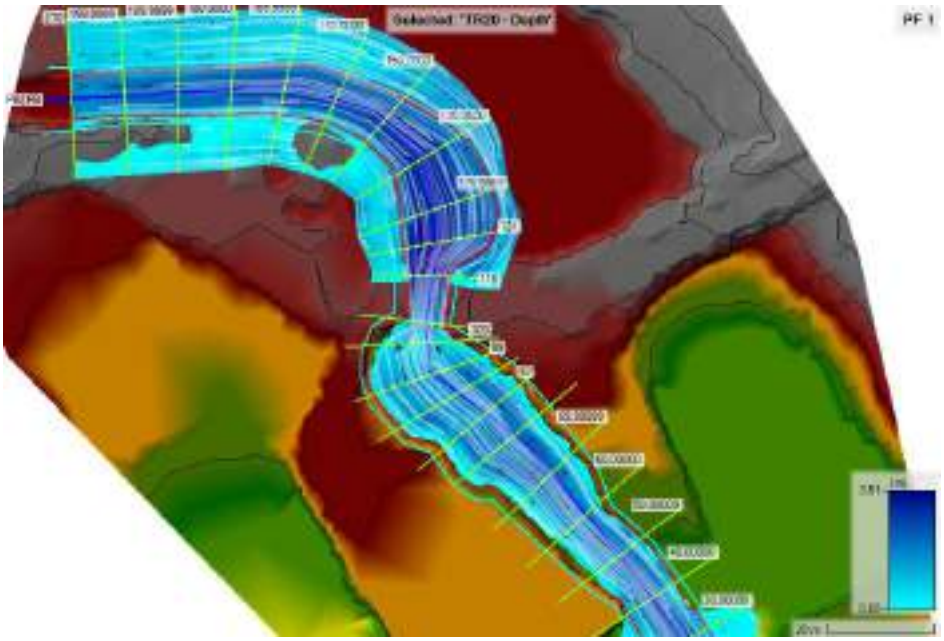


Imagen 12. Resultados de la modelación en términos de velocidad de flujo

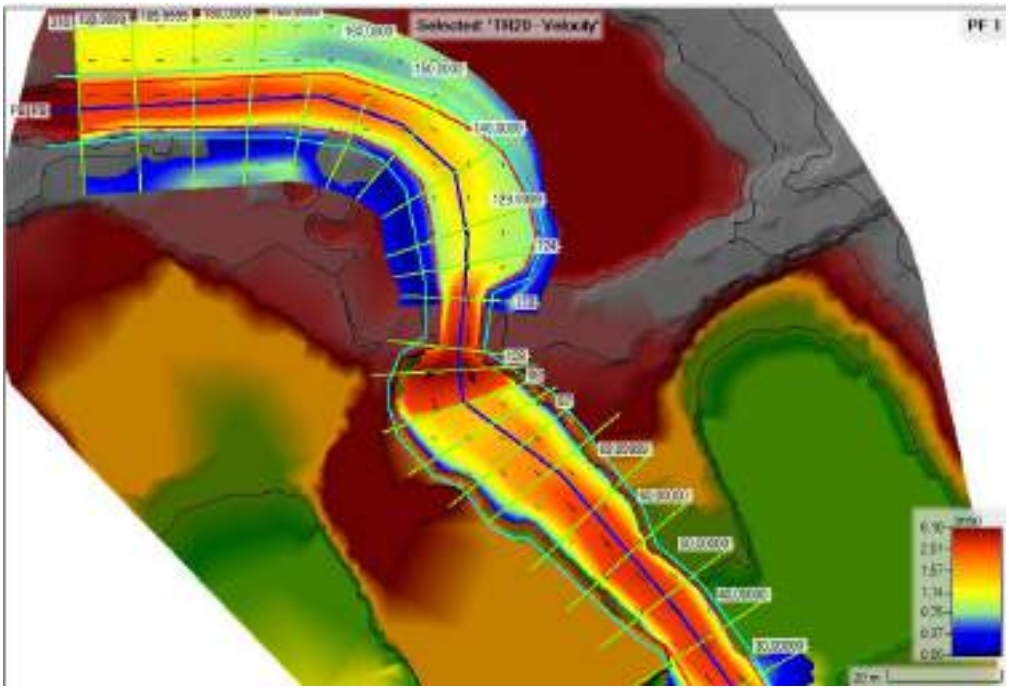
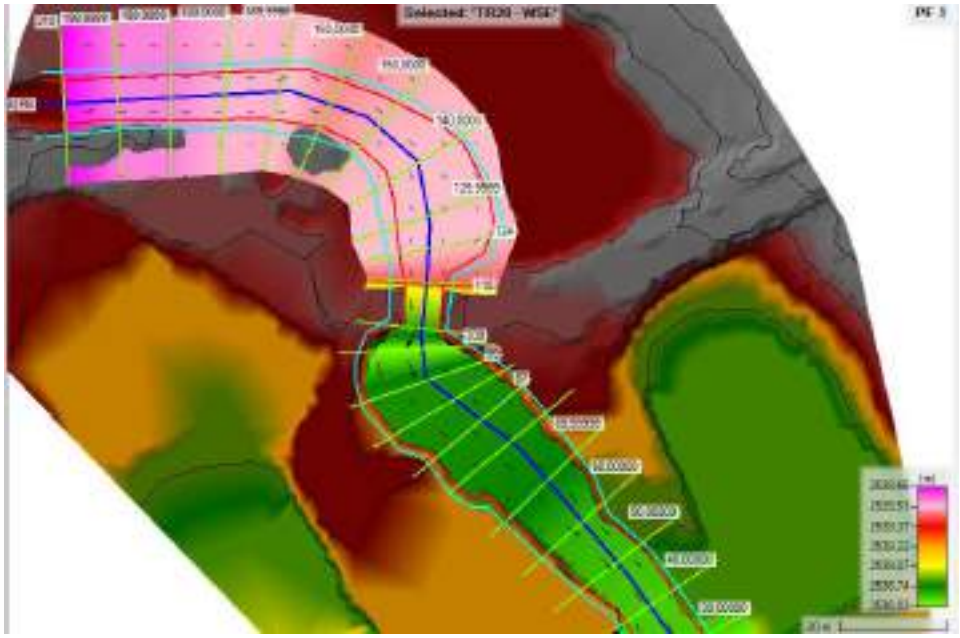


Imagen 13. Resultados de la modelación en términos de nivel de la superficie del agua



Se definieron tres secciones de control para la validación hidráulica y de socavación, con el fin de analizar el comportamiento del flujo, los esfuerzos hidráulicos y las condiciones del lecho en el entorno del **Puente Pueblito Boyacense**:

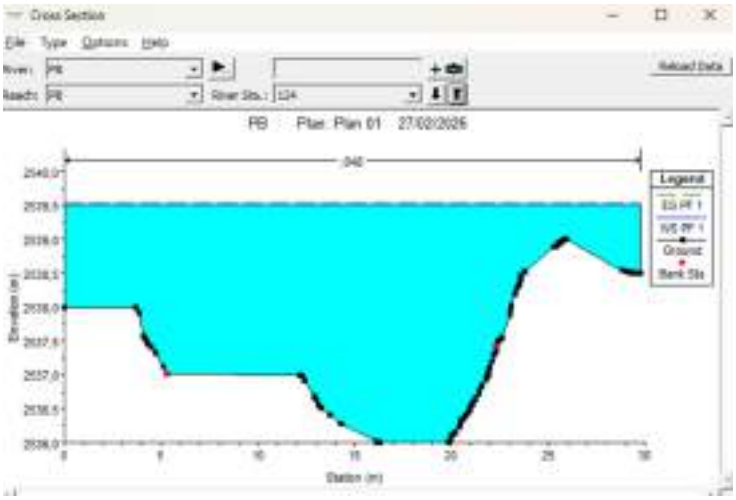
- **Aguas arriba:** corresponde a la sección de aproximación al puente, donde se analizan las condiciones de entrada del flujo, su distribución transversal, posibles zonas de expansión o contracción, y la influencia de los remansos o acumulaciones de energía que pueden modificar el perfil del tirante. Esta zona permite identificar si existe obstrucción o reducción de la sección efectiva que pueda inducir incremento de niveles o desviación de corrientes hacia los estribos.

- **Eje del puente:** representa la sección principal de control estructural e hidráulico, donde el flujo atraviesa el claro del puente. En esta sección se evalúan los parámetros de régimen (velocidad, número de Froude y profundidad hidráulica), la distribución del flujo entre márgenes y canal principal, y los esfuerzos cortantes sobre el lecho y las cimentaciones. Esta información es fundamental para la estimación de la socavación general y localizada, así como para verificar la estabilidad del sistema de drenaje y del lecho bajo el puente.

- **Aguas abajo:** corresponde a la sección de restitución, donde el flujo recupera su régimen natural. En este punto se analizan las condiciones de disipación de energía, la formación potencial de resaltos hidráulicos, y el impacto del chorro principal sobre el lecho y las márgenes del cauce. Esta sección es clave para determinar la necesidad de obras de disipación y protección (enrocados, losas o disipadores) que aseguren la estabilidad de la estructura y del cauce en el tramo de salida

Cada sección fue evaluada con base en las velocidades y tirantes obtenidos, determinando los niveles de energía y la profundidad efectiva del flujo durante la crecida de diseño.

Imagen 14. Resultados de la modelación sección aguas arriba del puente (K0+124)



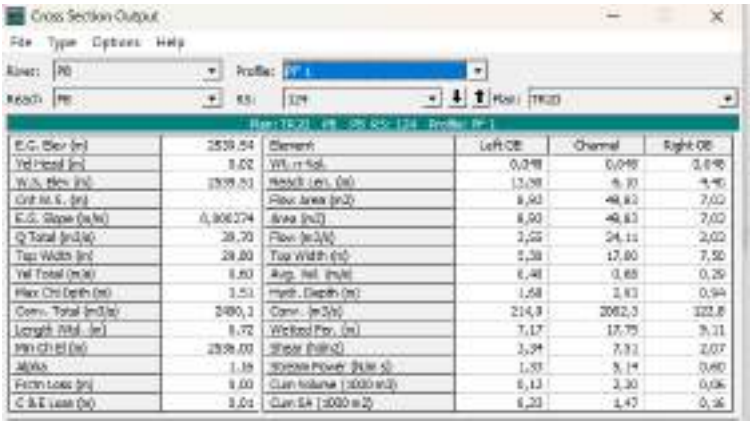
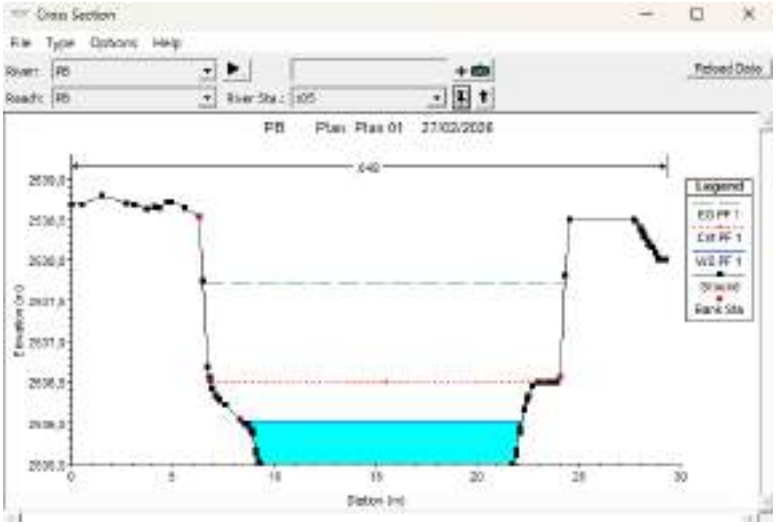
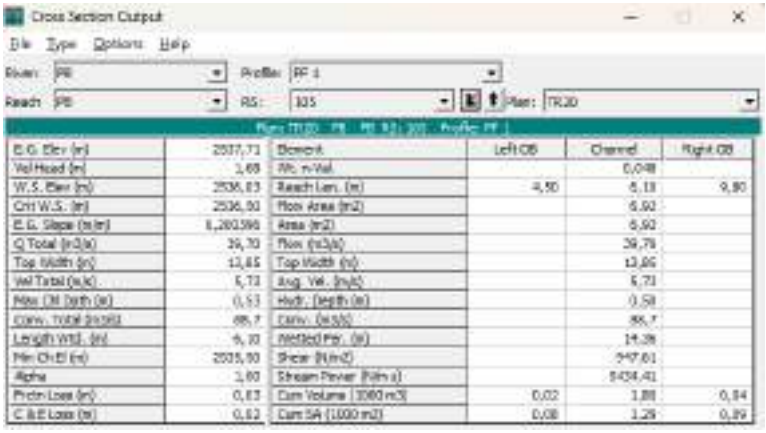


Imagen 15. Resultados de la modelación sección aguas abajo del puente (K0+105)





En K0+124 el flujo se desarrolla en una sección amplia, con área hidráulica total de 65,76 m² y anchura superficial de 29,80 m. El modelo reporta una velocidad media en el canal del orden de 0,68 m/s, asociada a una pendiente energética muy baja (E.G. Slope = 0,000274 m/m), lo que evidencia una condición de aproximación relativamente estable y con baja demanda hidráulica sobre el lecho. En coherencia con lo anterior, los indicadores de solicitación erosiva son reducidos: esfuerzo cortante en el canal = 7,51 N/m² y potencia específica del flujo = 5,14 N/m·s.

En K0+113.5 el modelo identifica explícitamente la condición "Culvert", es decir, el tramo donde el comportamiento hidráulico queda gobernado por el paso a través de la alcantarilla (control hidráulico por la estructura). En esta zona, la lámina de agua y la energía se ven condicionadas por la geometría interna del conducto y por las pérdidas asociadas a entrada/salida, por lo que el perfil experimenta una transición respecto al comportamiento uniforme observado aguas arriba.

Los resultados del listado longitudinal muestran que inmediatamente alrededor de la alcantarilla se presenta un cambio brusco en la pendiente energética y en las condiciones de flujo, con tendencia a acelerar hacia aguas abajo (consistente con la disminución de área efectiva y el control estructural). Esta respuesta es compatible con un paso que actúa como sección de control, limitando el régimen aguas arriba (subcrítico) y generando una condición de salida más exigente.

En K0+105 se evidencian las condiciones hidráulicas más exigentes del tramo analizado. El modelo reporta un área hidráulica de 6,92 m² y una anchura superficial de 13,85 m, con una velocidad media de 5,73 m/s. La pendiente energética se incrementa de manera marcada hasta E.G. Slope = 0,200396 m/m, lo que confirma un tramo de salida altamente energético. En consistencia, los indicadores de demanda erosiva aumentan de forma significativa: esfuerzo cortante = 947,61 N/m² y potencia específica del flujo = 5.434,41 N/m·s, valores compatibles con un escenario de alta capacidad de arrastre y potencial de erosión localizada, especialmente en el lecho y en zonas de transición inmediata aguas abajo.

4.4 Análisis del número de Froude

El número de Froude se calculó con la expresión:

$$Fr = \frac{V}{\sqrt{g\,D_h}}$$

donde:

- V = velocidad media en el canal (dato de HEC-RAS),
- D_h = profundidad hidráulica del canal (Hydr. Depth),
- g = 9,81 m/s².

Imagen 20. Resultados generales de la hidráulica del río en el tramo estudiado

Reach	River Sta	Profile	Q Total	Min Ch El	W.S. Elev	Crit W.S.	E.G. Elev	E.G. Slope	Vel Chnl	Flow Area	Top Width	Froude # Chl
			(m3/s)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m/m)	(m/s)	(m2)	(m)	
PB	210	PF 1	39,70	2538,00	2539,66	2539,36	2539,86	0,005757	2,17	22,58	23,52	0,54
PB	199,9999	PF 1	39,70	2537,90	2539,56		2539,79	0,006781	2,31	21,01	25,05	0,56
PB	189,9999	PF 1	39,70	2537,90	2539,56		2539,72	0,004431	1,92	25,83	26,03	0,45
PB	180,0000	PF 1	39,70	2537,00	2539,52		2539,67	0,003932	1,88	26,83	30,00	0,43
PB	169,9999	PF 1	39,70	2537,00	2539,53		2539,63	0,002414	1,56	32,62	30,00	0,35
PB	160,0000	PF 1	39,70	2537,00	2539,47		2539,60	0,002832	1,68	27,90	22,32	0,37
PB	150,0000	PF 1	39,70	2536,90	2539,50		2539,56	0,001136	1,18	40,12	30,00	0,24
PB	140,0000	PF 1	39,70	2536,90	2539,51		2539,55	0,000487	0,84	55,21	30,00	0,17
PB	129,9999	PF 1	39,70	2536,47	2539,51		2539,54	0,000370	0,74	59,80	30,00	0,15
PB	124	PF 1	39,70	2536,00	2539,51		2539,54	0,000274	0,68	65,76	29,80	0,13
PB	118	PF 1	39,70	2536,00	2539,44	2537,52	2539,53	0,001648	1,39	34,73	24,30	0,34
PB	113,5		Culvert									
PB	109	PF 1	39,70	2535,96	2537,26	2537,26	2538,06	0,035442	3,95	10,06	6,37	1,00
PB	105	PF 1	39,70	2535,90	2536,03	2536,50	2537,71	0,200396	5,73	6,92	13,85	2,59
PB	99	PF 1	39,70	2535,30	2536,98	2536,30	2537,08	0,003239	1,38	28,70	21,82	0,38
PB	93	PF 1	39,70	2535,00	2536,97		2537,06	0,002750	1,33	29,92	21,19	0,36
PB	87	PF 1	39,70	2535,00	2536,92		2537,01	0,003621	1,51	26,37	18,55	0,40
PB	79,99999	PF 1	39,70	2535,00	2536,89		2537,01	0,003834	1,54	25,73	18,29	0,42
PB	69,99999	PF 1	39,70	2534,50	2536,70		2536,95	0,005913	1,84	20,41	13,74	0,51
PB	60,00000	PF 1	39,70	2534,50	2536,46		2536,85	0,014264	2,75	14,41	10,89	0,76
PB	50,00000	PF 1	39,70	2534,23	2536,40		2536,71	0,010114	2,47	16,10	10,69	0,64
PB	40,00000	PF 1	39,70	2534,00	2536,33		2536,61	0,007769	2,26	17,21	10,93	0,59
PB	30,00000	PF 1	39,70	2534,00	2536,33		2536,51	0,005700	1,99	23,01	28,07	0,50
PB	20,00000	PF 1	39,70	2534,00	2535,75	2535,75	2536,37	0,015304	3,48	11,40	9,23	1,00
PB	9,999999	PF 1	39,70	2534,00	2535,37	2535,63	2536,07	0,033422	3,69	10,76	10,31	1,15

- Sección K0+124 (aguas arriba) Fr≈ 0.13
- Sección K0+105 (aguas abajo) Fr≈ 2.59

El análisis del número de Froude para el escenario TR20 (Q = 39,70 m³/s) evidencia dos comportamientos hidráulicos claramente diferenciados a cada lado de la estructura de drenaje: un tramo aguas arriba dominado por régimen subcrítico y un tramo aguas abajo con transición hacia régimen supercrítico, controlado por la descarga de la alcantarilla.

En el tramo de aproximación, los valores de Froude se mantienen consistentemente por debajo de la unidad, con registros bajos en las secciones previas al cruce (por ejemplo, en K0+124 se obtiene Fr ≈ 0,13). Esta condición indica un flujo subcrítico, controlado principalmente por el tirante y por la geometría del cauce, con velocidades moderadas y baja dominancia de la energía cinética. En términos hidráulicos, este patrón sugiere una aproximación relativamente estable, con menor tendencia a generar chorros acelerados y con menor susceptibilidad a procesos erosivos por aceleración del flujo en el tramo inmediatamente previo al ingreso a la estructura.

En el entorno del eje de la alcantarilla (K0+113.5) el flujo queda gobernado por el control hidráulico de la estructura. Por ello, el cambio de régimen no debe interpretarse como un fenómeno gradual del cauce natural, sino como una respuesta inducida por la restricción geométrica y las pérdidas de entrada/salida del conducto. En este punto se produce la transición que separa el comportamiento subcrítico aguas arriba del comportamiento acelerado que se manifiesta aguas abajo.

Aguas abajo se observa un incremento abrupto del número de Froude, con valores que pasan a ser cercanos a la unidad o superiores, alcanzando condiciones claramente supercríticas en la sección inmediata representativa (K0+105 con Fr ≈ 2,59). Este patrón confirma que la descarga de la alcantarilla induce un flujo rápido dominado por energía cinética, con tendencia a desarrollar un chorro de salida y a concentrar esfuerzos hidráulicos en el tramo de transición. En términos de estabilidad, este comportamiento es consistente con un mayor potencial de erosión localizada del

fondo y de reacomodación del material en el tramo de salida, particularmente si no existen mecanismos de disipación de energía o protecciones del lecho.

En conjunto, el perfil de Froude describe un sistema donde el cauce aguas arriba funciona en régimen subcrítico (estable y controlado por tirante), mientras que el cauce aguas abajo opera bajo condiciones supercríticas inducidas por la estructura. Esta configuración concentra el mayor riesgo hidráulico en la zona de salida, donde la aceleración del flujo y el incremento del número de Froude evidencian un cambio de régimen y una mayor capacidad erosiva. Por tanto, el control y la protección, de requerirse, deben priorizar el tramo aguas abajo inmediato de la alcantarilla, más que la aproximación aguas arriba, donde el régimen y las velocidades son inherentemente menores.

5. ANÁLISIS DE SOCAVACIÓN

5.1 Socavación general

Se utilizó el método de Lischvan–Lebediev para suelos granulares – Socavación general. Este método proviene de estudios hidromorfológicos realizados en la antigua Unión Soviética y fue posteriormente compilada en manuales de hidráulica fluvial y diseño de obras hidráulicas. LISCHVAN, E.; LEBEDIEV, A. Scouring around hydraulic structures in alluvial beds. Moscú: Hydrometeoizdat, 1967.

$$Y_s = \left(\frac{\alpha \, Y_0^{5/3}}{0.68 \, \beta \, \mu \, \phi \, d_m^{0.28}} \right)^{\frac{1}{1+z}}$$

Y_s: Profundidad del flujo después de ocurrida la socavación. Se mide desde el nivel del agua cuando pasa la creciente, hasta el nivel del fondo del cauce erosionado, en metros (m).

Y_o: Profundidad inicial existente en una línea vertical predeterminada de la sección medida desde el nivel del agua cuando pasa la creciente, hasta el nivel del cauce antes del proceso de socavación, en metros (m).

α: Coeficiente de sección, definido como:

$$\alpha = \frac{Q_d}{Y_m^{5/3} \, B_e} \qquad [6.3]$$

Q_d: Caudal de diseño asociado al periodo de retorno, en metros cúbicos por segundo (m^3/s).

Y_m: Profundidad media, en metros (m), definida como:

$$Y_m = \frac{A}{B_e} \qquad [6.4]$$

A: Área hidráulica, en metros cuadrados (m^2).

B_e: Ancho efectivo de la superficie del agua en la sección transversal, en metros (m). Del ancho total se debe descontar el ancho de las pilas cuando el ángulo de incidencia de la corriente con respecto al eje de la pila es 0. En caso de que la corriente forme un ángulo con las pilas, este valor se debe ajustar. (Figura 6.2).

β: Coeficiente de frecuencia. Este coeficiente toma en cuenta el periodo de retorno T comprendido entre 15 y 1500 años. Para obtener su valor se propone la siguiente expresión (Referencia 6.4):

$$\beta = 0.7929 + 0.0973\ Ln(T) \qquad [6.5]$$

μ: Coeficiente de contracción. Este valor se toma de la Tabla 6.1 como una función de la velocidad media del flujo y de la distancia libre entre pilas cuando hay un puente.

ϕ: Coeficiente de corrección por el efecto de la densidad del agua durante la creciente. Para agua clara (clear water) este valor es igual a 1.0. Si la creciente transporta sedimentos en suspensión (lived – bed), este coeficiente se calcula como:

$$\phi = -0.54 + 1.5143\ \gamma_{ag} \qquad [6.6]$$

γ_{ag}: Peso específico del agua más sedimento, en toneladas por metro cúbico (T/m^3).

d_m: Diámetro medio de las partículas del material granular, en milímetros (mm). Se calcula como:

$$d_m = 0.01 \sum d_i P_i \qquad [6.7]$$

d_i: Diámetro en milímetros (mm) de una fracción de la curva granulométrica del material.

P_i: Peso de esa fracción expresado en porcentaje con respecto al total de la muestra (porcentaje retenido).

Z: Exponente variable que depende del diámetro medio de las partículas del material granular.

$$Z = 0.394557 - 0.0413 \log(d_m) - 0.00891 \log^2 d_m \qquad [6.8]$$

Tabla 6.1. - Factor de corrección por contracción del cauce μ (Referencia 6.5)

V (m/s)	LONGITUD LIBRE ENTRE DOS PILAS O ESTRIBOS (m)												
	10	13	16	18	21	25	30	42	62	83	106	124	208
≤1.0	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
1.0	0.96	0.97	0.98	0.98	0.99	0.99	0.99	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
1.5	0.94	0.96	0.97	0.97	0.97	0.98	0.99	0.99	0.99	0.99	1.00	1.00	1.00
2.0	0.93	0.94	0.95	0.96	0.97	0.97	0.98	0.98	0.99	0.99	0.99	0.99	1.00
2.5	0.92	0.93	0.94	0.95	0.96	0.96	0.97	0.98	0.98	0.99	0.99	0.99	1.00
3.0	0.89	0.91	0.93	0.94	0.95	0.96	0.96	0.97	0.98	0.98	0.99	0.99	0.99
3.5	0.87	0.90	0.92	0.93	0.94	0.95	0.96	0.97	0.98	0.98	0.99	0.99	0.99
≥ 4.0	0.85	0.89	0.91	0.92	0.93	0.94	0.95	0.96	0.97	0.98	0.99	0.99	0.99

V = velocidad media en la sección transversal
μ = 1.0 si no hay obstáculos

5.2 Resultados

El análisis de socavación se efectuó mediante la aplicación de metodologías empíricas ajustadas a las condiciones del sitio.

Los resultados obtenidos fueron:

- Socavación general máxima aguas arriba: 0.00 m
- Socavación general máxima aguas abajo: 0.41 m

Estas profundidades reflejan la influencia del flujo incidente y las variaciones de pendiente en el lecho del río.

Imagen 16. Resultados de la modelación sección aguas arriba del puente

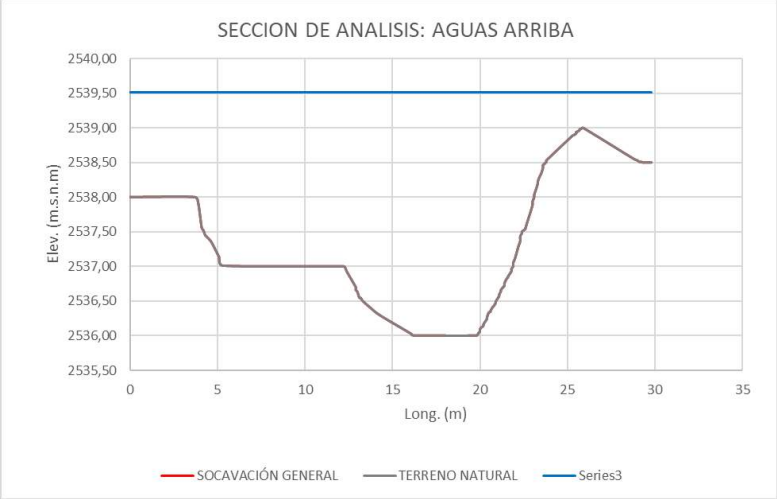


Imagen 17. Resultados de la modelación sección aguas abajo del puente

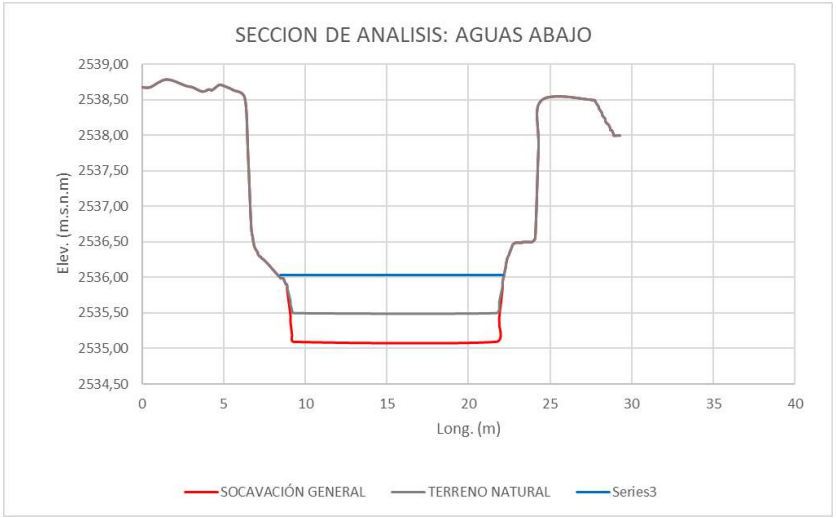


Tabla 5. Resumen de resultados de profundidad de erosión esperada y altura de protecciones

Ubicación	Profundidad estimada de erosión	Empotramiento recomendado	Altura mínima de la protección
	(m)	(m)	(msnm)
Aguas arriba	0,00	0,0	2540,0
Aguas abajo	0,41	0,6	2536,5

La inspección de campo y la comparación de las secciones topográficas levantadas no evidencian procesos de degradación histórica del lecho superiores a 1,0 m, por lo que la socavación general obtenida mediante las expresiones empíricas puede considerarse conservadora para efectos de diseño y no necesariamente representativa de la condición geomorfológica actual del cauce.

Como criterio de referencia para el diseño, se toma la cota de cimentación del estribo, de manera que la protección proyectada se empotre hasta un nivel equivalente o ligeramente superior. Es importante precisar que la función de la obra de protección no es reemplazar ni incrementar la capacidad estructural de la cimentación existente, sino salvaguardar el relleno y las aletas frente a procesos de socavación superficial localizada y erosión inducida por la descarga.

En consecuencia, para el diseño de la protección de aleta y márgenes —y considerando su carácter de obra de emergencia— se adopta un empotramiento de 1,0 m aguas abajo, superior al valor mínimo calculado, con el fin de incorporar un margen adicional de seguridad frente a posibles variaciones del lecho, incertidumbres propias de las metodologías empíricas de socavación y efectos de concentración de flujo en la zona de salida. Este empotramiento garantiza una mayor estabilidad del sistema de protección ante eventos hidráulicos futuros.

6. RECOMENDACIONES DE PROTECCIÓN

6.1 Dimensionamiento de protecciones necesarias

Las protecciones se definen en función del tirante de diseño Y_{100}, la socavación estimada Y_s y el régimen de flujo.

Para el diseño de las protecciones en el **Puente Pueblito Boyacense** se adoptará el criterio geométrico del *HEC-23 (2009, Fig. 6)*, en el cual la extensión horizontal de la protección se relaciona con el tirante de flujo de diseño (y_1), mientras que la profundidad de empotramiento y el espesor del manto se ajustarán en función de la socavación estimada (Y_s).

De esta manera, se garantiza que las protecciones cubran tanto la zona hidráulicamente activa (controlada por el flujo) como la zona potencialmente socavada (controlada por el proceso erosivo local).

Tabla 6. Recomendaciones para protección

PROTECCIÓN DE FONDO – APRON (SOLERA DE PROTECCIÓN)

Ubicación	Condición hidráulica	Velocidad (m/s)	Tirante (y_{100}) (m)	Socavación (y_s) (m)	Longitud total (L) * (m)	Ancho lanzado (W_{ap}=2 Y_{100}) (m)	Empotramiento (E=1,5Y_s) (m)	Espesor (T) (m)	Borde libre (BL) (m)
Aguas arriba (Est. 124)	Subcrítico Fr ≈ 0,13	0,68	1,88	0,00	2,8	3,80	0,0	1,00	0,5
Aguas abajo	Supercrítico Fr ≈2,59	5,73	0,50	0,41	1,5	1,00	0,6	1,10	0,5

PROTECCIÓN DE MÁRGENES (REVESTIMIENTO LATERAL)

Ubicación	Condición hidráulica	Velocidad (m/s)	Ancho hidráulico (B) (m)	Socavación (y_s) (m)	Longitud por margen * (L_m=1 a 2B) (m)	Borde libre (BL) (m)	Altura (h) (m)	Ancho de pie (FA=2 Y_{100}) (m)	Espesor (T) (m)
Aguas arriba (Est. 124)	Subcrítico Fr ≈ 0,13	0,68	29,8	0,00	29,8	0,5	2540,0	3,80	1,00
Aguas abajo	Supercrítico Fr ≈2,59	5,73	21,82	0,41	43,6	0,5	2536,5	1,00	1,10

6.2 Material de protección

Alternativa Enrocado de protección

Una fórmula muy reconocida para estimar el tamaño de roca (mediana o mediana ponderada) para enrocados de protección (riprap) en márgenes, estribos, es la del manual Hydraulic Design of Flood Control Channels del U.S. Army Corps of Engineers.

$$D_{50} = \frac{\tau_0}{(\rho_s - \rho) g \theta_c}$$

con

$$\tau_0 = \rho g y S_f$$

donde:

- D_{50} = diámetro mediano de las rocas [m]
- τ_0 = esfuerzo cortante en el lecho [N/m²]
- ρ = densidad del agua ≈ 1000 kg/m³
- ρ_s = densidad de la roca (ej. 2650 kg/m³ → $\rho_s - \rho \approx 1650$ kg/m³)
- g = gravedad = 9.81 m/s²
- y = tirante de flujo [m]
- S_f = pendiente de energía o fondo (adimensional)
- θ_c = parámetro crítico de Shields (usualmente entre 0.045 y 0.06 para roca)

De acuerdo con las guías internacionales de diseño —HEC-11 y HEC-23 (FHWA, 2009)— el espesor recomendado para mantos de enrocado corresponde a 1.5 D_{50} – 2.0 D_{50}.

Adicionalmente, el Manual EM 1110-2-1601 del U.S. Army Corps of Engineers propone incorporar un margen adicional de 0.15 m 0.30 m para compensar posibles asentamientos o irregularidades del lecho.

Tabla 9. Cálculo de tamaño de roca y espesor del manto de protección aguas arriba

AGUAS ARRIBA		
PARÁMETROS		DESCRIPCIÓN
θc	0,047	parámetro crítico de Shields (usualmente entre 0.045 y 0.06 para roca)
Sf	0,02174	pendiente de energía o fondo (adimensional)
y	1,88	tirante de flujo (m)
g	9,81	gravedad ≈ 9.81 m/s²
ρs	2650	densidad de la roca (2650 kg/m³)
ρ	1000	densidad del agua ≈ 1000 kg/m³
T_0	400,03	esfuerzo cortante en el lecho (N/m²)
D50	0,53	diámetro mediano de las rocas (m)
	1,00	Factor de seguridad (Entre 1,1 y 1,4) para considerar turbulencias o flujo supercrítico
D50	0,50	diámetro mediano de las rocas recomendado (m)
		Chequeo del espesor del manto de protección
T	0,88	recomendación HEC-11 / HEC-23, Manto simple o doble capa.
T	1,00	recomendación USACE EM 1110-2-1601 Incluye margen de seguridad y asentamiento, mín:0,30m

Tabla10. Cálculo de tamaño de roca y espesor del manto de protección aguas abajo

AGUAS ABAJO		
PARÁMETROS		DESCRIPCIÓN
θc	0,047	parámetro crítico de Shields (usualmente entre 0.045 y 0.06 para roca)
Sf	0,02706	pendiente de energía o fondo (adimensional)
y	1,32	tirante de flujo (m)
g	9,81	gravedad ≈ 9.81 m/s²
ρs	2650	densidad de la roca (2650 kg/m³)
ρ	1000	densidad del agua ≈ 1000 kg/m³
T_0	349,078	esfuerzo cortante en el lecho (N/m²)
D50	0,46	diámetro mediano de las rocas (m)
	1,20	Factor de seguridad (Entre 1,1 y 1,3) para considerar turbulencias o flujo supercrítico
D50	0,60	diámetro mediano de las rocas recomendado (m)
		Chequeo del espesor del manto de protección
T	1,05	recomendación HEC-11 / HEC-23, Manto simple o doble capa.
T	1,10	recomendación USACE EM 1110-2-1601 Incluye margen de seguridad y asentamiento, mín:0,30m

Para el tramo aguas arriba, el dimensionamiento se realizó considerando la pendiente media del fondo del cauce, dado que en este sector el flujo se desarrolla bajo régimen subcrítico y su comportamiento está principalmente gobernado por la geometría natural del lecho.

En contraste, para el tramo aguas abajo, el criterio dominante es el asociado a la energía del flujo, debido a la aceleración inducida por la descarga de la alcantarilla y a las condiciones de régimen supercrítico identificadas en la modelación. En consecuencia, para este sector se adoptó como parámetro de diseño la pendiente media de energía, por representar de manera más adecuada las solicitaciones hidráulicas reales que actúan sobre el lecho y las protecciones proyectadas.

En consecuencia, se adopta como espesor de diseño del manto de protección T = 1.1 m para el margen aguas abajo con un D_{50} de 0.60 m, valor que satisface los requerimientos de estabilidad hidráulica frente a la socavación y garantiza una adecuada durabilidad estructural bajo las condiciones de flujo asociadas al período de retorno de 20 años.

6.3 Recomendación de protección

Con base en los resultados de la modelación hidráulica del río Chiticuy para el caudal de diseño de 39.7 m³/s, así como en las afectaciones y patologías identificadas en el informe geotécnico, se formulan las siguientes recomendaciones de protección orientadas a mitigar procesos erosivos, garantizar la estabilidad de las márgenes y preservar la integridad de la estructura del puente.

La modelación evidenció una transición del régimen hidráulico desde condiciones subcríticas aguas arriba (Fr < 0,5), hacia condiciones críticas y supercríticas en el entorno del puente y aguas abajo (Fr ≈ 2.5), con incrementos significativos de la velocidad del flujo, del esfuerzo cortante y de la potencia específica, particularmente en la margen derecha aguas abajo. Estas condiciones explican las patologías observadas en campo y fundamentan la necesidad de intervenciones selectivas.

1. Protección en la margen izquierda aguas arriba

Se recomienda la construcción de una protección en la margen izquierda aguas arriba del puente, con una longitud aproximada de 43.2 m, empotramiento de 1,0 m y un nivel superior de la protección a la cota 2538,0 m. Sin embargo, esta protección puede extenderse un poco más según se identifique en obra para garantizar la transición de terreno natural al material de protección.

Esta recomendación se justifica en que, de acuerdo con la modelación hidráulica, el tramo aguas arriba presenta un régimen predominantemente subcrítico, con valores del número de Froude bajos (del orden de 0,13 a 0,50), velocidades moderadas y esfuerzos cortantes relativamente contenidos. Estas condiciones permiten la implementación de soluciones flexibles por gravedad, sin que se genere un incremento significativo de la energía del flujo ni un riesgo elevado de desestabilización de las obras de protección.

Desde el punto de vista geotécnico, el informe identifica procesos de erosión superficial y pérdida de confinamiento lateral en esta margen, asociados a la acción prolongada del flujo y a la vulnerabilidad del material del talud.

Considerando que la intervención se enmarca dentro de un proyecto de atención de emergencias, se contempla como alternativa el uso de bolsacretos en la base del talud. Esta solución podría emplearse como medida temporal o complementaria, orientada a la estabilización inmediata de sectores puntuales donde se evidencie pérdida de material o exposición del pie del talud.

2. Construcción de aleta en concreto reforzado en la margen derecha aguas abajo

Se recomienda la construcción de una aleta en concreto reforzado en la margen derecha aguas abajo del puente, como elemento estructural de confinamiento y control hidráulico.

La modelación hidráulica muestra que en este sector se concentran las mayores velocidades del flujo (hasta aproximadamente 5.7 m/s), valores elevados del número de Froude (hasta ≈2.5) y esfuerzos cortantes muy superiores a los observados aguas arriba. Estas condiciones generan una fuerte acción erosiva localizada en la salida del puente, donde el flujo se acelera y cambia de régimen.

El informe geotécnico reporta afectaciones en esta margen, asociadas a pérdida de material de soporte y vulnerabilidad del relleno, lo que compromete el confinamiento lateral del cauce y puede afectar indirectamente la estabilidad del acceso y de la estructura. En este contexto, una aleta en concreto reforzado resulta necesaria para garantizar un control rígido del flujo, definir geométricamente la sección de salida y evitar procesos de erosión localizada que no pueden ser mitigados adecuadamente con soluciones flexibles.

3. Protección con enrocado en la margen derecha aguas abajo

Se recomienda la implementación de una protección con enrocado en la margen derecha aguas abajo, con una longitud aproximada de 18,0 m, diámetro medio del material D_{50} = 0.60 m, espesor de la capa T = 1.10 m, empotramiento de 1,1 m y nivel superior de la protección a la cota 2536,5 m.

Esta medida se justifica en las condiciones hidráulicas más severas del tramo, caracterizadas por régimen supercrítico, altas velocidades y elevados esfuerzos cortantes, que favorecen la socavación del lecho y de la margen si no se dispone de una protección de alta resistencia. El enrocado propuesto permite disipar energía, proteger el pie del talud y actuar como una transición robusta entre el cauce natural y la estructura rígida de la aleta, reduciendo el riesgo de erosión regresiva y de descalce de la margen.

Desde el enfoque geotécnico, esta protección responde a las patologías identificadas en la margen derecha aguas abajo, donde se evidencia susceptibilidad a la erosión y pérdida de material por acción directa del flujo. El empotramiento propuesto garantiza la estabilidad del sistema frente a procesos de socavación incipiente, mientras que el espesor definido proporciona un factor de seguridad adecuado frente al arrastre del material durante eventos de creciente.

Adicionalmente, y considerando que la intervención se desarrolla dentro del marco de un proyecto de atención de emergencias, se contempla como alternativa el uso de bolsacretos en la base del talud, en los mismos tramos definidos para la protección con enrocado. No obstante, debido al régimen supercrítico y a la alta energía del flujo en este sector, los bolsacretos solo se consideran admisibles como medida temporal y de mitigación inmediata, orientada a estabilizar puntualmente zonas descalzadas o con pérdida reciente de material. Se advierte que esta solución presenta limitaciones frente a la socavación de pie, la turbulencia intensa y el impacto de material sólido transportado, por lo cual no se recomienda como solución definitiva y su desempeño deberá ser monitoreado de manera frecuente, especialmente después de eventos de creciente.

En consecuencia, se establece como solución principal y preferente la protección con enrocado, mientras que el uso de bolsacretos se admite únicamente bajo un enfoque de intervención provisional de emergencia, hasta tanto se ejecuten o consoliden las obras de protección permanente.

4. Protección con enrocado del fondo a la salida de la alcantarilla

Con base en los resultados de la modelación hidráulica y del análisis del número de Froude, se identifica que el tramo inmediatamente aguas abajo de la alcantarilla constituye el sector de mayor solicitación hidráulica del sistema, debido a la aceleración del flujo en la descarga y al desarrollo de condiciones de régimen supercrítico. En esta zona se concentran las mayores velocidades, así como los valores más elevados de esfuerzo cortante y potencia específica del flujo, lo que incrementa el potencial de erosión localizada y degradación del lecho.

En particular, la descarga de la alcantarilla genera un chorro concentrado que impacta directamente el fondo del cauce, favoreciendo procesos de socavación puntual, remoción de material suelto y ajuste morfológico progresivo si no se dispone de una protección adecuada.

Por lo anterior, se recomienda la implementación de las siguientes obras de protección en el fondo del cauce a la salida de la alcantarilla, con el fin de disipar la energía del flujo y prevenir procesos de socavación localizada:

1.) Protección con concreto ciclópeo inmediatamente a la salida de la alcantarilla, en una longitud aproximada de 4,6 m y un área estimada de 39 m², con el objetivo de estabilizar la zona de impacto directo del chorro de descarga.

2.) Protección con enrocado a continuación del tramo en ciclópeo, en una longitud aproximada de 9,8 m y un área estimada de 103,6 m², la cual permitirá disipar gradualmente la energía del flujo y proteger el lecho del cauce frente a procesos erosivos. El enrocado deberá cumplir como mínimo con las siguientes características:

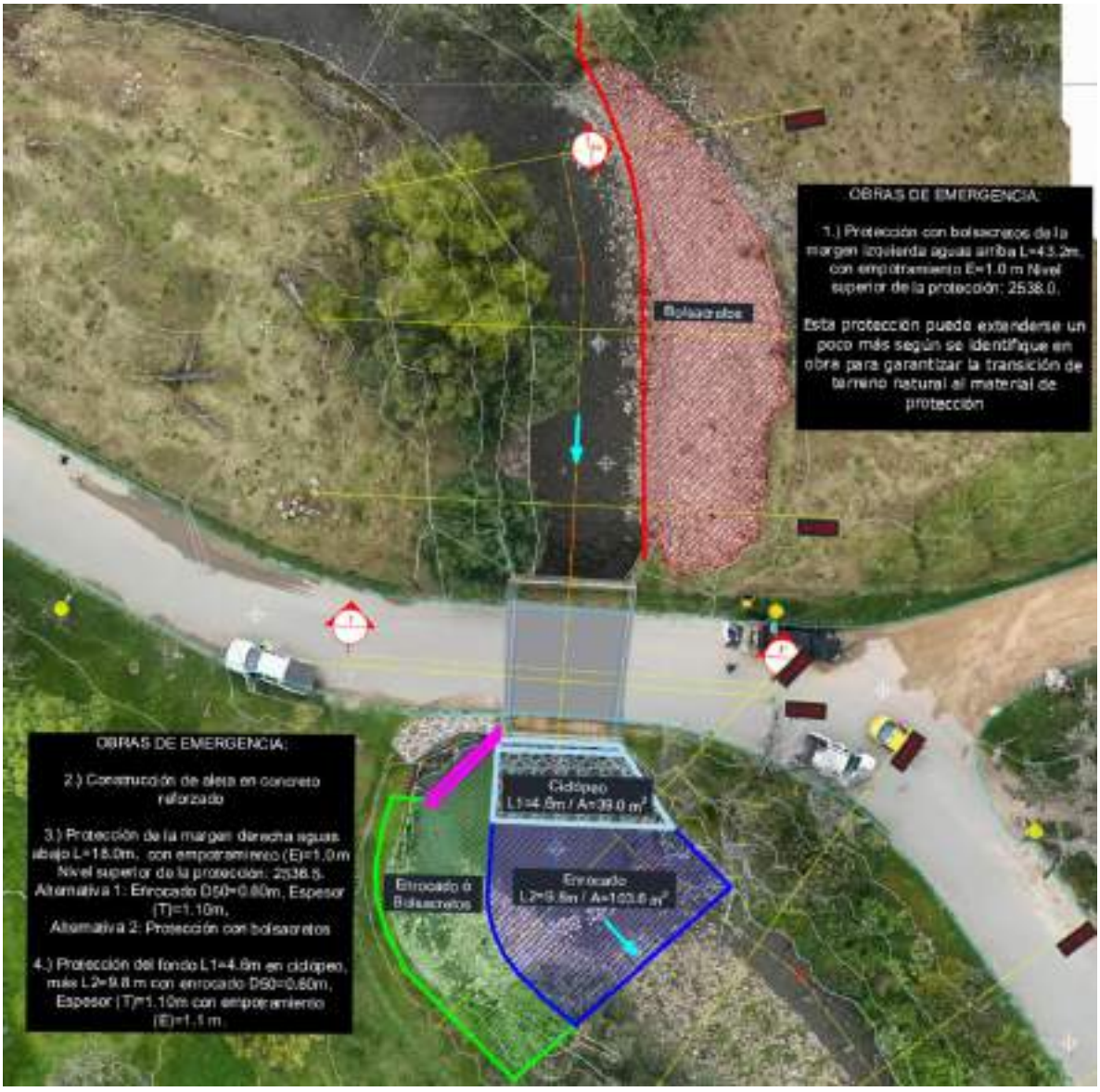
- Diámetro medio del material (D_{50}): 0,60 m
- Espesor del manto de protección: 1,10 m

El diámetro adoptado garantiza la estabilidad individual de las piezas frente a las velocidades y esfuerzos hidráulicos estimados para el caudal de diseño, mientras que el espesor del manto —del orden de 1,5 a 2,0 D_{50}— proporciona masa suficiente para resistir fuerzas de arrastre y evitar la desarticulación del enrocado bajo condiciones de flujo supercrítico.

Se recomienda que el enrocado se disponga sobre una superficie previamente regularizada, asegurando un adecuado contacto entre bloques y, de ser necesario, incorporando una capa de transición o filtro granular que impida el lavado del material fino subyacente. Asimismo, deberá garantizarse un empotramiento suficiente en el extremo aguas abajo para prevenir socavación regresiva por debajo del manto de protección.

Esta medida permitirá disipar energía en la zona de descarga, estabilizar el lecho y reducir significativamente el riesgo de erosión progresiva en el tramo inmediato a la estructura, asegurando el adecuado funcionamiento hidráulico del sistema bajo el período de retorno adoptado para el diseño.

Imagen 18. Intervenciones recomendadas para Puente Pueblito Boyacense



7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

7.1 CONCLUSIONES

El análisis hidrológico realizado para la cuenca del río Chiticuy permitió estimar un caudal pico de diseño QTR20 = 39,7 m³/s, adoptado conforme a la directriz de la supervisión y en coherencia con lo establecido en el Manual de Drenaje para Carreteras del INVIAS para estructuras tipo alcantarilla.

Desde el punto de vista hidráulico, la modelación en HEC-RAS evidencia una condición claramente diferenciada entre el tramo aguas arriba y aguas abajo de la alcantarilla:

- Aguas arriba (K0+124): flujo en régimen subcrítico (Fr ≈ 0,13), con velocidades moderadas (≈0,68 m/s), baja pendiente de energía (≈0,000274 m/m) y esfuerzos cortantes reducidos. Esta condición corresponde a un comportamiento hidráulico estable, controlado principalmente por el tirante y la geometría natural del cauce.

- Eje de la alcantarilla (K0+113.5): sección de control estructural, donde el comportamiento del flujo es gobernado por la restricción geométrica del conducto.

- Aguas abajo (K0+105): transición a régimen supercrítico (Fr ≈ 2,59), con velocidades elevadas (≈5,73 m/s), alta pendiente de energía (≈0,200 m/m), esfuerzos cortantes significativos (≈947 N/m²) y elevada potencia específica del flujo. Este tramo concentra la mayor solicitación hidráulica y el mayor potencial erosivo del sistema.

El análisis de socavación indica valores moderados (0,41 m máximo aguas abajo), los cuales, comparados con las condiciones geomorfológicas observadas en campo, se consideran conservadores. No se evidencian procesos históricos de degradación del lecho superiores a 1,0 m.

El comportamiento hidráulico identificado confirma que el riesgo principal no está asociado a insuficiencia de capacidad hidráulica aguas arriba, sino a la concentración de energía en la descarga de la alcantarilla, donde el régimen supercrítico genera condiciones propicias para erosión localizada del fondo y de la margen derecha aguas abajo.

En consecuencia, las afectaciones observadas en campo (erosión lateral, pérdida de material y vulnerabilidad del relleno) son consistentes con los resultados de la modelación hidráulica.

7.2 RECOMENDACIONES

Con base en los resultados obtenidos, se establecen las siguientes recomendaciones:

Protección en margen izquierda aguas arriba:
Implementar protección con empotramiento mínimo de 1,0 m y nivel superior a cota 2538,0 m, con longitud aproximada de 43.2 m. Dado el régimen subcrítico del tramo, pueden emplearse soluciones flexibles por gravedad. El uso de bolsacretos se admite como medida temporal dentro del marco de atención de emergencias.

Construcción de aleta en concreto reforzado en margen derecha aguas abajo:
Debido al régimen supercrítico y a la elevada energía del flujo en la zona de salida, se requiere un elemento estructural rígido que garantice el confinamiento lateral del cauce y evite erosión progresiva del relleno y del acceso.

Protección con enrocado en margen derecha aguas abajo:
Ejecutar enrocado con D_{50} = 0,60 m, espesor T = 1,10 m, empotramiento mínimo de 1,1 m y longitud aproximada de 18,0 m. Esta solución es coherente con los esfuerzos cortantes y velocidades obtenidas en modelación y constituye la medida principal de protección permanente.

Protección del fondo del cauce a la salida de la alcantarilla:
Se recomienda ejecutar una protección del fondo del cauce inmediatamente aguas abajo de la alcantarilla mediante un tramo inicial en concreto ciclópeo de 4,6 m de longitud (≈39 m²), seguido de una protección con enrocado en una longitud aproximada de 9,8 m (≈103,6 m²).

El enrocado deberá contar con D_{50} = 0,60 m y espesor del manto de 1,10 m, garantizando además un adecuado empotramiento aguas abajo y, de ser necesario, la disposición de una capa de transición granular. Esta solución permite disipar la energía del flujo en la zona de descarga y controlar procesos de socavación local.

Monitoreo posterior a crecientes:
Se recomienda realizar inspecciones posteriores a eventos de lluvia intensa para verificar la estabilidad de las protecciones, especialmente en el tramo aguas abajo, donde se concentran las mayores solicitaciones hidráulicas.

Consideración futura de escenarios de mayor período de retorno:
Aunque el diseño se desarrolló para TR20 conforme a instrucción contractual, se deja constancia de que eventos asociados a períodos de retorno mayores podrían generar solicitaciones superiores y eventualmente requerir refuerzos adicionales en la zona de salida.

8. BIBLIOGRAFÍA

1.) FEDERAL HIGHWAY ADMINISTRATION – FHWA. Bridge Scour and Stream Stability Countermeasures (HEC-23, Third Edition). Washington D.C., USA: U.S. Department of Transportation, National Highway Institute, 2009. 285 p. (FHWA-NHI-09-111).

2.) FEDERAL HIGHWAY ADMINISTRATION – FHWA. Evaluating Scour at Bridges (HEC-18, Fifth Edition). Washington D.C., USA: U.S. Department of Transportation, National Highway Institute, 2012. 290 p. (FHWA-NHI-12-003).

3.) U.S. ARMY CORPS OF ENGINEERS – USACE. Hydraulic Design of Flood Control Channels (Engineering Manual EM 1110-2-1601). Washington D.C., USA: Department of the Army, 1994. 230 p.

4.) INSTITUTO DE HIDROLOGÍA, METEOROLOGÍA Y ESTUDIOS AMBIENTALES – IDEAM. Guía metodológica para la elaboración de mapas de inundación. Bogotá D.C., Colombia: IDEAM, 2017. 96 p.

5.) INSTITUTO DE HIDROLOGÍA, METEOROLOGÍA Y ESTUDIOS AMBIENTALES – IDEAM. Guía para el diseño hidráulico de obras de drenaje transversal en carreteras. Bogotá D.C.: IDEAM; Ministerio de Transporte, 2014.

6.) MINISTERIO DE OBRAS PÚBLICAS – MOP. Manual de diseño de obras fluviales. Santiago de Chile, Chile: MOP, Dirección de Obras Hidráulicas, 2015. 215 p.

7.) ESCARAMEIA, M. River and Channel Protection: Using Riprap and Other Methods. Londres, Reino Unido: Construction Industry Research and Information Association (CIRIA), Report C683, 1998. 380 p.

8.) MELVILLE, B. W.; COLEMAN, S. E. Bridge Scour. Colorado, USA: Water Resources Publications, 2000. 550 p.

9.) INSTITUTO NACIONAL DE VÍAS – INVIAS. Manual de Drenaje para Carreteras, Segunda Edición. Bogotá D.C., Colombia: Ministerio de Transporte, 2018. 480 p.

10.) INSTITUTO DE HIDROLOGÍA, METEOROLOGÍA Y ESTUDIOS AMBIENTALES – IDEAM. Guía Nacional de Modelación del Recurso Hídrico para Aguas Superficiales Continentales. Bogotá D.C., Colombia: IDEAM, 2016. 124 p.

11.) LAURSEN, E. M. Scour at Bridge Crossings. Journal of the Hydraulics Division, ASCE, Vol. 84, No. HY1, 1958, pp. 1–14.

12.) LISCHVAN, E.; LEBEDIEV, A. Scouring around hydraulic structures in alluvial beds. Moscú: Hydrometeoizdat, 1967.

13.) COLORADO STATE UNIVERSITY (CSU). Method for Local Scour at Bridge Piers. Fort Collins, Colorado, USA, 1963.

14.) FROEHLICH, D. C. Analysis of Onsite Measurements of Scour at Bridge Piers. Journal of Hydraulic Engineering, ASCE, Vol. 114, No. 6, 1989, pp. 715–736.

-- FIN DEL INFORME TÉCNICO --



San José de Cúcuta, 24 de diciembre de 2025

CIML-071-B

SEÑORES:
OSCAR IVÁN PINZÓN SÁNCHEZ
DIRECTOR DESARROLLO INFRAESTRUCTURA VIAL
SECRETARIO DE INFRAESTRUCTURA PUBLICA
SUPERVISOR

REFERENCIA: INTERVENTORÍA TÉCNICA, ADMINISTRATIVA, FINANCIERA, JURÍDICA, CONTABLE Y AMBIENTAL AL CONTRATO DE OBRA CUYO OBJETO ES DIAGNOSTICO Y EJECUCIÓN DE OBRAS DE EMERGENCIA PARA MITIGAR EL RIESGO DE DAÑO Y/O COLAPSO DE PUENTES UBICADOS EN EL DEPARTAMENTO POR LA AFECTACIÓN CAUSADA POR EFECTO DE LA OLA INVERNAL, DECLARADA EN VIRTUD DEL DECRETO DE CALAMIDAD PUBLICA NO. 0522 DE 24 DE MAYO DE 2025.

ASUNTO: CONSTANCIA DE REVISIÓN Y APROBACIÓN DEL PLAN DE ADAPTACIÓN DE LA GUÍA AMBIENTAL – PUENTE PUEBLITO BOYACENSE

Mediante la presente, en virtud de mis funciones de interventoría me permito informar que se llevó a cabo la revisión del **PLAN DE ADAPTACIÓN DE LA GUÍA AMBIENTAL – PAGA DEL PUENTE PUEBLITO BOYACENSE DEL MUNICIPIO DE DUITAMA** presentado por el contratista **CONSORCIO PEB-JI** correspondiente al contrato de obra cuyo objeto es el **"DIAGNOSTICO Y EJECUCIÓN DE OBRAS DE EMERGENCIA PARA MITIGAR EL RIESGO DE DAÑO Y/O COLAPSO DE PUENTES UBICADOS EN EL DEPARTAMENTO POR LA AFECTACIÓN CAUSADA POR EFECTO DE LA OLA INVERNAL, DECLARADA EN VIRTUD DEL DECRETO DE CALAMIDAD PUBLICA NO. 0522 DE 24 DE MAYO DE 2025**".

Como resultado de la verificación realizada, la interventoría **APRUEBA EL PLAN DE ADAPTACIÓN DE LA GUÍA AMBIENTAL (PAGA),** el cual demuestra el cumplimiento de los requisitos obligatorios establecidos en la **NORMATIVIDAD AMBIENTAL VIGENTE Y EN LAS ACCIONES CONTRACTUALES.** Dicho plan será de obligatorio cumplimiento durante la ejecución del contrato y constituirá la base para el seguimiento, control y verificación de los compromisos ambientales definidos para el proyecto.

MAIRA ALEJANDRA PICÓN GARCÍA
C.C. 37.331.288 de Ocaña
CONSORCIO INTER MAP- LAR
REPRESENTANTE LEGAL

Dirección de correo: Calle 2 # 7E-37 BARRIO QUINTA ORIENTAL
Dirección electrónica: consorciointermaplar@gmail.com
Teléfono: 3214711631
Cúcuta-Norte de Santander
NIT: 901978204-1

ANEXO 1.
INFORME DE REVISIÓN INICIAL DE INTERVENTORÍA

Dirección de correo: Calle 2 # 7E-37 BARRIO QUINTA ORIENTAL
Dirección electrónica: consorciointermaplar@gmail.com
Teléfono: 3214711631
Cúcuta-Norte de Santander
NIT: 901978204-1

INFORME REVISIÓN INICIAL DE INTERVENTORÍA

PLAN DE ADAPTACIÓN DE LA GUÍA AMBIENTAL – PAGA

PUENTE PUEBLITO BOYACENSE – MUNICIPIO DUITAMA

CONTRATO DE OBRA N° CO1.PCCNTR.8186181/2833 DE 2025

OBJETO: "DIAGNOSTICO Y EJECUCIÓN DE OBRAS DE EMERGENCIA PARA MITIGAR EL RIESGO DE DAÑO Y/O COLAPSO DE PUENTES UBICADOS EN EL DEPARTAMENTO POR LA AFECTACIÓN CAUSADA POR EFECTO DE LA OLA INVERNAL, DECLARADA EN VIRTUD DEL DECRETO DE CALAMIDAD PUBLICA NO. 0522 DE 24 DE MAYO DE 2025"

CONTRATISTA: CONSORCIO PEB-JI

R/L JORGE IVÁN ARIAS FLÓREZ

CONTRATO DE INTERVENTORÍA N° CO1.PCCNTR.8206135/2971 DE 2024

OBJETO: "INTERVENTORIA TÉCNICA, ADMINISTRATIVA, FINANCIERA, JURÍDICA, CONTABLE Y AMBIENTAL AL CONTRATO DE OBRA CUYO OBJETO ES DIAGNOSTICO Y EJECUCIÓN DE OBRAS DE EMERGENCIA PARA MITIGAR EL RIESGO DE DAÑO Y/O COLAPSO DE PUENTES UBICADOS EN EL DEPARTAMENTO POR LA AFECTACIÓN CAUSADA POR EFECTO DE LA OLA INVERNAL, DECLARADA EN VIRTUD DEL DECRETO DE CALAMIDAD PUBLICA NO. 0522 DE 24 DE MAYO DE 2025"

CONTRATISTA: CONSORCIO INTER MAP-LAR

R/L MAIRA ALEJANDRA PICÓN GARCÍA

ENTIDAD CONTRATANTE: GOBERNACIÓN DE BOYACÁ

BOYACÁ, COLOMBIA

DICIEMBRE, 2025

Dirección de correo: Calle 2 # 7E-37 BARRIO QUINTA ORIENTAL
Dirección electrónica: consorciointermaplar@gmail.com
Teléfono: 3214711631
Cúcuta-Norte de Santander

INFORME DE REVISIÓN INICIAL DE INTERVENTORIA

El presente informe de revisión inicial del **PLAN DE ADAPTACIÓN DE LA GUÍA AMBIENTAL (PAGA) DEL PUENTE PUEBLITO BOYACENSE DEL MUNICIPIO DUITAMA** entregado por el contratista de obra **CONSORCIO PEB-JI** cuyo objeto es **"DIAGNÓSTICO Y EJECUCIÓN DE OBRAS DE EMERGENCIA PARA MITIGAR EL RIESGO DE DAÑO Y/O COLAPSO DE PUENTES UBICADOS EN EL DEPARTAMENTO POR LA AFECTACIÓN CAUSADA POR EFECTO DE LA OLA INVERNAL, DECLARADA EN VIRTUD DEL DECRETO DE CALAMIDAD PÚBLICA No. 0522 DE 24 DE MAYO DE 2025".**

Con base en el análisis realizado, se presenta el PAGA, el cual da cumplimiento a los **REQUISITOS MÍNIMOS** establecidos para su aplicación durante la ejecución de la obra. El documento ha sido estructurado de manera que permita una implementación efectiva de las medidas ambientales. A continuación, se describe su contenido detallado.

CONTENIDO DEL PAGA		CUMPLIMIENTO		OBSERVACIONES
		SI	NO	
GENERALIDADES				
INTRODUCCIÓN		X		
OBJETIVOS		X		
ALCANCE		X		
METODOLOGÍA		X		
MARCO LEGAL		X		
INFORMACIÓN DEL PROYECTO				
LOCALIZACIÓN DEL PROYECTO		X		Presenta la localización del puente pueblito boyacense en el municipio de Duitama.
LOCALIZACIÓN DEL ÁREA DE INTERVENCIÓN		X		
INFORMACIÓN DEL PROYECTO		X		
DESCRIPCIÓN DE LAS ACTIVIDADES		X		
JURISDICCIÓN CORPORACIONES AMBIENTALES	Corporación Autónoma Regional de Boyacá - CORPOBOYACÁ	X		Presenta el detalle de la ubicación del municipio dentro de la jurisdicción de CORPOBOYACÁ.
CARACTERIZACIÓN ÁREA DE INFLUENCIA DIRECTA				
CARACTERIZACIÓN ÁREA DE INFLUENCIA DIRECTA		X		

Dirección de correo: Calle 2 # 7E-37 BARRIO QUINTA ORIENTAL
Dirección electrónica: consorciointermaplar@gmail.com
Teléfono: 3214711631
Cúcuta-Norte de Santander

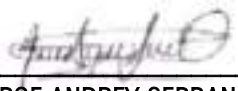
CONTENIDO DEL PAGA		CUMPLIMIENTO		OBSERVACIONES
		SI	NO	
CARACTERIZACIÓN DE LA LÍNEA BASE		X		
EVALUACIÓN AMBIENTAL				
IDENTIFICACIÓN Y CLASIFICACIÓN DE IMPACTOS AMBIENTALES		X		
MATRIZ DE IDENTIFICACIÓN Y EVALUACIÓN DE IMPACTOS AMBIENTALES		X		
MEDIDAS DE MANEJO AMBIENTAL				
FICHAS DE MANEJO AMBIENTAL	**Programa 1.** Desarrollo y Aplicación de la Gestión Ambiental	X		Incluye subprogramas de conformación del grupo ambiental y social, capacitación y concientización para el personal de obra, y cumplimiento de requerimientos legales.
	Programa 2. Actividades Constructivas	X		Incluye subprogramas de manejo integral de materiales de construcción, señalización de frentes de obra y sitios temporales, manejo y disposición final de residuos sólidos convencionales, especiales y peligrosos, y manejo y disposición final de escombros y lodos.
	Programa 3. Gestión Hídrica	X		Incluye subprogramas de manejo de residuos líquidos domésticos e industriales y prevención de la contaminación de cuerpos de agua.
	Programa 4. Biodiversidad	X		Incluye subprogramas para el manejo de descapote y cobertura vegetal.

CONTENIDO DEL PAGA		CUMPLIMIENTO		OBSERVACIONES
		SI	NO	
	Programa 5. Manejo de instalaciones temporales, maquinaria y equipos	X		Incluye subprogramas de instalación, funcionamiento y desmantelamiento de campamentos y sitios de acopio temporal, manejo de emisiones atmosféricas y reducción de ruido, y manejo de maquinaria, equipos y vehículos.
	Programa 6. Gestión social	X		Incluye subprogramas de atención a la comunidad, información y divulgación, contratación de mano de obra y manejo de infraestructura y servicios públicos.
PLAN DE MONITOREO Y SEGUIMIENTO		X		
PLAN DE CONTINGENCIA				
PLAN DE CONTINGENCIA		X		
PRESUPUESTO AMBIENTAL				
PRESUPUESTO AMBIENTAL		X		Se presenta presupuesto ambiental para la implementación del PAGA por un valor de **$18.647.100,00** *(Dieciocho millones seiscientos cuarenta y siete mil cien*) se evidencia que el mismo se encuentra conforme con las necesidades del proyecto.
CRONOGRAMA AMBIENTAL				
CRONOGRAMA AMBIENTAL	Cronograma ambiental	X		Presenta cronograma ambiental de actividades para una duración de dos (2) meses de ejecución.
	Cronograma de capacitaciones ambientales	X		El cronograma de charlas va conforme a las necesidades

CONTENIDO DEL PAGA		CUMPLIMIENTO		OBSERVACIONES
		SI	NO	
				identificadas en las actividades constructivas.
CANTERAS				
POSIBLES PROVEEDORES DE MATERIALES PÉTREOS		X		Se presenta las posibles canteras que están cerca del área de influencia del proyecto, junto con un promedio de cada una de ellas.

Tabla 1. Contenido PAGA - Consorcio PEB-JI
Fuente: Elaboración propia

Según la revisión realizada, se evidenció que el **PLAN DE ADAPTACIÓN DE LA GUÍA AMBIENTAL (PAGA)** correspondiente al **PUENTE PUEBLITO BOYACENSE DEL MUNICIPIO DE DUITAMA** se encuentra acorde con las necesidades y requerimientos del proyecto. En consecuencia, se **APRUEBA EL PLAN** presentado por el contratista. Asimismo, se recomienda que se presenten informes mensuales que incluyan la descripción detallada de las acciones implementadas durante cada periodo.



JORGE ANDREY SERRANO ORTEGA
INGENIERO AMBIENTAL
CONSORCIO INTER MAP- LAR

ANEXO 2.

PLAN DE ADAPTACIÓN DE LA GUÍA AMBIENTAL – PUENTE PUEBLITO BOYACENSE

Dirección de correo: Calle 2 # 7E-37 BARRIO QUINTA ORIENTAL
Dirección electrónica: consorciointermaplar@gmail.com
Teléfono: 3214711631
Cúcuta-Norte de Santander
NIT: 901978204-1



PLAN DE ADAPTACIÓN DE LA GUÍA AMBIENTAL – PAGA

PUENTE PUEBLITO BOYACENSE

CONTRATO DE OBRA PUBLICA N° CO1.PCCNTR.8186181/2833 DE 2025

DIAGNOSTICO Y EJECUCIÓN DE OBRAS DE EMERGENCIA PARA MITIGAR EL RIESGO DE DAÑO Y/O COLAPSO DE PUENTES UBICADOS EN EL DEPARTAMENTO POR LA AFECTACIÓN CAUSADA POR EFECTO DE LA OLA INVERNAL, DECLARADA EN VIRTUD DEL DECRETO DE CALAMIDAD PUBLICA NO. 0522 DE 24 DE MAYO DE 2025, CELEBRADO ENTRE EL DEPARTAMENTO DE BOYACÁ Y CONSORCIO PEB-JI.

GOBERNACIÓN DE Boyacá

TABLA DE CONTENIDO

1. GENERALIDADES 8
1.1. INTRODUCCIÓN 9
1.2. OBJETIVOS 10
1.2.1. OBJETIVO GENERAL 10
1.2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS 10
1.3. ALCANCE 11
1.4. METODOLOGÍA 12
1.5. MARCO LEGAL 16
2. INFORMACIÓN DEL PROYECTO 19
2.1. LOCALIZACIÓN DEL PROYECTO 20
2.2. LOCALIZACIÓN DEL ÁREA DE INTERVENCIÓN 21
2.3. INFORMACIÓN DEL PROYECTO 23
2.4. DESCRIPCIÓN DE LAS ACTIVIDADES 25
2.5. JURISDICCIÓN CORPORACIONES AMBIENTALES 27
3. CARACTERIZACIÓN ÁREA DE INFLUENCIA DIRECTA 29
3.1. CARACTERIZACIÓN DEL ÁREA DE INFLUENCIA 30
3.2. CARACTERIZACIÓN DE LA LÍNEA BASE 30
3.2.1. COMPONENTE ABIÓTICO 30
3.2.1.1. GEOLOGÍA Y GEOMORFOLOGÍA 30
3.2.1.2. SISMOLOGÍA 33
3.2.1.1. CLIMA 34
3.2.1.2. TEMPERATURA 35
3.2.1.3. PRECIPITACIONES 36
3.2.1.1. HUMEDAD 38
3.2.1.1. VIENTO 39
3.2.1.2. HIDROLOGÍA 40
3.2.2. COMPONENTE BIÓTICO 41

3.2.3. COMPONENTE SOCIOECONÓMICO 44
4. EVALUACIÓN AMBIENTAL 48
4.1. IDENTIFICACIÓN Y CLASIFICACIÓN DE IMPACTOS AMBIENTALES 49
4.1.1. IDENTIFICACIÓN DE IMPACTOS 49
4.1.2. IMPACTOS A EVALUAR 49
4.1.3. IDENTIFICACIÓN DE LAS RELACIONES CAUSA – EFECTO ENTRE ACCIONES DEL PROYECTO Y FACTORES DEL MEDIO 58
4.1.4. VALORACIÓN CUALITATIVA DEL IMPACTO AMBIENTAL 58
4.2. MATRIZ DE IDENTIFICACIÓN Y EVALUACIÓN DE IMPACTOS 64
4.2.1. DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS 64
5. MEDIDAS DE MANEJO AMBIENTAL 68
5.1. FICHAS DE MANEJO AMBIENTAL 69
PROGRAMA 1. DESARROLLO Y APLICACIÓN DE LA GESTIÓN AMBIENTAL 71
PROGRAMA 2. ACTIVIDADES CONSTRUCTIVAS 77
PROGRAMA 3. GESTIÓN HÍDRICA 97
PROGRAMA 4. BIODIVERSIDAD 102
PROGRAMA 5. INSTALACIONES TEMPORALES, MAQUINARIA Y EQUIPOS 107
PROGRAMA 6. GESTION SOCIAL 120
5.2. PLAN DE MONITOREO Y SEGUIMIENTO 132
6. PLAN DE CONTINGENCIA 134
6.1. INTRODUCCIÓN 135
6.2. CAMPO DE APLICACIÓN 135
6.3. JUSTIFICACIÓN 136
6.4. OBJETIVOS 136
6.4.1. OBJETIVO GENERAL 136
6.4.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS 137
6.5. DEFINICIONES 137
6.6. MARCO LEGAL 140
6.7. ESTRUCTURA DE RESPUESTA A EMERGENCIAS 141
6.8. PLAN DE EVALUACIÓN 143

6.9. SISTEMA DE ALARMA 143
6.10. EVALUACIÓN DE LA EMERGENCIA 144
6.10.1. POSIBLE EMERGENCIA Y CONTINGENCIA 145
6.10.2. CLASIFICACIÓN DE LA EMERGENCIA O CONTINGENCIA 146
6.10.3. IDENTIFICACIÓN DE LAS AMENAZAS 147
6.11. PROCEDIMIENTOS OPERATIVOS NORMALIZADOS 148
6.12. PLAN DE ACCIÓN 148
7. PRESUPUESTO AMBIENTAL 170
7.1. PRESUPUESTO AMBIENTAL 171
8. CRONOGRAMA AMBIENTAL 172
8.1. CRONOGRAMA AMBIENTAL 173

Lista de figuras

Figura 1. Caracterización AID 13
Figura 2. Caracterización AID 13
Figura 3. Caracterización AID 13
Figura 4. Caracterización AID 13
Figura 5. Caracterización AID 13
Figura 6. Caracterización AID 13
Figura 7. Caracterización AID 14
Figura 8. Caracterización AID 14
Figura 9. Caracterización AID 14
Figura 10. Caracterización AID 14
Figura 11. Localización del departamento de Boyacá 20
Figura 12. Localización punto de intervención 21
Figura 13. Jurisdicción corporaciones Departamento de Boyacá 27
Figura 14. Municipio – CORPOBOYACÁ 28
Figura 15. Geología municipal 32
Figura 16. Zonificación sismología departamental 33
Figura 17. Clima en Duitama 34
Figura 18. Clima en Duitama 35
Figura 19. Probabilidad diaria de precipitación en Duitama 37
Figura 20. Promedio mensual de lluvia en Duitama 38
Figura 21. Niveles de comodidad de la humedad 39
Figura 22. Velocidad promedio del viento en Duitama 40
Figura 23. Cauce área de influencia directa 41

Lista de tablas

Tabla 1. Punto de intervención *21*
Tabla 2. Información general del proyecto *23*
Tabla 3. Actividades constructivas obra – puente alcance del plan *25*
Tabla 4. Temperatura promedio °C *35*
Tabla 5. Precipitaciones días *37*
Tabla 6. Promedio precipitaciones mensuales *38*
Tabla 7. Impactos ambientales de posible generación en el proyecto *49*
Tabla 8. Factores ambientales *54*
Tabla 9. Criterios para la elaboración de la matriz de importancia *59*
Tabla 10. Escala de valoración *61*
Tabla 11. Significancia del impacto *63*
Tabla 12. Impactos identificados *65*

Tabla 13. Fichas de Manejo Ambiental *69*
Tabla 14. Indicadores de seguimiento *132*
Tabla 15. Marco legal riesgos *140*
Tabla 16. Estructura de respuesta a emergencias *141*
Tabla 17. Evaluación de emergencia *144*
Tabla 18. Posibles amenazas y contingencias *145*
Tabla 19. Clasificación de la emergencia o contingencia *146*
Tabla 20. Identificación de las amenazas *147*
Tabla 21. Evaluación de amenazas *147*

Lista de gráficos

Gráfico 1. Promedio Temperaturas medias 36

ÍNDICE DE MODIFICACIONES

ÍNDICE DE REVISIÓN	CAPÍTULO MODIFICADO O ADICIONADO	FECHA DE ENTREGA	OBSERVACIONES
Versión 00			Plan de Adaptación de la guía ambiental –Versión 00

ESTADO DE REVISIÓN Y APROBACIÓN

TÍTULO DEL DOCUMENTO			COMPONENTE AMBIENTAL		
DOCUMENTO No.			00		
APROBACIÓN GESTIÓN AMBIENTAL	NÚMERO DE REVISIÓN		00	01	02
	Responsable elaboración	Nombre:	CAMILA ALEJANDRA SANTANDER PARRA		
		Cargo:	INGENIERA AMBIENTAL		
		Firma:	Camila A. Santander P.		
		Fecha:	19/12/2025		

1. GENERALIDADES

DIRECCION: CL 109 14B -60 OF 204 BR CHICO NORTE, BOGOTÁ
E-MAIL: consorciopebji@gmail.com
TELEFONO: 3102778858
Bogotá, Distrito Capital

1.1. INTRODUCCIÓN

El **PLAN DE ADAPTACIÓN DE LA GUÍA AMBIENTAL (PAGA)** se constituye como un instrumento técnico mediante el cual se estructuran y coordinan las medidas ambientales aplicables a las obras, actividades y procesos que hacen parte de un proyecto. Su aplicación resulta fundamental en las distintas etapas de desarrollo, en la medida en que permite identificar y analizar, de manera preliminar, las condiciones y variables ambientales existentes antes del inicio de cualquier intervención.

Por medio del PAGA se realiza la identificación de los componentes **ABIÓTICOS, BIÓTICOS Y SOCIOECONÓMICOS** presentes dentro del área de influencia del proyecto, lo que posibilita definir criterios para la evaluación objetiva de los impactos ambientales. A partir de este análisis, se establecen acciones orientadas **A PREVENIR, MITIGAR, CORREGIR O COMPENSAR** los posibles efectos derivados de la ejecución de las obras.

En este marco, el presente documento se formula como un PAGA de aplicación específica para las actividades asociadas al contrato de obra denominado **"DIAGNÓSTICO Y EJECUCIÓN DE OBRAS DE EMERGENCIA PARA MITIGAR EL RIESGO DE DAÑO Y/O COLAPSO DE PUENTES UBICADOS EN EL DEPARTAMENTO, POR LA AFECTACIÓN CAUSADA POR EFECTO DE LA OLA INVERNAL, DECLARADA EN VIRTUD DEL DECRETO DE CALAMIDAD PÚBLICA N° 0522 DEL 24 DE MAYO DE 2025".** Su alcance se circunscribe de manera particular al **PUENTE PUEBLITO BOYACENSE,** ubicado en el **MUNICIPIO DE DUITAMA, PROVINCIA DE TUNDAMA,** departamento de Boyacá.

La priorización de los impactos ambientales, atendiendo a su naturaleza y nivel de afectación en cada una de las actividades de obra civil, permite reconocer tanto los efectos positivos como los negativos sobre el entorno natural y social. En consecuencia, la implementación del PAGA se orienta al fortalecimiento de una estrategia de desarrollo sostenible, garantizando la ejecución del proyecto sin generar deterioro ambiental ni impactos adversos a la comunidad.

Finalmente, el PAGA integra las medidas ambientales que deberán ser desarrolladas e implementadas durante las fases previas, de ejecución y de cierre o abandono del proyecto, con el fin de reducir las afectaciones ambientales y asegurar una gestión ambiental adecuada durante el desarrollo de las obras del **PUENTE PUEBLITO BOYACENSE, EN EL MUNICIPIO DE DUITAMA.**

1.2. OBJETIVOS

1.2.1. OBJETIVO GENERAL

Elaborar el Plan de Adaptación de la Guía Ambiental (PAGA) que **PREVENGA, MITIGUE, COMPENSE Y/O CORRIJA LOS IMPACTOS O AFECTACIONES** que se pueden influenciar sobre los recursos naturales y los medios **ABIÓTICO, BIÓTICO Y SOCIOECONÓMICO** durante la ejecución del proyecto con objeto **DIAGNÓSTICO Y EJECUCIÓN DE OBRAS DE EMERGENCIA PARA MITIGAR EL RIESGO DE DAÑO Y/O COLAPSO DE PUENTES UBICADOS EN EL DEPARTAMENTO POR LA AFECTACIÓN CAUSADA POR EFECTO DE LA OLA INVERNAL, DECLARADA EN VIRTUD DEL DECRETO DE CALAMIDAD PÚBLICA NO. 0522 DE 24 DE MAYO DE 2025** siendo de aplicación específica para el **PUENTE PUEBLITO BOYACENSE** en el **MUNICIPIO DE DUITAMA.**

1.2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Elaborar un análisis del entorno del proyecto, considerando todos sus elementos, el tipo de proyecto y las actividades constructivas que se llevarán a cabo.
- Describir las características del medio ambiente físico, biótico y social en el área de influencia directa (AID) donde se implementará el proyecto.
- Definir las acciones de mejora y mantenimiento, incluyendo los métodos de construcción, las cantidades de obra y la mano de obra no calificada necesaria.
- Identificar los permisos requeridos para llevar a cabo el diagnóstico y ejecución de las obras de emergencia, ante las autoridades ambientales pertinentes según corresponda.
- Llevar a cabo la identificación y evaluación de los impactos ambientales del proyecto utilizando la matriz CONESA.
- Ajustar y especificar los programas de manejo ambiental necesarios según los resultados de la evaluación ambiental.

1.3. ALCANCE

El **PLAN DE ADAPTACIÓN DE LA GUÍA AMBIENTAL (PAGA),** se elabora bajo la lógica de optimizar, cuidar y racionalizar el uso de los recursos naturales y culturales afectados por el proyecto, desarrollando las medidas necesarias para **PREVENIR, MITIGAR, CONTROLAR Y/O COMPENSAR** los impactos negativos que puedan ocasionar las obras.

Este PAGA contiene la información general de la obra ubicada en el **PUENTE PUEBLITO BOYACENSE DEL MUNICIPIO DE DUITAMA** del **DEPARTAMENTO DE BOYACÁ,** y la información específica del proyecto a ejecutarse en la obra cuyo objeto es **DIAGNOSTICO Y EJECUCIÓN DE OBRAS DE EMERGENCIA PARA MITIGAR EL RIESGO DE DAÑO Y/O COLAPSO DE PUENTES UBICADOS EN EL DEPARTAMENTO POR LA AFECTACIÓN CAUSADA POR EFECTO DE LA OLA INVERNAL, DECLARADA EN VIRTUD DEL DECRETO DE CALAMIDAD PUBLICA NO. 0522 DE 24 DE MAYO DE 2025,** así como los impactos identificados, adicionalmente y teniendo en cuenta estos impactos se determinaron las medidas de manejos para prevenir, mitigar, controlar y/o compensar los impactos negativos de la obra, por lo tanto, el alcance de este PAGA va desde las actividades **PREVIAS, CONSTRUCTIVAS Y ABANDONO** que están contratadas para la obra.

1.4. METODOLOGÍA

La metodología utilizada para la realización del **PLAN DE ADAPTACIÓN DE LA GUÍA AMBIENTAL – PAGA** se conforma de un trabajo en campo y de oficina, la toma de información primaria se basó en la identificación de las condiciones actuales del área donde se desarrollará el proyecto, el tipo de obras a ejecutar, las zonas de **DISPOSICIÓN DE RESIDUOS DE CONSTRUCCIÓN Y DEMOLICIÓN, LA FUENTE DE MATERIALES, EL TRAMITE DE UN PERMISO DE OCUPACIÓN DE CAUCE, LECHOS Y PLAYAS Y CARACTERIZACIÓN DEL MEDIO** en donde se pretenda intervenir.

El trabajo de oficina consistió en la **ORGANIZACIÓN Y ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN PRIMARIA Y SECUNDARIA** recopilada durante los trabajos de campo, para luego proceder a la identificación de impactos ambientales, que contempla la interacción de los componentes del medio ambiente con cada una de las actividades de la obra, Mantenimiento y Conservación de la zona a intervenir.

Al identificar los impactos ambientales que se generarían al realizar el proyecto, se procedió a la formulación de los programas que conforman el **PAGA** con el fin de minimizar dichos impactos que conllevan al deterioro de los ecosistemas pertenecientes al área de intervención, al igual que la afectación en la salud tanto de los trabajadores como de la población.

Asimismo, para la elaboración y formulación del presente documentos de los estudios y diseños del proyecto se contemplaron las siguientes actividades:

A. VISITAS PRELIMINARES EN LOS PUNTOS

Se realizaron recorridos iniciales en el área de influencia directa para dar un reconocimiento de las caracterizas propias de la zona. En donde los aspectos relevantes como los **MEDIOS BIÓTICOS, ABIÓTICOS Y SOCIOECONÓMICOS.**

Figura 1. Caracterización AID



Fuente: Registro propio

Figura 2. Caracterización AID



Fuente: Registro propio

Figura 3. Caracterización AID



Fuente: Registro propio

Figura 4. Caracterización AID



Fuente: Registro propio

Figura 5. Caracterización AID



Fuente: Registro propio

Figura 6. Caracterización AID



Fuente: Registro propio

Figura 7. Caracterización AID



Fuente: Registro propio

Figura 8. Caracterización AID



Fuente: Registro propio

Figura 9. Caracterización AID



Fuente: Registro propio

Figura 10. Caracterización AID



Fuente: Registro propio

B. DETERMINACIÓN DE LAS ÁREAS DE INFLUENCIA DIRECTA (AID)

La determinación de las áreas de influencia de cada uno de los puntos focalizados se respaldó en el levantamiento topográfico realizado, a través del cual se obtuvo su georreferenciación y se identificaron las influencias que ejercen sobre los diferentes componentes del entorno.

C. RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN PRIMARIA

Mediante las actividades de campo se tuvo en cuenta lo siguiente:

- Observación directa de las infraestructuras existentes

- Identificación de impactos ambientales presentes antes del proyecto
- Visualización de la dinámica socioeconómico existente
- Interacción de la zona con el área de influencia

D. PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE DATOS E INFORMACIÓN

Asimismo, con la información y datos recolectados en campo, instituciones y entidades, se procede a consolidar y analizar la información para elaborar la caracterización ambiental de los medios bióticos, abióticos y socioeconómicos del proyecto en estudio.

E. IDENTIFICACIÓN Y EVALUACIÓN DE LOS IMPACTOS AMBIENTALES

Definidas las actividades constructivas y establecida la caracterización ambiental de los medios bióticos, abióticos y socioeconómicos del área de influencia ambiental, se procedió en la identificación y evaluación de los aspectos e impactos ambientales ocasionados por las actividades constructivas del proyecto. Asimismo, la identificación y evaluación de los impactos ambientales permite establecer el grado de afectación y alteración de los medios. La metodología que se usa para la identificación y evaluación de los impactos ambientales para el presente proyecto es la "CONESA".

F. ELABORACIÓN DE LOS PROGRAMAS QUE CONFORMAN EL PLAN DE ADAPTACIÓN DE LA GUÍA AMBIENTAL – PAGA

Identificados los impactos ambientales, se procede a la identificación y diseño de las estrategias y acciones de manejo, que conforman el **PLAN DE ADAPTACIÓN DE LA GUÍA AMBIENTAL - PAGA**.

1.5. MARCO LEGAL

Todas las obras y actividades que se generen deben estar comprendidas dentro del marco legal de los siguientes documentos:

NORMAS CONSTITUCIONALES

- El Artículo segundo de la Constitución Política de Colombia, establece los fines esenciales del estado, entre los cuales se encuentran servir a la comunidad y promover la prosperidad en general. De él se deriva la gestión administrativa que debe cumplirse en los términos del Art. 209 de la Carta Magna.

- En primer término, deben tenerse en cuenta el contenido de los artículos 1, 7 y 8 de la Carta magna, en los cuales se señalan principios fundamentales como la precisión que Colombia es un estado social de derecho, participativo y con prevalencia del interés general; igualmente que el Estado reconoce y protege la diversidad étnica y cultural de la Nación colombiana y la corresponsabilidad entre el Estado y las personas para proteger las riquezas culturales y naturales de la Nación.

En segundo lugar, se citan los artículos 79 y 80 de la Carta Fundamental como faros direccionadores para la interpretación de la legislación ambiental:

- **Artículo 79.** Todas las personas tienen derecho a gozar de un ambiente sano. La ley garantizará la participación de la comunidad en las decisiones que puedan afectarlo‖. Es deber del estado proteger la diversidad e integridad del ambiente, conservar las áreas de especial importancia ecológica y fomentar la educación para el logro de estos fines.

- **Artículo 80.** El Estado planificará el manejo y aprovechamiento de los recursos naturales para garantizar su desarrollo sostenible y su conservación, restauración o sustitución; además, deberá prevenir y controlar los factores de deterioro ambiental.

- El **artículo 84** de la Constitución Nacional establece que cuando una actividad haya sido reglamentada de manera general, las autoridades no podrán establecer ni exigir permisos, licencias o requisitos adicionales para su ejercicio, por eso ni las guías como tal ni sus planes de adaptación "PAGAS" están sujetas a aprobación previa de ninguna autoridad, solamente en cuanto a los permisos, autorizaciones y/o concesiones como se explicará con los reglamentos.

NORMAS LEGALES

- El **artículo 95** numeral 8 de la Constitución Política que establece como deberes de la persona y del ciudadano proteger los recursos culturales y naturales del país y velar por la conservación de un ambiente sano.

- El **artículo 209** del mismo texto, sobre la función administrativa expresa que debe desarrollarse con fundamento en los principios de eficiencia y economía entre otros; mediante la descentralización, la delegación y desconcentración de funciones y que además deben las autoridades administrativas coordinar sus actuaciones para el adecuado cumplimiento de los fines del Estado.

- El **artículo 332** de la Constitución Política señala que el Estado es propietario del subsuelo y de los recursos naturales no renovables. Su explotación causará a su favor contraprestación económica a título de regalía, sin perjuicio de cualquier otro derecho o compensación que se pacte.

- El **artículo 5°** del Código de Minas señala que los minerales de cualquier clase y ubicación, yacentes en el suelo o el subsuelo, en cualquier estado físico natural, son de la exclusiva propiedad del Estado, sin consideración a que la propiedad, posesión o tenencia de los correspondientes terrenos, sean de otras entidades públicas, de particulares o de comunidades o grupos.

- Establecido el soporte constitucional, se señala a continuación la normativa legal que aplica.

- Normas Legales, Decreto Ley 2811 de 1974, Código Nacional de los Recursos Naturales Renovables y Protección del Medio Ambiente.

- Decreto Ley 01 de 1984, Código Contencioso Administrativo. La norma fue reformada a través de la Ley 1437 del 18 de enero de 2011, pero su vigencia inició desde el 2 de julio de 2010.

- Ley 21 de 1991, Convenio 169 sobre pueblos indígenas y tribales en países independientes.

- Ley 70 de 1993, Protección de la identidad cultural y de los derechos de las comunidades negras.

- Ley 99 de 1993, Fundamentos de la Política Ambiental Colombiana.

- Ley 134 de 1994, Se dictan mecanismos de participación ciudadana.
- Ley 373 de 1997, uso eficiente y ahorro del agua.
- Ley 1333 de 2009, sobre Régimen Sancionatorio Ambiental. El artículo 57 creó el Registro Único de Infractores Ambientales RUIA.

NORMAS CONSTITUCIONALES

- Corresponde a la normativa para cada permiso, autorización y/o concesión requerida por el uso o aprovechamiento de recursos naturales necesarios para la ejecución de las obras. Estos procedimientos tienen un reglamento especial que determina la obligación de pagar a las autoridades ambientales por el servicio de evaluación de los estudios presentados para gestión y obtención de los permisos, y posteriormente por el seguimiento a su cumplimiento. La norma de carácter nacional es la Resolución 1280 de 2010, emitida el 7 de julio de 2010.

Resolución 1280 de 2010 "Por la cual se establece la escala tarifaria para el cobro de los servicios de evaluación y seguimiento de las licencias ambientales, permisos, concesiones, autorizaciones y demás instrumentos de manejo y control ambiental para proyectos cuyo valor sea inferior a 2115 SMMV y se adopta la tabla única para la aplicación de los criterios definidos en el sistema y método definido en el artículo 96 de la Ley 633 para la liquidación de la tarifa".

2.INFORMACIÓN DEL PROYECTO

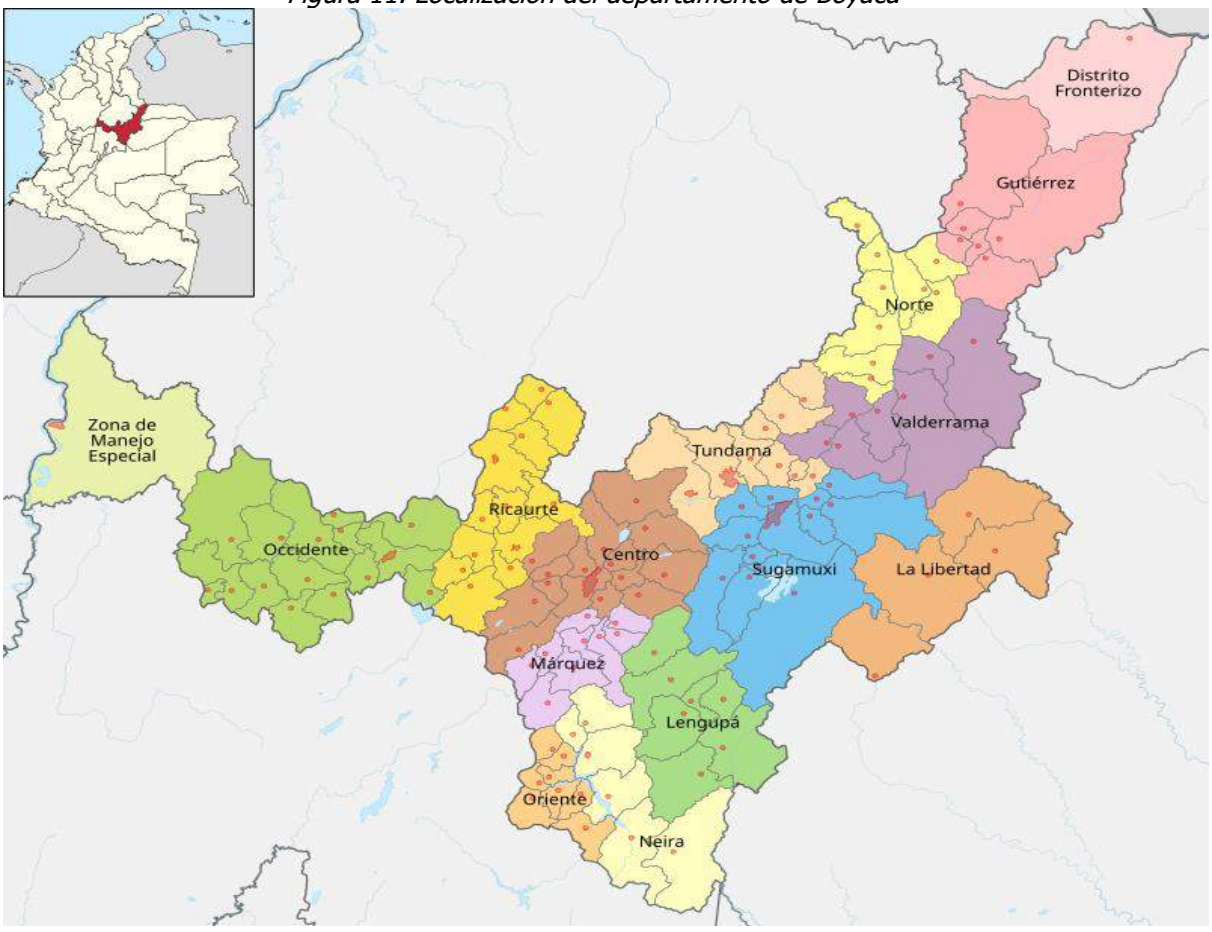
DIRECCION: CL 109 14B -60 OF 204 BR CHICO NORTE, BOGOTÁ
E-MAIL: consorciopebji@gmail.com
TELEFONO: 3102778858
Bogotá, Distrito Capital

2.1. LOCALIZACIÓN DEL PROYECTO

De manera general, el proyecto se encuentra localizado en el **DEPARTAMENTO DE BOYACÁ**, el cual está ubicado en el centro-este del país, en la región andina, contando con un total de 123 municipios de los cuales hacen parte de cada una de las 13 provincias del mismo. La información del sitio es la siguiente:

Altitud media: 2427 metros sobre el nivel del mar.
Extensión: 23.189 kms2
Población: 1.324.122 Hab
Coordenadas geográficas: 5°45'N y 73°06'O
La localización de sitio se puede encontrar en la *Ver figura 11.*

Figura 11. Localización del departamento de Boyacá



Fuente: Tomada de internet

2.2. Localización del área de intervención

El proyecto cuyo objeto tiene el **DIAGNÓSTICO Y EJECUCIÓN DE OBRAS DE EMERGENCIA PARA MITIGAR EL RIESGO DE DAÑO Y/O COLAPSO DE PUENTES UBICADOS EN EL DEPARTAMENTO POR LA AFECTACIÓN CAUSADA POR EFECTO DE LA OLA INVERNAL, DECLARADA EN VIRTUD DEL DECRETO DE CALAMIDAD PÚBLICA NO. 0522 DE 24 DE MAYO DE 2025,** la ubicación del puente a intervenir y el cual es alcance del presente plan es **PUENTE PUEBLITO BOYACENSE DEL MUNICIPIO DUITAMA DE LA PROVINCIA TUNDAMA.**

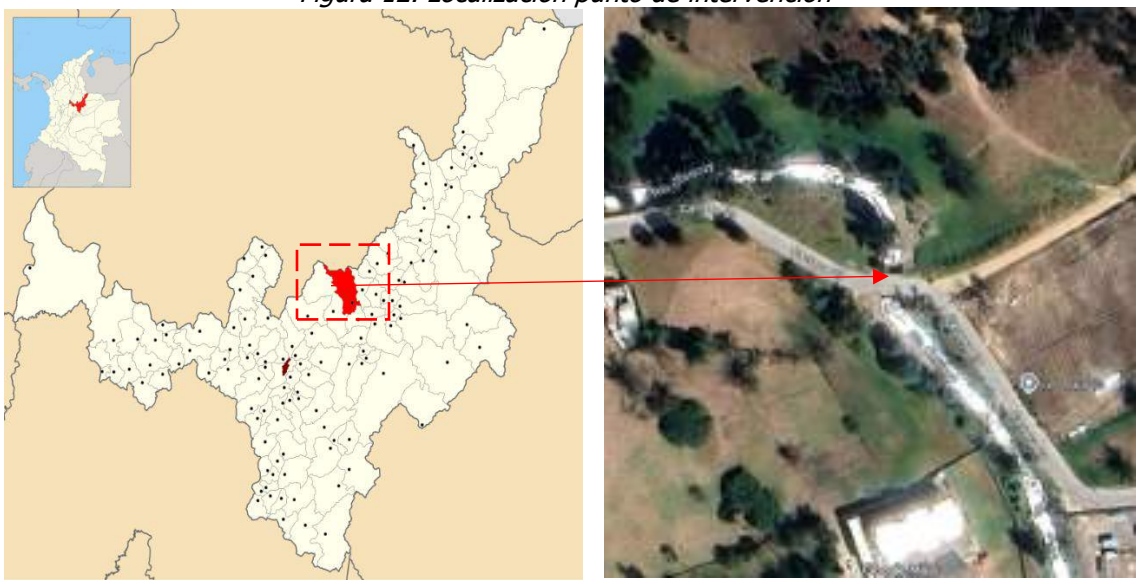
Tabla 1. Punto de intervención

PROVINCIA	MUNICIPIO	PUENTE	LOCALIZACIÓN
TUNDAMA	DUITAMA	PUENTE PUEBLITO BOYACENSE	MC10227 MUNICIPAL CARRETEABLE (TERCIARIA)

Fuente: Elaboración propia

La localización del sitio es la siguiente.

Figura 12. Localización punto de intervención





Fuente: Elaboración propia

DIRECCION: CL 109 14B -60 OF 204 BR CHICO NORTE, BOGOTÁ
E-MAIL: consorciopebji@gmail.com
TELEFONO: 3102778858
Bogotá, Distrito Capital

2.3. INFORMACIÓN DEL PROYECTO

En la ***tabla 2.*** esta referenciada la información general del proyecto a ejecutarse en cada uno de los municipios del departamento de Boyacá, específicamente para el **PUENTE PUEBLITO BOYACENSE DEL MUNICIPIO DE DUITAMA.**

Tabla 2. Información general del proyecto

CONTRATO DE OBRA	N°CO1.PCCNTR.8186181/2833
OBJETO	DIAGNOSTICO Y EJECUCIÓN DE OBRAS DE EMERGENCIA PARA MITIGAR EL RIESGO DE DAÑO Y/O COLAPSO DE PUENTES UBICADOS EN EL DEPARTAMENTO POR LA AFECTACIÓN CAUSADA POR EFECTO DE LA OLA INVERNAL, DECLARADA EN VIRTUD DEL DECRETO DE CALAMIDAD PUBLICA NO. 0522 DE 24 DE MAYO DE 2025
VALOR DEL CONTRATO	DOCE MIL TRESCIENTOS CINCUENTA Y CINCO MILLONES CUARENTA Y UN MIL NOVECIENTOS CINCUENTA Y DOS PESOS MCTE ($12.355.041.952.00) A MONTO AGOTABLE
TIEMPO DURACIÓN	CUATRO (4) MESES
LOCALIZACIÓN	DEPARTAMENTO DE BOYACÁ
CONTRATISTA	CONSORCIO PEB-JI
REPRESENTANTE LEGAL	JORGE IVAN ARIAS FLOREZ
NIT	901.977.234-8
CONTRATO DE INTERVENTORÍA	N° CO1.PCCNTR.8206135/2971
OBJETO	INTERVENTORÍA TÉCNICA, ADMINISTRATIVA, FINANCIERA, JURÍDICA, CONTABLE Y AMBIENTAL AL CONTRATO DE OBRA CUYO OBJETO ES DIAGNOSTICO Y EJECUCIÓN DE OBRAS DE EMERGENCIA PARA MITIGAR EL RIESGO DE DAÑO Y/O COLAPSO DE PUENTES UBICADOS EN EL DEPARTAMENTO POR LA AFECTACIÓN CAUSADA POR EFECTO DE LA OLA INVERNAL, DECLARADA EN VIRTUD DEL DECRETO DE CALAMIDAD PUBLICA N°. 0522 DE 24 DE MAYO DE 2025

VALOR DEL CONTRATO	OCHOCIENTOS SESENTA Y CUATRO MILLONES OCHOCIENTOS CINCUENTA Y DOS MIL NOVECIENTOS TREINTA Y SEIS PESOS CON SESENTA Y SEIS CENTAVOS MCTE ($864.852.936,66)
TIEMPO DE DURACIÓN	CUATRO (4) MESES
LOCALIZACIÓN	DEPARTAMENTO DE BOYACÁ
INTERVENTORÍA	CONSORCIO INTER MAP-LAR
REPRESENTANTE LEGAL	MAIRA ALEJANDRA PICÓN GARCÍA
NIT	901.978.204-1
ENTIDAD CONTRATANTE	GOBERNACIÓN DE BOYACÁ

Fuente: Elaboración propia

2.4. DESCRIPCIÓN DE LAS ACTIVIDADES

El ejecutor del proyecto a desarrollarse cuyo objeto es **DIAGNOSTICO Y EJECUCIÓN DE OBRAS DE EMERGENCIA PARA MITIGAR EL RIESGO DE DAÑO Y/O COLAPSO DE PUENTES UBICADOS EN EL DEPARTAMENTO POR LA AFECTACIÓN CAUSADA POR EFECTO DE LA OLA INVERNAL, DECLARADA EN VIRTUD DEL DECRETO DE CALAMIDAD PUBLICA NO. 0522 DE 24 DE MAYO DE 2025** llevará a cabo las siguientes actividades durante el desarrollo del proyecto específicamente para el **MUNICIPIO DE DUITAMA EN EL PUENTE PUEBLITO BOYACENSE.** En atención a la demanda de materiales de construcción, se presenta mediante el **ANEXO 1. CANTERAS** los sitios que están próximos al área de influencia del punto.

Tabla 3. Actividades constructivas obra – puente alcance del plan

ÍTEM	ÍTEM GOBERNACIÓN	DESCRIPCIÓN
1,01	**3.02.08**	EXCAVACIONES MECÁNICAS VARIAS EN ROCA BAJO AGUA. (INCLUYE CARGUE Y ACARREO LIBRE HASTA 5 KM.)
1,04	**3.09.10**	SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE SEÑAL DE TRANSITO PREVENTIVA, REGLAMENTARIA O INFORMATIVA DE 60 x 60 CM.
1,06	**3.11.07**	ROCERÍA A CADA LA LADO DE LA VÍA Y/0 ZONAS NECESARIAS PARA BUENA VISIBILIDAD. (INCLUYE ACARREO LIBRE HASTA 5 KM).
1,13	**3.11.06**	LIMPIEZA DE PONTONES Y BOX CULVERT, INCLUYE RECTIFICACIÓN DE DESCOLES CON RETIRO DE SOBRANTES Y OBSTÁCULOS. (INCLUYE ACARREO LIBRE HASTA 5 KM).
1,20	**3.10.12**	SUMINISTRO FIGURADO Y ARMADO DE ACERO DE REFUERZO 60000 PSI 420 MPA
1,25	**5.03.04**	CONCRETO SIMPLE DE 28 MPa - (4000 PSI) IMPERMEABILIZADO PARA MUROS
1,26	**3.13.44**	SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE GEOTEXTIL NT 2500 PARA SEPARACIÓN SUBRASANTE/CAPAS GRANULARES Y/O SUBDRENES/FILTROS
1,27	**3.01.01**	CONFIGURACIÓN - NIVELACIÓN TERRENO
1,28	**3.01.02**	CONFIGURACIÓN Y COMPACTACIÓN SUBRASANTE CBR=95%
1,32	**2.02.25**	SOLADO EN CONCRETO DE ESPESOR E = 0.05 M. 14 MPa (2000 PSI)

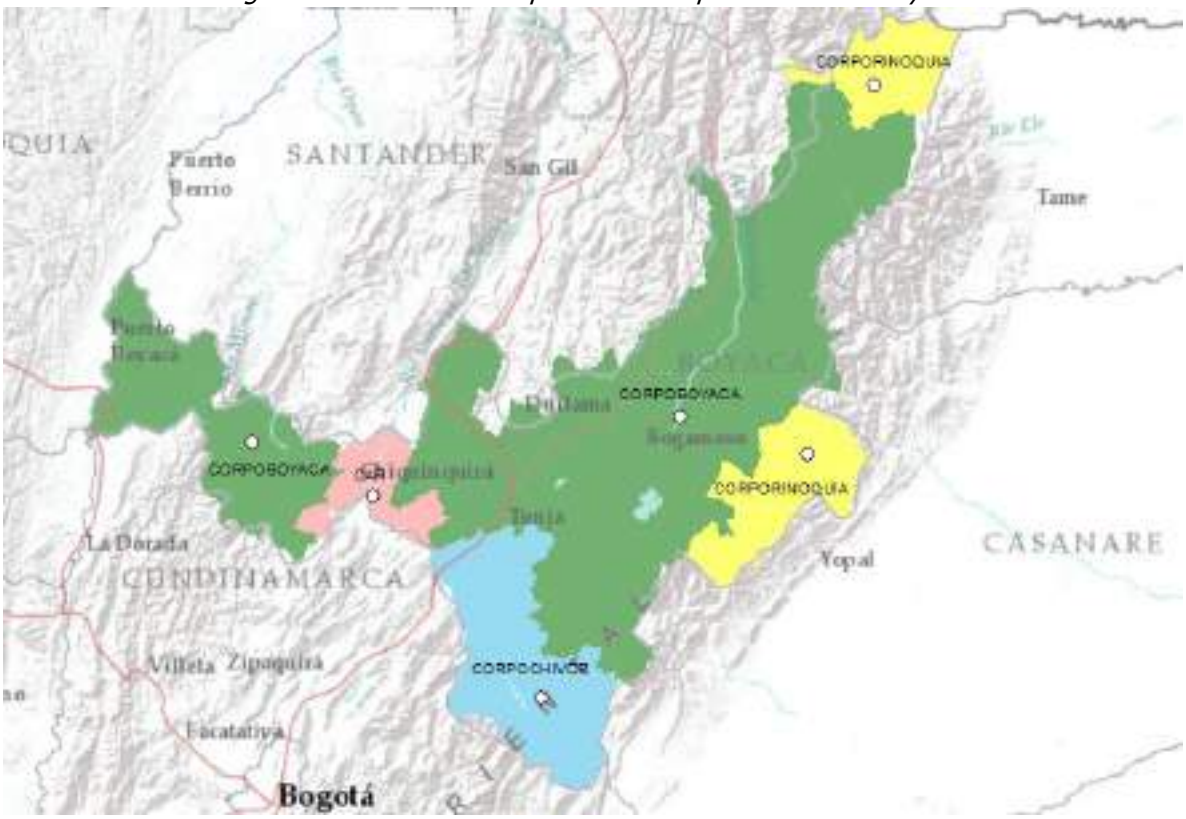
ÍTEM	ÍTEM GOBERNACIÓN	DESCRIPCIÓN
1,33	**3.03.05**	CUNETAS REVESTIDAS EN CONCRETO DE 21 MPA (3000 PSI) SIN REFUERZO (INCLUYE SELLO DE JUNTAS)
1,38	**3.12.01**	CARGUE Y TRANSPORTE DE MATERIALES SUELTOS, PRODUCTO DE SOBRANTES Y/O DERRUMBES (INCLUYE ACARREO LIBRE HASTA 5 KM.).
1,44	**3.13.14**	DEMOLICIÓN OBRAS EN CONCRETO REFORZADO, INCLUYE CARGUE Y RETIRO DE SOBRANTES CON ACARREO LIBRE HASTA 5 KM.).
1,49	**3.03.15**	RELLENO CON MATERIAL DE AFIRMADO COMPACTADO RANA Y/O VIBROCOMPACTADOR
1,52	**3.12.03**	TRANSPORTE DE MATERIAL DE AFIRMADO Y/O GRANULAR SUELTO (MEDIDO EN BANCO) DESPUÉS DE 5 KM
1,53	**3.01.08**	LOCALIZACIÓN Y REPLANTEO TOPOGRÁFICO PARA OBRAS DE INFRAESTRUCTURA VIAL
1,59	**3.03.03**	CONSTRUCCIÓN DE MUROS EN GAVIONES, INCLUYE MALLA ESLABONADA GALVANIZADA TRIPLE TORSION CAL. 12
1,61	**3.03.02**	CONSTRUCCIÓN DE FILTROS A CUALQUIER PROFUNDIDAD, CON MATERIAL FILTRANTE SEGÚN NORMA INVIAS. (NO INCLUYE EXCAVACIÓN NI GEOTEXTIL).
1,73	**3.02.05**	ENROCADO PARA PROTECCIÓN DE ESTRUCTURAS EN RÍOS
1,76	**3.02.05**	LIMPIEZA O RECONFORMACIÓN DE RÍOS
NP21	**2,02,33**	SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE TUBERÍA PVC SANITARIA D = 4"

Fuente: Elaboración propia

2.5. JURISDICCIÓN CORPORACIONES AMBIENTALES

Dentro del departamento de Boyacá, se encuentra con la jurisdicción de cuatro corporaciones ambientales entre la cuales son: **CAR** (CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DE CUNDINAMARCA), **CORPOBOYACÁ** (CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DE BOYACÁ), **CORPOCHIVOR** (CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DE CHIVOR) Y **CORPORINOQUIA** (CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DE LA ORINOQUIA). El mapa de las jurisdicciones a nivel departamental se presenta a continuación.

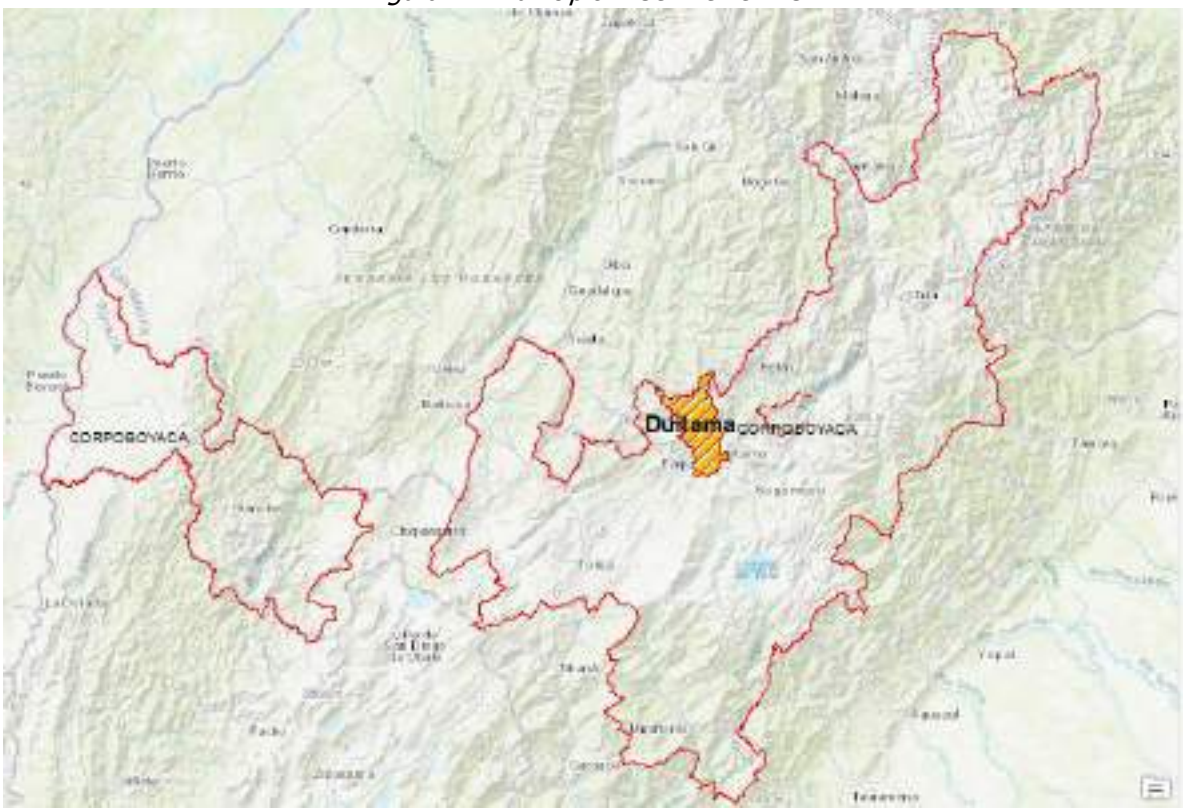
Figura 13. Jurisdicción corporaciones Departamento de Boyacá



Fuente: Elaboración propia

Dentro de la jurisdicción de la **CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DE BOYACÁ – CORPOBOYACÁ** se cuenta con la presencia del **MUNICIPIO DE DUITAMA.** A continuación, se presenta una distribución y localización del mismo.

Figura 14. Municipio – CORPOBOYACÁ



Fuente: Elaboración propia

3.CARACTERIZACIÓN ÁREA DE INFLUENCIA DIRECTA

DIRECCION: CL 109 14B -60 OF 204 BR CHICO NORTE, BOGOTÁ
E-MAIL: consorciopebji@gmail.com
TELEFONO: 3102778858
Bogotá, Distrito Capital

3.1. CARACTERIZACIÓN DEL ÁREA DE INFLUENCIA

El área de influencia está determinada por la ubicación geográfica del proyecto y por los componentes ambientales y sociales con los que éste tiene alguna interacción. El **ÁREA DE DIRECTA DEL PROYECTO** está enmarcada desde el punto de vista social y ambiental por la ficha inicial de manejo ambiental; en dichas áreas es en donde se generarán los impactos por las actividades del proyecto. Algunas consideraciones que se tuvieron en cuenta para la definición del AID- (área de influencia directa) fueron:

- Área en donde se desarrollará el proyecto.
- Zona en la que se manifiestan los impactos ambientales directos, es decir aquellos que ocurren en el mismo sitio en el que se produjo la acción generadora del impacto ambiental.

3.2. CARACTERIZACIÓN DE LA LÍNEA BASE

La línea base del **PLAN DE ADAPTACIÓN DE LA GUÍA AMBIENTAL – PAGA**, se establece con el fin de sintetizar las principales características abióticas, bióticas y sociales del sistema ecológico de la zona de estudio para determinar su aptitud natural y su funcionalidad dentro del ecosistema. A continuación, se presentan los componentes que comprenden la caracterización de la línea base.

3.2.1. COMPONENTE ABIÓTICO

Los factores abióticos de un sistema son considerados como los determinantes del espacio físico o biotopo. Por lo cual, es importante hacer una caracterización de los distintos aspectos a fin de evaluar los impactos ambientales de forma objetiva. A continuación, se relacionan los factores propios del área de influencia del proyecto.

3.2.1.1. GEOLOGÍA Y GEOMORFOLOGÍA

El municipio de Duitama, localizado en la región Andina de Colombia, dentro del departamento de Boyacá, presenta una marcada heterogeneidad geológica, reflejo de la compleja evolución tectosedimentaria de la Cordillera Oriental. En su territorio afloran unidades sedimentarias, volcanosedimentarias y depósitos cuaternarios

recientes, que en conjunto dan cuenta de una prolongada historia de procesos marinos, continentales y volcánicos.

De acuerdo con la cartografía del Servicio Geológico Colombiano, en el área municipal se reconocen las siguientes unidades geológicas:

- **K1K6-Stm:** Shales, calizas, fosforitas, cherts y cuarzoarenitas, con predominio de facies finas hacia el norte del Cocuy y facies más arenosas al sur, correspondientes a depósitos marinos de edad cretácica.
- **B2K1-Sm:** Shales con yeso y chert intercalados con calizas y arenitas, asociados a ambientes marinos someros con episodios evaporíticos.
- **J1J2-VCct:** Arenitas, limolitas y calizas intercaladas con tobas, brechas, aglomerados y lavas riolíticas a andesíticas, representando materiales volcano-sedimentarios depositados durante el Jurásico Inferior y Medio, que evidencian actividad volcánica y procesos de sedimentación continental.
- **D2D3-Sctm:** Conglomerados y arenitas de grano fino a medio con intercalaciones de limolitas y arcillolitas rojizas, indicativos de ambientes fluviales y continentales.
- **K6E1-Stm:** Arcillolitas rojizas con intercalaciones de cuarzoarenitas finas y mantos de carbón en la base, representando condiciones de transición continental y pantanosa.
- **B1-Sct:** Cuarzoarenitas de grano fino a conglomeráticas, con intercalaciones de lodolitas y conglomerados, asociadas a ambientes fluviales de alta energía.
- **J3-Sc:** Capas rojas compuestas por arenitas, conglomerados y limolitas, interpretadas como depósitos fluviales y lacustres del Jurásico Superior, que cubren buena parte del territorio municipal.
- **N2Q1-Sc:** Conglomerados de bloques a guijos con intercalaciones de arcillas y arenitas de grano fino a grueso, producto de procesos de abanicos aluviales y sedimentación continental reciente.
- **Q-ca:** Depósitos coluviales y abanicos aluviales formados por la acumulación de materiales transportados desde las vertientes.
- **Q-al:** Depósitos aluviales y de llanura aluvial conformados por gravas, arenas y limos, asociados a los valles y cauces fluviales actuales.

Dentro de estas, las unidades predominantes en el municipio de Duitama corresponden a **J3-Sc, J1J2-VCct y Q-al**, las cuales determinan las principales características estructurales, geomorfológicas y edáficas del territorio.

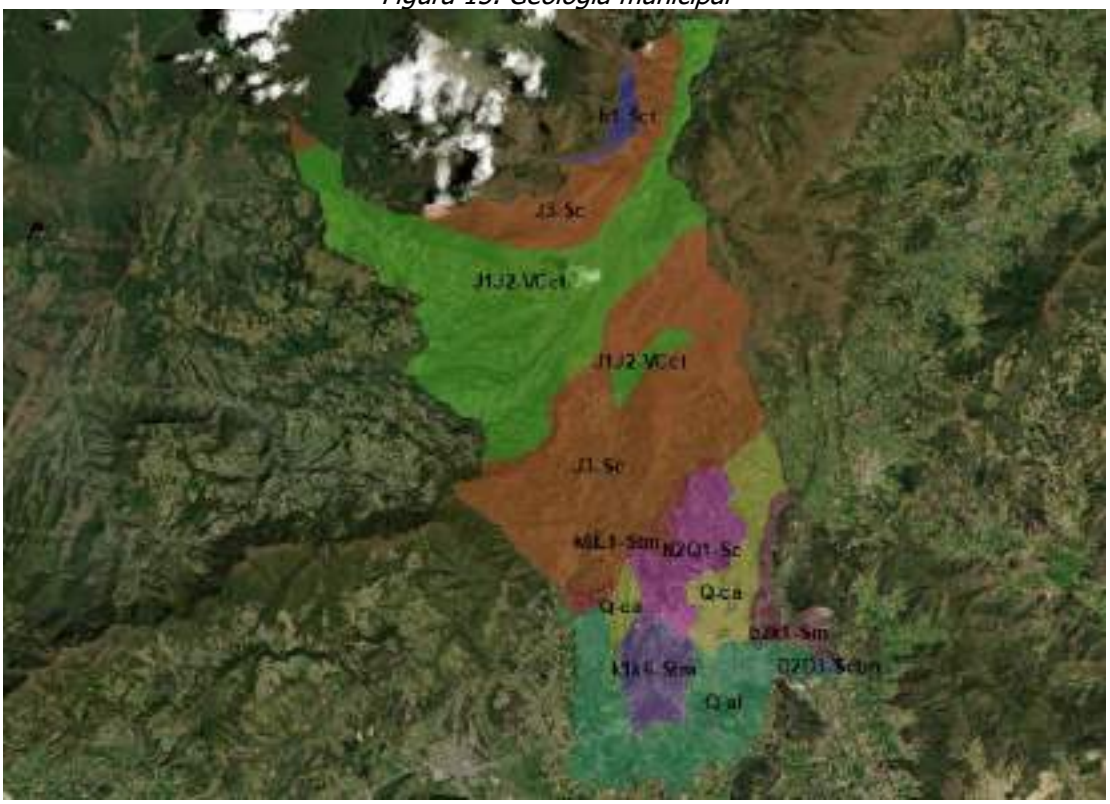
La unidad **J3-Sc** domina amplias zonas del municipio, aportando materiales arenosos y conglomeráticos que configuran relieves moderados y suelos de textura media a gruesa.

La unidad **J1J2-VCct**, de naturaleza volcanosedimentaria, aporta una base consolidada compuesta por arenitas y limolitas intercaladas con productos volcánicos, generando sectores de alta estabilidad geotécnica.

Por su parte, los depósitos recientes **Q-al** se localizan principalmente en los fondos de valle y zonas bajas, conformando superficies suaves donde se concentran las actividades agrícolas y los procesos de acumulación aluvial.

En conjunto, esta configuración geológica confiere a Duitama un marco natural diverso y estructuralmente complejo, donde interactúan rocas jurásicas consolidadas con depósitos cuaternarios activos, reflejando la interacción entre los procesos tectónicos, erosivos y sedimentarios característicos de la Cordillera Oriental. En la siguiente figura se visualiza la distribución espacial de las dos unidades principales descritas. ***Véase figura 15.***

Figura 15. Geología municipal



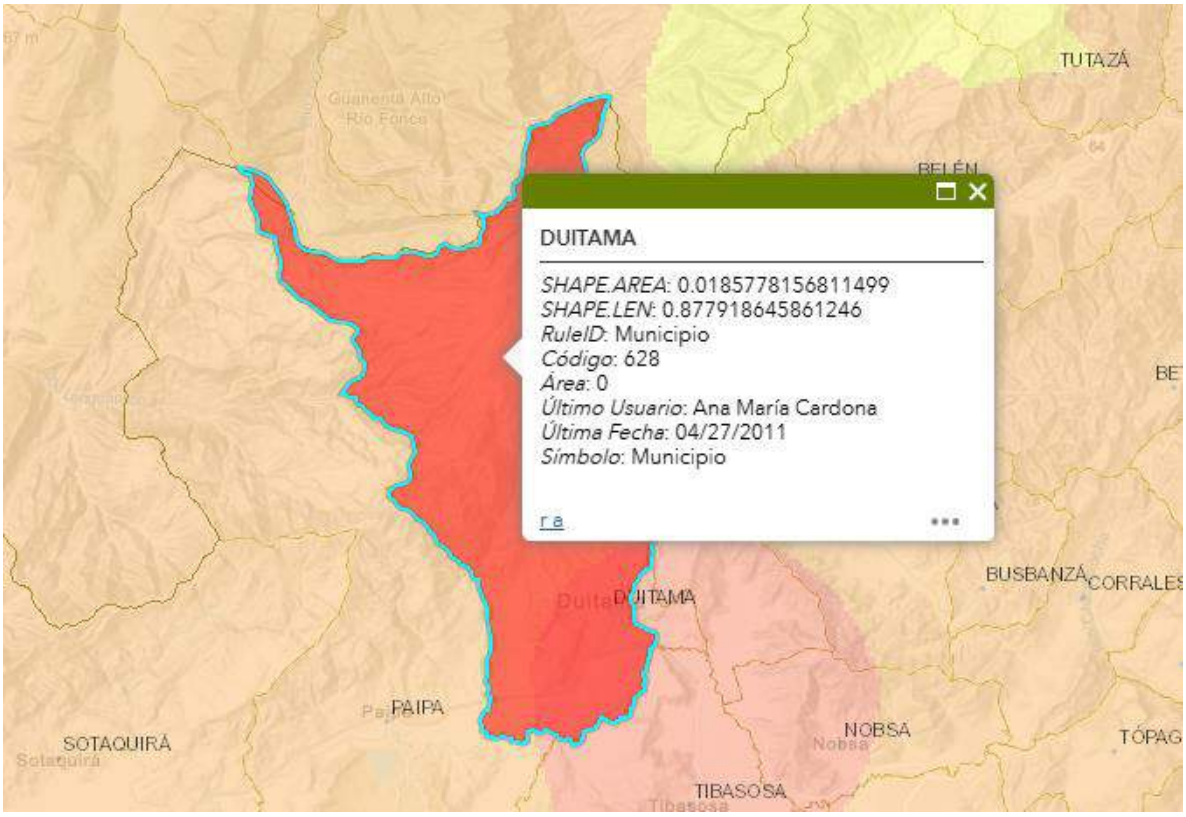
Fuente: Servicio Geológico Colombiano

3.2.1.2. SISMOLOGÍA

La sismología son las **CONDICIONES GEO BIOFÍSICAS,** derivadas de la pendiente, el material parental, la dinámica hidráulica, el carácter sísmico, se unen para configurar procesos de **DEGRADACIÓN DE SUELOS, MOVIMIENTOS DE MASA, ÁREAS INUNDABLES Y FALLAMIENTOS TECTÓNICOS, ÁREAS DE RIESGO SÍSMICO, REMOCIÓN DE MASA Y RIESGOS ATMOSFÉRICOS.** Estas zonas se encuentran definidas en el **MAPA DE AMENAZAS Y RIESGOS Y EN EL DE ZONIFICACIÓN AMBIENTAL.**

A fin de tener una información real sobre la amenaza sísmica que se pueda presentar en la zona se consultó en el **SERVICIO GEOLÓGICO COLOMBIANO,** lo cual se encontró que una gran parte del territorio se encuentra que por la intensidad pueden presentar daños moderados, tal con se presenta en la siguiente figura.

Figura 16. Zonificación sismología departamental





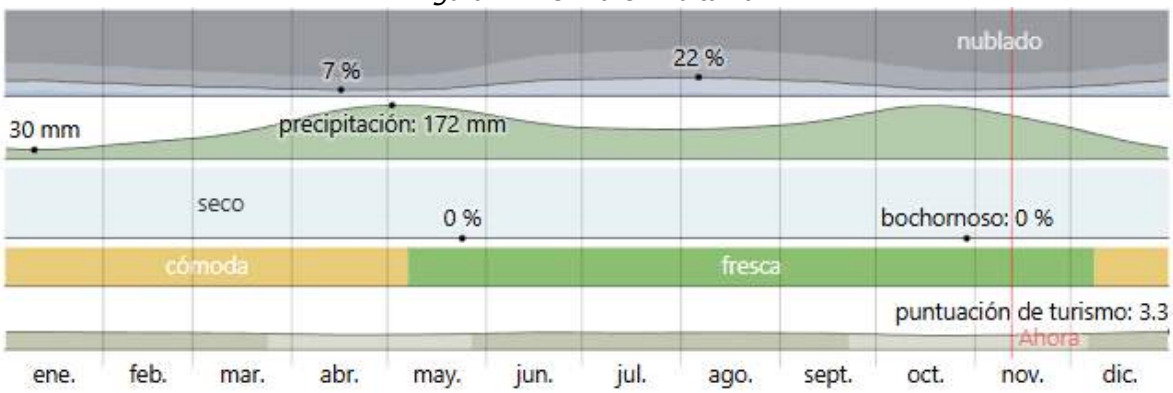
Fuente: Visor Servicio Geológico Colombiano

3.2.1.1. CLIMA

En Duitama, los veranos son cómodos; los inviernos son cortos, frescos y mojados y está nublado durante todo el año. Durante el transcurso del año, la temperatura generalmente varía de **7 °C a 19 °C** y rara vez baja a menos de **4 °C** o sube a más de **21 °C.**

Las mejores épocas del año para visitar Duitama para actividades de tiempo caluroso son desde finales de mayo hasta finales de septiembre y desde principios de diciembre hasta finales de marzo.

Figura 17. Clima en Duitama



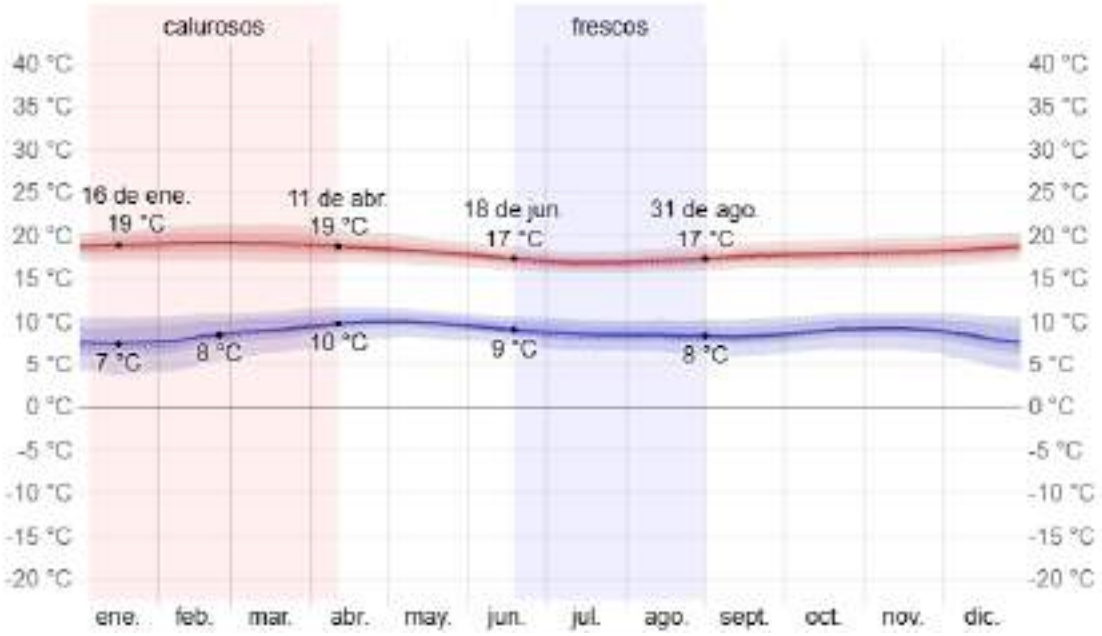
Fuente: https://es.weatherspark.com/y/24351/Clima-promedio-en-Duitama-Colombia-durante-todo-el-a%C3%B1o#Figures-Summary

3.2.1.2. TEMPERATURA

La temporada templada dura **3,2 meses, del 5 de enero al 11 de abril,** y la temperatura máxima promedio diaria es más de **19 °C.** El mes más cálido del año en Duitama es abril, con una temperatura máxima promedio de **19 °C** y mínima de **10 °C.**

La temporada fresca dura **2,4 meses,** del **18 de junio al 31 de agosto,** y la temperatura máxima promedio diaria es menos de **17 °C.** El mes más frío del año en Duitama es julio, con una temperatura mínima promedio de **9 °C** y máxima de **17 °C.**

Figura 18. Clima en Duitama



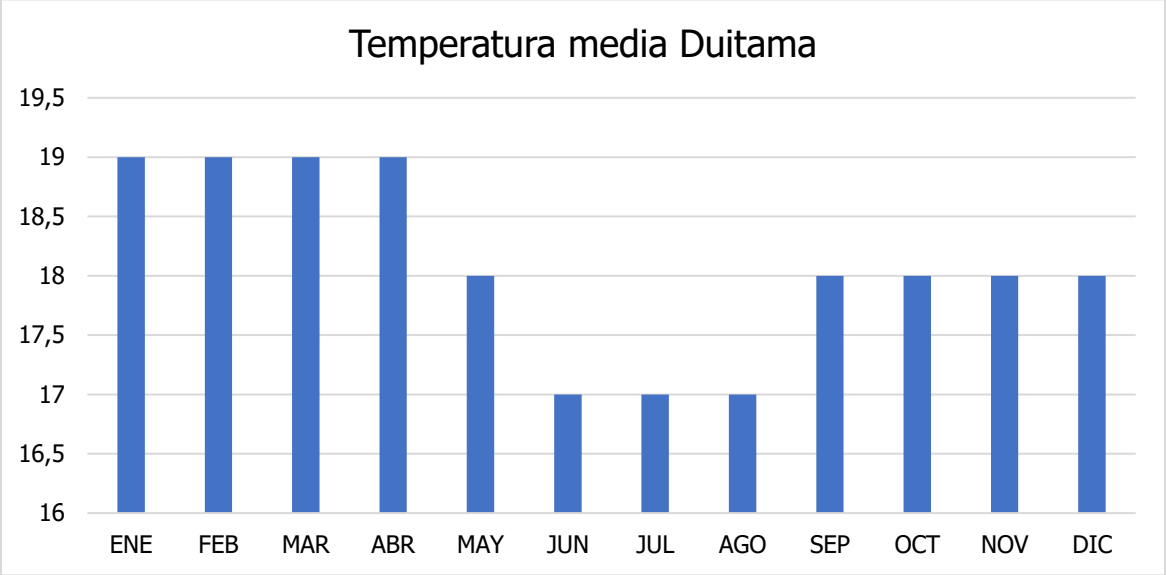
Fuente: https://es.weatherspark.com/y/24351/Clima-promedio-en-Duitama-Colombia-durante-todo-el-a%C3%B1o#Figures-Temperature

Tabla 4. Temperatura promedio °C

PROMEDIO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
Medios	19	19	19	19	18	17	17	17	18	18	18	18
Máximos	13	13	14	14	14	13	13	13	13	13	13	13
Mínimos	8	8	9	10	10	9	9	8	8	9	9	8

Fuente: https://es.weatherspark.com/y/24351/Clima-promedio-en-Duitama-Colombia-durante-todo-el-a%C3%B1o#Figures-Temperature

Gráfico 1. *Promedio Temperaturas medias*



Fuente: Elaboración propia

3.2.1.3. PRECIPITACIONES

Un día mojado es un día con por lo menos 1 milímetro de líquido o precipitación equivalente a líquido. La probabilidad de días mojados en Duitama varía muy considerablemente durante el año.

La temporada más mojada dura **8,7 meses, de 16 de marzo a 6 de diciembre,** con una probabilidad de más del 49 % de que cierto día será un día mojado. El mes con más días mojados en Duitama es octubre, con un promedio de 22,8 días con por lo menos 1 milímetro de precipitación.

La temporada más seca dura **3,3 meses, del 6 de diciembre al 16 de marzo.** El mes con menos días mojados en Duitama es enero, con un promedio de 7,4 días con por lo menos 1 milímetro de precipitación.

Entre los días mojados, distinguimos entre los que tienen solamente lluvia, solamente nieve o una combinación de las dos. El mes con más días con solo lluvia en Duitama es octubre, con un promedio de 22,8 días. En base a esta categorización, el tipo más común de precipitación durante el año es solo lluvia, con una probabilidad máxima del 76 % el 18 de octubre.

Figura 19. Probabilidad diaria de precipitación en Duitama



Fuente: https://es.weatherspark.com/y/24351/Clima-promedio-en-Duitama-Colombia-durante-todo-el-a%C3%B1o#Figures-PrecipitationProbability

Tabla 5. Precipitaciones días

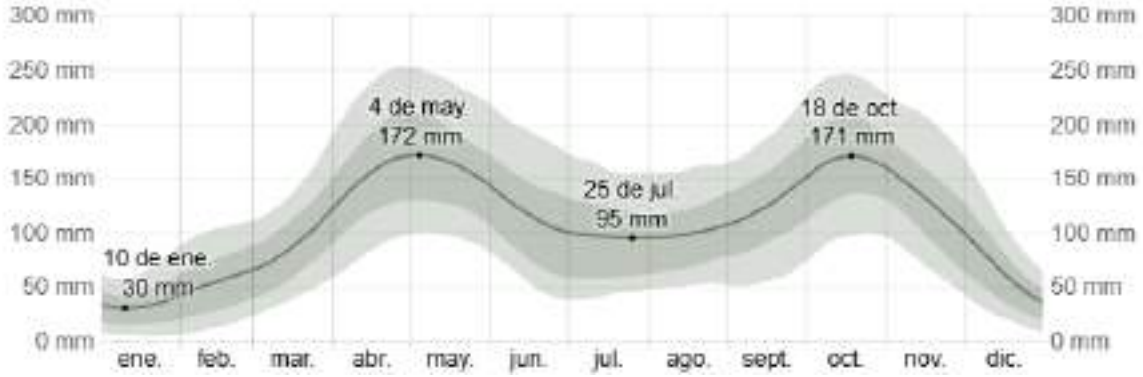
PROMEDIO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
Lluvia	7,4 días	9,6 días	15,7 días	21,3 días	22,7 días	18,0 días	17,6 días	18,3 días	19,6 días	22,8 días	19,3 días	11,1 días

Fuente: ttps://es.weatherspark.com/y/24351/Clima-promedio-en-Duitama-Colombia-durante-todo-el-a%C3%B1o#Figures-PrecipitationProbability

Para mostrar la variación durante un mes y no solamente los totales mensuales, mostramos la precipitación de lluvia acumulada durante un período de 31 días en una escala móvil centrado alrededor de cada día del año. Duitama tiene una variación extremada de lluvia mensual por estación.

Llueve durante el año en Duitama. El mes con más lluvia en Duitama es octubre, con un promedio de **171 milímetros de lluvia.**

Figura 20. Promedio mensual de lluvia en Duitama



Fuente: https://es.weatherspark.com/y/24351/Clima-promedio-en-Duitama-Colombia-durante-todo-el-a%C3%B1o#Figures-Rainfall

Tabla 6. Promedio precipitaciones mensuales

PROMEDIO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
Lluvia	31,7 mm	54,4 mm	87,5 mm	155,0mm	165,1mm	117,4mm	96,3 mm	99,0 mm	124,2mm	170,8mm	132,9mm	62,4 mm

Fuente: https://es.weatherspark.com/y/24351/Clima-promedio-en-Duitama-Colombia-durante-todo-el-a%C3%B1o#Figures-Rainfall

3.2.1.1. HUMEDAD

Basamos el nivel de comodidad de la humedad en el punto de rocío, ya que éste determina si el sudor se evaporará de la piel enfriando así el cuerpo. Cuando los puntos de rocío son más bajos se siente más seco y cuando son altos se siente más húmedo. A diferencia de la temperatura, que generalmente varía considerablemente entre la noche y el día, el punto de rocío tiende a cambiar más lentamente, así es que, aunque la temperatura baje en la noche, en un día húmedo generalmente la noche es húmeda.

El nivel de **HUMEDAD PERCIBIDA EN DUITAMA,** medido por el porcentaje de tiempo en el cual el nivel de comodidad de humedad es bochornoso, opresivo o insoportable, no varía considerablemente durante el año, y permanece prácticamente constante en 0 %.

Figura 21. Niveles de comodidad de la humedad



Fuente: https://es.weatherspark.com/y/24351/Clima-promedio-en-Duitama-Colombia-durante-todo-el-a%C3%B1o#Figures-Humidity

3.2.1.1. VIENTO

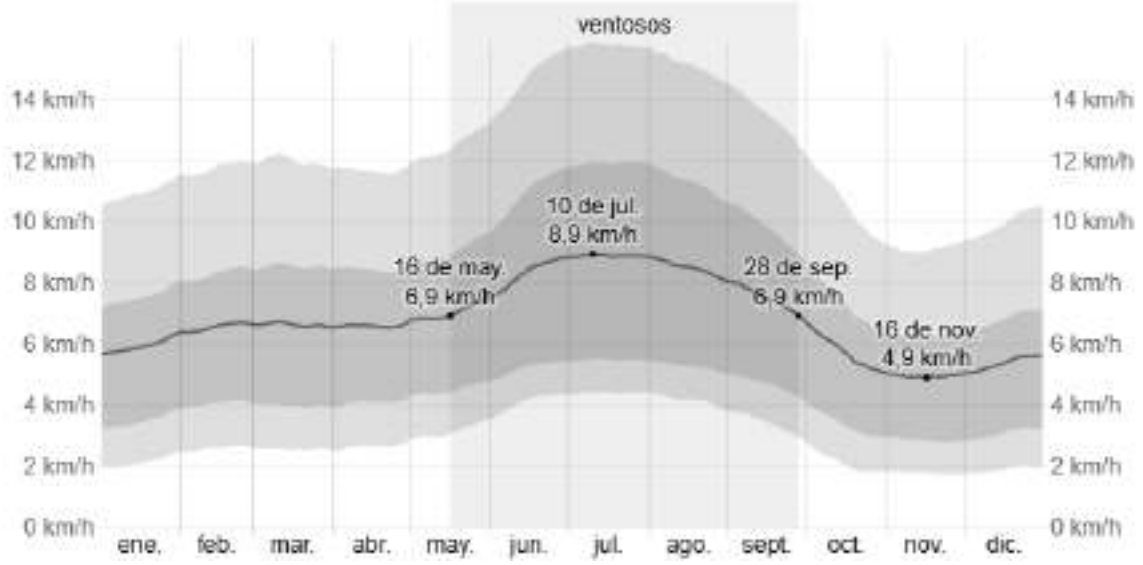
Esta sección trata sobre el vector de viento promedio por hora del área ancha (velocidad y dirección) a 10 metros sobre el suelo. El viento de cierta ubicación depende en gran medida de la topografía local y de otros factores; y la velocidad instantánea y dirección del viento varían más ampliamente que los promedios por hora.

La velocidad promedio del viento por hora en Duitama tiene variaciones estacionales leves en el transcurso del año.

La parte más ventosa del año dura **4,4 meses, del 16 de mayo al 28 de septiembre,** con velocidades promedio del viento de más de 6,9 kilómetros por hora. El mes más ventoso del año en Duitama es julio, con vientos a una velocidad promedio de 8,9 kilómetros por hora.

El tiempo más calmado del año dura **7,6 meses, del 28 de septiembre al 16 de mayo.** El mes más calmado del año en Duitama es noviembre, con vientos a una velocidad promedio de **5,0 kilómetros por hora.**

Figura 22. Velocidad promedio del viento en Duitama



Fuente: https://es.weatherspark.com/y/24351/Clima-promedio-en-Duitama-Colombia-durante-todo-el-a%C3%B1o#Figures-WindSpeed

3.2.1.2. HIDROLOGÍA

El departamento de Boyacá posee una de las redes hídricas más densas y diversas del país. Su territorio está atravesado por cinco grandes cuencas hidrográficas —Magdalena, Suárez, Chicamocha, Arauca y Meta— y numerosas subcuencas de importancia regional como Guavio, Cravo Sur, Lengupá, Upía, Cusiana y Pauto. Esta compleja red fluvial abastece a los acueductos municipales y veredales, soporta actividades agropecuarias e industriales, regula el clima local y mantiene ecosistemas estratégicos de alta biodiversidad.

En Boyacá se localizan cuerpos de agua de relevancia nacional e internacional. Entre ellos destaca el Lago de Tota, el más grande de Colombia y tercero en extensión en Suramérica, que constituye la fuente principal del río Upía y es fundamental para el abastecimiento, la agricultura y el turismo. También sobresale el Lago Sochagota en Paipa, junto con lagunas de alto valor ecológico y cultural como Iguaque y Fúquene, que funcionan como hábitat de especies endémicas y sitios de regulación hídrica.

El departamento cuenta además con infraestructuras hidráulicas estratégicas, como la represa de Chivor, ubicada en la provincia de Neira, con un volumen de 815 millones de m³ que alimenta la generación hidroeléctrica a nivel nacional y contribuye al control de caudales.

Toda esta riqueza hídrica constituye un recurso fundamental para el desarrollo económico, social y ambiental de Boyacá. Sin embargo, también representa un reto

en términos de conservación y manejo sostenible para garantizar la disponibilidad y calidad del agua, así como la preservación de los ecosistemas asociados, frente al crecimiento poblacional y las presiones derivadas de actividades productivas.

EL PUENTE PUEBLITO BOYACENSE se localiza en el **MUNICIPIO DE DUITAMA**, **DEPARTAMENTO DE BOYACÁ**, y constituye una infraestructura vial estratégica para la movilidad local y el acceso al sector turístico del Pueblito Boyacense. Esta estructura cruza el **RÍO CHITICUY**, una corriente hídrica de carácter local que hace parte de la red hidrográfica del municipio y cumple un papel importante en el drenaje natural del territorio. El río Chiticuy contribuye a la regulación hídrica de la zona y al soporte de ecosistemas asociados a su ronda, por lo que el puente se integra a un entorno con relevancia ambiental y paisajística, además de su función de conectividad vehicular y peatonal.

Figura 23. Cauce área de influencia directa



Fuente: Elaboración propia

3.2.2. COMPONENTE BIÓTICO

El departamento de Boyacá presenta una variada y diversa flora, lo cual desemboca en una alta variedad de ecosistemas con zonas de páramo bosque húmedo tropical,

piedemonte llanero y bosque andino y altoandino; en los cuales se presume haya una alta diversidad de especies. Es así como la construcción de la línea base para el departamento de Boyacá tuvo como objeto identificar y analizar el estado de conocimiento existente de la Biodiversidad en algunos grupos biológicos, encaminada a llenar vacíos de información a través de las expediciones Boyacá Bio.

La lista presentada contiene 6713 registros de especies, pertenecientes a 26 clases, de las cuales corresponden a plantas vasculares: *Cycadopsida (1), Equisetopsida (2), Liliopsida (868), Lycopodiopsida (59), Magnoliopsida (3131), Marattiopsida (2), Pinopsida (7), Polypodiopsida (343), Psilotopsida (2). Plantas no vasculares: Andreaeopsida (2), Bryopsida (353), Jungermanniopsida (180), Marchantiopsida (7), Polytrichopsida (12), Sphagnopsida (14). Invertebrados: Insecta (60). Vertebrados: Mammalia (105), Actinopterygii (114), Reptilia (111), Amphibia (91), Aves (1163). Hongos: Agaricomycetes (46), Dothideomycetes (1), Geoglossomycetes (2), Leotiomycetes (17), Sordariomycetes (20).*

El departamento cuenta con 1.044 aves que incluyen 21 endémicas y representan casi la mitad de las especies de aves del país, y es un destino imperdible para 91 aves migratorias año a año. Asimismo, tiene 450 especies de orquídeas con 81 endemismos.

Por otra parte, cerca del 30% de las especies de mamíferos y reptiles con evidencia para el país y 53 especies de frailejones, que son más de la mitad de las registradas para Colombia, con 36 especies endémicas, están en el territorio.

Biodiversidad general

Especies estimadas y observadas: Boyacá alberga aproximadamente 41.344 especies estimadas, de las cuales 11.731 han sido registradas mediante observaciones.

- Endemismos y registros:

Alrededor del 16 % de las especies observadas en Boyacá son endémicas de Colombia.
Hay 1.036 especies endémicas registradas.
En 2025 se informó que el 50 % de las especies en riesgo en Boyacá son endémicas.

- Grupos biológicos destacados:

Aves

Boyacá cuenta con 1.044 especies de aves, entre las cuales 21 son endémicas.

Cada año llegan al menos 91 aves migratorias que encuentran refugio en el departamento.

Orquídeas

Se han registrado 450 especies de orquídeas, con 81 endémicas

Mamíferos, reptiles y frailejones

Cerca del 30 % de las especies de mamíferos y reptiles del país tienen presencia en Boyacá

Se han registrado 53 especies de frailejones, más de la mitad de todas las Ecosistemas representativos y áreas protegidas

Santuario de Fauna y Flora Iguaque: ubicado entre los 2.400 y 3.800 msnm, contiene bosques andinos y páramo, con alta diversidad biológica y de importancia hídrica local.

Flora y fauna tradicional

Flora representativa:

- Frailejones, cedro, arrayán, siete cueros, pino colombiano, variedad de papas nativas.
- En zonas como Úmbita: gran diversidad de plantas ornamentales, medicinales, maderables y artesanales, como arrayán, orquídeas, laureles, begonias, anturios, pinos y eucaliptos introducidos.

Fauna tradicional:

- En páramos y bosques: zorro, venado de cola blanca, conejo silvestre y otras especies; muchas aves, incluyendo migratorias.
- Hyloscirtus bogotensis, rana amenazada que habita en bosques montanos entre 1.800 y 2.800 msnm.
- Atractus crassicaudatus, serpiente no venenosa endémica, presente en zonas húmedas altas (2.000–3.200 msnm).

Conclusión

Boyacá es un tesoro de biodiversidad destacable por sus altos niveles de endemismo, variedad de ecosistemas (páramos, bosques, humedales, alta montaña), la gran

cantidad de especies registradas, recientes descubrimientos científicos y múltiples iniciativas de conservación.

3.2.3. COMPONENTE SOCIOECONÓMICO

Para el análisis socioeconómico, se estima que, según proyecciones del DANE, la población de Duitama (Boyacá) en el año 2025 es de aproximadamente **134.091 HABITANTES**.

De igual manera, se consideran aspectos relevantes que, a nivel municipal, reflejan dinámicas propias, pero también relacionadas con el comportamiento departamental. Entre ellos se destacan:

- Crecimiento económico y estructura productiva
- Industria y exportaciones
- Desigualdades territoriales
- Pobreza, empleo e inseguridad alimentaria
- Salud y bienestar nutricional
- Educación y alfabetización
- Privaciones sociales
- Pobreza, desigualdad y género
- Infraestructura, servicios básicos y condiciones de vida

ECONÓMICO:

Crecimiento económico y estructura productiva:

- En 2024, la economía de Boyacá creció apenas un 1 % respecto a 2023, por debajo del promedio nacional de 1,6 %, ubicándose como la décima economía con menor expansión del país.
- El PIB de Boyacá representó el 2,65 % del total nacional, con un monto estimado en 45.232 miles de millones de pesos.
- El PIB per cápita fue de aproximadamente 34,5 millones de pesos, superior al promedio nacional (32,4 millones).

Actividades económicas clave:

- Comercio (% del PIB departamental): 18,5 % (incluye ventas, transporte, alojamiento y servicios de comida).

- Agricultura, ganadería, caza y pesca: 15,4 %, con un crecimiento notable del 7,9 % en 2024.
- Construcción: cayó 5,2 % en 2024, frente a un crecimiento del 1,2 % a nivel nacional.
- Minas y canteras: disminución del 4,5 %.

Industria, exportaciones y desigualdades territoriales:

- La producción industrial cayó aproximadamente un 1 % en Boyacá en 2024, con contracción más marcada en los últimos meses del año (septiembre -5,3 %, octubre -13,1 %, noviembre -8,5 %, diciembre -1,2 %).
- El sector industrial representa el 10,3 % del PIB regional, principalmente impulsado por metales y aceros (52 % del total), seguidos por alimentos y agroindustria.
- En exportaciones, Boyacá depende mayoritariamente del sector minero-energético, que representa el 99,5 % del total exportado.
- Las exportaciones disminuyeron 15,6 % comparado con 2023. Los productos principales: coques/semicoques (68,1 %) y esmeraldas (22,8 %); flores solo 0,2 %. Los principales destinos son Brasil (60,7 %) y EE.UU. (12,4 %).
- Hay una gran disparidad municipal: Nobsa genera un PIB per cápita de alrededor de $134 millones COP, mientras que el promedio departamental es de $30 millones, y en municipios como Paya apenas $12 millones.

Pobreza, empleo e inseguridad alimentaria:

Según la GEIH, en 2024:

El Índice de Pobreza Multidimensional (IPM) total se redujo a 6,9 %, desde 9,9 % en 2023, posicionando a Boyacá como el 4.º departamento con menor pobreza en el país.

En zonas urbanas, el IPM bajó a 3,7 % (desde 5,4 %), ubicándose en el 1.er lugar nacional.

En áreas rurales/dispersas, cayó de 17 % a 12,1 %, pasando al tercer lugar.

La tasa de desempleo fue de 8,7 % en 2024, por debajo del promedio nacional (9,1 %); se redujo 1,2 puntos respecto a 2023. La brecha de género fue baja: 8,0 % en hombres versus 9,7 % en mujeres.

En 2023, indicadores críticos quedan por encima del promedio nacional: pobreza monetaria extrema (12 % vs. 11,4 %), bajo logro educativo (47,7 % vs. 39,4 %), barreras al acceso de salud (2,3 % vs. 1,8 %) y desempleo de larga duración (15,7 % vs. 13,8 %), así como informalidad laboral (77,5 % vs. 71,4 %).

En protección social, Boyacá fue el 6.º departamento con menor inseguridad alimentaria moderada o grave (18,6 %), frente al promedio nacional del 25,5 %; y el 4.º con menor inseguridad grave (2,3 % vs. 5,0 %).

SOCIAL:

Salud y bienestar nutricional

En 2024, Boyacá fue el sexto departamento con menor inseguridad alimentaria moderada o grave, con un 18,6 % de prevalencia frente al promedio nacional del 25,5 %; y el cuarto lugar con menor inseguridad alimentaria grave, con solo un 2,3 % (vs. 5,0 %).

Entre 2024 y 2025, el Ministerio de Salud invirtió más de 300 mil millones de pesos para mejorar la infraestructura hospitalaria en municipios como Belén, Monguí, Paipa, Sogamoso y Tutazá.

Educación y alfabetización

El analfabetismo ha disminuido al 6,0 % en 2023, parte de una tendencia descendente (antes fue 10 % en 2018).

El porcentaje de población con bajo logro educativo también bajó a 47,7 % en 2023.

Boyacá destacó en 2023 como el mejor departamento en el pilar de Educación Básica y Media, especialmente en cobertura neta de educación secundaria, media y docentes con posgrado.

Privaciones sociales

En 2023, además del analfabetismo y bajo logro educativo, se registraron indicadores relevantes de privaciones:
Barreras de acceso a salud: 2,3 %
Desempleo de larga duración: 15,7 %
Trabajo infantil: 0,9 %

Trabajo informal: 77,5 %.
En el entorno rural o disperso, estas privaciones son más agudas, por ejemplo:
Analfabetismo: 10,1 % (vs. 3,6 % en cabeceras)
Acceso a agua mejorada: solo 82,8 % tienen acceso (versus 100 % en urbana)
Trabajo informal: 89,3 %

Pobreza, desigualdad y género

- El Índice de Pobreza Multidimensional (IPM) cayó de 9,9 % en 2023 al 6,9 % en 2024, convirtiendo a Boyacá en uno de los cinco departamentos con menor pobreza.
- La brecha entre zonas urbanas (7,8 %) y rurales (24,3 %) sigue siendo muy alta.
- La pobreza entre jefes de hogar mostró:
- Hombres: 6,0 %
- Mujeres: 8,0 % (brecha de 2 puntos, menor al promedio nacional).
- Comparativamente, Boyacá presenta mayores tasas de pobreza extrema (12 % vs. 11,4 %), bajo logro educativo, barreras en salud, desempleo de larga duración e informalidad, todos por encima del promedio colombiano.

Infraestructura, servicios básicos y condiciones de vida.

Cobertura en 2023:

- Electricidad: 97,65 %
- Acueducto: 59,29 %
- Alcantarillado: 30,69 % — marcadas brechas entre urbano y rural.

Calidad del agua consumida: El Índice de Riesgo para el Consumo Humano (IRCA) fue de 26,74 %, clasificando como riesgo medio; solo 26 % de municipios tienen riesgo bajo o nulo.

Salud materno-perinatal:

Cobertura de parto institucional: 98,97 %

Partos atendidos por personal calificado: 99,17 %.

Vacunación: Coberturas para DPT y polio alcanzaron 95,6 %, aunque otras como triple viral y BCG siguen por debajo de metas.

Existencia de violencia intrafamiliar y conflictos persistentes en zonas como Gutiérrez, La Libertad y otras, impacto que requiere intervención multisectorial.

Discapacidad: 11.463 personas (0,87 % de la población) viven con alguna discapacidad; la más común es la física, seguida de intelectual y psicosocial. Se requieren acciones preventivas ambientales y en seguridad vial, entre otros.

4. EVALUACIÓN AMBIENTAL

DIRECCION: CL 109 14B -60 OF 204 BR CHICO NORTE, BOGOTÁ
E-MAIL: consorciopebji@gmail.com
TELEFONO: 3102778858
Bogotá, Distrito Capital

4.1. IDENTIFICACIÓN Y CLASIFICACIÓN DE IMPACTOS AMBIENTALES

A continuación, se encuentra la identificación y clasificación de los impactos ambientales al momento de realizar las actividades de la obra, con el objetivo de desempeñar programas que **PREVENGAN, CONTROLEN, MITIGUEN Y COMPENSEN** dichos impactos.

4.1.1. IDENTIFICACIÓN DE IMPACTOS

La metodología utilizada para la realización de este PAGA consistió en trabajo de campo y de oficina. el trabajo de campo consistió en identificar las condiciones actuales de la vía, el tipo de obras a ejecutar, las zonas de disposición de residuos de construcción y demolición y la fuente de materiales.

El trabajo de oficina consistió en la organización y análisis de la información primaria y secundaria recopilada durante los trabajos de campo, para luego proceder a la identificación de impactos ambientales y los lineamientos de la guía del INVIAS que contempla la interacción de los componentes del medio ambiente con cada una de las actividades de la obra. Con base en los impactos ambientales identificados, se procedió a la formulación de los programas ambientales a implementase en el plan de gestión integral de obra.

4.1.2. IMPACTOS A EVALUAR

En la **tabla 7,** se presenta los impactos de posible generación en este proyecto, tomados como referencia de la Guía Ambiental de INVIAS, 2011.

Tabla 7. Impactos ambientales de posible generación en el proyecto

ELEMENTO AMBIENTAL	IMPACTO AMBIENTAL	DESCRIPCIÓN DEL IMPACTO
AGUA SUPERFICIAL	Cambios en la calidad del agua superficial	Se refiere a las alteraciones en los parámetros fisicoquímicos y biológicos del agua superficial, que hace que sus propiedades cambien total o parcialmente.
	Alteración en la capacidad de transporte del agua	Se refiere a la acumulación de sedimentos en el cauce que no

ELEMENTO AMBIENTAL	IMPACTO AMBIENTAL	DESCRIPCIÓN DEL IMPACTO
		permite que el agua fluya normalmente
	Alteración del cauce	Se refiere a los cambios que sufre la morfología del cauce debido a la extracción de materiales u otras actividades dentro de los cuerpos de agua.
AGUA SUBTERRÁNEA	Alteración del nivel freático	Se refiere a las fluctuaciones que puede tener los niveles de agua.
	Alteración capacidad de acuíferos	Este impacto se refiere a los cambios que puede sufrir el volumen de agua del acuífero.
	Cambios en la calidad de agua del acuífero	Alteraciones en la calidad fisicoquímica y biológica del agua subterránea.
	Alteración en zonas de recarga hídrica	Se refiere a los daños que pueden sufrir las áreas de nacimiento de cuerpos de agua.
GEOMORFOLÓGICO	Alteración de la morfología	Se refiere a los cambios en la forma del terreno. Esto ocurre cuando se realicen cortes al terreno para la conformación de la vía.
	Activación o generación de procesos erosivos o de generación en masa	Se refiere a las inestabilidades en los terrenos, debido a deslizamientos, erosión, flujo hídrico, etc.
ATMOSFÉRICO	Cambios en la calidad del aire	Se refiere al aumento o disminución de las concentraciones de compuestos como el CO, SO2, NO2 y material particulado, presentes en la atmósfera. Se mide de acuerdo con los valores permisibles en la norma o con el valor de referencia según la línea base.
	Cambios en los niveles de ruido	Se refiere al aumento o disminución de los decibeles de acuerdo con el valor de referencia –línea base o norma–. Se considera como ruido todo sonido con una intensidad alta que puede afectar la salud de las personas.

ELEMENTO AMBIENTAL	IMPACTO AMBIENTAL	DESCRIPCIÓN DEL IMPACTO
SUELO	Pérdida o ganancia de suelo	Se refiere al volumen de suelo que se extraiga o que se adicione en un determinado sitio por las actividades del proyecto.
	Cambios en la calidad de los suelos.	Se presenta contaminación de suelos, cuando hay incorporación al suelo de materias extrañas, como basura, desechos tóxicos, productos químicos, y desechos industriales, lo cual produce un desequilibrio físico, químico y biológico que afecta negativamente las plantas, animales y humanos.
	Alteración del uso actual	Cambios en el uso del suelo permitido en el POT, EOT o PBOT.
BIÓTICO	Afectación áreas ambientalmente sensibles	Referido a cambios o afectaciones de áreas definidas por la ley como de importancia ambiental o que cumplen una función ambiental.
	Cambios en la cobertura vegetal	Modificación en áreas, de los diferentes tipos de vegetación.
	Alteración de hábitat	Se refiere al daño o perturbación al hábitat natural de la fauna presente.
	Desplazamiento de poblaciones faunísticas	Se refiere al desplazamiento forzado de algunas especies propias de una zona cuando su hábitat es alterado.
	Incremento de demanda de recursos naturales	Necesidad del consumo de recursos naturales
PAISAJE	Alteración de los valores escénicos de una unidad de paisaje	Cambios en la visibilidad, calidad visual e intervención antrópica que afectan el valor escénico.
SOCIOECONÓMICO Y CULTURAL.	Generación de desplazamiento poblacional y productivo.	Hace referencia al traslado involuntario de las Unidades Sociales localizadas en las áreas requeridas para el desarrollo del proyecto; genera impactos en los hogares y actividades económicas.

ELEMENTO AMBIENTAL	IMPACTO AMBIENTAL	DESCRIPCIÓN DEL IMPACTO
	Daños a la infraestructura de predios.	Afectación a la infraestructura de las construcciones que se encuentran en vecindad a la obra ya sea de carácter privado o público como instituciones de servicios públicos, de servicios sociales o escenarios recreativos entre otras.
	Afectación a la infraestructura de los Servicios públicos.	Se refiere a los daños a las redes de servicios públicos de acueducto, energía porque las redes se encuentran en vecindad a la obra. Forma parte de este impacto el daño a mangueras que Particularmente la comunidad tiene para la conducción del agua desde sus fuentes hasta las viviendas en las áreas rurales de los municipios.
	Afectación a la infraestructura vial.	Se refiere a los daños que se pueden generar sobre los pavimentos, por la operación de la maquinaria y equipos; por la realización de las actividades constructivas sobre ellas y por el desvío de tráfico pesado sobre vías que no tienen la capacidad para dicho tráfico.
	Alteración a la dinámica de las instituciones	Se refiere a los cambios en la dinámica que presentan cotidianamente las instituciones que se encuentran en vecindad al frente de obra, tales como establecimientos educativos, hospitales, instituciones prestadoras de servicios e instituciones que diariamente atienden a gran cantidad de usuarios. Especial atención debe darse a los establecimientos educativos y de salud.
	Afectación a las actividades económicas	Se refiere a los cambios que pueden presentarse en la actividad económica por las actividades de obra, tales como el daño a las mercancías, el desmejoramiento

ELEMENTO AMBIENTAL	IMPACTO AMBIENTAL	DESCRIPCIÓN DEL IMPACTO
		del servicio que presta y la disminución de ingresos.
	Afectación a la movilidad peatonal y vehicular	Hace referencia a la obstaculización temporal de la vía, al impedimento para el acceso al servicio de transporte público, a la movilidad peatonal, a la disminución del área de rodamiento mientras se realizan las obras, entre otros, alterando la dinámica propia de los usuarios del corredor vial.
	Generación de accidentes	Es la probabilidad de ocurrencia de un accidente, derivada de la curiosidad en niños y adultos; puede presentarse entre los habitantes intromisión clandestina al área de la obra y en general el mismo cambio en la movilidad y por la falta de precaución. Este impacto puede generar conflictos con las comunidades.
	Afectación al acceso a los predios	Hace referencia al impedimento para el acceso a los predios, afectando el ingreso y salida a garajes, de las mercancías y clientes de las actividades económicas, a los insumos que se requieren para los cultivos, a los vehículos y maquinaria en períodos de siembra y cosecha, al ingreso de estudiantes a los establecimientos educativos, al ingreso de los usuarios de las instituciones del AID, entre otros.
	Incremento en la demanda de bienes y servicios	Este impacto se identifica como la demanda de servicios públicos y privados, además de bienes y servicios requeridos por personal vinculado a la obra que no es residente habitual en el AID.
	Generación de empleo	Se refiere a la demanda del proyecto de mano de obra del Área de Influencia del proyecto. Este

ELEMENTO AMBIENTAL	IMPACTO AMBIENTAL	DESCRIPCIÓN DEL IMPACTO
		impacto es positivo para el proyecto.
	Afectación del patrimonio arqueológico y cultural	Afectación que podría presentarse en bienes que son y que pueden llegar a ser patrimonio arqueológico, cultural o histórico de la Nación.
	Generación de conflictos con la comunidad	Todos los impactos que pueda generar la obra son susceptibles de terminar en conflictos con las comunidades por falta de información veraz y oportuna, por la deficiente aplicación de las medidas del Plan de Manejo Ambiental, por el incumplimiento de los acuerdos pactados en procesos de concertación, entre otros.
	Afectación a la salud de trabajadores	Afectación por exposiciones al ruido, emisiones, malos olores y riesgos de accidente por sus actividades.

Fuente: Ministerio de Transporte – INVIAS. Guía de Manejo Ambiental para obras de infraestructura Sector Vial, Bogotá, abril de 2011

Determinados estos impactos se correlacionarán con las actividades del proyecto para identificar los más relevantes y de mayor atención para los cuales se desarrollarán las medidas dirigidas a la prevención, control, mitigación, protección, recuperación o compensación de los impactos que se generen durante las actividades de ejecución del proyecto, se presentan dentro de una serie de componentes y programas que conforman. *Ver tabla 8.*

Tabla 8. Factores ambientales

SISTEMA	SUBSISTEMA	COMPONENTE AMBIENTAL	FACTORES AMBIENTALES AFECTADOS
MEDIO FÍSICO	MEDIO INERTE	AIRE	Calidad de aire
			Niveles de ruido
		AGUA	Calidad de agua
		SUELO	Calidad de suelo

SISTEMA	SUBSISTEMA	COMPONENTE AMBIENTAL	FACTORES AMBIENTALES AFECTADOS
	MEDIO BIÓTICO	FLORA	Estabilidad
			Zonas verdes
	MEDIO PERCEPTUAL	PAISAJE	Visuales paisajísticas
MEDIO SOCIO ECONÓMICO Y CULTURAL	MEDIO NÚCLEOS URBANOS	PREDIOS	Tipo de tenencia
	MEDIO SOCIOCULTURAL	SERVICIOS	Tiempos y costos de desplazamiento
			Servicios públicos
		HUMANOS	Relaciones sociales
			Relaciones interinstitucionales
			Accidentalidad
			Riesgo y seguridad
	MEDIO ECONÓMICO	ECONOMÍA	Oferta laboral
			Sector productivo

Fuente: Elaboración propia

A partir de la información y caracterización realizada en la descripción del proyecto y del área de su ejecución, los sistemas y componentes ambientales, se describen los factores susceptibles de ser impactados.

A continuación, se realiza una descripción de cada uno de ellos.

- **Calidad Aire - Impacto:** Aumento de las Emisiones Atmosféricas y del Material Particulado.

Se refiere a las concentraciones de partículas suspendidas, NOx, SOx, CO presentes en el área del proyecto y que pueden producir riesgo, daño o molestias a las personas; durante la instalación o durante la operación.

- **Niveles de Ruido - Impacto:** Aumento Niveles de Ruido.

Son los niveles de presión acústica (L) medidos en unidades de decibeles (dB), que se encuentran representados a través de (Leq), (Lmín), (Lmáx), su mayor efecto puede ser causado sobre zonas sensibles, que se pueden controlar implementando las medidas de manejo ambiental. Se considera relevante en las áreas de intervención de la obra tanto para los trabajadores, como para la comunidad.

- **Calidad del Agua - Impacto:** Alteración de la Calidad del Agua.

Comprende las alteraciones en la calidad físico – química de las corrientes de agua por sustancias tóxicas, sedimentos, sólidos, aguas residuales generadas por alguna de las actividades del proyecto.

- **Calidad del Suelo - Impacto:** Alteración de la Calidad del Suelo.

Se refiere a las posibles modificaciones de las propiedades químicas del suelo, como pH, Capacidad de Intercambio Catiónico, salinidad, contenido de nutrientes y materia orgánica o a la reducción de las posibilidades para la vida en el suelo a causa de residuos de construcción (cemento, hierro, resinas, etc.) lubricantes, combustibles. Igualmente se considera un impacto relativamente Bajo, teniendo en cuenta que existen acciones y mecanismo para su prevención y control.

- **Estabilidad - Impacto:** Alteración de la Estabilidad del Suelo.

Se refiere a las posibles afectaciones al suelo. Se consideran los impactos o efectos de importancia ambiental alta.

- **Arborización - Impacto:** Intervención de Áreas Arborizadas

Se refiere a la oferta de árboles existentes en las áreas de intervención y su área de influencia, las cuales sufren alteración, debido a que, si se requiere realizar ningún tipo de tratamiento silvicultural, se preservarán las especies arbóreas existentes en el sector.

- **Visuales Paisajísticas - Impacto:** Alteración de Visuales Paisajísticas.

Es la contemplación del conjunto de componentes paisajísticos, en este caso se refiere a arborización, zonas verdes y usos del suelo en función de la cercanía a núcleos urbanos, población potencial de observadores, accesibilidad a los puntos de observación y de comunicación. Una vez terminada las actividades de obra se espera que el efecto sobre esta variable sea positivo, mejorando la visual paisajística.

- **Relaciones Sociales - Impacto:** Ausencia o Presencia de Conflictos con la Población.

Valora la respuesta de la población del área de influencia directa e indirecta la cual podrá manifestarse de manera favorable – ausencia de conflictos - desfavorable – presencia de conflictos – o ser indiferente al proyecto. Se plantea que con la adecuada implementación de las recomendaciones planteadas en cada uno de los programas se deben prevenir, reducir o mitigar estos conflictos.

- **Relaciones Interinstitucionales - Impacto:** Ausencia o Presencia de Conflictos con las Instituciones.

Se refiere a la comunicación mantenida con las Instituciones relacionadas con el desarrollo del proyecto; así como a las relaciones que se establezcan con las entidades y sus actividades y que en la etapa de construcción se pueden valorar mediante el número de incidentes, problemas o dificultades registradas en un periodo de tiempo dado. Una adecuada concertación debe generar, seguramente, menores conflictos y contratiempos.

- **Accidentalidad - Impacto:** Incremento o Disminución de los Niveles de Accidentalidad.

Está dada por el número de accidentes e incidentes (de diversos tipos) que ocurran durante el periodo de la instalación y ejecución de la obra. Se busca establecer la efectividad de las medidas planteadas en el presente documento.

- **Riesgo y Seguridad - Impacto:** Exposición de Factores de Riesgo.

Está referida a las estadísticas de accidentalidad e incidentalidad laboral que está directamente relacionada con actividades como capacitación, entrenamiento,

asesoría y seguimiento al personal al igual que la disposición de estrategias planteadas en planes de seguridad industrial, planes de emergencias y otros similares. Las estadísticas que usualmente se disponen son la base para establecer el comportamiento de esta variable, bien sobre la base de ausencia de estos eventos.

- **Oferta Laboral Obra - Impacto:** Alteración de los Niveles de Empleo y Desempleo.

Con este factor se pretende evaluar la demanda laboral de la región y sus efectos sobre la oferta de mano de obra de la localidad. Se pretende que con la medida planteada en la etapa de adecuación se puedan construir las estadísticas que permitan evaluar el impacto.

4.1.3. IDENTIFICACIÓN DE LAS RELACIONES CAUSA – EFECTO ENTRE ACCIONES DEL PROYECTO Y FACTORES DEL MEDIO

Para el caso de la identificación de impactos, se propone efectuar un análisis matricial sencillo para establecer cuales relaciones Proyecto-Ambiente son realmente las más importantes para los diversos escenarios y sectores los cuales se profundizarán en las siguientes etapas de la evaluación ambiental.

La matriz de identificación (Matriz adjunta) considera por una parte (en las columnas) las actividades más relevantes del proyecto que por sus características y condiciones son las más impactantes. En las filas de la matriz se colocan los sistemas, subsistemas y factores ambientales más susceptibles de ser afectados en la ejecución del proyecto organizadas para el medio físico y socioeconómico y cultural y los componentes aire, agua, suelo, flora, paisaje, predios, servicios, humanos, economía.

Los resultados de la identificación de impactos se incluyen en las tablas correspondientes y ellas mismas serán la base de las restantes actividades de la evaluación ambiental.

4.1.4. VALORACIÓN CUALITATIVA DEL IMPACTO AMBIENTAL

De acuerdo con la propuesta metodológica de Conesa (2000) la cualificación de impactos se puede efectuar a través de la denominada Importancia de Impactos (II) o matriz de importancia que permite tener claridad sobre la situación de cada

impacto, en los sectores y escenarios considerados, pero sobre todo utilizar los resultados finales para efectuar la comparación entre escenarios buscando establecer la eficacia de las medidas consideradas o plantear nuevas opciones de manejo y control ambiental con el propósito de darle viabilidad a la mejor alternativa del proyecto.

Estas matrices así desarrolladas identifican, previenen y comunican los efectos sobre el ambiente. Los diversos elementos constitutivos de la matriz de importancia permiten valorar los impactos ambientales, cuyos criterios de calificación que se pueden tener en cuenta son: naturaleza, intensidad, extensión, momento, persistencia, reversibilidad, sinergia, acumulación, efecto, periodicidad y recuperabilidad (Conesa, 2000).

Los criterios o parámetros por evaluar se indican en la *Tabla 9.* donde se hace una descripción según Conesa (2000) del alcance de estos.

Tabla 9. Criterios para la elaboración de la matriz de importancia

CRITERIO	SÍMBOLO	DESCRIPCIÓN
NATURALEZA	N	La naturaleza de los impactos se puede definir como (+) positivo o (-) negativo, todo esto según sea considerado el criterio evaluado.
INTENSIDAD	I	Grado de incidencia de la acción sobre el factor, en el ámbito específico en que actúa. Estará comprendido entre 1 y 12, en el que 12 expresará una destrucción total del elemento o proceso del ambiente en el área en la que se produce el efecto, y 1 una afección mínima. Los valores comprendidos entre esos dos términos reflejarán situaciones intermedias.
EXTENSIÓN	EX	Se refiere al área de influencia del impacto en relación con el entorno del proyecto. Si la acción produce un efecto muy localizado a menos de 50 m del área de trabajo se considerará que el impacto tiene un carácter puntual (1). Si, por el contrario, el efecto no admite una ubicación precisa dentro del entorno del proyecto, teniendo una influencia generalizada en todo él, el impacto será total (8); se consideran también las situaciones intermedias, según su graduación, como impactos parciales cuando alcanza una extensión entre 50 a 200 m del área de trabajo (2) y extenso cuando se encuentra entre 200 y 500 m del área de trabajo (4).

CRITERIO	SÍMBOLO	DESCRIPCIÓN
MOMENTO	MO	El plazo de manifestación del impacto alude al tiempo que transcurre entre la aparición de la acción (to) y el comienzo del efecto (tj) sobre el factor del medio considerado. Cuando el tiempo transcurrido sea nulo, el momento será Inmediato, y si es inferior a un año Corto plazo, asignándole en ambos casos un valor de (4). Si es un período de tiempo que va de 1 a 5 años, Medio plazo (2), y si el efecto tarda en manifestarse más de cinco años, Largo plazo, con valor asignado (1). Si ocurriese una circunstancia que hiciese crítico el momento del impacto, cabría atribuirle un valor de una o cuatro unidades por encima de las especificadas.
PERSISTENCIA	PE	Se refiere al tiempo que supuestamente, permanecería el efecto desde su aparición y, a partir del cual el factor afectado retornaría a las condiciones iniciales previas a la acción por medios naturales, o mediante la introducción de medidas correctoras. Si la permanencia del efecto tiene lugar durante menos de un año, consideramos que la acción produce un efecto fugaz asignándole un valor de (1). Si dura entre 1 y 10 años temporal (2); y si el efecto tiene una duración superior a los 10 años, consideramos el efecto permanente asignándole un valor de (4).
REVERSIBILIDAD	RV	Se refiere a la posibilidad de reconstrucción del factor afectado por el proyecto, es decir, la posibilidad de retornar a las condiciones iniciales previas a la acción, por medios naturales, una vez aquella deja de actuar sobre el medio. Si es a corto plazo se le asigna un valor de (1), si es a medio plazo (2), y si el efecto es irreversible se le asigna un valor de (4). Los intervalos de tiempo que comprende estos períodos son los mismos asignados en el parámetro anterior.
SINERGIA	SI	Este atributo contempla el reforzamiento de dos o más efectos simples. La componente total de la manifestación de los efectos simples, provocados por acciones que actúan simultáneamente, es superior a la que cabría de esperar de la manifestación de efectos cuando las acciones que las provocan actúan de manera independiente no simultánea.
ACUMULACIÓN	AC	Es el incremento progresivo de la manifestación del efecto cuando persiste de forma continuada o reiterada la acción que lo genera. Cuando una acción no produce efectos acumulativos (acumulación simple), el efecto se valora como (1) si el efecto producido es acumulativo se incrementa a (4).
EFECTO	EF	Este atributo se refiere a la relación causa – efecto, es decir a la forma de manifestación del efecto sobre elementos o procesos del ambiente, como consecuencia de una acción. El efecto puede ser directo o primario (4), siendo en este caso la repercusión de la acción consecuencia directa de ésta. En el caso que el efecto sea indirecto o secundario (1), su manifestación no es consecuencia directa de la acción, sino que tiene lugar a partir de un efecto primario, actuando éste como una acción de segundo orden.

CRITERIO	SÍMBOLO	DESCRIPCIÓN
PERIODICIDAD	PR	Se refiere a la recurrencia del efecto, bien sea de manera cíclica o recurrente (efecto periódico), de forma impredecible en el tiempo (efecto irregular), o constante en el tiempo (efecto continuo). A los efectos continuos se les asigna un valor 4, a los periódicos 2 y a los de aparición irregular o discontinuos, 1.
RECUPERABILIDAD	MC	Se refiere a la posibilidad de reconstrucción total o parcial del elemento o proceso del ambiente afectado por el proyecto, es decir, la posibilidad de retornar a las condiciones iniciales por medio de la introducción de medidas correctoras. Si el efecto es totalmente recuperable, se asigna un valor de 1 o 2 según sea de manera inmediata o a mediano plazo; si es parcialmente, el efecto es mitigable y toma un valor de 4. Cuando es irrecuperable, alteración imposible de reparar por acción natural, pero con la posibilidad de introducir medidas compensatorias, el valor será 4.

Fuente: Guía metodológica para la evaluación del impacto ambiental- Conesa Fernández

Las escalas de valoración que se asignan a estos criterios para efectos de la calificación de la Importancia Ambiental dentro del proceso de evaluación fueron tomadas de la metodología de Conesa, las cuales se indican en la *tabla 10.*

Tabla 10. Escala de valoración

NATURALEZA		INTENSIDAD (I)	GRADO DE INCIDENCIA
		Baja	1
Impacto beneficioso	+	Media	2
Impacto perjudicial	-	Alta	4
		Muy alta	8
		Total	12
EXTENSIÓN (EX)	**ÁREA INFLUENCIA**	**MOMENTO (MO)**	**PLAZO DE MANIFESTACIÓN**
Puntual	1	Largo plazo	1
Parcial	2	Medio plazo	2
Extenso	4	Inmediato	4
Total	8	Crítico	(+4)
Crítica	(+4)		

PERSISTENCIA (PE)	PERMANENCIA DE EFECTO	REVERSIBILIDAD (RV)	CARÁCTER
Fugaz	1	Corto plazo	1
Temporal	2	Medio plazo	2
Permanente	4	Irreversible	4
SINERGIA (SI)	**PERMANENCIA DE EFECTO**	**ACUMULACIÓN (AC)**	**CARÁCTER**
Sin sinergismo	1	Simple	
Sinérgico	2	Acumulativo	1
Muy sinérgico	4		4
EFECTO (EF)	**Relación Causa/Efecto**	**PERIODICIDAD (PR)**	**Área de influencia**
Indirecto (Secundario)	1	Periódico	1
Directo	4	Continuo	2
RECUPERABILIDAD (MC)	**Relación Causa/Efecto**	**IMPORTANCIA (I)**	
Recuperable inmediatamente	1	**I = (3I + 2EX + MO + PE + RV + SI + AC + EF + PR +MC)**	
Recuperable a mediado plazo	2		
Mitigable	4		
Irrecuperable	8		

Fuente: Guía metodológica para la evaluación del impacto ambiental- Conesa Fernández

La importancia de los impactos identificados para cada escenario se establece a partir de la ecuación propuesta por Conesa (2000) como es la siguiente:

$$I = (3I + 2EX + MO + PE + RV + SI + AC + EF + PR + MC)$$

La importancia del Impacto (I) según la ecuación planteada, toma valores entre 13 y 100. Presenta valores intermedios (entre 40 y 60) cuando se da alguna de las siguientes circunstancias:

- Intensidad total, y afección mínima de los restantes símbolos.
- Intensidad muy alta o alta, y afección alta o muy alta de los restantes símbolos.

- Intensidad alta, efecto irrecuperable y afección muy alta de alguno de los restantes símbolos.
- Intensidad media o baja, efecto irrecuperable y afección muy alta de al menos dos de los restantes símbolos.

Los impactos con valores de importancia inferiores a 25 son irrelevantes o compatibles. Los impactos moderados presentan una importancia entre 25 y 50. Serán severos cuando la importancia se encuentre entre 50 y 75 y críticos cuando el valor sea superior a 75. *Ver tabla 11.*

Tabla 11. Significancia del impacto

VALOR DE II	SIGNIFICADO DEL IMPACTO
<25	Irrelevantes o compatibles
25 – 50	Moderados
51 – 75	Severos
>75	Críticos

Fuente: Guía metodológica para la evaluación del impacto ambiental- Conesa Fernández

Para efectos del desarrollo de la valoración de las acciones impactantes frente a los factores ambientales implicados (Importancia del Impacto) para los diversos sectores y escenarios se procede a utilizar los formatos de matrices indicados en el anexo.

Con los resultados de las diversas importancias ambientales (I) asignadas para cada relación (acciones del proyecto con factores ambientales) se pueden establecer también las importancias ambientales absolutas de las diversas acciones del proyecto y de los factores ambientales que permiten comparaciones entre sí. Es decir, al comparar dos tipos de impactos distintos generados por las actividades del proyecto, la suma algebraica de sus valores absolutos puede indicar cuál de ellos tendría mayores efectos sobre los factores ambientales que se ratifica o complementa con los valores de las importancias ambientales que indican particularmente los efectos sobre elementos o procesos individuales.

La Importancia Ambiental Relativa está dada por el cociente entre el valor obtenido de la importancia (I) y (100 valor porcentual) que es la máxima puntuación asignada a un impacto donde a mayor valor encontrado para la importancia relativa del impacto es más crítico o desfavorable y, por ende, la situación particular de dicha

afectación en el proyecto resulta inaceptable y se tendrá que efectuar una acción o modificación para reversar tal condición desfavorable y consecuentemente a menor valor la situación tiene alta favorabilidad y viabilidad ambiental. Los resultados obtenidos para la Importancia Ambiental Absoluta se presentan en las matrices respectivas.

Para obtener el valor de la Importancia Ambiental absoluta se hace la suma ponderada de cada fila que corresponde a los elementos ambientales considerados con lo cual se puede establecer cuáles son los que tienen las mayores incidencias, cambios o alteraciones y del mismo modo, la suma ponderada de cada columna indicaría aquellas actividades que poseen la mayor capacidad de afectación o agresividad sobre el ambiente.

Identificados, evaluados, valorados y cuantificados los principales aspectos del proyecto que son los generadores de los impactos más importantes, se definen los componentes y/o procesos ambientales (de los medios físicos y socioeconómico y cultural) que pueden resultar afectados, los cuales se seleccionaron basados en la información de las características y la zonificación ambiental del área de influencia bajo estudio.

4.2. MATRIZ DE IDENTIFICACIÓN Y EVALUACIÓN DE IMPACTOS AMBIENTAL

Los impactos ambientales se califican de manera cualitativa mediante la metodología **CONESA – HERNÁNDEZ** que es el método analítico, por el cual, se le puede asignar la importancia (I) a cada impacto ambiental posible de la ejecución de un Proyecto en todas y cada una de sus etapas. **Ver ANEXO 2. MATRIZ DE IMPACTO AMBIENTAL.**

4.2.1. DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS

La evaluación ambiental permitió identificar la magnitud de los posibles impactos que se pueden manifestar en el desarrollo de la obra, esto contemplado en las diferentes etapas y actividades desde la actividades preliminares, en ejecución, desmantelamiento y abandono; se obtuvieron la relación de **CIENTO TRES (103)** aspectos ambientales que dieron como resultado impactos de tipo irrelevante, moderado y positivos, con los cuales se formularan los programas ambientales, atendiendo a las necesidades identificadas. Presentado en la *tabla 12.*

Tabla 12. Impactos identificados

TIPO	CANTIDAD
Impacto irrelevante	**37**
Impacto moderado	**63**
Impacto severo	**0**
Impacto crítico o bandera roja	**0**
Impactos positivos	**3**
TOTAL, DE IMPACTOS IDENTIFICADOS	103

Fuente: Matriz CONESA

Los impactos más relevantes identificados mediante la **METODOLOGÍA DE CONESA** fueron los siguientes:

- Cambios en la calidad del aire
- Perdida o ganancia de suelo
- Alteración del cauce
- Generación de expectativas y conflictos con la comunidad
- Generación de accidentes
- Cambios en el nivel de ruido
- Alteración de la morfología
- Activación o generación de procesos erosivos o de remoción en masa
- Cambios en la calidad de agua superficial
- Alteración de los valores escénicos de una unidad de paisaje
- Afectación de la salud de los trabajadores

Las actividades constructivas ejecutadas para el desarrollo del proyecto del **PUENTE PUEBLITO BOYACENSE,** entre las que se incluyen excavaciones mecánicas en roca bajo agua, demolición de estructuras existentes, limpieza y reconformación de cauces, conformación y compactación de la subrasante, construcción de obras en concreto, instalación de gaviones, filtros, geotextiles, cunetas y tuberías, así como el cargue y transporte de materiales, generan una serie de impactos ambientales y sociales propios de este tipo de intervenciones en infraestructura vial. Estas acciones implican una transformación directa del entorno físico, tanto en el área de la obra como en su zona de influencia.

Durante la fase constructiva se presentan **CAMBIOS TEMPORALES EN LA CALIDAD DEL AIRE,** asociados principalmente a la generación de material particulado por las excavaciones, demoliciones, rocería y movimiento de tierras, así como a las emisiones de gases producidas por la operación de maquinaria pesada y vehículos de transporte. De manera paralela, se evidencian **INCREMENTOS EN LOS NIVELES DE RUIDO Y VIBRACIONES,** derivados de actividades como la compactación, el uso de equipos mecánicos y la manipulación de materiales, lo cual puede afectar tanto a los trabajadores como a la población cercana.

En el componente físico, las obras de nivelación, conformación del terreno, construcción de cunetas, muros y estructuras de contención generan una alteración de la morfología del terreno, modificando las formas naturales del relieve y las condiciones originales del sitio. Asimismo, las excavaciones, la remoción de cobertura vegetal y la intervención en taludes pueden propiciar procesos erosivos o de remoción en masa, especialmente en épocas de lluvia, si no se implementan adecuadamente las medidas de estabilización y control de aguas superficiales.

Las intervenciones en cuerpos de agua, como **LA LIMPIEZA DE RÍOS, LA RECTIFICACIÓN DE DESCOLES, LAS EXCAVACIONES BAJO AGUA Y LA INSTALACIÓN DE ENROCADOS PARA PROTECCIÓN DE ESTRUCTURAS,** ocasionan una alteración temporal del cauce y de su dinámica hidráulica. Estas actividades pueden incidir también en la calidad del agua superficial, principalmente por el aumento de la turbidez y la movilización de sedimentos, lo que representa un impacto transitorio sobre los ecosistemas acuáticos y los usos del recurso hídrico aguas abajo.

Desde el punto de vista paisajístico, la presencia de maquinaria, frentes de obra, áreas intervenidas y nuevas estructuras como gaviones, muros y cunetas produce una **MODIFICACIÓN EN LOS VALORES ESCÉNICOS DEL ENTORNO,** alterando la percepción visual del paisaje durante la etapa de construcción. Aunque estos cambios son en gran parte temporales, constituyen un impacto relevante para la comunidad y los usuarios habituales de la vía.

En el ámbito social, la ejecución del proyecto genera expectativas positivas relacionadas con la mejora de la infraestructura y la conectividad; sin embargo, también puede dar lugar a conflictos o inconformidades derivados de afectaciones temporales como cierres parciales, aumento del tráfico pesado, ruido, polvo y cambios en la dinámica cotidiana del sector. Estos aspectos hacen necesaria una adecuada gestión social y una comunicación permanente con la comunidad para prevenir tensiones y fortalecer la aceptación del proyecto.

Finalmente, las condiciones propias de las actividades constructivas implican riesgos para la **SEGURIDAD Y LA SALUD DE LOS TRABAJADORES,** debido a la exposición a ruido, polvo, vibraciones, manipulación de cargas, trabajos en excavaciones profundas y operación de maquinaria pesada. De igual manera, se incrementa el riesgo de accidentes laborales y viales, tanto para el personal de obra como para los usuarios de la vía, lo que exige la implementación rigurosa de **MEDIDAS DE SEGURIDAD INDUSTRIAL, SEÑALIZACIÓN PREVENTIVA Y PLANES DE MANEJO DE TRÁNSITO.**

5.MEDIDAS DE MANEJO AMBIENTAL

DIRECCION: CL 109 14B -60 OF 204 BR CHICO NORTE, BOGOTÁ
E-MAIL: consorciopebji@gmail.com
TELEFONO: 3102778858
Bogotá, Distrito Capital

5.1. FICHAS DE MANEJO AMBIENTAL

El presente capítulo desarrolla las medidas de manejo ambiental, necesarias para **PREVENIR, MITIGAR, CONTROLAR, PROTEGER O COMPENSAR** los posibles impactos que se deriven de las actividades del proyecto.

Este plan se establece a partir del análisis efectuado en la evaluación ambiental, tomando como punto de partida la descripción técnica del proyecto y el reconocimiento de las características del área de influencia descritas en la Línea Base Ambiental.

El **PLAN DE ADAPTACIÓN DE LA GUÍA AMBIENTAL (PAGA)** tiene como objetivo brindar las herramientas necesarias para el buen manejo de los elementos constituyentes del medio físico, biótico y social, durante el desarrollo de las actividades definidas para el proyecto.

Tabla 13. Fichas de Manejo Ambiental

PROGRAMA		PROYECTO		CÓDIGO POR FICHA
No	**PROGRAMA**	**No**	**PROYECTO**	
1	**DESARROLLO Y APLICACIÓN DE LA GESTIÓN AMBIENTAL**	**1**	Conformación del Grupo de Gestión socio ambiental	DAGA-1.1
		2	Capacitación Ambiental al Personal de Obra	DAGA-1.2
		3	Cumplimiento de Requerimientos Legales	DAGA-1.3
2	**ACTIVIDADES CONSTRUCTIVAS**	**1**	Manejo Integral de Materiales de Construcción	PAC -2.1
		2	Señalización de Frentes de Obra y Sitios Temporales	PAC-2.2
		3	Manejo, transporte y disposición final de residuos sólidos convencionales, especiales y/o peligrosos	PAC 2.3
		4	Manejo y Disposición Final de Residuos de construcción y demolición y Lodos	PAC-2.4
3	**BIODIVERSIDAD**	**1**	Manejo del descapote y la cobertura vegetal	PAC-3.1
4	**GESTIÓN HÍDRICA**	**1**	Manejo de Residuos Líquidos Domésticos e Industriales	PGH-4.1

PROGRAMA		PROYECTO		CÓDIGO POR FICHA
No	**PROGRAMA**	**No**	**PROYECTO**	
		2	Prevención de la contaminación de cuerpos de agua	PGH-4.2
5	**MANEJO DE INSTALACIONES TEMPORALES, MAQUINARIA Y EQUIPOS**	**1**	Instalación, funcionamiento y desmantelamiento de campamentos y sitios de acopio temporal.	PMIT-5.1
		2	Manejo de emisiones atmosféricas y reducción del ruido	PMIT-5.2
		3	Manejo de Maquinaria, Equipos y Vehículos	PMIT-5.3
6	**GESTIÓN SOCIAL**	**1**	Atención a la comunidad	PGS-6.1
		2	Información y divulgación.	PGS-6.2
		3	Contratación de mano de obra.	PGS-6.3
		5	Proyecto para el manejo de infraestructura de predios y servicios públicos	PGS-6.5

Cada ficha contiene los siguientes aspectos:

- Nombre del Proyecto
- Objetivos
- Localización
- Tipo de medida recomendada
- Impactos a controlar
- Acciones a desarrollar
- Lugar de aplicación
- Cronograma de ejecución
- Responsable de la ejecución
- Indicadores de seguimiento y monitoreo

A continuación, se presentan las **FICHAS DEL PAGA** que son de estricto cumplimiento por el proyecto durante la ejecución de las obras.

PROGRAMA 1. DESARROLLO Y APLICACIÓN DE LA GESTIÓN AMBIENTAL

PROYECTO 1. CONFORMACIÓN DEL GRUPO AMBIENTAL Y SOCIAL	PGA-1.1

OBJETIVOS

- Definir las acciones a seguir para asegurar la ejecución y eficacia de los programas.
- Contar con el personal encargado del desarrollo del PAGA en la obra, para ello se requiere de un personal de apoyo en gestión Socioambiental.

META	INDICADORES DE CUMPLIMIENTO
• Ejecutar el 100% de los programas, proyectos o actividades ambientales que aplican según el PAGA, durante el periodo de Ejecución de las obras. • Cumplir con el 100% de las obligaciones previstas para cada trabajador y que apliquen en la obra.	• Número de Programas ejecutados / No Programas a ejecutar. • Número de Obligaciones cumplidas / No de Obligaciones a Cumplir
ACTIVIDADES QUE LO PRODUCEN	**IMPACTOS A MANEJAR**
• Etapa preliminar y de construcción de la obra. • Gestión de permisos y autorizaciones. • Desarrollo y ejecución del PAGA	• Requerimientos legales y ambientales. • Desconocimiento del personal sobre manejo ambiental en la obra.

TIPO DE MEDIDA A EJECUTAR

CONTROL	X	**PREVENCIÓN**	X	**MITIGACIÓN**	X	**CORRECCIÓN**	

DESCRIPCIÓN DE LAS ACCIONES A EJECUTAR

- Elaborar informes mensuales sobre la gestión ambiental y social.
- Realizar los presupuestos y las solicitudes de insumos propios para adelantar las labores de manejo ambiental.
- Brindar capacitación e inducción ambiental a los trabajadores.
- Responder los requerimientos de las Autoridades Ambientales y/o de la Interventoría o la supervisión.
- Gestionar los permisos y autorizaciones requeridas en el desarrollo del contrato.
- Revisar, actualizar, mantener y proponer los ajustes del PAGA de acuerdo con las necesidades que se presenten durante el transcurso de las obras.
- Ejecutar los programas de gestión social

- Representar al contratista de obra ante la comunidad en todo lo relacionado con el área Social.
- Responder a las quejas y reclamos de la comunidad dando la solución pertinente.
- Velar por el cumplimiento de la normatividad en higiene, seguridad industrial y salud ocupacional hacia el interior de la obra.
- Dirigir y brindar la capacitación e inducción en seguridad industrial a los trabajadores.
- Conformar el Comité paritario de Salud Ocupacional para la obra.
- Participar en los comités ambientales cuando lo requieran la Interventoría o la supervisión.
- Adelantar los informes y formatos propios del seguimiento.
- Verificar el estado y vencimiento de los equipos y medicamentos de los botiquines.
- Verificar que las diferentes maniobras que se realicen dentro de la obra cumplan con las medidas de seguridad.
- Hacer los reportes de accidentalidad.
- Desarrollar los programas establecidos en el PAGA, de acuerdo al cronograma aprobado.
- Colocar la señalización y demarcación de los frentes de obra que se requieren diariamente
- Verificar las condiciones de higiene de los diferentes elementos que se encuentran en la obra para el servicio de los trabajadores.

MOMENTO DE EJECUCIÓN	
Este programa se ejecutará a lo largo del proyecto.	
RESPONSABLES	**LUGAR DE APLICACIÓN**
El constructor encargado de la obra a través de su ingeniero Ambiental y director de Obra.	PUENTE PUEBLITO BOYACENSE

REGISTRO DE CUMPLIMIENTO

- Actas de comité socio ambiental
- Informes mensuales de gestión ambiental y social.
- Formatos control y seguimiento ambiental

SEGUIMIENTO Y CONTROL	
$(No.\ personal\ contratado)$ / $(No.\ personal\ contractual)$ * 100	Mensual

PROYECTO 2. CAPACITACIÓN Y CONCIENTIZACIÓN PARA EL PERSONAL DE OBRA.	PGA-1.2

OBJETIVOS

- Sensibilizar al personal vinculado al proyecto en el manejo ambiental.
- Concientizar a los trabajadores sobre la protección del medio ambiente en general, procurando también minimizar el impacto ambiental en todas las actividades del proyecto.
- Prevenir y/o minimizar los impactos sobre la salud de los trabajadores y del medio ambiente.

META	INDICADORES
• Realizar capacitaciones de refuerzo durante la ejecución de la obra • Realización del 100% de inducciones al personal que ingrese al proyecto	(Número de capacitaciones ejecutadas) / (Número de capacitaciones programadas.) *100 (Número de personas con inducción) / (Número de personas vinculas al proyecto.) * 100

IMPACTOS A CONTROLAR

- Contaminación de residuos sólidos ordinarios
- Afectación de la salud de los trabajadores
- Deterioro del paisajismo urbano
- Generación de conflictos con la comunidad

TIPO DE MEDIDA A EJECUTAR

CONTROL	X	PREVENCIÓN	X	MITIGACIÓN	X	CORRECCIÓN	

DESCRIPCIÓN DE LAS ACCIONES A EJECUTAR

Se ejecutarán capacitaciones de inducción en el momento del ingreso del personal a la Empresa para informar sobre las actividades de obra y los compromisos de protección ambiental, social y de seguridad social.
Diligenciar el formato de capacitación y adjuntarlo en los informes mensuales de gestión ambiental y gestión social.
Se realizará mensualmente capacitaciones al personal vinculado, en temas ambientales, salud ocupacional y de seguridad industrial.
Realizar capacitaciones de refuerzo en campo, dirigidas a mejorar las condiciones de las actividades de obra con los componentes medioambientales y sociales. De acuerdo con el cronograma de actividades de gestión socio ambiental y de seguridad industrial.

CAPACITACIONES:

Se realizará una reunión de inicio de obra al personal del área de influencia. Entre los temas a presentar están:

- Características del diseño, duración del contrato y grupo de profesionales.
- Presentación del PAGA
- Presentación del Programa de Gestión Social: haciendo énfasis en los impactos y en las medidas de manejo, particularmente las correspondientes al Programa de Gestión Social.
- Procedimiento para vinculación de mano de obra
- Procedimiento para el manejo de las manifestaciones ciudadanas.
- Procedimiento para el manejo del acceso a los predios.

MOMENTO DE EJECUCIÓN	
Este programa se ejecutará a lo largo de la ejecución del proyecto.	
RESPONSABLES	**LUGAR DE APLICACIÓN**
Profesional ambiental	PUENTE PUEBLITO BOYACENSE
REGISTRO DE CUMPLIMIENTO	
• Formatos de capacitación • Registro fotográfico.	
SEGUIMIENTO Y MONITOREO	
$(No.\ de\ capacitaciones\ ejecutados)$ / $(No.\ Capacitaciones\ programadas) * 100$ $(No.\ de\ personas\ con\ inducción\ ambiental)$ / $(No.\ Personas\ vinculadas\ al\ proyecto) * 100$	Mensual

PROYECTO 3: CUMPLIMIENTO DE REQUERIMIENTOS LEGALES	PGA-1.3

OBJETIVOS

Definir las acciones a seguir para identificar los permisos, autorizaciones, licencias y concesiones por uso e intervención de recursos naturales que requiere el proyecto de manera que se garantice el cumplimiento de las normas ambientales vigentes

META	INDICADORES DE CUMPLIMIENTO
- Las licencias ambientales de las canterasque suministran el material pétreo se encuentren al día. - Tramitar y obtener los permisos de ocupación de cauce	$(No.\ de\ proveedores\ materiales\ pétreos)$ / $(No.\ proveedores\ que\ cuentan\ con\ licencia\ ambiental) * 100$ $(No.\ de\ permisos\ obtenidos)$ / $(No.\ de\ permisos\ requeridos) * 100$

TIPO DE MEDIDA

CONTROL	X	**PREVENCIÓN**	X	**MITIGACIÓN**	X	**COMPENSATORIA**	X

IMPACTO A CONTROLAR

- Cambios en la calidad de aire y nivel de ruido
- Incremento en la demanda de recursos naturales
- Generación de Conflictos con la comunidad
- Afectación de la salud de los trabajadores.
- Cambios en la calidad del agua

ACCIONES A DESARROLLAR

Se verificará que el proyecto cumpla con todos los requerimientos legales aplicables. Durante la etapa preconstructiva, se adelantará la gestión necesaria para la definición y obtención de los permisos, concesiones, licencias o autorizaciones requeridas para la adecuada ejecución de las obras.

Para el desarrollo de las actividades constructivas se provee la instalación de micropilotes, por lo tanto, se hace necesario tramitar un **PERMISO DE OCUPACIÓN DE CAUCE, LECHOS Y PLAYAS,** ante CORPOBOYACÁ.

RESPONSABLE DE LA EJECUCIÓN	LUGAR DE APLICACIÓN
El constructor encargado de la obra a través de su ingeniero ambiental y director de Obra.	PUENTE PUEBLITO BOYACENSE

CRONOGRAMA DE EJECUCIÓN

Durante la ejecución del proyecto	
SEGUIMIENTO Y MONITOREO	
$(No.\ de\ proveedores\ materiales\ pétreos)\ /\ (No.\ proveedores\ que\ cuentan\ con\ licencia\ ambiental) * 100$ $(No.\ de\ permisos\ obtenidos)\ /(No.\ de\ permisos\ requeridos) * 100$	Mensual

PROGRAMA 2. ACTIVIDADES CONSTRUCTIVAS

PROYECTO 1. MANEJO INTEGRAL DE MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN	PAC-2.1

OBJETIVOS

Establecer las medidas y acciones conducentes a la obtención de materiales para la ejecución de las obras y definir las acciones para el manejo de los materiales en los sitios de las obras y de acopio temporal.

METAS

- Contar con las medidas y permisos ambientales pertinentes de los proveedores que suministran los materiales.
- Manejo integral de los materiales con el fin de prevenir el deterioro temprano de los materiales

TIPO DE MEDIDA

CONTROL	X	**PREVENCIÓN**	X	**MITIGACIÓN**	X	**COMPENSATORIA**	

IMPACTO A CONTROLAR

- Cambios en la calidad de aire y en el nivel de ruido.
- Pérdida o ganancia de suelo y cambio en su calidad.
- Cambios en la calidad de agua superficial.
- Desplazamiento de poblaciones faunísticas.
- Incremento en la demanda de recursos naturales.
- Afectación de la salud de los trabajadores.
- Afectación de la movilidad peatonal y vehicular.
- Generación de accidentes

ACCIONES A DESARROLLAR

- El suministro de los materiales debe hacerse a través de proveedores que cuenten con los permisos y licencias Ambientales y Mineros exigidos por las normas vigentes.
- En cuanto a los vehículos que transportan materiales de construcción no deben sobrepasar su capacidad, así mismo éste debe estar cubierto con algún tipo de material preferiblemente plástico o que proteja y no permita la pérdida o suspensión del material por la acción del movimiento.
- El ejecutor del proyecto debe garantizar que los materiales utilizados en la obra cumplan con las necesidades y condiciones de ésta, para optimizar y garantizar su construcción, desarrollo y durabilidad como también su buen almacenamiento.

- Garantizar mediante charlas y entrenamientos al personal, la correcta disposición de los materiales en el sitio dispuesto para tal fin se deberá tratar de manejar el almacenamiento y utilización de los materiales necesarios para cada actividad en la obra para evitar el desperdicio de éstos y el almacenamiento de sobrantes. En el caso de presentarse sobrantes se efectuará de manera inmediata su limpieza.
- Medidas de manejo de materiales pétreos: Los materiales no deben almacenarse en áreas cercanas al frente de obra para evitar que obstaculicen la realización de los trabajos. Éstos deberán almacenarse los lugares destinados para tal fin, confinarse y cubrirse con polietileno o con otro material que la empresa defina y apruebe la Supervisión y/o Interventoría, con el objeto de evitar la generación de material particulado a la atmósfera y el arrastre de sedimentos al cuerpo de agua.
- Medidas de manejo para concreto: Los sacos de cemento deben ser almacenados en sitios secos y aislados del suelo, personal no debe manipular el cemento, la pasta de cemento o el hormigón sin los elementos de protección adecuada, pues se pueden causar erosión de la piel, hemorragias o infecciones. La mezcla se hará sobre un material que garantice el aislamiento de la zona, se prohíbe realizar la mezcla sobre el suelo. Si ocurre un derrame se limpiará la zona de inmediato recogiendo y depositando el residuo en un sitio adecuado para tal fin. Es prohibido depositar las mezclas cerca de cuerpos de agua y áreas verdes.

LUGAR DE APLICACIÓN	**CRONOGRAMA DE EJECUCIÓN**
PUENTE PUEBLITO BOYACENSE	Durante la ejecución del proyecto
RESPONSABLE DE LA EJECUCIÓN	
El constructor encargado de la obra a través de su ingeniero ambiental y director de Obra.	
REGISTRO DE CUMPLIMIENTO	
- Permisos ambientales de la cantera - registro fotográfico	
SEGUIMIENTO Y MONITOREO	
$(No.\ de\ materiales\ suministrados)\ /\ (No.\ Facturas\ realizadas) * 100$	Mensual

PROYECTO 2: SEÑALIZACIÓN FRENTES DE OBRA Y SITIOS TEMPORALES.	PAC-2.2

OBJETIVOS

Prevenir los impactos que se generen por la falta de una adecuada señalización de los frentes de obra y de los sitios de uso temporal.

META	INDICADORES DE CUMPLIMIENTO
Cumplir con el 100% de las obligaciones previstas para el manejo de señalización y sitios temporales.	Número de Obligaciones cumplidas / No de Obligaciones a Cumplir.

IMPACTOS A MANEJAR

- Cambios en la calidad de aire y en el nivel de ruido.
- Perdida o ganancia de suelo y cambio en su calidad.
- Cambios en la calidad de agua superficial.
- Desplazamiento de poblaciones faunísticas.
- Incremento en la demanda de recursos naturales.
- Afectación de la salud de los trabajadores.
- Afectación de la movilidad peatonal y vehicular.
- Generación de accidentes

ACTIVIDADES QUE LO PRODUCEN

- Etapa preliminar y de construcción de la obra.
- Gestión de permisos y autorizaciones.
- Desarrollo y ejecución del PAGA

TIPO DE MEDIDA A EJECUTAR

CONTROL	X	**PREVENCIÓN**	X	**MITIGACIÓN**	X	**CORRECCIÓN**	

DESCRIPCIÓN DE LAS ACCIONES A EJECUTAR

a. Se deberá hacer el cerramiento de todas las áreas de trabajo demarcando completamente el sitio de la obra con cinta de demarcación de mínimo 12 cm de ancho con franjas amarillas y negras. También se podrá emplear malla fina sintética que demarque todo el perímetro del frente de trabajo. La cinta o la malla deberán apoyarse sobre parales o señalizadores tubulares de 1.20 metros de alto como mínimo y diámetro de 2 pulgadas, espaciados cada 3 a 5 metros. La cinta o malla deberán permanecer perfectamente durante el transcurso de las obras.

b. Todos los elementos utilizados para la demarcación de la obra deberán encontrarse limpios y bien colocados durante todo el transcurso de ésta.

c. Para excavaciones mayores a 50 cm. se fijarán avisos preventivos e informativos que indiquen la labor que se está realizando. Durante la noche se instalarán señales nocturnas reflectantes o luminosas, tales como conos luminosos, licuadoras, flechas, ojos de gato que indiquen la labor que se está realizando.

d. Se adecuarán establecer senderos peatonales de mínimo de un metro de ancho, el piso de estos deberá ser antideslizante, sin obstáculos y a un mismo nivel que impidan la fácil movilidad de los transeúntes.

e. En caso necesario se adecuarán accesos temporales a viviendas y estos deberán estar debidamente señalizados, y garantizarán la seguridad de las personas ajenas a la obra.

f. Los materiales que sean necesarios ubicar en los frentes de obra estarán estar ubicados y acordonados dentro de la señalización del frente de obra y no deberán obstaculizar el tránsito vehicular y peatonal.

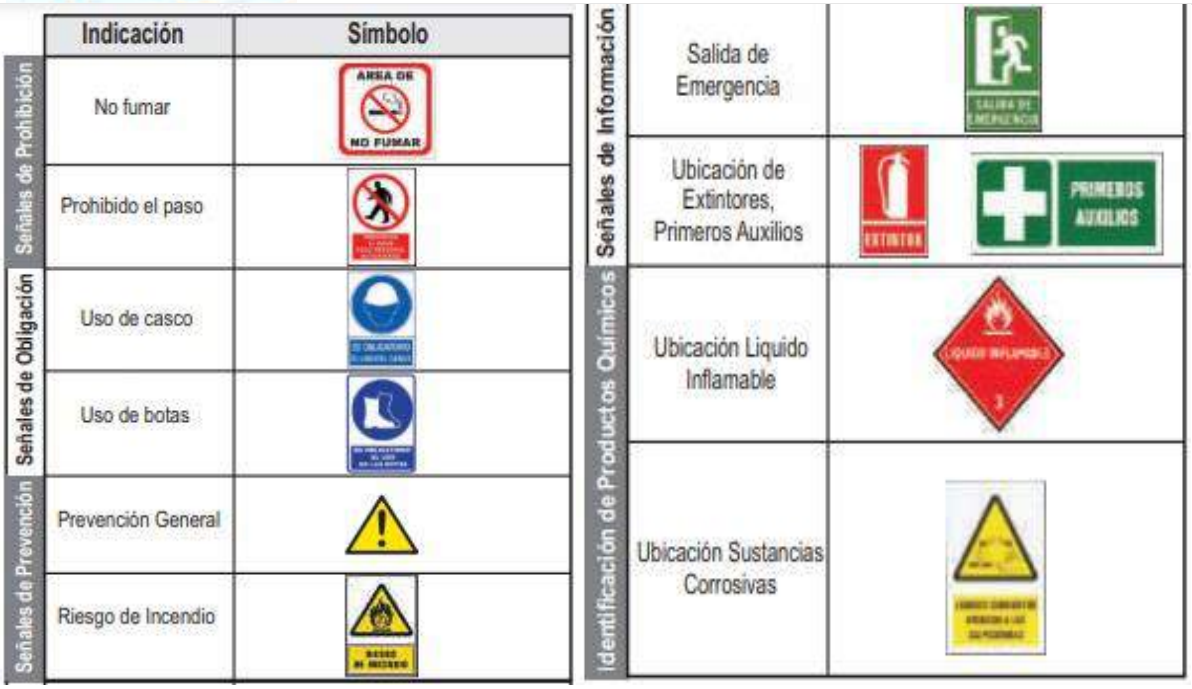
g. Las señales de seguridad de prohibición, obligación, prevención y de información necesarias en cada una de las instalaciones temporales de la obra – incluido el campamento – deberán cumplir con la reglamentación necesaria de forma, color, contraste y textos así:

Forma	Significado
	Prohibición y Orden
	Prevención, Peligro
	Información
	Información

Color	Significado
Rojo	Pare, prohibición y todo lugar, material y/o equipo relacionado con prevención y/o combate de incendios y su ubicación.
Azul	Orden, obligación o acción de mando.
Amarillo	Precaución, riesgo de peligro.
Verde	Información de seguridad, indicación de sitios o direcciones hacia donde se encuentran estos - escaleras, primeros auxilios, rutas e instrucciones de evacuación.

Los tipos de señales más usadas en obra son:

1. Señalizadores tubulares con cinta de demarcación: son dispositivos prefabricados de un material plástico anaranjado con protector UV para evitar su decoloración. Estos materiales preferiblemente deben ser de polietileno y otros polímeros termoplásticos por ser reciclables. Los señalizadores deberán exhibir por lo menos dos cintas retro reflectivas blancas de 3 pulgadas de ancho, de especificación mínima de grado ingeniería y con un lastre que proporcione estabilidad para que permanezcan en posición durante la obra.



2. El lastre no puede ser fabricado ni contener materiales no deformables como concretos o piedras. Los señalizadores deben tener 1.20 metros de alto como mínimo y diámetro de 2 pulgadas y se deben instalar en obra con espaciamientos de 3 a 5 metros. La cinta de demarcación debe ser de mínimo 12 cm de ancho con franjas amarillas y negras de mínimo 10 de ancho con una inclinación que oscile entre 30º y 45º

Dispositivos luminosos: Son fuentes de luz que se utilizarán durante la noche o cuando la claridad y la distancia de visibilidad disminuyen, para llamar la atención de los usuarios e indicarles la existencia de obstrucciones o peligros. Los dispositivos de iluminación son elementos complementarios de la señalización reflectante, barreras y demás dispositivos de canalización. Podrán ser reflectores, luces permanentes y luces intermitentes. Las características y especificaciones de los dispositivos luminosos deben hacerse de acuerdo al Manual para el Manejo del Tránsito por obras civiles en Zonas Urbanas y Manual de Señalización Vial del Ministerio de Transporte.

SPO-01. TRABAJOS EN LA VÍA

Esta señal se empleará para advertir la proximidad a un tramo de la vía que se ve afectado por la ejecución de una obra que perturba el tránsito por la calzada o sus zonas aledaña

SPO-02. MAQUINARIA EN LA VÍA



Señales Reglamentarias

Las señales reglamentarias tienen por objeto advertir a los usuarios de las vías sobre las limitaciones, prohibiciones o restricciones sobre su uso. Estas señales se identifican por el código SRO. Se utilizarán señales de 0.60 o 0.75 m de tamaño, con fondo blanco, orla roja, símbolo y letras en color negro. Dentro de las señales a utilizar se encuentran las siguientes: SR-30 (30 KHP), la cual se presenta en la siguiente figura.

Señal SR- 30 (velocidad máxima 30 km/h)



SRO-02. DESVÍO



Se usará esta señal para reglamentar el paso alternado de los vehículos, cuando en una calzada de dos carriles se cierra uno de ellos.

Señales Informativas

Las señales informativas, tienen por objeto informar a los usuarios de las vías sobre una situación atípica. Dentro de las señales se encuentran las siguientes: SIO-01 (Obra en la vía a 100m)

SIO-01. APROXIMACIÓN A OBRA EN LA VÍA

Señal SIO-01 (Obra en la vía a 100m)



Esta señal se empleará para advertir a conductores y peatones la aproximación a un tramo de vía afectado por la obra. La señal llevara la leyenda "OBRA EN LA VÍA", seguida de la distancia a la cual se encuentra la obra. Se podrá usar conjuntamente con otras señales o repetirla variando la distancia.

SIO-02. SIO-03. INFORMACIÓN DE INICIO O FIN DE OBRA

SIO-02



SIO-03



Dispositivos de Control y Seguridad del Transito como dispositivos adicionales se utilizarán:

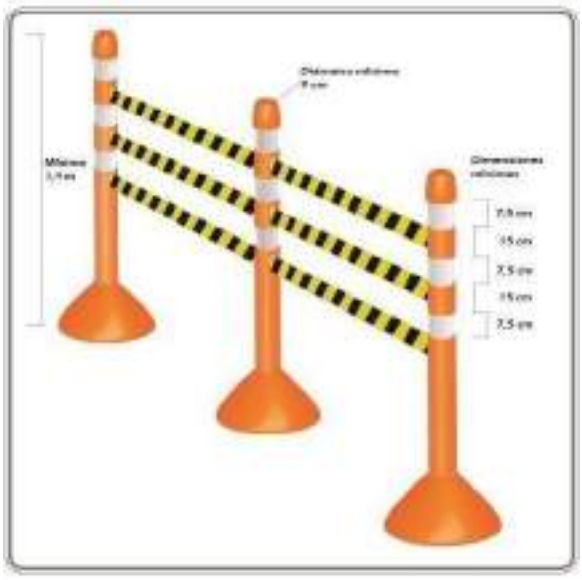
Barricadas: estarán formadas por bandas listines horizontales con un ancho de 0.20 m mínimo separadas por espacios iguales a sus anchos, su longitud será de 2.4m, y su altura de 1.5m. Las bandas horizontales se pintarán con franjas alternadas blancas y naranjas reflectivas que formen un ángulo de 45 grados con la vertical en la dirección hacia la que se haga el desvió y con la sea de desvió. Estarán acompañadas de una flecha luminosa para su operación en condiciones de baja luminosidad.

Barricada con señal luminosa de desvió

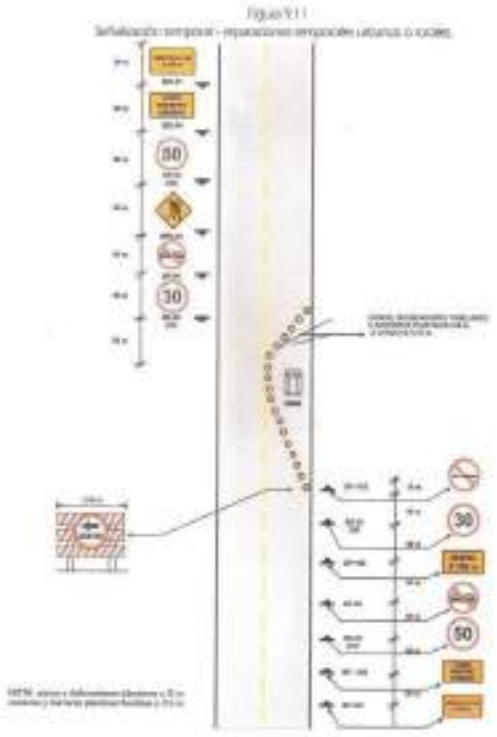


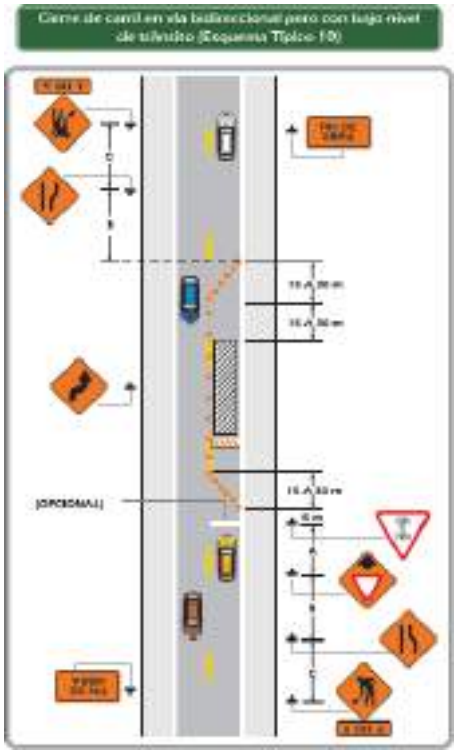
Fuente: Elaboración propia.

Elementos de cerramiento: con el fin de aislar las zonas demarcadas para la ejecución de los trabajos, se utilizarán barreras móviles de cinta plástica reflectiva o conos de 70 cm. Para canalización del tránsito vehicular. Las barreras estarán formadas por tres (3) bandas horizontales de cinta reflectiva con franjas alternadas de color naranja y negro de proporcionan la máxima visibilidad. Estas cintas estarán sostenidas por delineadores tubulares de plástico, tabiques o conos, distanciados cada 5m, los cuales se mantendrán firmes en los sitios en donde sean colocados y una vez se culmine la actividad constructiva serán retirados del frente de la obra. A continuación, se presenta una figura que ilustra las barreras de cinta plástica reflectiva y los delineadores tubulares.



Esquemas de las disposiciones de las señales en el sitio de la obra.





Cabe mencionar que estas señales permanecerán el mismo tiempo que dure la obra. Y se implementara la debida señalización vertical y Kit de aproximación a las zonas de obra.

Adicionalmente se contará con el personal abanderado (pare y siga) que controlara cualquier situación anormal que se presenten en el tiempo que duren las obras, los cuales contarán con su radio teléfono para una mejor comunicación, chalecos reflectivos y demás elementos de protección personal.



MOMENTO DE EJECUCIÓN	
Este programa se ejecutará a lo largo de la ejecución del proyecto.	
RESPONSABLES	**LUGAR DE APLICACIÓN**
El constructor encargado de la obra a través de su profesional siso y director de Obra.	PUENTE PUEBLITO BOYACENSE

REGISTRO DE CUMPLIMIENTO

- Actas de comité socio ambiental
- Informes mensuales de gestión ambiental y social.
- Formatos control y seguimiento ambiental

SEGUIMIENTO Y MONITOREO	
($No.\ de$ señalización instalada) / ($No.$ De señalización requerida) $*$ 100	Mensual

PROYECTO 3: MANEJO, TRANSPORTE Y DISPOSICIÓN FINAL DE RESIDUOS SÓLIDOS CONVENCIONALES, ESPECIALES Y/O PELIGROSOS	PAC-2.3

OBJETIVOS

Cumplir con la política de gestión integral de residuos sólidos.

META	INDICADORES DE CUMPLIMIENTO
Cumplir con el 100% de las obligaciones previstas para el manejo de los residuos sólidos convencionales, especiales y/o peligrosos	$(Volumen\ de\ material\ a\ depositar)\ /\ (Volumen\ de\ material\ proyectado) * 100$

TIPO DE MEDIDA

Control	X	**Prevención**	X	**Mitigación**	X	**Compensación**	

IMPACTOS A MANEJAR

- Contaminación atmosférica
- Contaminación del suelo
- Aumento de residuos sólidos

ACCIONES A EJECUTAR

Para cumplir con la política ambiental de gestión integral de residuos sólidos, emanada por el MAVDT de responsabilidad de todos los ciudadanos, se identificarán el tipo de residuos sólidos a generar, así como las medidas específicas para su manejo (almacenamiento temporal y disposición final).

De acuerdo con la normatividad ambiental vigente, los residuos sólidos y su clasificación se definen como:

Residuo sólido o desecho: Es cualquier objeto, material, sustancia o elemento sólido resultante del consumo o uso de un bien en actividades domésticas, industriales, comerciales, institucionales, de servicios, que el generador abandona, rechaza o entrega y que es susceptible de aprovechamiento o transformación en un nuevo bien, con valor económico o de disposición final. Los residuos sólidos se dividen en aprovechables y no aprovechables. Igualmente, se consideran como residuos sólidos aquellos provenientes del barrido de áreas públicas.

Residuo sólido aprovechable: Es cualquier material, objeto, sustancia o elemento sólido que no tiene valor de uso directo o indirecto para quien lo genere, pero que es susceptible de incorporación a un proceso productivo.

Residuo sólido no aprovechable: Es todo material o sustancia sólida o semisólida de origen orgánico e inorgánico, putrescible o no, proveniente de actividades domésticas, industriales,

comerciales, institucionales, de servicios, que no ofrece ninguna posibilidad de aprovechamiento, reutilización o reincorporación en un proceso productivo. Son residuos sólidos que no tienen ningún valor comercial, requieren tratamiento y disposición final y por lo tanto generan costos de disposición.

Residuo o desecho peligroso: Es aquel que, por sus características infecciosas, tóxicas, explosivas, corrosivas, inflamables, volátiles, combustibles, radiactivas o reactivas puedan causar riesgo a la salud humana o deteriorar la calidad ambiental. También son residuos peligrosos aquellos que sin serlo en su forma original se transforman por procesos naturales en residuos peligrosos. Así mismo, se consideran residuos peligrosos los envases, empaques y embalajes que hayan estado en contacto con ellos.

A continuación, se describe el procedimiento para cumplir con el manejo integral de los residuos sólidos:

- Clasificar y reducir en la fuente.
- Recolectar y almacenar temporalmente.
- Disposición final.

1. Clasificación y reducción en la fuente

El manejo integrado de los residuos sólidos debe iniciarse a partir de la identificación y clasificación de los residuos en la fuente, esto es, en el sitio donde se producen; se debe tener claro el tipo de residuo que generará y clasificarlos en aprovechable y no aprovechables.

En la tabla 6-3 se hace una identificación del tipo de residuo que generalmente se produce en las obras viales, estableciendo sus características e indicando algunas alternativas de reducción.

Tabla 6 - 3 Identificación, características y alternativas de reducción de los residuos sólidos de obra

Tipo de Residuo	Características	Alternativa de Reducción
Chatarra y Llantas	Partes y piezas de equipos, residuos de varillas, tuberías, aceros etc., provenientes de las diferentes actividades constructivas. Se consideran residuos aprovechables.	• Recuperación: se puede establecer un mercado de piezas recuperadas • Reincorporación a la operación • Con los residuos de llantas se puede establecer convenios con los proveedores. • Las llantas también pueden ser utilizadas como materia para empradización de taludes.

Tabla 6 - 3 Identificación, características y alternativas de reducción de los residuos sólidos de obra		
Tipo de Residuo	**Características**	**Alternativa de Reducción**
Empaques, Envases y Embalajes	Materiales diversos - metal, carton, plastico y madera - relacionados con insumos y otras compras del proyecto. Son aprovechables siempre y cuando no provengan de elementos o sustancias identificadas como peligrosas.	Convenios con la comunidad o con los recicladores autorizados.
Papel Blanco Oficinas	Se refiere a todo el papel que proviene de las oficinas o de los informes.	⊕ Utilizar las dos caras del papel. ⊕ Reducir el fotocopiado, con el uso del correo electrónico, rotación de documentos, etc. ⊕ No imprimir documentos para correcciones.
Residuos Especiales o Peligrosos	⊕ Residuos de productos químicos: aceites, pinturas, envases de combustibles, lubricantes, solventes, cemento y pinturas. Residuos provenientes de enfermería o botiquines. ⊕ Materiales utilizados para contener o recoger derrames de combustibles —estopa—. Otros elementos como: guantes, overoles, trapos y otros textiles contaminados. ⊕ Baterías secas utilizadas en equipos de comunicación o en aparatos electrónicos. Algunas contienen elementos pesados. ⊕ Cintas de máquina, tonner de impresoras y fotocopiadoras. ⊕ Filtros de aire, combustible o aceite, utilizados por vehículos y alguna maquinaria y equipo.	Establecer convenios con proveedores para devolución de baterías, cartuchos, tonner, cartuchos de impresoras, envases de combustible, filtros, etc.
Basuras Domesticas	Se refiere a los desperdicios orgánicos provenientes de la operación de los campamentos que se encuentren dentro de los terrenos o zonas donde se lleve a cabo las obras, son considerados residuos aprovechables.	Una vez clasificado el material, se puede establecer convenio con las comunidades para la recolección y el reciclaje. Los residuos orgánicos pueden ser transformados a través del compost en material orgánico.

2. Almacenamiento temporal

Luego de aplicar las medidas de clasificación y reducción, el material resultante debe tener un almacenamiento temporal acorde con principios y normatividad ambientales vigente.

A continuación, algunas recomendaciones para el almacenamiento.

- Disponer de recipientes adecuados, los cuales deben ser de un material resistente que no se deteriore con facilidad. El diseño y capacidad deben optimizar el proceso de almacenamiento. La cantidad de recipientes depende de los tipos de residuos sólidos que se generen tanto en las instalaciones temporales como en los frentes de obra.
- Los recipientes deben ser ubicados estratégicamente, en sitios visibles, perfectamente identificados y marcados.
- Cada recipiente debe tener el color que exija, la Guía Técnica del ICONTEC (NTC-024), para el tipo de residuo depositar.

1. Se pueden almacenar de la siguiente manera:

a. Tipo 1 – Reciclable y Reutilizables: Corresponden a este grupo materiales como el vidrio, aluminio, papel, metales, plásticos, cauchos, madera y chatarra, que deben ser recolectados y almacenados en un área definida preferiblemente en el campamento, protegida de los cambios climáticos, hasta tener un volumen considerable para recolectar.

b. **Tipo 2. Residuos no aprovechables:** Como su nombre lo indica son residuos que no tienen ningún valor y van normalmente a los rellenos sanitarios; deberán ser almacenados hasta que la empresa prestadora del servicio los recoja para su disposición final, el tiempo de almacenaje no debe ser mayor a 3 días
c. **Tipo 3 - Residuos peligrosos o contaminados:** Este tipo de residuo no puede ser mezclado con ningún otro, dada sus características de peligrosidad, por tanto, el contratista, desde el momento de su producción, debe recolectarlos y almacenarlos temporalmente en un sitio diseñado para tal fin, teniendo una considerable distancia con los demás residuos ordinarios para que estos no sean contaminados, puede ser una caneca en perfectas condiciones limpia y seca, rotulada conforme las normas de seguridad, para su posterior entrega a la empresa de servicio público en el que se realizara la disposición final del Residuo Peligroso.

2. Características de los recipientes:

El almacenamiento de residuos sólidos puede ser canecas en el campamento y bolsas en los frentes de obras.

Las canecas para el almacenamiento temporal de los residuos deben tener características, como:

- Livianas, de tamaño que permita almacenar entre recolecciones. La forma ideal puede ser de tronco cilíndrico, resistente a los golpes, sin aristas internas, provisto de asas que faciliten el manejo durante la recolección.
- Construidas en material rígido impermeable, de fácil limpieza y resistentes a la corrosión como el plástico.
- Dotadas de tapa con buen ajuste, bordes redondeados y boca ancha para facilitar su vaciado.
- Construidas en forma tal que, estando cerrados o tapados, no permitan la entrada de agua, insectos o roedores, ni el escape de líquidos por sus paredes o por el fondo. Los recipientes deben ser lavados con una frecuencia igual a la de recolección, desinfectada y secada, permitiendo su uso en condiciones sanitarias adecuadas. La recolección inicial debe hacerse en canecas, ubicadas generalmente cerca al campamento o al área donde funcionan las plantas de trituración y asfalto, estos recipientes deben estar debidamente rotulados para la colocación de los residuos. Los recipientes deberán ser rotulados de acuerdo a su color.

En el frente de obra se dispondrá de bolsas de basura que diariamente se recogerán y se acopiarán en el campamento o en el sitio que se haya dispuesto para tal fin.

En cuanto las bolsas, deben tener como mínimo las siguientes características:

- La resistencia de las bolsas debe soportar la tensión ejercida por los residuos contenidos y por su manipulación, serán de alta densidad y calibre mínimo de 1.4 milésimas de pulgada para bolsas pequeñas y de 1.6 milésimas de pulgada para bolsas grandes, suficiente para evitar el derrame durante su manipulación.
- El peso individual de la bolsa con los residuos no debe exceder los 8 kg.

- La resistencia de cada una de las bolsas no debe ser inferior a 20 kg.
- Los colores de bolsas seguirán el código establecido para la clasificación de los residuos.

Durante esta etapa de recolección y almacenamiento temporal, el contratista debe implementar el programa de capacitación sobre el manejo integral de residuos sólidos, de manera que se garantice el cumplimiento de la política integral de los mismos, enfatizando sobre el principio de las 3 R, Reutilizar, Reducir y Reciclar. las 3 R, Reutilizar, Reducir y Reciclar. Esta actividad debe ser liderada por el grupo socio - ambiental del contratista y debe ser uno de los temas prioritarios y reiterativos durante los procesos de capacitaciones.

Cuando el proyecto tenga duración de más de 4 meses y si el área del campamento lo permite, se recomienda ubicar una estructura construida en ladrillo, teja y Polisombra, dividida en compartimientos con el objeto de que al final de la jornada una persona encargada exclusivamente de esta función distribuya en cada compartimiento los diferentes residuos, para que puedan ser recogidos por los recicladores del área de influencia y darles el manejo final previsto.

3. Disposición final

De acuerdo con la clasificación, los residuos sólidos serán dispuestos de la siguiente manera:

El TIPO 1: Reciclable y/o reutilizable:

Este tipo de residuos deben ser clasificados como:

Tipo papel y cartón proveniente de las oficinas, archivos, cajas, entre otros y cuyo manejo se debe dar a través de la recuperación sistemática en las mismas oficinas y/o en los sitios. En estos lugares serán colocados de modo estratégico en cajas decoradas con una identificación con el propósito de la campaña y, regularmente, cada semana, las personas a cargo del proyecto recolectan y almacenan el producto en las canecas, para posteriormente ser comercializado a empresas o personas especializadas en la actividad de reciclaje de materiales.

Tipo madera, vidrio, latas de aluminio, pueden ser reutilizados o igualmente entregados a recicladores de la zona.

Tipo 2 - Residuos no aprovechables:

Deben ser almacenadas hasta que sean recogidas por la empresa prestadora del servicio del municipio, en caso de no contarse con este servicio o de que en el municipio o vereda más cercana a los frentes de obra no existan rellenos sanitarios, el contratista debe ubicar un sitio para la disposición de las basuras; para ello debe tener autorización del municipio y disponer las basuras conforme a lo exigido por la normatividad ambiental relacionada con la Gestión Integral de Residuos Sólidos.

El tipo 3 - Residuos peligrosos:

Deberán ser almacenados por un tiempo máximo de 8 días y serán trasladados directamente a los sitios autorizados por las autoridades ambientales para ser tratados o incinerados. El traslado y manejo se hará en bolsas de polipropileno de alta densidad, desechables, de color rojo, calibre mayor de 1.8. El vehículo transportador no podrá compactar las bolsas de residuos, estará

debidamente identificado y su bodega de almacenamiento estará completamente cubierta para prevenir que se pierdan desechos en el recorrido.
LUGAR DE APLICACIÓN
PUENTE PUEBLITO BOYACENSE

RESPONSABLES	**REGISTRO DE CUMPLIMIENTO**
Profesional ambiental – Residente de obra.	- Control de Residuos sólidos y ordinarios - Informes mensuales Ambientales

SEGUIMIENTO Y MONITOREO

Indicador	**Descripción del Indicador**	**Tipo de Indicador**	**Periodicidad de evaluación**	**Registro de cumplimiento**
Volumen de residuos sólidos dispuestos en el relleno sanitario	RSD= RSG-(RSR1+RSR2)-RSP	Cuantitativo	Mensual	Certificados de disposición Formatos de registro de generación y entrega
Volumen residuos peligrosos (RSP)	Vol. RSP entregados/Vol. RSP generados.	Cuantitativo	Mensual	Certificados de disposición Formatos de registro de generación y entrega

PROYECTO 4. MANEJO Y DISPOSICIÓN FINAL DE ESCOMBROS Y LODOS	PAC-2.4

OBJETIVOS

- Cumplir con las normas legales vigentes para el manejo, transporte y disposición final de los escombros.
- Prevenir, minimizar y/o controlar los impactos que se producen sobre el medio ambiente, por la disposición de escombros.

META	INDICADORES DE CUMPLIMIENTO
Cumplir con el 100% de las obligaciones previstas para el manejo de los residuos sólidos convencionales, especiales y/o peligrosos	$(No.\ de\ residuos\ certificados)\ /\ (No.\ de\ residuos\ generados) * 100$

TIPO DE MEDIDA

Control	X	Prevención	X	Mitigación	X	Compensación	

IMPACTOS A MANEJAR

- Cambios en la calidad de aire y en el nivel de ruido.
- Alteración de la morfología.
- Desplazamiento de poblaciones faunísticas.
- Alteración de los valores escénicos de una unidad de paisaje.
- Generación de conflictos con la comunidad.
- Afectación al acceso a predios.
- Afectación de la movilidad peatonal y vehicular.
- Generación de accidentes.

ACCIONES A EJECUTAR

Las obras de infraestructura generan residuos sólidos provenientes del descapote, las excavaciones, demoliciones, lodos de la instalación de pilotes y del dragado, que pueden ser reutilizados en las obras, pero que en la mayoría de las veces son utilizados como material de relleno, para reconformación de antiguas canteras o para nivelación de terrenos. Estos residuos deben ser manejados y controlados desde su fuente hasta la disposición final, dados los numerosos impactos que puede causar el manejo inadecuado de los mismos.

A continuación, se describen las características de los residuos sólidos generados por las actividades constructivas y se dan alternativas de reducción en la fuente.

Tipo de Residuo	Caracteristicas	Alternativa de Reducción
Escombros	Material arcilloso, rocoso o granular proveniente de las excavaciones y que no cumple con las especificaciones técnicas para ser utilizado como material de obras; a los residuos de demoliciones de estructuras existentes. Son aprovechables siempre y cuando no estén contaminados.	En la ejecución de las actividades excavación se debe realizar la separación del material de relleno del suelo subyacente, que se pude reutilizar en el mismo proyecto, no pueden estar contaminados.
Sobrantes de Material de Descapote	Se refiere al material orgánico proveniente de las actividades de desmonte y descapote. Se consideran residuos aprovechables biodegradables.	El suelo orgánico mineral debe ser separado con el fin de conservarlo para reutilizarlo en las actividades de restauración de áreas intervenidas y revegetalización final.
Lodos	Se denomina lodo a los residuos con alto porcentaje de humedad, provenientes de las piscinas de las plantas de concreto y trituración o de otras actividades. Son clasificados como residuos aprovechables.	El lodo puede ser secado y reutilizado para rellenos de antiguas canteras o para nivelación topográfica.

A continuación, las acciones a ejecutar para el manejo de los escombros que no puedan ser reutilizados en los mismos frentes de obra y deben ser dispuestos en sitios diferentes.

Se excluyen de este proyecto, el manejo de los residuos vegetales provenientes del desmonte descapote y rocería, puesto que su manejo y disposición final son tratados en el programa de manejo de vegetación.

1. **Manejo de residuos de excavaciones y demoliciones**

Almacenamiento temporal de los sobrantes o escombros

a) De acuerdo con la norma vigente, el tiempo máximo permitido para el almacenamiento del escombro o material sobrante en el espacio público es de 24 horas. Pero dado que en varias ocasiones es imposible retirar los escombros durante las 24 horas después de producidos, se hace necesario adecuar un sitio de almacenamiento temporal, en ese caso el contratista debe ubicar un sitio de acopio que no interfiera ni con el tránsito vehicular, ni con el peatonal. Este sitio debe contar con la aprobación de la interventoría, quien además definirá, de acuerdo con las circunstancias de la zona, el máximo tiempo que permanecerán los escombros sobre el espacio público. En caso de requerirse tiempo mayor a 3 días, el contratista ubicará un sitio privado preferiblemente encerrado para ubicarlos hasta que puedan ser retirados.

b) El sitio o área de almacenamiento temporal de escombros o sobrantes debe ser acordonado, asegurándose que el escombro esté confinado y no haya riesgo de que, por causa de lluvia, los sedimentos vayan a parar a los cuerpos de agua o las obras aledañas al área de acopio. Igualmente, debe estar debidamente cubierto para evitar la dispersión de partículas por la acción del viento.

c) Con posterioridad a la finalización de las obras se recuperará el espacio utilizado, de acuerdo con su uso y garantizando la eliminación absoluta de los materiales elementos y residuos en general.

d) Diariamente, el contratista, al finalizar la jornada, debe hacer la limpieza de la zona de trabajo. En algunos casos debe hacerse con mayor frecuencia o cuando lo exija la interventoría.

Transporte de los sobrantes o residuos sólidos

a) Los vehículos destinados para tal fin tendrán involucrados a su carrocería los contenedores o platones aprobados para que la carga depositada en ellos quede contenida en su totalidad, en forma tal que se evite el derrame, la pérdida del material o el escurrimiento de material húmedo durante el transporte. El contenedor o platón estará constituido por una estructura continua que en su contorno no contenga roturas, perforaciones, ranuras y espacios. La carga será acomodada de manera que su volumen esté a ras del platón o contenedor, es decir, a ras de los bordes superiores más bajos del platón o contenedor. Además, las puertas de descargue de los vehículos que cuenten con ellas permanecerán adecuadamente aseguradas y herméticamente cerradas durante el transporte.

b) La carga transportada será cubierta con el fin de evitar dispersión de la misma o emisiones fugitivas. La cobertura será de material resistente para evitar que se rompa o se rasgue y estará sujeta firmemente a las paredes exteriores del contenedor o platón, en forma tal que caiga sobre el mismo por lo menos 30 cm a partir del borde superior del contenedor o platón, como lo exige la norma.

c) No se podrá modificar el diseño original de los contenedores o platones de los vehículos para aumentar su capacidad de carga en volumen o en peso en relación con la capacidad de carga del chasis.

Disposición final

Los residuos de las excavaciones y demoliciones deben ser dispuestos en sitios previamente seleccionados, evaluados y adecuados para este propósito, además, deben ser autorizados por la interventoría y/o por las autoridades ambientales correspondientes y/o el gestor del proyecto.

Previo a la descripción de las condiciones técnico-ambientales que como mínimo se deben tener en cuenta para la selección, adecuación y conformación adecuada de un depósito de materiales el contratista debe presentar a la interventoría la siguiente documentación:

a) Autorización del dueño del predio, donde especifique tanto el uso que se dará a éste una vez finalice la disposición del material y las condiciones en las cuales el terreno será entregado. Es importante evaluar la factibilidad de poder hacer entrega de los depósitos con cubrimiento vegetal analizando las características edáficas de la zona y/o el tipo y tamaño del material que se va a disponer para no firmar acuerdos y crear expectativas que por condiciones técnicas no es posible cumplir.

b) Certificación de la Oficina de Planeación Municipal donde conste que, de acuerdo con el uso del suelo, sí está permitido la disposición de materiales en el área seleccionada.

c) Cuando se requiera el concepto de la autoridad ambiental sobre la viabilidad ambiental de uso de la zona.

d) Para que el predio con el depósito se reciba a satisfacción por parte de la interventoría es indispensable que el contratista entregue un acta firmada entre las partes (propietario y contratista), donde hace el recibo a satisfacción. Debe especificarse dentro del texto del acta que el relleno no cumple con las especificaciones técnicas requeridas para la construcción de obras de infraestructura como viviendas, locales comerciales entre otros.

e) Cada vez que el contratista vaya a utilizar un sitio de disposición final de depósito debe entregar previamente a la interventoría la documentación antes referida. Por ningún motivo se puede utilizar un área sin estos permisos, so pena de que el contratista pueda ser sancionado por este hecho.

COMPONENTE FÍSICO

- Manejo y disposición de materiales sobrantes de excavación: se llevarán a escombreras o sitios autorizados y no se depositarán en la ronda aledaña al cuerpo de agua.
- Manejo equipos de construcción: se debe hacer el mantenimiento preventivo del equipo para evitar el vertimiento de sustancias, de igual forma se debe hacer el mantenimiento fuera de la zona de trabajo
- Manejo de residuos sólidos domésticos, industriales y especiales: indicar canecas donde se realice la separación de material
- Manejo paisajístico: se busca no cambiar el ambiente en el cual se está construyendo así que se debe hacer las intervenciones de manera que se conserve el atractivo del lugar.
- Manejos de cuerpos de agua: no usar de forma directa la fuente de agua y no depositar las sustancias como combustibles en las fuentes de agua.
- Manejo de fuentes de emisiones y ruido: indicar horas de trabajo.

COMPONENTE BIÓTICO

- Manejo de remoción de cobertura vegetal y descapote: buscar que este sea de manera rápida y evitando que las partículas sean levantadas por medio del humedecimiento del campo removido.
- Ahuyento de fauna silvestre: se buscará reubicar en nuevos ecosistemas a las especies que se observen afectadas por la intervención.

En caso de presentarse manejo del aprovechamiento forestal: se busca compensar al medio ambiente y entidades encargadas estipulan estas las cuales van desde la siembra de nuevos árboles dependiendo de especie que se vaya a talar hasta compensación monetaria para ayudar otro tipo de proyectos de reforestación.

LUGAR DE APLICACIÓN	CRONOGRAMA DE EJECUCIÓN
PUENTE PUEBLITO BOYACENSE	Durante la ejecución del proyecto

RESPONSABLES	REGISTRO DE CUMPLIMIENTO
Profesional ambiental – Residente de obra.	Control de Residuos sólidos y ordinarios Informes mensuales Ambientales
SEGUIMIENTO Y MONITOREO	
$(No.\ de$ señalización instalada) / $(No.$ De señalización requerida) $*$ 100	Mensual

DIRECCION: CL 109 14B -60 OF 204 BR CHICO NORTE, BOGOTÁ
E-MAIL: consorciopebji@gmail.com
TELEFONO: 3102778858
Bogotá, Distrito Capital

PROGRAMA 3. GESTIÓN HÍDRICA

PROYECTO 1. MANEJO DE RESIDUOS LÍQUIDOS, DOMÉSTICOS E INDUSTRIALES.	PGH-3.1

OBJETIVOS

- Prevenir, controlar y mitigar los impactos generados por los vertimientos residuales resultantes del funcionamiento de campamentos, oficinas y talleres, requeridos para ejecución de los proyectos.
- Plantear soluciones individuales para cada uno de los sitios donde se generan aguas residuales

TIPO DE MEDIDA

Control	X	Prevención	X	Mitigación	X	Compensación	

IMPACTOS A MANEJAR

- Cambio en las condiciones fisicoquímicas del suelo
- Alteración de la calidad del agua
- Generación de expectativas: por la posibilidad de afectación de la calidad de aguas que utiliza la población en sus actividades

ACCIONES A EJECUTAR

Para el manejo de aguas residuales se deben seguir los lineamientos y parámetros de diseños establecidos en la normatividad ambiental vigente:

Para verter las aguas residuales a un cuerpo de agua se deberá contar con el permiso de la autoridad ambiental.

1. **Manejo de aguas residuales domésticas**

Se instalará baterías sanitarias portátiles, de acuerdo como está establecido en la normatividad de Seguridad y Salud en el trabajo: 1 por cada 15 trabajadores.

2. **Manejo de las aguas residuales industriales**

Para el manejo de las aguas residuales producidas por las actividades de la obra se tendrá en cuenta:

- El piso en áreas donde se almacenen combustibles y lubricantes, así como en sitios donde se realice reparación de maquinaria y equipo que necesite lubricantes o combustibles debe estar en concreto o cubierto con un material impermeable y con una cuneta perimetral en concreto o en material impermeable, ésta debe estar conectada al sistema de recolección y tratamiento de aguas residuales industriales.

- En las áreas dedicadas a las labores de mantenimiento se dispondrá de viruta de aserrín como medio absorbente de aceites, lubricantes y grasas.
- No se podrán verter aceites usados y demás materiales a los cuerpos de agua, ni disponerlos directamente sobre el suelo. En caso de que en la obra se generen este tipo de residuos se deberán entregar a entidades autorizadas para la recepción y tratamiento de estos residuos, cumpliendo los lineamientos establecidos en la normatividad ambiental vigente.

3. Recomendaciones generales en frentes de obra

- Se evitará el lavado, reparación y mantenimiento correctivo de vehículos y maquinaria en la obra. Esto se realizará en centros autorizados para tal fin.
- Si se presentan derrames accidentales de aceites, acelerantes, se recogerán inmediatamente con absorbentes sintéticos, trapos, aserrín, arena, etc.
- Se prohibirá la utilización de aceites usados como combustibles de mecheros, antorchas, etc., puesto que su uso está prohibido por la legislación protectora del recurso aire.
- Se prohíben los vertimientos de aceites usados y demás materiales a los cuerpos de agua o su disposición directamente sobre el suelo. En caso de que en la obra se generen este tipo de residuos se deberán entregar a entidades autorizadas.

Por otra parte, los baños que van a ser alquilados deben contar con agua, jabón y toallas desechables para uso del personal.

Medidas de bioseguridad para los trabajadores:

Cuando se utilice la expresión trabajador en el presente protocolo se entenderá también incluidos a los aprendices, cooperados de cooperativas o precooperativas de trabajo asociado, afiliados participes, los contratistas vinculados a los diferentes sectores económicos, productivos y entidades gubernamentales.

En ningún caso, la obligación de la implementación de este protocolo podrá traducirse en el desconocimiento o desmejora de las condiciones ni en la terminación de los vínculos laborales, y demás formas contractuales del personal de las empresas.

LUGAR DE APLICACIÓN	
PUENTE PUEBLITO BOYACENSE	
RESPONSABLE DE LA EJECUCIÓN	**MOMENTO DE LA EJECUCIÓN**
Profesional Ambiental – Residente de obra.	Este programa se ejecutará a lo largo de la ejecució del proyecto.

SEGUIMIENTO Y MONITOREO				
Indicador	**Descripción del Indicador**	**Tipo de Indicador**	**Periodicidad de evaluación**	**Registro de cumplimiento**
Acciones implementadas	Cumplir con el 100% de las medidas propuestas en los programas para manejo de residuos líquidos.	Cualitativo	Mensual	Informes mensuales, registros fotográficos

PROYECTO 2. PREVENCIÓN DE LA CONTAMINACIÓN DE CUERPOS DE AGUA	PGH-4.2

OBJETIVOS

- Cumplir con las normas legales vigentes para la captación, transporte y uso del agua
- Prevenir, minimizar y/o controlar los impactos que producen sobre el recurso hídrico.

TIPO DE MEDIDA

Control	X	Prevención	X	Mitigación	X	Compensación	

IMPACTOS A MANEJAR

- Cambio en la calidad de agua superficial
- Alteración del cauce
- Generación de expectativas: por la posibilidad de afectación de la calidad de aguas que utiliza la población en sus actividades

ACCIONES A EJECUTAR

Para el manejo en la prevención de la contaminación de cuerpos de agua, se hace necesario la formulación de medidas de control para el manejo de las mismas, ya que estás se pueden ver afectadas por la **CONSTRUCCIÓN DE LAS OBRAS, SUSTANCIAS QUÍMICAS Y RESIDUOS SÓLIDOS Y LÍQUIDOS,** que son resultantes de las diferentes actividades de obra. por lo tanto, se formulan las siguientes medidas entorno a la protección y conservación del recurso:

- Si la obra se desarrolla aledaña a canales o fuentes naturales, estas deben aislarse completamente de la obra mediante la instalación de malla sintética que cubra la totalidad del frente de la obra y cinco (5) metros más a cada uno de los lados, durante todo el tiempo de ejecución de esta. Igualmente, se deben aislar los causes del causes del cuerpo de agua dejando una franja como mínimo de dos (2) metros contados desde el borde exterior de la zona de manejo y protección ambiental o de acuerdo con los requerimientos de la obra.

- El contratista de la obra debe tomar las medidas descritas en los programas de manejo de materiales de construcción para garantizar que el cemento, limos arcillas, no tengan como receptor final de la red de alcantarillado o lechos y curso del agua.

- Los sumideros se deben proteger con malla fina sintética y los pozos y cajas de inspección mediante la colocación de tablones de igual tamaño, con el fin de evitar el aporte de sedimentos a las redes, teniendo precaución de retirarlos una vez finalizadas las obras, la protección debe ser revisada diariamente para garantizar que se encuentre en óptimas condiciones.

- Se debe llevar a cabo limpieza mensual de los sumideros ubicados en el área de la obra.

- Se prohíbe todo vertimiento de residuo liquido proveniente de las actividades del contrato a las calles, calzadas, canales y cuerpos de agua.

- Cuando se presenten derrames accidentales de combustibles sobre el suelo, el contratista debe implementar el procedimiento establecido en el plan de contingencias. Se debe informar y atender el incidente removiendo el derrame inmediatamente. Si el volumen derramado es superior a cinco (5) galones, debe trasladarse el suelo removido a un sitio especializado para su tratamiento, y la zona afectada debe ser restaurada de forma inmediata. Cantidades remantes puede ser recogidas con materiales adsorbentes aserrín, arena, entre otros.

- Se prohíbe realizar vertimientos de aceites usados y demás materiales a las redes de alcantarillado o su disposición directamente sobre el suelo y en caso de que en la obra se generen este tipo de residuos se debe coordinar con gestores autorizados para su recepción y tratamiento.

- El suministro de agua debe estar a cargo de sitios que cuenten con los respectivos permios ambientales que demuestren el aval para la actividad.

LUGAR DE APLICACIÓN				
PUENTE PUEBLITO BOYACENSE				
RESPONSABLE DE LA EJECUCIÓN				
Profesional Ambiental – Residente de obra				
SEGUIMIENTO Y MONITOREO				
Indicador	Descripción del Indicador	Tipo de Indicador	Periodicidad de evaluación	Registro de cumplimiento
Acciones implementadas	Cumplir con el 100% de las medidas propuestas en los programas para la prevención de la contaminación de cuerpos de agua.	Cualitativo	Mensual	Informes mensuales, registros fotográficos

PROGRAMA 4. BIODIVERSIDAD

PROYECTO 1. MANEJO DEL DESCAPOTE Y LA COBERTURA VEGETAL	PAC-4.1

OBJETIVOS

- Prevenir la pérdida de cobertura vegetal a permanecer.
- Reutilizar el mayor volumen de material de descapote.
- Establecer las acciones para la tala y poda de vegetación.

META	INDICADORES DE CUMPLIMIENTO
• Dar capacitaciones para el manejo y cuidado de la fauna silvestre potencial en la zona. • Dar capacitaciones para el manejo y cuidado de la flora potencial en la zona. • Cumplir con el 100% de las obligaciones previstas para el manejo de la flora y fauna	$\frac{No.\ de\ trabajadores\ asistentes\ a\ charlas}{No.\ de\ trabajadores\ totales\ vinculados\ al\ proyecto} * 100$

TIPO DE MEDIDA

Control	X	**Prevención**	X	**Mitigación**	X	**Compensación**	

IMPACTO A CONTROLAR

- Cambios en la calidad del aire.
- Cambios en los niveles de ruido.
- Alteración de los valores escénicos de una unidad de paisaje.
- Alteración de hábitat.
- Desplazamiento de poblaciones faunísticas.
- Afectación temporal a la infraestructura vial.
- Generación de empleo.
- Generación de conflictos con comunidades, autoridades y/o instituciones.

ACCIONES A DESARROLLAR

Manejo de la Flora:

Todo ábol que se encuentre dentro del áea de influencia directa de la obra debe ser protegidos mediante la instalació de malla fina sintéica que los aislé de las diferentes actividades de la obra. En el que la especie de debe conservar en perfectas condiciones.

- **Requerimientos Generales**

Previo al inicio de las actividades constructivas, durante la elaboración del PAGA, se debe realizar una caracterización del área donde se desarrolla el proyecto, para determinar el tipo de cobertura vegetal existente en el área de influencia directa.

El contratista, con base en la caracterización realizada y al alcance de las obras constructivas, debe establecer la vegetación que será afectada, para proceder a solicitar ante la Autoridad ambiental los permisos que requiere para el manejo de la vegetación. Entre los permisos, se tienen:

- Aprovechamiento forestal: por regla general, en esta clase de proyectos donde se requiere el suelo para construir infraestructuras, se tramita el permiso de aprovechamiento forestal único; pero es importante tener en cuenta que el método del trámite y la información requerida depende de la autoridad ambiental con jurisdicción en la zona del proyecto, por lo tanto, antes de iniciar la gestión se debe consultar los procedimientos a seguir. (Para este caso, no se solicita aprovechamiento forestal).
- Levantamiento de vedas existentes: de acuerdo a la caracterización de la vegetación presente en el área del proyecto, se debe verificar ante la autoridad ambiental la existencia o no de especies declaradas en veda y en caso afirmativo se debe proceder a la obtención del permiso.
- Sustracción de reserva forestal: cuando el proyecto afecta un área declarada como de Reserva Forestal, se debe solicitar la sustracción del área requerida para el proyecto, conforme a los requerimientos estipulados en los Términos de referencia para la sustracción definitiva de las reservas forestales nacionales para el desarrollo de proyectos obras o actividades de utilidad pública, establecidos por la autoridad ambiental.

- **Manejo del Material Vegetal de Desmonte y Descapote**

Esta actividad consiste en el desmonte y limpieza del terreno natural en las áreas donde se construirán las obras del proyecto y que se encuentren cubiertas de rastrojo, pastos, cultivos, bosques, etc., y se puede clasificar de acuerdo a las características del área:

- Desmonte y limpieza en bosque: comprende la tala de árboles, remoción de tocones, desraíce y limpieza de las zonas donde la vegetación se presenta en forma de bosque continúo.
- Desmonte y limpieza en zonas no boscosas: comprende el desraíce y la limpieza en zonas cubiertas de pasto, rastrojo, escombros, cultivos y arbustos. También comprende la remoción total de árboles aislados o grupo de árboles que no presenten características de bosque continúo.

Como medidas de manejo se deben tener en cuenta las siguientes acciones, además de las establecidas en el artículo 200-07 de las especificaciones generales de construcción, de obligatorio cumplimiento.

- Los trabajos de descapote deberán limitarse solamente en las áreas requeridas para las obras del proyecto y deberán ser aprobadas previamente por la interventoría.

- El descapote debe realizarse preferiblemente de forma manual para evitar daños a estructuras, servicios públicos, cultivos o propiedades cuya destrucción o deterioro no están previstos ni son necesarios para la construcción de las obras. En caso de que la actividad se realice con retroexcavadora, cargador o un buldózer, el operario deberá realizar esta actividad bajo estricto control del residente o inspector ambiental. El contratista será responsable por todo perjuicio resultante.
- El contratista no debe permitir el procedimiento de desmonte mediante quema, así sea controlada, ni el uso de herbicidas, sin previo aviso a la autoridad ambiental.
- La profundidad a la que deben ser removidos los troncos, raíces y otros materiales depende de la actividad que se vaya a adelantar en el área, ya sea excavaciones, construcción de terraplenes, estructuras de contención o drenaje, dicha profundidad debe ser acordada con la interventoría.
- La capa vegetal debe ser almacenada y protegida para reutilizarla posteriormente en la recuperación de las áreas intervenidas por el proyecto. Para el almacenamiento deben seguirse las siguientes medidas:
- El sitio de almacenamiento debe ser ubicado conjuntamente con la interventoría, teniendo cuidado que no se mezcle con sustancias peligrosas y que no se contamine con suelo estéril.
- El material de descapote debe apilarse pasto sobre pasto, tierra sobre tierra. La altura no puede superar los 1.5 metros y debe colocarse sobre una superficie plana que impida su compactación.
- El suelo debe manipularse con el menor contenido de humedad posible.
- No se puede permitir el paso de maquinaria y/o vehículos sobre el suelo almacenado.
- El suelo almacenado debe ser protegido contra la acción erosiva del agua y del viento; y contra la acción directa del Sol. Temporalmente debe hacerse riego para mantener la humedad y volteo periódico al mismo.
- En zonas de pendientes o media ladera para conservar provisionalmente la capa vegetal se puede hacer mediante la utilización de trinchos laterales, para evitar que por acción de aguas lluvias este material se pierda

- **Manejo de Vegetación: Podas, Talas y Traslados**

Para adelantar las actividades silviculturales necesarias para el proyecto, el contratista debe entregar a la Interventoría, el acto administrativo que otorga el permiso para el manejo de la vegetación y dar cumplimiento a los requerimientos estipulados dichos Actos. Es responsabilidad de la interventoría verificar que se dé cumplimento a lo estipulado por la autoridad ambiental y debe reportarlo dentro de los informes de gestión de la interventoría.

No se debe realizar tala de árboles durante la ejecución del proyecto, sin embargo, en caso de presentarse la necesidad, se debe realizar trámite de permiso respectivo.

- **Podas**

Es una labor que consiste en cortar parte aérea o radicular de los árboles de porte alto para mejorar su aspecto y desarrollo. Con la poda se busca que el individuo tenga salud, vigorosidad, mejoramiento del porte y generar visibilidad para los usuarios de las vías.
Según su finalidad, la poda puede ser: Técnica (formación y estabilidad), Fitosanitario (retiro de elementos enfermos) y Artística (dar forma estética).

Metodología utilizada:
Poda de ramas:

- Se debe realizar un primer corte, de aproximadamente un tercio de diámetro de la rama a una distancia de 10 cm del fuste principal y en ángulo igual al creado por el cuello de la rama, el segundo corte, se debe realizar por encima de la rama a unos 20 cm del fuste, con lo cual, se desprende la rama.
- Se debe remover la mayor parte de la rama principal dejando un tocón de aproximadamente 10 cm.
- El último corte para la terminación del tocón debe hacerse desde arriba.
- Los tocones dejados por la poda son diferentes para las ramas muertas y vivas. Se debe tener especial cuidado para no cortar la parte viva cuando se poda una rama muerta, y para no cortar el cuello de la rama cuando se trata de una rama viva.
- Las ramas pequeñas y los rebrotes –1 cm o menos de diámetro basal–, siempre se cortan a mano desde el fuste principal con tijeras de podar.
- Deben tenerse en cuenta las podas de realce, efectuadas para fortalecer la conformación de un solo fuste y definir la altura de la copa para la seguridad visual, especialmente en las áreas de derecho de vía. Se debe aplicar cicatrizante hormonal en los cortes de la poda para evitar desintegración o pudrición del tallo y garantizar la estabilidad del individuo.

Poda de copas:

- Se debe tener en cuenta cortar como máximo un tercio de la parte superior de la copa.
- Se debe hacer un corte inicial en una rama vertical central, a la altura que se quiera dejar el follaje. Se debe seguir el procedimiento para poda de ramas.
- Posteriormente, se procede cortando el resto del follaje, siguiendo la muestra establecida y revisando que la nueva copa del árbol no se deforme.
- En algunos casos conviene realizar entresaca de ramas, debe realizarse con cuidado para no maltratar el follaje que permanecerá.
- Los cortes deberán ser tratados con cicatrizante hormonal.

Poda de raíces:
Consiste en el corte de las raíces principales y secundarias de los árboles y arbustos adultos que se encuentran interfiriendo con redes de infraestructura u obras civiles. En caso de que la

autoridad ambiental determine la posibilidad de conservar un árbol mediante confinamiento radicular, se debe llevar a cabo el siguiente procedimiento:

- Poda aérea de la tercera parte exterior de la copa, para evitar la deshidratación y muerte del árbol.
- Realizar limpieza alrededor del árbol en un radio igual o mayor a 3 veces el diámetro del fuste.
- Realizar un corte vertical, de profundidad variada de acuerdo con el tipo del sistema radicular que presente cada especie y según la forma del terreno. La poda se debe realizar con tijeras, serrucho o motosierra, nunca con machete.
- Aplicar cicatrizante hormonal en los cortes de la poda, para evitar desintegración o pudrición de las raíces y desequilibrio entre los sistemas aéreos y radicular.
- Se debe cubrir la excavación realizada con polietileno calibre 6. Los trasplantes se unen con cinta plástica adhesiva de dos pulgadas, sin dejar espacios abiertos, para garantizar que no se pase ningún tipo de raíz y finalmente se debe proceder a realizar el relleno de la excavación.
- Al concluir la jornada de trabajo, el área debe quedar completamente limpia y, finalizados los tratamientos a la vegetación afectada se debe presentar un informe a la interventoría y a la autoridad ambiental donde se establezcan cada uno de los tratamientos y el manejo aplicado.

En caso de presentarse zonas desprovistas de suelo orgánico, previo concepto de la interventoría, se podrá reutilizar el material en la restauración de estos sitios, con el fin de fomentar el re vegetalización del área y para lograr la recuperación de la cobertura vegetal alterada durante el desarrollo de las obras.

LUGAR DE APLICACIÓN	**CRONOGRAMA DE EJECUCIÓN**
PUENTE PUEBLITO BOYACENSE	Durante la ejecución del proyecto
RESPONSABLE DE LA EJECUCIÓN	**REGISTRO DE CUMPLIMIENTO**
Profesional ambiental – Residente de obra.	- Registro fotográfico - Registro de asistencias - Informes mensuales de gestión ambiental.
SEGUIMIENTO Y MONITOREO	
($No.\ de$ trabajadores asistentes a charlas) / ($No.$ De trabajadores totales vinculados al proyecto) $*$ 100	Mensual

PROGRAMA 5. MANEJO DE INSTALACIONES TEMPORALES, MAQUINARIA Y EQUIPOS

PROYECTO 1. INSTALACIÓN, FUNCIONAMIENTO Y DESMANTELAMIENTO DE CAMPAMENTOS Y SITIOS DE ACOPIO TEMPORAL.	PMIT-5.1

OBJETIVOS

Prevenir, minimizar y controlar los impactos generados por la instalación, operación y desmantelamiento del campamento y áreas de acopio temporal.

META	INDICADORES DE CUMPLIMIENTO
Cumplir con el 100% de las obligaciones previstas para el manejo ambiental de campamentos fijos y/o temporales y centros de acopio	$(Campamentos\ usados\ en\ el\ periodo)\ /\ (Campamentos\ con\ redes\ a\ conexión\ de\ servicios\ públicos)\ *\ 100\%$

TIPO DE MEDIDA

CONTROL	X	**PREVENCIÓN**	X	**MITIGACIÓN**		**COMPENSATORIA**	

IMPACTO A CONTROLAR

- Generación de olores
- Contaminación del suelo
- Contaminación atmosférica
- Alteración del uso del suelo,
- Generación de residuos y material sobrantes
- Aporte de sedimentos

ACCIONES A DESARROLLAR

1. **Instalación de áreas temporales**.

Todo proyecto requiere para su ejecución de un área para la instalación del campamento y/o acopio temporal de materiales de construcción, residuos de excavaciones, demoliciones o áreas para parqueo de maquinaria entre otras. Para la instalación de estos sitios el contratista debe tener en cuenta las siguientes recomendaciones:

a. Deberán localizarse cerca de la zona donde se están ejecutando las actividades constructivas y los sitios escogidos deberán estar fuera de las rondas de corrientes de agua –quebradas, ríos, lagunas etc., ò de áreas declaradas de protección ambiental o catalogadas como de alta sensibilidad y de sitios inestables.

b. El descapote se realizará sólo en el área estrictamente necesaria para la construcción de la infraestructura –vivienda, almacén, talleres–. El material retirado será utilizado para cubrir en lo posible zonas erosionadas aledañas al sitio.

c. Se deberán evitar al máximo los cortes de terreno, rellenos y remoción de la vegetación existente y antes de la instalación se deberá realizar un registro fotográfico para que se tenga un reconocimiento de las áreas antes de la intervención para poder recuperarlas una vez finalizado el proyecto, al igual se realizarán las actas de vecindad, de acuerdo al Programa de Gestión social.

d. El área contemplada para la instalación del campamento deberá contar con las conexiones a las redes de servicios públicos de acueducto y alcantarillado y con el permiso de la empresa prestadora del servicio. En caso de que no se cuente con la posibilidad de conexión a los servicios, el contratista deberá tramitar ante la autoridad ambiental los permisos de captación de agua y vertimiento de residuos líquidos. Al igual deberá coordinar la recolección de los residuos sólidos por parte de la empresa prestadora del servicio.

e. Se prohibirá el vertimiento de aguas residuales domésticas a los cuerpos de agua cercanos, para esto deberán construirse sistemas adecuados para el vertimiento y disposición de los residuos líquidos y sólidos generados de los baños y cocinas del campamento –pozos sépticos, etc.–, al igual se deberá contar con el sistema adecuado para la captación del agua a utilizar de acuerdo a lo contemplado en el programa de manejo integral de aguas y residuos líquidos.

f. Se instalarán en el campamento y patio de almacenamiento, sistemas de manejo y disposición de grasas y aceites –cunetas, sedimentadores, trampa de grasas–, conforme lo establece el programa de Gestión hídrica.

2. Funcionamiento de áreas temporales.

a. Durante la operación o funcionamiento de los campamentos se prevé la generación de residuos sólidos, estos residuos que se generen tanto los reutilizables y/o reciclables –empaques, papeles y plásticos– y residuos industriales, deben cumplir con el Proyecto de manejo y disposición final de residuos sólidos convencionales y especiales.

b. Deberá existir un programa de orden y aseo aplicado específicamente al área del campamento.

c. Deberá estar señalizado en su totalidad diferenciando cada una de las áreas del mismo que deberán estar estipulados en el diseño aprobado del campamento, deberá tener señales tales como, salidas de emergencia, ubicación de extintores, almacén, uso de elementos de protección personal y todas aquellas que se requieran para la prevención de accidentes, de acuerdo al panorama de riesgos y plan de contingencia.

d. El campamento central deberá contar con equipos para control de incendios –extintores–, el número de estos deberá ser determinado por el área a proteger y el tipo de extintor

será de acuerdo a la clase de fuego que se pueda generar, deberán estar ubicados en sitios estratégicos, señalizados y a la altura adecuada.

e. Se deberá contar con material de primeros auxilios tales como botiquín, camilla fija con soporte, colchoneta, almohada pequeña, etc.

f. Se deberá contar con un baño por cada quince trabajadores, diferenciados por sexos y dotados de todos los elementos necesarios de aseo personal –entre ellos deberá contarse con una ducha para casos de emergencia–, estos baños podrán ser fijos o portátiles según las condiciones del proyecto.

g. Manejo de residuos líquidos domésticos: como se ha dicho, el campamento temporal se instalará cerca de donde estarán localizadas la batería sanitaria, para el manejo de esta agua se ejecutará el Proyecto de manejo de residuos líquidos, domésticos e industriales

h. En cuanto a los sitios temporales de acopio para el almacenamiento de los diferentes materiales de construcción, estos deben cumplir las siguientes exigencias:

- El piso se protegerá colocando tablestacado en el que se irá apilando el material por utilizar. Todo material que genere emisiones de partículas deberá permanecer totalmente cubierto con lonas o plástico o en su defecto el contratista deberá ejecutar la medida necesaria para evitar la dispersión de partículas en las zonas de acopio temporal de materiales granulares.
- Cuando sea necesario acopiar materiales granulares se deberá aislar totalmente la zona con malla fina sintética con el fin de que se aísle de las demás áreas y en lo posible deberá contar con canales perimetrales que no permitan arrastre de sedimentos, estos materiales deben estar debidamente cubiertos.
- Las zonas de materiales deberán estar debidamente señalizados y acordonados y deberán cumplir con los requerimientos necesarios estipulados en el programa de manejo integral de materiales de construcción.

3. Desmantelamiento de las Instalaciones Temporales.

a. Una vez se terminen las obras de construcción se deberá desmantelar el campamento y recuperar la zona intervenida para dejarla igual o en mejores condiciones a como se encontró.

b. Para sitios de almacenamiento de combustible deberá cumplir con los lineamientos estipulados en el Proyecto de Manejo de maquinaria, equipos y vehículos.

c. Todas aquellas obras de infraestructura o redes de servicio usadas deberán ser desmontadas.

d. Si en algún momento la comunidad o alcaldía de la zona solicita que las instalaciones sean donadas al municipio, esto tendrá que ser aprobado por la Interventoría.

e. Los residuos provenientes de las demoliciones para el desmantelamiento del campamento deben cumplir con el proyecto de manejo y disposición final de escombros y lodos.

f. Para el cierre ambiental el contratista debe entregar a la interventoría, la paz y salvo de recibo a satisfacción por parte del dueño del predio, sin este documento no se podrá liquidar el contrato.

RESPONSABLES	LUGAR DE APLICACIÓN
Profesional ambiental – Residente de obra.	PUENTE PUEBLITO BOYACENSE

REGISTRO DE CUMPLIMIENTO

- Registro fotográfico
- Informes mensuales de gestión ambiental.

SEGUIMIENTO Y MONITOREO

- El seguimiento de este programa se llevar a cabo por inspección visual del desmonte de la estructura del campamento, verificando el retiro de la dotación del mismo como son cuarto de oficinas, cuarto de almacenamiento de materiales.
- Se realizará un registro fotográfico con el fin de evaluar la zona a restaurar.

PROYECTO 2. MANEJO DE EMISIONES ATMOSFÉRICAS Y REDUCCIÓN DEL RUIDO	PMIT-5.2

OBJETIVOS

- Prevenir, minimizar y controlar los impactos generados por las emisiones atmosféricas generadas en la obra ya sea por la generación de material particulado o el ingreso de vehículos a la obra.
- Minimizar la generación del ruido provocado por la maquinaria que ingresa a la obra

META	INDICADORES DE CUMPLIMIENTO
Cumplir con el 100% de las obligaciones previstas para el manejo emisiones atmosféicas y reducció del ruido	(Número de obligaciones cumplidas) / (Número de obligaciones a cumplir) * 100%

TIPO DE MEDIDA

CONTROL	X	PREVENCIÓN	X	MITIGACIÓN		COMPENSATORIA	

IMPACTO A CONTROLAR

- Generación de olores
- Contaminación del suelo
- Contaminación atmosférica
- Alteración del uso del suelo,
- Generación de residuos y material sobrantes
- Conflictos con la comunidad

ACCIONES A DESARROLLAR

Manejo de emisiones atmosféricas:

Los frentes de obra deben permanecer demarcados con tela plástica o verde, con malla tipo poli sombra o cera con el fin de prevenir el esparcimiento del material particulado generado en la obra. Dependiendo del tipo de suelo que se encuentre se debe realizar la humectación por lo menos dos (2) veces al día, sobre las vías o andenes de tal manera que minimice la emisión de partículas cuando pasen vehículos o peatones cerca de la obra

En las rutas de acceso y evacuación de materiales, se deberá realizar la limpieza continua del sector afectado por acumulación de materiales sobre vías pavimentadas

No se realizará´ las quemas a cielo abierto

Se revisará las documentaciones pertinentes a los vehículos que ingresen a la obra como SOAT y Tecnico-mecanica. Además, de realizar preoperacionales a la maquinaria pesada con el fin de prevenir la generación de gases que sean causantes para la generación de gases de efecto invernadero (GEI) y que no causen alguna molestia para los trabajadores y personas externas al proyecto.

Manejo de ruido:

El contratista debe identificar las fuentes de ruido del proyecto, obra o actividad, y cada una de ellas se debe determinar los niveles de presión sonora emitidos. Si estos llegan a sobrepasar los 80 decibeles (límite permitido), se debe reducir el ruido en la fuente sonora. Si esto no es posible, se tiene que atenuar mediante instalación de barreras.

Si en llegado caso se requiere utilizar equipos muy sonoros superiores a los 80 decibeles, se debe trabajar en jornada diurna y por periodos cortos, según lo establecido en la **RESOLUCIÓN 1792 DE 1990.**

LIMITES PERMISIBLES PARA EXPOSICIÓN OCUPACIONAL AL RUIDO	
Tiempo de exposición	Limite permisible
8 horas	85 dBA
4 horas	90 dBA
2 horas	95 dBA
1 hora	100 dBA
30 minutos	105 dBA
15 minutos	110 dBA

- Se debe eliminar el uso de cornetas, bocinas, pitos y sirenas de todos los vehículos que laboran en el proyecto. Se exceptúan los dispositivos diseñados para evitar accidentes o anunciar casos de emergencia.

- Se debe controlar los niveles sonoros de los vehículos, maquinaria y equipos utilizados, mediante la instalación de mecanismos de insonorización y mantenimiento adecuado.

- Se debe controlar los niveles de presión sonora generados por la maquinaria tales como retroexcavadoras, montacargas, taladros, motosierras, entre otros.

MOMENTO DE EJECUCIÓN	
Este programa se ejecutará a lo lardo del desarrollo del proyecto.	
RESPONSABLES	**LUGAR DE APLICACIÓN**
Profesional ambiental – Residente de obra.	PUENTE PUEBLITO BOYACENSE

REGISTRO DE CUMPLIMIENTO	
- Registro fotográfico - Informes mensuales de gestión ambiental. - Preoperacionales realizados a la maquinaria - Revisión técnico-mecánica y SOAT de los vehículos que ingresan a la obra	
SEGUIMIENTO Y MONITOREO	
(No. De obligaciones cumplidas) / (No. De obligaciones a cumplir) * 100 %	Mensual

PROYECTO 3. MANEJO DE MAQUINARIA EQUIPOS Y VEHÍCULOS	PMIT-5.3

OBJETIVOS

- Determinar las acciones a ejecutar para manejar los impactos generados por la operación y mantenimiento de la maquinaria, equipos y vehículos, enmarcadas siempre en el cumplimiento de la legislación nacional vigente.
- Establecer medidas que controlen y supervisen la correcta operación de las maquinarias y vehículos suscritos al desarrollo del proyecto.
- Prevenir, mitigar y controlar los posibles impactos que se generen por la operación de los equipos empleados durante la ejecución de las obras puesta a punto.

META	INDICADORES DE CUMPLIMIENTO
Cumplir con el 100% de las obligaciones previstas para el manejo de maquinaria, equipos y vehículos.	(No. De vehículos con revisión técnico mecánica SOAT) / (No. Vehículos utilizados en el proyecto) * 100

TIPO DE MEDIDA

CONTROL	X	**PREVENCIÓN**	X	**MITIGACIÓN**	X	**COMPENSATORIA**	

IMPACTO A CONTROLAR

- Cambios en la calidad del aire.
- Cambios en los niveles de ruido.
- Alteración de los valores escénicos de una unidad de paisaje.
- Alteración de hábitat.
- Desplazamiento de poblaciones faunísticas.
- Afectación temporal a la infraestructura vial.
- Generación de empleo.
- Generación de conflictos con comunidades, autoridades y/o instituciones.
- Afectación de la salud de los trabajadores.
- Afectación de la movilidad peatonal y vehicular.
- Generación de accidentes

ACCIONES A DESARROLLAR

Se presentará previo al ingreso toda la documentación requerida de maquinaria (revisión, declaración de importación y último mantenimiento y demás documentación) a la Interventoría para su revisión y aprobación.

SUBPROGRAMA DE INGRESO, TRASLADO Y LLEGADA DE MAQUINARIA A LA OBRA.

Toda máquina que ingrese a la obra debe cumplir los siguientes requisitos:

- Presentar documentos de revisión y último mantenimiento.

- Documentación del operador (cédula de ciudadanía, EPS y ARP).

- Se exigirá revisión tecnicomecánica con una vigencia de hasta seis meses a todos los vehículos encargados del transporte de material.

MEDIDAS DE SEGURIDAD PARA EL TRASLADO DE MAQUINARIA

- En el caso de desplazamiento por trayectos y tránsito vehicular en vías de primero y segundo orden, éste deberá efectuarse por medio de una cama baja o de un planchón-grúa, que deberán tener vehículos escolta debidamente identificados con carteles que adviertan de la operación que se está realizando, además de la identificación de la empresa encargada de la obra incluyendo una referencia telefónica para quejas y reclamos.
- Utilización de señales donde se indique el riesgo por traslado de maquinaria.
- En las carreteras departamentales, metropolitanas, distritales o municipales y en las zonas urbanas, la autoridad de tránsito departamental, metropolitana, distrital o municipal respectiva será la competente para conceder o negar los permisos contemplados en el presente artículo ‖
- En el caso de desplazamiento por municipios, distritos y áreas metropolitanas les corresponde a las respectivas autoridades locales de conformidad con el artículo 10 del Decreto 170 de 2001 que señala: Artículo 10.- autoridades de transporte. - Son autoridades de transporte las siguientes:

En la Jurisdicción Distrital y Municipal: los alcaldes Municipales o Distritales o en los que estos deleguen tal atribución.

Toda maquinaria que ingrese a obra debe ser revisada y aprobada por el profesional de Seguridad y Salud en el trabajo.

Para el ingreso de vehículos se deberá remitir a la interventoría: SOAT, revisión tecnicomecánica, licencia de conducción y último mantenimiento.

Subprograma de estado y mantenimiento.

Se debe llevar el registro del modelo de la maquinaria, el tiempo de funcionamiento, la fecha de su último mantenimiento de tipo preventivo y correctivo, así como del personal que la obra.

Mantener los registros del último mantenimiento de la maquinaria, equipos y vehículos a operar en los frentes de obra.

Se realizarán las siguientes labores de mantenimiento: Mantenimiento rutinario de inspección. Corresponde a chequeos visuales y de funcionamiento que se realizan para determinar posibles fallas o deterioro de los componentes para el correcto funcionamiento del trabajo diario.

Esta labor se realizará a diario y el encargado será el operador del equipo o maquinaria a utilizar; de los resultados de estas inspecciones pueden salir programaciones de mantenimiento preventivo. Mantenimiento preventivo, este mantenimiento incluye insumos que son de carácter obligatorio como son los cambios periódicos de aceite, filtros y mangueras. El mantenimiento

preventivo de la maquinaria deberá hacerse aproximadamente cada 200 horas acumuladas de trabajo –según horómetro– dependiendo las especificaciones técnicas del fabricante.

Sólo se permitirá hacer mantenimientos preventivos dentro de la obra y se deberá hacer en un lugar autorizado; para tal fin se deberá realizar sólo por personal autorizado y especializado en el tema y lejos de lugares de acopio de combustible o sustancias inflamables. Se deberán utilizar materiales aislantes dispuestos directamente sobre el suelo para evitar su contaminación y mantener materiales absorbentes que sirvan en caso de contingencia.

Se debe contar en obra con las hojas de seguridad del combustible de acuerdo con el proveedor del material.

Los residuos provenientes de las actividades de mantenimiento deberán ser recogidos y entregados a empresas autorizadas para su disposición final. El sitio deberá estar debidamente acordonado y señalizado. Mantenimiento correctivo, se refiere al mantenimiento que de acuerdo con la hoja de vida de cada equipo es necesario realizar; como, por ejemplo: reparaciones, ajustes etc., según sea el caso. Todos los mantenimientos –preventivos y correctivos– que se deban hacer a la maquinaria, equipos y vehículos deberán estar basados en listas de chequeo elaboradas de acuerdo a las especificaciones técnicas del fabricante y ser estregados a la Concesionaria en el informe mensual.

Todos los vehículos que operen dentro del proyecto deben encontrarse en perfecto estado, tanto en su operación técnica y mecánica como en el estado de sus componentes o accesorios (neumáticos, filtros, correas, luces, pito).

Los vehículos deberán cumplir con los equipos de prevención y seguridad reglamentados como lo son: un gato, una cruceta, dos señales de carretera, un botiquín de primeros auxilios, un extintor, dos tacos, una caja de herramienta básica, llanta de repuesto y linterna.

Los certificados de emisiones de gases y SOAT de los vehículos de la obra deberán estar vigentes y por ley se debe garantizar como mínimo buen funcionamiento de frenos, sistema de dirección, sistemas de suspensión, estado adecuado de llantas, vidrios y espejos.

No se efectuará el lavado o reparación correctiva de vehículos y maquinaria en el frente de obra y mucho menos en las áreas aledañas a éste, este procedimiento se llevará a cabo en centros autorizados por la autoridad ambiental.

En el sitio de parqueo de la maquinaria, únicamente se realizarán labores mínimas de mantenimiento preventivo cada 200 horas de trabajo, en caso de ser necesarias reparaciones mayores por eventos fortuitos, deberá tenerse en cuenta los procedimientos básicos de señalización y cerramiento del área escogida, protección del suelo, manejo de residuos peligrosos y de sustancias combustibles, utilización obligatoria de elementos de protección por personal idóneo quien efectúa las reparaciones. El mantenimiento correctivo planificado deberá hacerse en centros debidamente autorizados y especializados.

Todo manejo de residuos peligrosos producidos por la operación de los vehículos y maquinaria en cada una de las etapas presentes en la ejecución del proyecto deberá ser de acuerdo a lo estipulado en las medidas de Manejo y disposición final de residuos sólidos convencionales, industriales y especiales.

Toda la maquinaria y vehículos deberán contar con extintores multipropósitos de mínimo 5 lb de capacidad, su carga deberá estar vigente y estará en un lugar visible y de fácil acceso; contar con pito y luces de reversa.

Antes del inicio de las labores el operador debe conocer bien el área a trabajar y las labores a realizar.

Al operario se le proporcionarán todos los elementos de protección personal (EPP), que sean necesarios para realizar su trabajo.

Los equipos, maquinarias y vehículos, sólo podrán ser manejados por personal capacitado y formado para ello.

La maquinaria no podrá utilizarse para transporte de personal ni como medio de elevación.

Se deberá verificar la zona de trabajo antes del inicio de los trabajos donde se verifique la ausencia de personas que estén trabajando en la zona o de terceros.

Se deberá tener especial cuidado cuando se trabaje en zonas con altas pendientes y en zonas de alta pluviosidad que permitan mayor presencia de riesgos, para lo cual antes de iniciar la labor, se evaluarán las condiciones y se diseñará el respectivo procedimiento de trabajo seguro. Subprograma para el manejo de combustibles. Se prevé que el abastecimiento de combustible se realizará en los sitios de procesos definidos para ello, sin embargo, cuando requiera realizar el en el frente de obra por la dificultad en el desplazamiento de la maquinaria, este deberá hacerse preferiblemente con carro tanque adecuado para tal fin, teniendo en cuenta los siguientes parámetros:

- Se debe seguir el procedimiento estipulado dentro del plan de contingencias para derrames accidentales.
- Se debe prohibir fumar y el uso de cámaras fotográficas y equipos de telefonía móvil mientras se está suministrando combustible a la maquinaria.
- El vehículo de transporte deberá portar equipos de control de incendios –extintores de acuerdo con el tipo y la cantidad de combustible transportado, y deberán estar en un sitio visible y de fácil acceso.

Cumplir con todos los aspectos contemplados en la norma nacional sobre el manejo y transporte terrestre automotor de mercancías peligrosas por carretera.

En el momento de abastecimiento se deberá disponer sobre el suelo un material que no permita la contaminación. En caso de derrame se deberá contar con un material absorbente y disponerse adecuadamente.

En las áreas dedicadas a las labores de mantenimiento se dispondrá de viruta de aserrín como medio absorbente de aceites, lubricantes y grasas.

No se podrán verter aceites usados y demás materiales a los cuerpos de agua ni sobre el suelo. En caso de generarse este tipo de residuos, se deberán entregar a entidades autorizadas para la recepción y tratamiento de este tipo de residuos, cumpliendo con los lineamientos establecidos en la normatividad ambiental vigente.

Se prohíbe la utilización de aceites usados como combustibles de mecheros, antorchas, etc., ya que su uso está prohibido por la legislación sobre el recurso aire.

El almacenamiento de combustible deberá hacerse en zonas con buena ventilación, Esta zona deberá estar correctamente señalizada de acuerdo con la norma NFPA 30 o aquella que aplique para el almacenamiento de sólidos, líquidos y gases inflamables y de acuerdo con el código de colores de seguridad.
Se realizarán inspecciones tanto de maquinaria como de los vehículos del proyecto para verificar su correcto funcionamiento.

Traslado de maquinaria.

1. De acuerdo con las leyes nacionales la maquinaria rodante destinada exclusivamente a la construcción y conservación de obras, de acuerdo con sus características técnicas y físicas no pueden transitar por las vías de uso público o privadas abiertas al público; de tal forma que la maquinaria rodante de construcción para transitar por una vía abierta al público lo debe hacer solo a través de vehículos apropiados –cama baja–.
2. En cumplimiento de la normatividad existente por la cual se fijan los requisitos y procedimientos para conceder los permisos para transporte de cargas indivisibles, extrapesadas, extra dimensionadas y las especificaciones de los vehículos destinados a esta clase de transporte, en las vías a cargo de la Nación será el INVIAS el encargado de conceder los permisos necesarios estableciendo los parámetros para la concesión de permisos que son: longitud, anchura y altura.
3. El aviso deberá tener el siguiente texto según el caso "Peligro carga extralarga". "Peligro carga extra ancha" o "Peligro carga extralarga y extra ancha".
4. Se deberá disponer de avisos, señales y dispositivos luminosos, de acuerdo a la definición establecida en el Código Nacional de Tránsito terrestre, tales como: señal tipo vaso o tipo cilindro y dimensiones mínimas de 10 cm.

Medidas de manejo generales.

No se podrán modificar las características de los equipos de trabajo. Para trabajos nocturnos se deberá contar con la iluminación suficiente y localizada que permita buena visibilidad al operador.
No se podrá modificar el diseño original de los platones o de los vehículos y no se deberá exceder el peso bruto vehicular establecido en el Certificado Nacional de Carga.
Los vehículos que transportan materiales tendrán incorporados en su carrocería los contenedores o platones apropiados, a fin de que la carga depositada en ellos quede contenida en su totalidad, de forma tal que evite el derrame, pérdida parcial del material y escurrimiento de material durante el transporte. Es decir, que el contenedor o platón estará en perfecto estado de mantenimiento.
La carga será acomodada de tal manera que su volumen esté a ras o menor del borde superior del platón o contenedor. Además, las puertas de descargue de los vehículos permanecerán adecuadamente aseguradas y herméticamente cerradas durante el transporte.
Las volquetas deberán ir totalmente cubiertas y la carpa deberá bajar por lo menos 30 cm del borde superior del volcó para evitar la caída de materiales por la vía.

La maquinaria y equipos operados para las labores de reparación del sitio crítico deberán contar con alarmas indicadoras de marcha en reversa.
MOMENTO DE EJECUCIÓN
Este programa se ejecutará a lo largo de la ejecución del proyecto

RESPONSABLES	**LUGAR DE APLICACIÓN**
Profesional ambiental – Residente de obra.	PUENTE PUEBLITO BOYACENSE

REGISTRO DE CUMPLIMIENTO
- Registro fotográfico - Informes mensuales de gestión ambiental. - Preoperacionales - Revisión de SOAT y técnico- mecánica
SEGUIMIENTO Y MONITOREO

(No. De vehículos con revisión técnico mecánica SOAT) / (No. Vehículos utilizados en el proyecto) * 100	Mensual

PROGRAMA 6. GESTION SOCIAL

PROYECTO 1. ATENCIÓN A LA COMUNIDAD	PGS-6.1

OBJETIVOS

Recibir, atender y dar respuesta oportuna a todas las manifestaciones (inquietudes, quejas, reclamos, otros) que las Autoridades locales y ambientales y las comunidades (Juntas de Acción Comunal, directivas de instituciones, líderes, propietarios, directivas de empresas de servicios públicos, entre otros) puedan generar las actividades de obra y las medidas de manejo de los impactos.

TIPO DE MEDIDA

CONTROL		**PREVENCIÓN**	X	**MITIGACIÓN**		**CORRECTIVA**	X

IMPACTO A CONTROLAR

- Generación de conflictos con la comunidad.
- Afectación de la salud de los trabajadores.
- Afectación de actividades económicas.
- Generación de empleo.
- Afectación al acceso a predios.
- Afectación a la infraestructura de servicios públicos.
- Afectación de la infraestructura vial.
- Afectación de la movilidad peatonal y vehicular.
- Generación de accidentes.

ACCIONES A EJECUTAR

- **Implementación de un Sistema de Atención a la Comunidad.**

Esta medida está dirigida a dar respuesta y solución a las diferentes manifestaciones de la comunidad, las autoridades municipales, las directivas de las instituciones y líderes en general sobre temas frecuentes como: información sobre el proyecto, presentación de inquietudes, quejas y reclamos derivados de las actividades de obra, vacantes de empleo, información sobre prestación de servicios, otros. Todas las manifestaciones ciudadanas deben ser atendidas por el personal de gestión social y se les dará respuesta o solución para cerrarlas en un tiempo no mayor de ocho (8) días hábiles.

La recepción de manifestaciones de las autoridades y la comunidad la efectuará el profesional social o por el Ingeniero residente de la obra, dejando que el solicitante haga su intervención completa y sin interrupciones.

Se proporcionará la información solicitada de manera cordial, completa, clara y veraz, utilizando un lenguaje de fácil comprensión y evitando el uso de términos técnicos y especializados; finalmente se le preguntará al solicitante si queda satisfecho con la información brindada.

Se debe diligenciar el formato de Atención al Ciudadano y clasificar el motivo de su visita según corresponda a:

- Solicitud de información.
- Presentación de queja.
- Presentación de reclamo.
- Presentación de sugerencia.
- Manifestación de una observación.

El formato de Atención al Ciudadano contendrá la siguiente información:

- Fecha de presentación de la manifestación ciudadana.
- Nombres y apellidos completos del ciudadano o autoridad solicitante.
- Dirección o localización del ciudadano o autoridad solicitante.
- Descripción de la manifestación ciudadana.
- Clasificación de la manifestación ciudadana (numeral anterior).

Tipo de solución que requiere y el procedimiento empleado en la solución de dicha manifestación ciudadana. Información verbal. Requiere visita. Entrega de información escrita. Solicita reunión. Otra (Especificar). Estado de la manifestación ciudadana Cerrada: cuando la manifestación ciudadana ha sido resuelta y el ciudadano u organización que la presentó quedó satisfecho con la respuesta o acción desarrollada por parte del Consorcio.

Abierta: cuando la manifestación ciudadana no ha sido resuelta, está pendiente o en proceso de trámite.

Nombres legibles del profesional social y de la persona que presentó la manifestación ciudadana; se diligenciará este paso, una vez se cierre la manifestación ciudadana.

- Cada mes se realizará el consolidado de las manifestaciones ciudadanas que se presentaron en ese período, con base en lo desarrollado en el formato de Atención al Ciudadano, información que debe incluir los siguientes datos:
- Número total de manifestaciones ciudadanas presentadas.
- Número total de manifestaciones ciudadanas por tipo.
- Número de manifestaciones cerradas y porcentaje.
- Número de manifestaciones abiertas y porcentaje.

El Consolidado de las manifestaciones ciudadanas debe ser entregado a la Interventoría en el informe mensual de Gestión Social del Consorcio.

Para el cierre ambiental del proyecto, el Consorcio debe presentar la paz y salvos y cierre de todas las manifestaciones ciudadanas.

- **Canales habilitados para presentar las PQRS**

Cualquier usuario del municipio puede presentar las PQRS de forma verbal o escrita, a través de los siguientes canales de comunicación:
Oficina de Atención al Usuario, cumpliendo son los protocolos de bioseguridad
Se atenderá acorde con las medidas de pico y cedula tomadas en el municipio, se programarán los horarios de atención al público en los puntos de atención al ciudadano, así como las recomendaciones de protección necesarias como el uso obligatorio de tapabocas y guantes.

- **Procedimiento para la recepción de las PQRS**

Cuando el usuario se presente a la Oficina de Atención al Usuario, se realizará el siguiente trámite:

a. Saludo y presentación del profesional social encargado del Programa, manteniendo el distanciamiento.
b. Preguntarle el nombre al usuario y solicitarle al usuario que indique el motivo de la visita
c. Recepción del ciudadano que desea interponer su PQRS. La atención es brindada por el personal del área social.
d. Para recibir la inquietud del usuario, se diligenciará el Formato de Atención al Usuario diseñado para tal fin, consignando toda la información que allí se solicita.
e. Consignar en el formato de PQRS los procedimientos realizados para su solución con fechas de realización y firma de la persona que realiza el registro o procedimiento
f. Notificar al ciudadano de la solución final, de manera verbal o escrita, según sea el caso, y solicitar su firma para cierre de la PQRS o cierre administrativo.

Se elaborará una base de datos para registrar todas las PQRS y de este modo poder realizar seguimiento a los trámites dados.
El/la trabajadora Social será el responsable de la atención a la ciudadanía y bajo su responsabilidad y coordinación esta tarea podrá delegarla en la profesional de apoyo Social o personal capacitado.

- **Metodología**

Para la atención de los requerimientos que tengan los habitantes del Municipio, se implementará el sistema de Peticiones, Quejas, Reclamos, y Sugerencias (PQRS), a través del cual se definen los conceptos y procesos a implementar para atender, gestionar, tramitar y dar cierre oportunamente a todas las PQRS que recibe el contratista.

LUGAR DE APLICACIÓN	
PUENTE PUEBLITO BOYACENSE	
RESPONSABLE DE LA EJECUCIÓN	**MOMENTO DE EJECUCIÓN**
Este programa se constituye en una actividad permanente a cargo del Contratista, delegado en la (el) residente social de la obra y Personal del área técnica	Este programa se ejecutará a lo largo del desarrollo del proyecto

SEGUIMIENTO Y MONITOREO				
Indicador	**Descripción del indicador**	**Tipo de indicador**	**Periodicidad de evaluación**	**Registro de cumplimiento**
Programa de atención al usuario	Crear y mantener un sistema de atención que permita de manera oportuna y eficaz, recibir, atender y tramitar las quejas, peticiones, reclamos y sugerencias	Cuantificable de cumplimiento	Seguimiento mensual	Se mantendrá una base de datos para registrar todas las PQRS para así poder realizar seguimiento a los trámites dados.

PROYECTO 2. INFORMACIÓN Y DIVULGACIÓN	PGS-6.2

OBJETIVOS

- Diseñar e implementar un adecuado sistema de comunicación para el Proyecto, con el que se contribuya a generar una imagen positiva del mismo.
- Aportar desde la comunicación una amplia información sobre los procesos y actividades desarrolladas en la intervención del proyecto, haciendo énfasis en los avances de obra siendo lo más precisos.
- Fortalecer y generar espacios que permitan el empoderamiento por parte de la comunidad sobre el proyecto

TIPO DE MEDIDA

PREVENTIVA	X	**CORRECTIVA**		**MITIGABLE**		**COMPENSATORIA**	

IMPACTO A CONTROLAR

- Generación de desplazamiento poblacional y productivo.
- Alteración a la dinámica de las instituciones.
- Alteración del patrimonio arqueológico y cultural.
- Generación de conflictos con la comunidad.
- Generación de empleo.
- Afectación al acceso a predios.
- Afectación a la infraestructura de servicios públicos.
- Afectación de la movilidad peatonal y vehicular.
- Generación de accidentes.

ACCIONES A DESARROLLAR

Acciones de Información:
Realización de reuniones informativas.

Se realizará reuniones informativas cada vez que se considere necesario. La información a entregar debe ser clara, veraz y oportuna e impartida por los profesionales vinculados al proyecto. Los temas a tratar son:

- Características del proyecto
- Nombre de las empresas Consorcio y de Interventoría
- Nombre de los profesionales vinculados
- Medidas ambientales del PAGA y principalmente las del Programa de Gestión Social.

De ser necesario se realizarán varias reuniones durante el desarrollo de las obras, de acuerdo al avance de las mismas y reuniones extraordinarias cuando se presenten eventos que deben ser conocidos por las autoridades y la comunidad.

Socialización y reuniones informativas.

- **Reunión de socialización de inicio:** Se realizara una reunión contando con la presencia de la empresa supervisora de la obra, interventoría, contratista y comunidad en general; se informara sobre las características técnicas del proyecto, al igual se da a conocer la oficina de atención al usuario donde se recibirán y tramitaran las peticiones, quejas, reclamos y sugerencias PQRS; se tratara los temas correspondientes a levantamiento de actas de vecindad al igual sobre el requerimiento de mano de obra para el proyecto.

- **Reunión avance de obra:** Se plantea realizar reuniones un periodo de 15 días con el fin de brindar información sobre el estado actual de la obra, sus avances, sus problemas que se puedan presentar, los pendientes, igual forma realizar una rendición de cuentas en la cual pueden participar todos los actores intervinientes en la obra y la programación de las próximas reuniones en la etapa constructiva.

- **Reunión de finalización de obra:** Se realizará una reunión de finalización con el fin de hacer entrega de la obra contando con la presencia de la empresa supervisora, la interventoría, el contratista, la Alcaldía, entes Gubernamentales, líderes sociales y comunidad en general.

Cada socialización deberá estar regida bajo los protocolos de bioseguridad y por el siguiente procedimiento:

- Realizar convocatoria a la reunión, usando medios como volantes y perifoneo
- Elaborar presentación en power point y enviarla a la interventoría con dos (2) días de anticipación para su revisión y/o aprobación.
- Hacer la invitación formal a los entes municipales y a la empresa supervisora con cinco (5) días de anticipación.
- Diligenciar el formato de asistencia
- Diligenciar el formato de acta de socialización
- Registro fotográfico
- Durante la socialización se debe presentar el equipo de trabajo: Supervisor, Contratista, Interventoría.

Se Diseñará y utilizará los medios de comunicación escritos y audiovisuales necesarios para el proceso de información, participación, posicionamiento y manejo de imagen del proyecto.

- Volantes
- Perifoneo

METODOLOGÍA

Con el fin de lograr la construcción de relaciones de confianza y mutuo entendimiento entre los grupos de interés y diferentes actores del Área de Influencia del Proyecto, es necesario implementar estrategias de comunicación asertivas y pedagógicas, que garanticen un clima de confianza a partir del suministro de información clara, veraz y oportuna, relacionada con los impactos y medidas de manejo de los mismos.

El Programa busca establecer canales de información concreta, efectiva y coherente, con las comunidades y autoridades del Área de Influencia Directa, que contribuyan a la construcción de relaciones de confianza, respeto y participación. También busca la identificación de necesidades reales y la generación de alternativas de soluciones eficaces y eficientes que ratifique los lazos de confianza entre la comunidad y el Proyecto.

Reuniones Extraordinarias:

Cuando las actividades de obra así lo exijan, las mismas comunidades lo soliciten, o la Interventoría lo exija, se programarán reuniones extraordinarias con las autoridades locales o las comunidades del área de influencia directa del proyecto constructivo, para informar o concertar sobre situaciones específicas que surjan por la obra con el fin de evitar conflictos con las comunidades.

En todas las reuniones deben estar presentes el Equipo de Gestión Social y el ingeniero residente de obra del Consorcio, con el fin de dar respuestas veraces a la comunidad y al Comité de Participación Comunitaria. También debe participar la Interventoría con todo o parte de su grupo de profesionales.

Se llevará el listado de asistencia.

Elaboración Cartas personalizadas:

Se utilizarán para convocar a las reuniones programadas e informar sobre eventos extraordinarios que surjan durante la etapa constructiva.

LUGAR DE APLICACIÓN	
PUENTE PUEBLITO BOYACENSE	
RESPONSABLE DE LA EJECUCIÓN	**MOMENTO DE EJECUCIÓN**
Este programa se constituye en una actividad permanente a cargo del Contratista, delegado en la (el) residente social de la obra y Personal del área técnica	Este programa se ejecutará a lo largo del desarrollo del proyecto.

SEGUIMIENTO Y MONITOREO				
Indicador	**Descripción del indicador**	**Tipo de indicador**	**Periodicidad de evaluación**	**Registro de cumplimiento**
Apropiación, inserción y adopción del proyecto	Se desarrollará un plan para el uso de medios de comunicación orales y escritos que permitan informar de manera permanente a los usuarios sobre el desarrollo del Proyecto, las intervenciones con el fin de tener procesos de comunicación exitosos.	Cuantificable de cumplimiento	Cada vez que se programen	Para tener un control del número de reuniones y socializaciones realizadas, así como las herramientas utilizadas para difundir la información, se elaborarán actas de reunión, actas de socialización, registro de asistencia, registro fotográfico, y registro fílmico

PROYECTO 3. CONTRATACIÓN DE MANO DE OBRA	PGS-6.3

OBJETIVOS

- Generar ingresos en los hogares de las comunidades del AID.
- Evitar la migración de población foránea al AID o de población rural dedicada a actividades agropecuarias para vincularse al proyecto.
- Evitar la generación de conflictos con la comunidad.

TIPO DE MEDIDA

PREVENTIVA	X	**CORRECTIVA**		**MITIGABLE**		**COMPENSATORIA**	

IMPACTO A CONTROLAR

- Generación de conflictos con la comunidad.
- Afectación de actividades económicas.
- Generación de empleo.

ACCIONES A DESARROLLAR

A continuación, se describen las actividades a implementar para realizar la contratación de la mano de obra calificada y no calificada del proyecto:

a. Se definirá el número aproximado de trabajadores y los perfiles que requiere para la ejecución de las diferentes actividades del proyecto.
b. Recepción de hojas de vida, lo cual se hará en la oficina de Atención al Usuario, o de manera personal con alguno de los funcionarios del contratista.
c. De acuerdo a las necesidades del proyecto y de los perfiles encontrados en las hojas de vida recepcionadas, se procederá a preseleccionar las más adecuadas para el desempeño de las labores programadas. Una vez realizada la preselección de las hojas de vida, se citarán a los candidatos para iniciar el proceso de selección.
d. Se mantendrá comunicación con los líderes de la comunidad, JAC, Veeduría Ciudadana, Alcaldía y Personería Municipal sobre los perfiles que se requieren para las diferentes actividades del proyecto.
e. Después de realizado el proceso de contratación, se procederá a hacer una inducción al 100% de los trabajadores que ingresan por primera vez al proyecto.
f. La selección del personal está bajo los esquemas del equipo de Gestión Humana; toda vez que el papel del Área Social es garantizar el cumplimiento del porcentaje de vinculación aquí definido.

METODOLOGÍA

- Se debe informar a la población para que conozca los procedimientos para aspirar a los puestos de trabajo que se ofrecen en la obra.
- Asignación de los puestos de trabajo dando prioridad a los aspirantes que cumpliendo con los requisitos laborales exigidos por el empleador residan en la zona de Influencia del proyecto.
- La recepción de las hojas de vida no es condición suficiente para que los aspirantes aseguren su vinculación laboral a la empresa contratante, deberán cumplir con los requisitos exigidos para ocupar los puestos de trabajo que se demandan y de manera preferencial, residir en el área de influencia directa del proyecto.

LUGAR DE APLICACIÓN	
PUENTE PUEBLITO BOYACENSE	
RESPONSABLE DE LA EJECUCIÓN	**MOMENTO DE EJECUCIÓN**
Este programa se constituye en una actividad permanente a cargo del Contratista, delegado en la (el) residente social de la obra y Personal del área técnica	Este programa se ejecutará a lo largo del desarrollo del proyecto.

SEGUIMIENTO Y MONITOREO				
Indicador	**Descripción del indicador**	**Tipo de indicador**	**Periodicidad de evaluación**	**Registro de cumplimiento**
Programa de vinculación de mano de obra calificada y no calificada	Contribuir al mejoramiento de las condiciones de vida de la población al vincular personal para la ejecución de las obras de construcción.	Cuantificable de cumplimiento	Mensual	El Contratista informa mensualmente sobre el personal contratado de Mano de Obra no Calificada y calificad, se anexará en el informe mensual.

PROYECTO 4. MANEJO DE INFRAESTRUCTURA Y SERVICIOS PÚBLICOS	PGS-6.4

OBJETIVO

- Registrar el estado físico de todas las construcciones e infraestructura del área de influencia directa, previo al inicio de las actividades constructivas, a través del Acta de Vecindad.
- Evitar conflictos con las comunidades del área de influencia directa del proyecto.
- Restablecer las condiciones originales de las propiedades afectadas, que hayan sufrido daños por las actividades generadas de la obra.

TIPO DE MEDIDA A EJECUTAR

CONTROL	X	**PREVENCIÓN**	X	**MITIGACIÓN**	X	**CORRECCIÓN**	X

IMPACTOS A MANEJAR

- Posibles daños a propiedades y predios tanto públicos como privados por afectación de la estabilidad y estética de las construcciones.
- Molestias a los peatones y comunidad en general en cuanto a la movilidad peatonal y vehicular.
- Alteración de paisaje y posiblemente cultivos aledaños a la zona de obra.

ACCIONES A EJECUTAR

El Profesional deberá preparar con la debida antelación los formatos y encuestas a aplicar durante la visita. Dichos formatos deberán estar debidamente empacados en bolsas selladas y desinfectadas.

- **Levantamiento de Actas de Vecindad**

El levantamiento de las actas de vecindad o fachada, el cual deberá ir acompañado de un ingeniero civil, arquitecto o inspector de obra para la revisión de la estructura.

- **Levantamiento de Actas de Fachada**

En la visita inicial no encuentren personas que le atiendan o que faciliten la información requerida, o bien no hay personas al momento de la llegada del equipo o atienda un menor de edad, se deberá dejar un registro en el cual quede constancia de la visita y se informa de una nueva visita. Si se presenta la misma situación al realizar la tercera visita, se procederá a levantar acta de fachada con el registro fotográfico respectivo.

- **Metodología**

El contratista informará a la población residente y dueños o administradores/encargados de establecimientos comerciales, industriales y de servicios sobre la realización de las actividades para el levantamiento de las actas de vecindad o de Fachada, con tres (3) días de anterioridad.
El equipo técnico y social registrará el estado inicial de los inmuebles localizados en los costados de la obra, para identificar y hacer las reparaciones de los daños que, con causa probada, se

llegaren a presentar por la realización de las actividades constructivas, también registrará el estado inicial de las vías, separadores, andenes, sardineles y áreas de protección ambiental por donde se autoricen los desvíos del tráfico automotor para identificar y hacer las reparaciones de los daños que en ellas se llegaren a causar por la intensificación del tráfico.
LUGAR DE APLICACIÓN
La aplicación de actas de vecindad se realizará en el área de influencia directa a las obras y, en aquellas zonas que por motivo de la naturaleza de la actividad constructiva el contratista considere que sea necesario, y por tráfico de Maquinaria pesada.

RESPONSABLE DE LA EJECUCIÓN	**MOMENTOS DE EJECUCIÓN**
Este programa se constituye en una actividad permanente a cargo del Contratista.	Este programa se ejecutará a previo al inicio de las actividades de obra y a lo largo del desarrollo del proyecto.

SEGUIMIENTO Y MONITOREO				
Indicador	**Descripción del indicador**	**Tipo de indicador**	**Periodicidad de evaluación**	**Registro de cumplimiento**
Levantamiento de actas de vecindad	Actas Levantadas Inventario de Predios Aferentes	Cuantificable de cumplimiento	Etapa Inicial del Proyecto	Listado de predios objeto de Actas de Vecindad, registro fotográfico y actas Vecindad levantadas.
Levantamiento de Actas de Compromiso	Actas Levantadas Actas Requeridas	Cuantificable de cumplimiento	Cada vez que se presente la necesidad	Actas Levantadas y registro fotográfico
Levantamiento de Actas de Vecindad de Cierre	Total de Actas Levantadas de Vecindad de Inicio/ Total de Actas Levantadas de Vecindad de Cierre	Cuantificable de cumplimiento	Etapa Final del Proyecto	Actas Levantadas y registro fotográfico

5.2. PLAN DE MONITOREO Y SEGUIMIENTO

El plan de monitoreo y seguimiento del proyecto a efectuarse en el **PUENTE PUEBLITO BOYACENSE DEL MUNICIPIO DE DUITAMA** para las intervenciones del **DEPARTAMENTO DE BOYACÁ** por el **DIAGNOSTICO Y EJECUCIÓN DE OBRAS DE EMERGENCIA PARA MITIGAR EL RIESGO DE DAÑO Y/O COLAPSO DE PUENTES UBICADOS EN EL DEPARTAMENTO POR LA AFECTACIÓN CAUSADA POR EFECTO DE LA OLA INVERNAL** tiene el objetivo primordial de no solo diseñar espacios que fortalezcan la identidad y el desarrollo comunal, sino también asegurar que dichos proyectos se alineen con los principios de manejo ambiental establecidos. Este plan de monitoreo y seguimiento servirá como guía integral para garantizar la efectividad y la sostenibilidad de las acciones emprendidas, asegurando así un impacto positivo y duradero en las comunidades involucradas.

A continuación, se presentan los indicadores de monitoreo que fueron formulados en las medidas ambientales planteadas en los programas de manejo ambiental.

Tabla 14. Indicadores de seguimiento

PROGRAMA	PROYECTO	
DESARROLLO Y APLICACIÓN DE LA GESTIÓN AMBIENTAL	**Conformación del Grupo de Gestión Ambiental**	
	$\frac{\#Programas\ ejecutados}{\#Programas\ a\ Ejecutar} * 100\%$ $\frac{\#\ Obligaciones\ cumplidas}{\#\ Obligaciones\ a\ cumplir} * 100\%$	Mensual
	Capacitación Ambiental	
	$\frac{\#Capacitaciones\ ejecutadas}{\#Capacitaciones\ programadas} * 100\%$ $\frac{\#Personas\ con\ inducción}{\#Personas\ vinculadas\ al\ proyecto} * 100\%$	Semanal
	Cumplimiento de los requisitos legales	
	$\frac{\#Obligaciones\ Cumplidas}{\#Obligaciones\ a\ Cumplir} * 100\%$	Antes de Iniciar el Proyecto
PROGRAMA 2. ACTIVIDADES CONSTRUCTIVAS	**Manejo integral de materiales de construcción**	
	$\frac{\#\ De\ permisos\ existentes}{\#\ De\ permisos\ requeridos} * 100\%$	MENSUAL

PROGRAMA	PROYECTO	
	Señalización de frentes de obra y sitios temporales	
	$\frac{\#\ De\ señalización\ instalada}{\#\ De\ señalización\ requerida} * 100\%$	SEMANAL
	Manejo, transporte y disposición final de residuos sólidos convencionales, especiales y/o peligrosos	
	$\frac{Volumen\ de\ material\ a\ depositar}{Volumen\ de\ material\ proyectado} * 100\%$	MENSUAL
	Manejo de residuos de construcción y demolición	
	$\frac{\#\ de\ residuos\ certificados}{\#\ de\ residuos\ generados} * 100\%$	MENSUAL
PROGRAMA 3. GESTIÓN HÍDRICA	**Manejo de residuos líquidos domésticos eindustriales**	
	$\frac{Volumen\ de\ agua\ residual\ certificada}{Volumen\ de\ agua\ residual\ generada} * 100\%$	MENSUAL
MANEJO DE INSTALACIÓN TEMPORALES, MAQUINARIA Y EQUIPOS.	**Manejo de instalación, funcionamiento y Desmantelamiento de campamentos y sitios de acopio temporal**	
	$\frac{Campamentos\ usados\ en\ el\ periodo}{Campamentos\ con\ redes\ a\ conexión} * 100\%$	MENSUAL
	Manejo de emisiones atmosféricas y reducción del ruido	
	$\frac{\#\ de\ obligaciones\ cumplidas}{\#\ de\ obligaciones\ a\ cumplir} * 100\%$	MENSUAL
	Manejo de maquinarias equipos y vehículos	
	$\frac{\#\ Actividades\ ejecutadas}{\#\ Actividades\ programadas} * 100\%$ $\frac{\#\ de\ vehiculos\ con\ revision\ tecnico\ mecanica\ SOAT}{\#\ vehiculos\ utilizados\ en\ el\ proyccto} * 100\%$	MENSUAL
PLAN DE GESTIÓN SOCIAL	$\frac{\#\ Trabajadores\ contratados\ en\ el\ área}{\#\ Total\ de\ trabajadores\ contratados} * 100\%$	MENSUAL
	$\frac{\#\ Quejas\ por\ mal\ manejo\ de\ contratación}{\#\ Quejas\ recibidas} * 100\%$	

6. PLAN DE CONTINGENCIA

DIRECCION: CL 109 14B -60 OF 204 BR CHICO NORTE, BOGOTÁ
E-MAIL: consorciopebji@gmail.com
TELEFONO: 3102778858
Bogotá, Distrito Capital

6.1. INTRODUCCIÓN

En el escenario dinámico de la construcción de obras civiles en Colombia, nos enfrentamos a una variabilidad única de condiciones climáticas y topográficas que demandan una planificación exhaustiva. Desde las imponentes cordilleras hasta las llanuras tropicales, el país nos sumerge en una diversidad geográfica que, aunque pintoresca, presenta desafíos significativos.

Los colombianos se encuentran entre los más alarmante a nivel de su seguridad, ya sea por el trabajo junto a la falta de conciencia de la población al conocer las amenazas que estos pueden estar presentando, pueden crear riesgo hacia los trabajadores que conlleven a perjudicarlos físicamente incluso la muerte.

Este plan de contingencia se concibe como una herramienta esencial, reconociendo las complejidades inherentes a nuestras condiciones topográficas, las variaciones climáticas notables y las amenazas naturales que, lamentablemente, pueden desencadenar situaciones imprevistas. En esta tarea crucial, buscamos anticiparnos y mitigar los riesgos, asegurando la ejecución exitosa de proyectos incluso en los escenarios más desafiantes que ofrece nuestra hermosa pero impredecible región.

Considerando lo expuesto anteriormente, a continuación, se propone la estructura del Plan de Preparación y Respuesta para Emergencias y Contingencias. Este tiene como objetivo proporcionar a los empleados habilidades teóricas y prácticas en la prevención y gestión de situaciones de emergencia. Esto se logrará a través de programas de orientación tanto individuales como grupales, capacitándolos para tomar medidas adecuadas de manera inmediata y precisa, con el fin de prevenir o reducir las posibles consecuencias derivadas de una emergencia.

6.2. CAMPO DE APLICACIÓN

Se aplicará a todas las actividades realizadas, dentro de las áreas administrativas y operativas que conforman el proyecto. El cual lo conforman los trabajadores, contratistas, visitantes y personal involucrado directa o indirectamente con las actividades que se desarrollaran en el proyecto.

El plan de Contingencia, incluyen las emergencias y contingencias que puedan afectar a la comunidad que conforma el AID del proyecto, trabajadores, instalaciones y ambiente.

6.3. JUSTIFICACIÓN

La imperante necesidad de afrontar y manejar con destreza los riesgos intrínsecos a la ejecución de proyectos constructivos. La complejidad de estos emprendimientos, influenciada por variables tan diversas como las condiciones climáticas y la topografía del terreno, demanda una preparación meticulosa y proactiva.

En primer lugar, la salvaguarda de la seguridad del personal constituye un pilar fundamental. La implementación de medidas preventivas y protocolos de respuesta en el plan de contingencia busca no solo reducir la exposición del personal a situaciones de riesgo, sino también dotarlos de los conocimientos y habilidades necesarios para actuar de manera efectiva y segura durante emergencias.

Asimismo, la integridad de la infraestructura ocupa un lugar central en esta justificación. Frente a amenazas naturales como sismos, inundaciones o eventos climáticos extremos, la anticipación y gestión adecuada de estos riesgos se convierten en elementos cruciales para preservar la estabilidad y funcionalidad de las construcciones.

La continuidad exitosa de la obra, en condiciones adversas, representa el tercer pilar de esta justificación. Un plan de contingencia bien diseñado no solo busca mitigar el impacto negativo de eventos imprevistos en términos de retrasos y costos, sino que también contribuye a mantener la coherencia y progreso del proyecto en el tiempo, asegurando su viabilidad y sostenibilidad.

En conclusión, la elaboración de un Plan de Contingencia en obras civiles responde a la necesidad de abordar los desafíos inherentes a la construcción de manera proactiva, garantizando la seguridad de las personas involucradas, la preservación de la infraestructura y la consecución exitosa de la obra, incluso en condiciones adversas y desafiantes.

6.4. OBJETIVOS

6.4.1. Objetivo general

Asegurar la integridad, la continuidad y la eficiencia del proyecto frente a amenazas naturales y contingencias, mediante la identificación proactiva de riesgos, la implementación de medidas preventivas y la respuesta rápida y coordinada del personal, con el objetivo primordial de preservar la seguridad de las personas y la infraestructura, minimizando cualquier impacto negativo en el desarrollo exitoso de los proyectos.

6.4.2. Objetivos específicos

- Garantizar una respuesta rápida y eficiente ante eventos imprevistos, minimizando el impacto en el desarrollo de las obras.
- Proteger la seguridad y bienestar del personal mediante la implementación de medidas preventivas y protocolos de evacuación.
- Proporcionar programas de capacitación periódicos para que el personal esté debidamente preparado y actualizado en cuanto a las medidas de contingencia.
- Realizar revisiones periódicas del plan de contingencia para identificar áreas de mejora y ajustar estrategias según la evolución de riesgos potenciales.

6.5. DEFINICIONES

Alerta: Estado que se declara con anterioridad a la manifestación de un evento peligroso, con base en el monitoreo del comportamiento, con el fin de que la empresa y población involucrada activen procedimiento de acción previamente establecidos.

Amenaza: Peligro latente de un evento físico de origen natural, o causado, o inducido por la acción humana de manera accidental, se presente con una severidad suficiente para causar pérdidas de vidas, lesiones u otros impactos en la salud, así como también daños y perdidas en los bienes, la infraestructura, los medios de sustento, la prestación de servicios y los recursos ambientales

Antecedentes: Hecho, evento o circunstancia que precede a otro y está relacionado de alguna manera con él. Son eventos o situaciones pasadas que tienen influencia o relevancia para comprender o evaluar un acontecimiento actual o futuro.

Brigada de emergencia: Un grupo organizado de personas dentro de una institución, empresa o comunidad, capacitado y preparado para actuar de manera coordinada en situaciones de emergencia.

Cadena de llamadas: Proceso secuencial de comunicación en el que las personas o entidades se contactan sucesivamente a través de llamadas telefónicas para transmitir información específica o para notificar sobre un evento, situación o emergencia.

Comité de emergencias: Grupo organizado de individuos designados y capacitados para coordinar y tomar decisiones eficientes en situaciones de crisis o emergencia.

Conocimiento del riesgo: Comprensión y conciencia que una persona, organización o comunidad tiene sobre las posibles amenazas, peligros o eventos adversos que podrían afectarlos. Este conocimiento implica identificar y comprender las características, la probabilidad y las posibles consecuencias asociadas a situaciones de riesgo específicas.

Contingencia ambiental: Se refiere a una situación inesperada o no planificada que involucra impactos negativos en el medio ambiente. Este término suele utilizarse para describir eventos, fenómenos o incidentes que generan consecuencias perjudiciales para el entorno natural, la salud humana o la biodiversidad.

Desastre: Es el resultado que se desencadena de la manifestación de uno o varios eventos naturales o antropogénicos no intencionales que, al encontrar condiciones propicias de vulnerabilidad en las personas, bienes, infraestructura, económico, ambiental, entre otros. Que altera las condiciones normales del funcionamiento de la sociedad.

Emergencia: Situación caracterizada por la alteración o interrupción intensa y grave de las condiciones normales de funcionamiento u operación de una comunidad, causada por un evento adverso o por la inminencia del mismo, que obliga a una reacción inmediata y que requiere la respuesta de las instituciones, medios de comunicación y de la población en general.

Exposición: Se refiere a la presencia de personas, medios de subsistencia, servicios ambientales y recursos económicos y sociales, bienes culturales e infraestructura que por su localización pueden ser afectados por la manifestación de una amenaza

Evacuación: Proceso de desplazar a personas de un lugar determinado hacia un área segura, generalmente como respuesta a una emergencia, amenaza o situación de riesgo inminente. El objetivo principal de la evacuación es salvaguardar la vida y la seguridad de las personas, alejándolas de áreas potencialmente peligrosas o afectadas por desastres naturales, eventos adversos, o situaciones de emergencia como incendios, inundaciones, terremotos, entre otros.

Explosión: Liberación súbita y violenta de energía, acompañada por una liberación de gases, calor, luz y ruido. Este fenómeno puede ocurrir debido a reacciones químicas, combustión rápida o liberación repentina de energía acumulada en un espacio confinado.

Incendio: Fenómeno en el cual los materiales combustibles entran en combustión, generando llamas y liberando calor, luz y gases. Los incendios pueden ocurrir de manera natural, como en el caso de los incendios forestales, o ser provocados por actividades humanas, ya sea de manera accidental o intencional.

Inminente: Se refiere a algo que está a punto de ocurrir de manera inmediata o en un futuro muy cercano. Indica que una situación, evento o acción es inminente cuando es inminente que suceda en un plazo breve, sin un margen considerable de tiempo. La palabra "inminente" sugiere que hay una alta probabilidad de que algo ocurra en breve y que se espera que suceda en un futuro próximo.

Movimiento sísmico: Desplazamiento o vibración de la Tierra causado por la liberación de energía acumulada en la corteza terrestre. Este fenómeno es comúnmente conocido como un terremoto o sismo. Los movimientos sísmicos son provocados por la actividad de las placas tectónicas que conforman la superficie de la Tierra.

Nivel de riesgo: Se refiere a la evaluación cuantitativa o cualitativa del potencial de pérdidas o daños asociados a una actividad, evento, situación o decisión. Este concepto implica medir la probabilidad de que ocurra un evento no deseado y la magnitud de sus posibles consecuencias.

Planeación de emergencias: Proceso sistemático de anticipar, preparar y organizar respuestas efectivas frente a situaciones críticas o inesperadas que puedan poner en peligro la seguridad, el bienestar y los recursos de una comunidad, organización o individuo. Este tipo de planeación busca minimizar el impacto de eventos adversos, como desastres naturales, accidentes, o cualquier otra situación de emergencia.

Plan de atención: Se asocia con la planificación y coordinación de servicios y cuidados para satisfacer las necesidades de una persona, grupo o comunidad en situaciones específicas, como en el ámbito de la salud o el bienestar social.

Primeros Auxilios: Atención inmediata y temporal que se brinda a una persona que ha sufrido una lesión o enfermedad repentina. Estas intervenciones tienen como objetivo preservar la vida, prevenir el empeoramiento de la situación y contribuir a la recuperación del afectado hasta que se pueda obtener ayuda médica profesional.

Riesgo: Posibilidad de que ocurra un evento no deseado que pueda tener impactos negativos o consecuencias adversas. En términos más simples, el riesgo es la probabilidad de que algo indeseado suceda y cause daño, pérdida o perjuicio.

Ruta de evacuación: Vía predeterminada y planificada que las personas deben seguir para abandonar de manera segura un edificio, área o lugar en caso de una emergencia. Estas rutas son diseñadas y señalizadas para guiar a las personas hacia zonas seguras durante situaciones críticas como incendios, sismos u otras emergencias que requieran la evacuación del lugar.

Vulnerabilidad: Susceptibilidad o propensión de una persona, comunidad o sistema a sufrir daños, pérdidas o afectaciones frente a situaciones adversas. La vulnerabilidad puede estar asociada a factores como la falta de recursos, la exposición a riesgos, la fragilidad de infraestructuras, entre otros.

6.6. MARCO LEGAL

Tabla 15. Marco legal riesgos

NORMATIVIDAD	DESCRIPCIÓN
Decreto 1072 del 2015	Por medio del cual se expide el Decreto Único Reglamentario del Sector Trabajo
Código Sanitario Nacional ley 9 de 1979	Por el cual se dictan medidas sanitarias
Decreto 614 de 1984	Por el cual determinan las bases para la organización y administración de Salud Ocupacional en el país
Decreto 919 de 1989	Por el cual se organiza el sistema Nacional para la Prevención y Atención de Desastres y se dictan otras disposiciones
Ley 99 de 1993	Por el cual se crea el Ministerio del Medio ambiente, se reordena el Sector Público encargado de la gestión y Conservación del medio ambiente y los recursos naturales renovables, se organiza el Sistema Nacional Ambiental, SINA, y se dictan otras disposiciones
Decreto/Ley 1295 de 1994	Por el cual se determina la organización yadministración del Sistema General de Riesgos Profesionales
Resolución 04445 de 1996	Por el cual se dictan normas para el cumplimiento del contenido del Título IV de la ley 09 de 1979, en lo referente a las condiciones sanitarias que deben cumplir las instituciones prestadoras de servicios de salud y se dictan otras disposiciones técnicas y administrativas
Ley 322 de 1996	Se crea el Sistema Nacional de Bomberos de Colombia y se dictan otras disposiciones
Decreto 93 de 1998	Por el cual se adopta el Plan Nacional para la Prevención y Atención de Desastres
NSR-10	Reglamento Colombiano de construcción sismo resistente
Normas InternacionalesNFPA	NFPA 1: Código de Prevención de Incendios NFPA 10: Establece el tipo, la distribución y uso de

NORMATIVIDAD	DESCRIPCIÓN
	extintores portátiles NFPA 20: Instalación de Bombas Centrífugas Contra Incendio NFPA 22: Tanques de Agua para Sistemas Privados Contra Incendios NFPA 30: Almacenamiento de líquidos inflamables y combustibles NFPA 54: Código Nacional de Gases Combustibles NFPA 58: Código del Gas Licuado del Petróleo NFPA 75: Protección de Equipos de Computación Electrónicos NFPA 72: Sistemas de Alarmas (serie 72) NFPA 101: Código de Seguridad Humana NFPA 170: Símbolos de Seguridad Contra Incendio NFPA 600: Formación de brigadas contra incendios NFPA 704: Diamante de Seguridad NFPA 1600: Prácticas Recomendadas para el Manejo de Desastres
Ley 1523 de 2012	Por el cual se adopta la política nacional de gestión del riesgo de desastres y se establece el Sistema Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres y se dictan otras disposiciones

6.7. ESTRUCTURA DE RESPUESTA A EMERGENCIAS

La gestión de emergencias exige una estructura organizativa que gestione eficientemente los recursos disponibles con el propósito de reducir al mínimo las lesiones, los daños o las pérdidas, al mismo tiempo que aclare cualquier confusión o incertidumbre entre el personal con relación a la autoridad durante situaciones de emergencia. Esta fase se compone de tres niveles que incluyen:

Tabla 16. Estructura de respuesta a emergencias

Nivel Estratégico	Comité Operativo de Emergencias, conformado por personal del proyecto
Nivel táctico	Jefe de Brigada
Nivel Operativo	Brigadistas Líderes de evacuación Guardas

	de seguridad Organismos de socorro y seguridad

- **Nivel estratégico**

La responsabilidad y autoridad administrativa y operativa de mayor nivel recae en el papel fundamental de tomar decisiones y establecer las acciones a seguir, siendo representada por el Comité de Emergencias. Este comité, integrado por aspectos administrativos y técnicos del proyecto, será el encargado de gestionar administrativamente el plan en su totalidad y tomar decisiones cruciales en caso de una emergencia.

- **Nivel Táctico**

Un jefe de brigada juega un papel crucial en la gestión de emergencias y evacuaciones en el que supervisa y coordina las actividades de la brigada de emergencia, asegurando una respuesta eficaz ante situaciones críticas. Colabora estrechamente con otros líderes de equipos de emergencia, como el personal de seguridad, primeros auxilios y evacuación. Participa en la planificación y desarrollo de protocolos de seguridad y evacuación.

6.7.1. Nivel operativo

El nivel operativo dentro de una estructura de respuesta a emergencias despliega un conjunto de funciones fundamentales orientadas a la ejecución práctica y táctica de las operaciones durante situaciones críticas. En esta fase, se centra en la implementación de procedimientos detallados previamente establecidos, con el objetivo de garantizar una respuesta efectiva y eficiente ante cualquier eventualidad.

La ejecución de los procedimientos operativos de emergencia se convierte en la columna vertebral de las acciones a llevar a cabo. Desde la activación temprana de recursos esenciales hasta la coordinación en el terreno, el nivel operativo se encarga de poner en marcha todos los elementos necesarios para hacer frente a la emergencia de manera inmediata.

La coordinación en el terreno se vuelve crucial, asegurando una comunicación fluida y eficaz entre los distintos equipos operativos. Además, la toma de decisiones en tiempo real y la adaptabilidad a las circunstancias cambiantes son elementos clave en este nivel, con el objetivo de optimizar los esfuerzos y minimizar los impactos negativos.

En resumen, el nivel operativo constituye el engranaje ejecutor de la respuesta a emergencias, desplegando acciones concretas y coordinadas para enfrentar los desafíos que puedan surgir, siempre con un enfoque orientado a la seguridad y el bienestar de los trabajadores y personal externo.

6.8. PLAN DE EVALUACIÓN

Detección del peligro:

- Implementar sistemas de detección de emergencias, como señalización de zonas de alto riesgo.
- Establecer procedimientos para la identificación temprana de amenazas.

Alarma:

- Desarrollar un sistema de alarmas claro y distintivo para alertar a todo el personal.
- Establecer protocolos para la comunicación rápida y efectiva de la alarma.

Respuesta del personal:

- Designar responsabilidades específicas para los miembros del personal en caso de emergencia
- Realizar entrenamientos regulares para que el personal esté familiarizado con los procedimientos de evacuación.

Salida del personal:

- Identificar rutas de evacuación seguras y claramente señalizadas
- Designar puntos de encuentro en lugares seguros del proyecto para garantizar la contabilidad del personal evacuado
- Establecer procedimientos para la asistencia a personas con necesidades especiales durante la evacuación.

6.9. SISTEMA DE ALARMA

El sistema de alerta y alarma consiste en la creación de una codificación de sonidos audibles que abarca todos los rincones de la empresa. Este enfoque tiene como

finalidad asegurar que todas las personas presentes en el lugar reciban la información relevante relacionada con situaciones de emergencia.

La alerta consta en la preparación para la evacuación indicando al personal que deben prepararse para evacuar cuando se dé la señal. En el proyecto se tendrá presente un pito en el que avisara a los trabajadores que deben prepararse para evacuar, apagar equipos, entre otros.

La activación de la alarma significara que debe activarse el plan de mitigación y evacuación de las instalaciones cuando ocurra una amenaza que ponga en riesgo la vida de los trabajadores.

6.10. EVALUACIÓN DE LA EMERGENCIA

Se utilizará el método TRIAGE la cual es utilizado para clasificar al personal accidentado de acuerdo con la severidad de la lesión y como este determina la prioridad de atención y sitio al cual se debe remitir. Se pueden clasificar las lesiones leves, moderada y severa.

Tabla 17. Evaluación de emergencia

SEVERIDAD DELA LESIÓN	COLOR	SIGNOS	DONDE REMITIR AL ACCIDENTADO
Leve	Verde	• Heridas que comprometen la piel levemente • Golpes por inflamación y dolor leve • Quemaduras grado I	Centro médico asistencial más cercano Nivel I
Moderada	Amarillo	• Heridas de sangrado moderado, no presentan signos de palidez, sudoración, mareo, no fracturas óseas. • Quemaduras de segundo grado I • Trauma en cráneo sin deformidad ósea, ni perdida de conciencia, hablando de forma coherente.	Centro médico de atención Nivel II
Severa	Rojo	• Hemorragias severas	Centro médico de

SEVERIDAD DELA LESIÓN	COLOR	SIGNOS	DONDE REMITIR AL ACCIDENTADO
		• Politraumatismo • Quemaduras de gradotipo III • Sospecha de infarto • Trauma cráneo cefálicosi presenta los siguientes síntomas: perdida de conciencia, habla incoherentemente, deformidad del cráneo, salida de sangre en losoídos, herida abierta que compromete el hueso	atención Nivel III Debe ser transportado de urgencias en una ambulancia

6.10.1. Posible emergencia y contingencia

A continuación, se presenta las posibles amenazas que se pueden presentar en el proyecto mientras se ejecutan las actividades.

Tabla 18. Posibles amenazas y contingencias

TIPO	POSIBLES AMENAZAS
Natural	• Lluvias fuertes • Remoción en masa • Movimiento sísmico • Inundaciones • Tormentas eléctricas
Estructural	• Fallas estructurales • Caída de postes y arboles • Incendios Explosiones
Publica	• Accidente de transito • Riesgo publico

6.10.2. Clasificación de la emergencia o contingencia

Con el fin de asegurar que la respuesta proporcionada por el Plan de Mitigación sea apropiada en términos de calidad y adecuada a la gravedad y peculiaridades de la situación, se definen los siguientes niveles de emergencia:

Tabla 19. Clasificación de la emergencia o contingencia

NIVEL DE EMERGENCIA	COLOR	DESCRIPCIÓN
I	Verde	✓ Limita su impacto a una sección específica de las instalaciones y puede gestionarse mediante el uso de recursos humanos y materiales disponibles en dicha área. ✓ Implica la movilización de trabajadores y visitantes presentes en la zona afectada. ✓ Causa un impacto ambiental mínimo y/o produce residuos no peligrosos en cantidades variables, o en pequeñas cantidades, posiblemente generando residuos peligrosos en una escala reducida. ✓ No tiene repercusiones que se extiendan a terceras personas.
II	Amarillo	✓ Se extiende de manera amplia en una región y tiene el potencial de impactar otras zonas. ✓ Incluye materiales afectados que pueden aumentar el riesgo de la situación. ✓ Demandaría la participación completa de la brigada y la asistencia de entidades externas. ✓ Implica la evacuación parcial de áreas afectadas durante la emergencia. ✓ Produce cantidades moderadas de residuos, ya no serán peligrosos o peligrosos, sin afectar a terceras personas.
III	Rojo	✓ Está sin control y afecta la totalidad de las instalaciones, con la posibilidad de afectar considerablemente a trabajadores y visitantes. ✓ La evacuación es completa, requiriendo que todo el personal se desplace hacia el punto de reunión final. ✓ Existe un riesgo inminente para las estructuras y el entorno. ✓ Se asocia con un riesgo natural de proporciones considerables.

NIVEL DE EMERGENCIA	COLOR	DESCRIPCIÓN
		✓ Provoca impactos ambientales significativos, incluyendo la generación de grandes cantidades de residuos peligrosos que afectan directamente al medio ambiente de manera descontrolada y que pueden tener implicaciones en otras áreas.

6.10.3. Identificación de las amenazas

Las amenazas están vinculadas al riesgo representado por la eventual aparición de un fenómeno físico, ya sea de origen natural, tecnológico o social, que puede manifestarse en un lugar específico y en un periodo determinado, generando consecuencias adversas para las personas, los bienes y el entorno. Al evaluar la amenaza, se realiza una predicción sobre la probabilidad de que ocurra el fenómeno, fundamentada en el análisis de su mecanismo desencadenante, el monitoreo del sistema perturbador y/o el registro de eventos a lo largo del tiempo. Específicamente en las instalaciones del proyecto. Las amenazas identificadas son:

Tabla 20. Identificación de las amenazas

Posible	Evento no sucedido, pero puede ocurrir	Verde
Probablemente	Evento ya ocurrido bajo ciertas condiciones	Amarillo
Inminente	Evento que tiene predisposición permanentea ocurrir, evidente y detectable	Rojo

Tabla 21. Evaluación de amenazas

TIPO	POSIBLES AMENAZAS	POSIBLE	PROBABLE	INMINENTE
Natural	Lluvias fuertes	**X**		
	Remoción en masa	**X**		
	Movimiento sísmico	**X**		
	Inundaciones	**X**		
	Tormentas	**X**		

	eléctricas			
Estructural	Fallas estructurales	**X**		
	Caída de postes y arboles	**X**		
	incendios	**X**		
	Explosiones	**X**		
	Accidente de transito	**X**		
Pública	Riesgo publico	**X**		

6.11. PROCEDIMIENTOS OPERATIVOS NORMALIZADOS

Las recomendaciones simples conocidas como Procedimientos Operativos Normalizados (PON) ofrecen orientación sobre cómo abordar una amenaza particular. Estos PON sirven como guías para gestionar situaciones de emergencia o contingencia, y es esencial que la Brigada de Emergencia reciba formación adecuada para su aplicación efectiva.

6.12. PLAN DE ACCIÓN

A continuación, se presentas las fichas del plan de acción de cada una de las posibles amenazas que pueden surgir:

- Lluvias fuertes
- Remoción en masa
- Movimiento sísmico
- Inundaciones
- Tormentas eléctricas
- Fallas estructurales
- Caídas de postes y arboles
- Inundaciones
- Explosiones
- Accidentes de transito
- Riesgo publico

Cada ficha cuenta con;

- Objetivo
- Prioridad
- Riesgos asociados
- Personal bajo el control de la organización
- Comité operativo de emergencias
- Jefe de brigada
- Brigadas de emergencias

LLUVIAS FUERTES		
OBJETIVO	Establecer procedimientos estándar de operación en caso de presencia de lluvias fuertes, en las obras en ejecución	
	**PRIORIDAD** ✓ Salvaguardar los bienes de la empresa ✓ Reducir al máximo el número de afectados o víctimas de la emergencia	**RIESGOS ASOCIADOS** ✓ Lesiones y/o muerte ✓ Daños en los equipos y pérdidas materiales
PERSONAL BAJO EL CONTROL DE LA ORGANIZACIÓN	**Si observa que se encuentra expuesto a fuertes lluvias, usted debe hacer lo siguiente:** ✓ Identificar áreas de refugio y permanecer en ellas durante el estado de emergencia, si es necesario. ✓ Manténgase alejado de cuerpos de agua como ríos, caños, canales y quebradas. ✓ Evite lugares con taludes, pozos, excavaciones y árboles de gran tamaño. ✓ Desconecte todos los equipos y sistemas eléctricos. ✓ Informe cualquier daño observado en equipos, instalaciones o lesiones al personal. ✓ Notifique a sus colegas y a los equipos de emergencia. ✓ Coloque vehículos en lugares elevados y fuera ✓ de riesgo de inundación. ✓ Desaloje áreas susceptibles a inundaciones.	
COMITÉ OPERATIVO DE EMERGENCIAS	✓ Coordine la evacuación de zonas de riesgo de inundación ✓ Evalué daños y lesiones presentados durante y después al estado de emergencia ✓ Solicite apoyo externo (Bomberos, Cruz Roja, Defensa Civil, entre otros) en caso de ser necesario	

LLUVIAS FUERTES	
	✓ Determina si es necesario evacuar parcial o Completamente ✓ Determinar los peligros que continúan latentes por las fuertes lluvias
JEFE DE BRIGADA	✓ Supervise las operaciones de la brigada de emergencia, realizando evacuaciones en áreas propensas a avalanchas o inundaciones. ✓ Solicite asistencia al Centro de Operaciones de Emergencia (COE) en caso de ser requerido. ✓ Facilite la movilización rápida del personal hacia los refugios predefinidos. ✓ Organice las tareas de comunicación interna y, si es necesario, en colaboración con las autoridades externas competentes. ✓ Realice inspecciones en las instalaciones después de que la emergencia haya concluido.
BRIGADAS DE EMERGENCIAS	✓ Brindar asistencia a los heridos aplicando los conocimientos en primeros auxilios. ✓ Colaborar en el traslado de personas lesionadas a los centros médicos. ✓ Responder de inmediato a la situación de emergencia. ✓ Guiar al personal hacia las áreas de refugio durante la emergencia. ✓ Informar al jefe de brigada acerca de todas las acciones realizadas.

REMOCIÓN EN MASA		
OBJETIVO	Establecer procedimientos estándar de operación encaso de que se presente alguna remoción en masa en las obras en ejecución	
	**PRIORIDAD** ✓ Minimizar el número de personas afectadas ✓ Salvaguardar los bienes de la empresa	**RIESGOS ASOCIADOS** ✓ Lesiones, ahogamiento, fracturas y/o muerte ✓ Daños en los equipos y pérdidas materiales
PERSONAL BAJO EL CONTROL DE LA ORGANIZACIÓN	**Si observa que se encuentra expuesto a fuertesllluvias, usted debe hacer lo siguiente:** ✓ Notificar a todo el personal en servicio sobre la situación. ✓ Desplácese hacia el lugar de reunión, preferiblemente lejos de la zona afectada. ✓ Comuníquese con su supervisor si es factible. ✓ Informe sobre colegas atrapados o perjudicadospor la situación. ✓ Aguarde instrucciones del Centro de Operacionesde Emergencia (COE) o del equipo de emergencia. ✓ Estar atento a las instrucciones de los grupos de apoyo o brigadas de emergencia	
COMITÉ OPERATIVODE EMERGENCIAS	✓ Identificar la ubicación del incidente. ✓ Evaluar las condiciones de seguridad antes deiniciar la eliminación del material. ✓ Pedir asistencia a grupos externos si es requerido. ✓ Investigar el número de personas afectadas porla situación. ✓ Calcular las pérdidas humanas y económicas derivadas de la emergencia.	
JEFE DE BRIGADA	✓ Identificar al personal y/o contratistas de la organización que estén ausentes y verificar su ubicación. ✓ Gestionar las tareas de comunicación interna, y si es necesario, en colaboración con las autoridadesexternas competentes. ✓ Supervisar la evacuación, ya sea parcial o total, dependiendo de la gravedad del incidente.	

REMOCIÓN EN MASA	
	✓ Garantizar la seguridad de la brigada de emergencias durante el evento y gestionar los recursos necesarios para ello.
BRIGADAS DE EMERGENCIAS	✓ Evaluar a las víctimas y proporcionar atención de primeros auxilios, iniciando la evacuación o traslado de personas afectadas según la gravedad. ✓ Colaborar con equipos externos en la búsqueda de víctimas. ✓ Asistir en el traslado de personas lesionadas a centros médicos. ✓ Permitir el paso de peatones o vehículos cuando las condiciones de seguridad lo permitan.

MOVIMIENTO SÍSMICO		
OBJETIVO	Establecer procedimientos estándar de operación en caso de presencia de sismos en la obra en ejecución	
	**PRIORIDAD** ✓ Minimizar el número de personas afectadas ✓ Salvaguardar los bienes de la empresa	**RIESGOS ASOCIADOS** ✓ Lesiones, ahogamiento, fracturas y/o muerte ✓ Daños en los equipos y pérdidas materiales ✓ Fuego, riesgo eléctrico, inundaciones por redes hidráulicas o domésticas.
PERSONAL BAJO EL CONTROL DE LA ORGANIZACIÓN	**Si observa que se encuentra expuesto a fuertes lluvias, usted debe hacer lo siguiente:** ✓ Detener de inmediato el suministro de electricidad, gas y combustibles a todos los equipos y maquinaria. ✓ Buscar refugio en un área segura, como al lado de una columna o un archivador. ✓ Permanecer en su lugar hasta que el temblor concluya, evitando intentar salir durante el evento. ✓ Mantenerse alejado de ventanas, estanterías altas, lámparas y cualquier elemento suspendido o que pueda caer. ✓ Resguardar la cabeza y el cuello con las manos. ✓ Estar atento a las instrucciones de los grupos de apoyo o brigadas de emergencia	
COMITÉ OPERATIVO DE EMERGENCIAS	✓ Identificar el momento oportuno para ordenar la evacuación, si es necesario. ✓ Evaluar la infraestructura y los riesgos existentes. ✓ Coordinar las actividades de protección y evacuación del personal. ✓ Mantener una comunicación constante con el líder de la brigada.	
JEFE DE BRIGADA	✓ Analizar la situación actual. ✓ Supervisar los riesgos presentes en el área. ✓ Confirmar la interrupción del suministro eléctrico. ✓ Mantener comunicación con el Comité de Emergencias. ✓ Coordinar la organización de los brigadistas para	

MOVIMIENTO SÍSMICO	
	empezar a gestionar la situación.
BRIGADAS DE EMERGENCIAS	✓ Colaboran en el proceso de evacuación. ✓ Brindar asistencia de primeros auxilios si esnecesario. ✓ Participan en operaciones de búsqueda y rescate. ✓ Implementan el Plan de Evacuación de manera anticipada. Coordinan asistencia con organismos de socorro y seguridad.

<table>
<tr><th colspan="3">INUNDACIONES</th></tr>
<tr><td>OBJETIVO</td><td colspan="2">Establecer procedimientos estándar de operación encaso de presencia de inundaciones en la obra en ejecución</td></tr>
<tr><td rowspan="2">  </td><td>PRIORIDAD</td><td>RIESGOS ASOCIADOS</td></tr>
<tr><td>✓ Minimizar el número de personas afectadas
✓ Determinar los lugares propensos a inundarse</td><td>✓ Lesiones, ahogamiento, fracturas y/o muerte
✓ Daños en los equipos y pérdidas materiales</td></tr>
<tr><td>PERSONAL BAJO EL CONTROL DE LA ORGANIZACIÓN</td><td colspan="2">Si observa que se encuentra expuesto a fuertes lluvias, usted debe hacer lo siguiente:
✓ Conservar la calma e informar a los colegas sobre la situación.
✓ Detener de inmediato las actividades en curso.
✓ Cortar el suministro eléctrico a equipos y maquinaria.
✓ Si hay tiempo, resguardar objetos y documentos valiosos en lugares elevados.
✓ Evacuar según el plan establecido.
✓ Refugiarse en un lugar elevado.
✓ Evitar cargar objetos pesados, llevando solo lo esencial.
✓ Brindar primeros auxilios a los heridos si se cuenta con capacitación, y trasladarlos a un centro asistencial.
✓ En caso de evacuación, no regresar por objetos olvidados.
✓ Estar atento a las instrucciones de los grupos de apoyo o brigadas de emergencia</td></tr>
<tr><td>COMITÉ OPERATIVO DE EMERGENCIAS</td><td colspan="2">✓ Inicia la implementación del Plan de Respuesta a Emergencias convocando a los equipos de apoyo internos (Brigadas de emergencia y brigada de apoyo) y, si es necesario, a grupos externos.
✓ Organiza las tareas relacionadas con la protección y evacuación del personal.
✓ Mantiene una comunicación constante con el líder de la brigada.</td></tr>
</table>

INUNDACIONES	
JEFE DE BRIGADA	✓ Realice una inspección detallada de la edificación. No reanude las actividades normales hasta confirmar que no existen riesgos asociados a la infraestructura. ✓ Confirme la interrupción del suministro eléctrico. ✓ Identifique los puntos de desagüe y proceda a abrirlos. ✓ Mantenga una comunicación constante con el Comité de Emergencias.
BRIGADAS DE EMERGENCIAS	✓ Colaboran en el proceso de evacuación. ✓ Verifican el estado de las vías internas y externas. ✓ Coordinan la limpieza de la infraestructura para prevenir la presencia de humedad, que podría generar hongos y bacterias. ✓ Brindan asistencia de primeros auxilios si es necesario. ✓ Contribuyen en operaciones de búsqueda y rescate. ✓ Coordinan la colaboración con organismos de socorro y seguridad.

TORMENTAS ELÉCTRICAS		
OBJETIVO	Establecer procedimientos estándar de operación encaso de presencia de tormentas eléctricas en la obra en ejecución	
	**PRIORIDAD**	**RIESGOS ASOCIADOS**
	✓ Minimizar el número de personas afectadas ✓ Prevenir y controlar los incendios provocados por las tormentas eléctricas	✓ Lesiones, quemaduras, fracturas y/o muerte ✓ Daños en los equipos y pérdidas materiales
PERSONAL BAJO EL CONTROL DE LA ORGANIZACIÓN	**Si observa que se encuentra expuesto a fuertes lluvias, usted debe hacer lo siguiente:** ✓ Identifique áreas de refugio y permanezca en ellas durante el estado de emergencia. ✓ Manténgase alejado de estructuras elevadas que sirvan como pararrayos. ✓ Desconecte todos los equipos e instalaciones eléctricas. ✓ Evite el contacto con superficies húmedas. ✓ Informe cualquier daño observado en equipos, instalaciones o lesiones al personal. ✓ Estar atento a las instrucciones de los grupos de apoyo o brigadas de emergencia	
COMITÉ OPERATIVO DE EMERGENCIAS	✓ Realice una evaluación de los daños y las lesiones ocurridas durante y después del estado de emergencia. ✓ Pida asistencia externa (Bomberos, Cruz Roja, etc.) si es necesario. ✓ Coordine las operaciones de la brigada de emergencia. ✓ Solicite recursos al Centro de Operaciones de Emergencia (COE) en caso de ser necesarios. ✓ Facilite la movilización rápida del personal hacia los refugios predefinidos.	
JEFE DE BRIGADA	✓ Realice una inspección detallada de la edificación. No reanude las actividades normales hasta confirmar que no existen riesgos asociados a la infraestructura. ✓ Confirme la interrupción del suministro eléctrico. ✓ Mantenga una comunicación constante con el ✓ Comité de Emergencias.	
BRIGADAS DE EMERGENCIAS	✓ Colaboran en el proceso de evacuación. ✓ Verifican el estado de las vías internas y externas.	

TORMENTAS ELÉCTRICAS	
	✓ Coordinan la limpieza de la infraestructura para prevenir la presencia de humedad, que podría generar hongos y bacterias. ✓ Brindan asistencia de primeros auxilios si es necesario. ✓ Contribuyen en operaciones de búsqueda y rescate. Coordinan la colaboración con organismos de socorro y seguridad.

FALLAS ESTRUCTURALES		
OBJETIVO	Establecer procedimientos estándar de operación encaso de presencia de fallas estructurales en la obra en ejecución	
	**PRIORIDAD** ✓ Minimizar el número de personas afectadas ✓ Salvaguardar los bienes de laempresa	**RIESGOS ASOCIADOS** ✓ Lesiones, quemaduras, fracturas y/omuerte ✓ Incendios, explosiones y colapso de estructuras
PERSONAL BAJO EL CONTROL DE LA ORGANIZACIÓN	**Si observa que se encuentra expuesto a fuertes lluvias, usted debe hacer lo siguiente:** ✓ Informar sobre grietas, fisuras u otras fallas en la estructura del edificio. ✓ Identificar y evacuar áreas con evidentes problemas estructurales. ✓ En caso de una falla activa durante su presencia, refugiarse en un lugar seguro (bajo una mesa, marco de puerta, junto a una columna). ✓ Si la falla está en curso durante su permanencia, alejarse de elementos no estructurales (vidrios, ventanas, lámparas colgantes, techos falsos y mampostería).	
COMITÉ OPERATIVO DE EMERGENCIAS	✓ Pide asistencia inmediata a equipos externos (Bomberos, Cruz Roja y Defensa Civil). ✓ Solicita una evaluación de la vulnerabilidadsísmica de la edificación. ✓ Identifica y limita el acceso a las zonas con riesgo inminente de colapso. ✓ Informa al líder de la brigada acerca de las áreas vulnerables al colapso.	
JEFE DE BRIGADA	✓ Supervisa las operaciones de la brigada deemergencia en áreas con fallas estructurales activas. ✓ Solicita recursos de respuesta de emergencia si es necesario (materiales y equipos de refuerzo estructural). ✓ Ordena la evacuación de áreas en riesgo de colapso estructural.	

FALLAS ESTRUCTURALES	
BRIGADAS DE EMERGENCIAS	✓ Ejecuta la evacuación de personal parcial o total de la edificación. ✓ Brinda la prestación de primeros auxilios a lesionados durante el estado de emergencias ✓ Ejecuta maniobras de rescate por atrapamientos bajo escombros. ✓ Brinda apoyo a grupos de apoyo externo, que participan en la atención del estado de emergencias. ✓ Corta el suministro de energía peligrosa (Electricidad, redes de gas, redes de agua).

CAÍDA DE POSTES Y ÁRBOLES		
OBJETIVO	Establecer procedimientos estándar de operación en caso de presencia de una caída de postes y/o árboles en la obra en ejecución	
	**PRIORIDAD**	**RIESGOS ASOCIADOS**
	✓ Minimizar el número de personas afectadas	✓ Lesiones, quemaduras, fracturas y/o muerte ✓ Daños en los equiposy pérdidas materiales
PERSONAL BAJO EL CONTROL DE LA ORGANIZACIÓN	**Si observa que se encuentra expuesto a fuertes lluvias, usted debe hacer lo siguiente:** ✓ Comunica al supervisor la presencia de grietas, fisuras o fallos en árboles y/o postes. ✓ Notifica a los brigadistas y a los equipos de apoyo externo si hay personas atrapadas debido a la caída de árboles y/o postes. ✓ Evite acercarse a áreas marcadas. ✓ Identifique zonas con árboles y/o postes que presenten grietas o defectos evidentes.	
COMITÉ OPERATIVO DE EMERGENCIAS	✓ Analizar los daños ocasionados, prestando especial atención a los daños en las redes de servicio eléctrico. ✓ Informar a las empresas de servicios públicos afectadas. ✓ Coordinar la logística para reparar los daños y reanudar las actividades en las áreas afectadas.	
JEFE DE BRIGADA	✓ Supervisar las operaciones de la brigada en la atención de heridos si es necesario. ✓ Delimitar áreas de trabajo afectadas hasta que se normalicen. ✓ Mantener una comunicación constante con el Centro de Operaciones de Emergencia (COE). ✓ Pedir recursos para la normalización de la zona afectada.	
BRIGADAS DE EMERGENCIAS	✓ Si la caída del poste o árbol género lesión en trabajadores se aplicará el siguiente protocolo • Valorar la escena. • Asegurar el área. • Valorar al lesionado • Tratar la lesión.	

<table>
<tr><th colspan="3">INCENDIOS</th></tr>
<tr><td>OBJETIVO</td><td colspan="2">Establecer procedimientos estándar de operación en caso de presencia de incendios en la obra en ejecución</td></tr>
<tr><td rowspan="2">  </td><td>PRIORIDAD</td><td>RIESGOS ASOCIADOS</td></tr>
<tr><td>✓ Minimizar el número de personas afectadas
✓ Controlar y prevenir los incendios que se presente</td><td>✓ Lesiones, quemaduras, fracturas y/o muerte
✓ Daños en los equipos y pérdidas materiales</td></tr>
<tr><td>PERSONAL BAJO EL CONTROL DE LA ORGANIZACIÓN</td><td colspan="2">Si observa que se encuentra expuesto a fuertes lluvias, usted debe hacer lo siguiente:
✓ Detener de inmediato las actividades que está llevando a cabo.
✓ Informar del incidente al responsable del área o frente de obra.
✓ Cortar de inmediato el suministro eléctrico a equipos y maquinaria.
✓ Si cuenta con capacitación, utilizar el medio de extinción adecuado y controlar el fuego. Si no tiene formación, alejarse del área y esperar lallegada de los grupos de apoyo o la brigada contra incendios, siguiendo sus indicaciones.
✓ Si hay víctimas y usted NO tiene formación en primeros auxilios, acompañar a la víctima hasta que lleguen los grupos de apoyo.
✓ Si el incendio está fuera de control, distanciarse del área y prepararse para evacuar.
✓ Durante la evacuación, no regresar en ninguna circunstancia y cerrar cada puerta que pase sin asegurar para aislar la situación.
✓ Si el humo dificulta la visibilidad, desplazarse agachado, gateando o arrastrándose según sea necesario.</td></tr>
<tr><td>COMITÉ OPERATIVODE EMERGENCIAS</td><td colspan="2">✓ Decide la evacuación parcial o total.
✓ Notifica a los organismos de socorro y seguridad.
✓ Mantiene una comunicación constante con el líder de la brigada.</td></tr>
</table>

INCENDIOS	
JEFE DE BRIGADA	✓ Analiza la situación actual. ✓ Gestiona los riesgos existentes en el área. ✓ Mantiene comunicación con el Comité de Emergencias. ✓ Coordinar las acciones de los brigadistas para ✓ iniciar el control de la situación.
BRIGADAS DE EMERGENCIAS	✓ Interrumpen el suministro de energía y combustibles en maquinaria y equipos. ✓ Aseguran y delimitan el área afectada. ✓ Evalúan la naturaleza y la magnitud del incendio. ✓ Inician la lucha contra el fuego asegurando la zona y utilizando el extintor apropiado según la clase de incendio. ✓ Solicitan asistencia si la situación supera su capacidad de respuesta.

EXPLOSIONES		
OBJETIVO	Establecer procedimientos estándar de operación encaso de presencia de una explosión en la obra en ejecución	
	**PRIORIDAD**	**RIESGOS ASOCIADOS**
	✓ Minimizar el número de personas afectadas ✓ Controlar y prevenirlos incendios que se presente	✓ Lesiones, quemaduras, fracturas y/omuerte ✓ Daños en los equipos y pérdidas materiales ✓ Incendios, contaminación porsustancias químicas
PERSONAL BAJO EL CONTROL DE LA ORGANIZACIÓN	**Si observa que se encuentra expuesto a fuertes lluvias, usted debe hacer lo siguiente:** ✓ Mantén la calma en todo momento. ✓ Detén de inmediato las actividades que estás llevando a cabo. ✓ Informa al jefe del área o frente de obra sobre la situación. ✓ Verifica las condiciones del lugar y, solo si es estrictamente necesario, evacua según el plan establecido. ✓ Corta de inmediato el suministro eléctrico a equipos y maquinaria, y suspende el suministro de productos químicos o combustibles según los protocolos. ✓ Si cuentas con formación, brinda primeros auxilios a los heridos y remítelos a un centro asistencial. ✓ En caso de evacuación, no regreses por objetos olvidados.	
COMITÉ OPERATIVODE EMERGENCIAS	✓ Determina si es necesaria una evacuación parcial o total. ✓ Pone en marcha el Plan de Respuesta a Emergencias, convocando a los grupos de apoyo internos (Brigadas de emergencia y brigada de apoyo) y externos, si es necesario. ✓ Activa la cadena de llamadas. ✓ Coordina con los equipos externos los puntos críticos según los planos de la empresa. ✓ Según los requisitos, establece la comunicación con los grupos de apoyo externo necesarios	

EXPLOSIONES	
JEFE DE BRIGADA	✓ Analiza la situación que se está desarrollando. ✓ Gestiona los riesgos presentes en el área. ✓ Confirma la interrupción del suministro eléctrico. ✓ Mantiene una comunicación constante con elComité de Emergencias. ✓ Coordina las acciones de los brigadistas para iniciar el control de la situación.
BRIGADAS DE EMERGENCIA	✓ Evalúan la situación que se está desarrollando. ✓ Evitan el pánico individual y colectivo, apoderándose de la información sobre la posible causa. ✓ Acordonan y aseguran el área. ✓ Controlan los riesgos en la zona de impacto. ✓ Realizan la evacuación o resguardo del personalen un área segura. ✓ Clasifican a los heridos. ✓ Brindan primeros auxilios a las víctimas. ✓ Identifican y controlan las condiciones de riesgode incendio. ✓ Apoyan a los grupos de bomberos. ✓ Mantienen el control de acceso de personal ajenoal lugar de la emergencia, con el apoyo de la fuerza pública. ✓ Confirman la causa de la fuente generadora del sonido de la detonación. ✓ Orientan a las personas para que se coloquen a salvo en este tipo de eventos. ✓ Verifican quiénes están involucrados (afectados o causantes).

ACCIDENTE DE TRÁNSITO		
OBJETIVO	Establecer procedimientos estándar de operación encaso de presencia de un accidente de tránsito en la obra.	
	**PRIORIDAD** ✓ Minimizar el número de personas afectadas.	**RIESGOS ASOCIADOS** ✓ Lesiones, quemaduras, fracturas y/omuerte ✓ Daños en los equipos y pérdidas materiales
PERSONAL BAJO EL CONTROL DE LA ORGANIZACIÓN	**Si observa que se encuentra expuesto a fuertes lluvias, usted debe hacer lo siguiente:** ✓ Siga todas las señales de tránsito. ✓ No sobrepase los límites de velocidad establecidos. ✓ Evite usar el celular al caminar o al conducir. ✓ Utilice siempre el cinturón de seguridad. ✓ No desplace el vehículo hasta que lleguen las autoridades competentes.	
COMITÉ OPERATIVO DE EMERGENCIAS	✓ Supervisa la respuesta al evento según su ubicación. ✓ Organiza los recursos de transporte para la brigada de emergencia cuando el tiempo de respuesta sea crucial. ✓ Informa a las aseguradoras (de vehículos y ARL). ✓ Mantiene contacto con los lesionados cuando la situación lo permita.	
JEFE DE BRIGADA	✓ Ningún vehículo puede salir de la instalación sinuna orden. ✓ Colaborar con las autoridades externas competentes.	
BRIGADAS DE EMERGENCIAS	✓ Atiende la emergencia cuando el evento estádentro del alcance de la Brigada. ✓ Examina el estado de los involucrados, identificando traumas, heridas graves o lesiones. ✓ Brinda atención a todos los lesionados en el accidente de tránsito, sin importar si sonempleados de la empresa o terceros.	

RIESGO PÚBLICO	
OBJETIVO	Establecer procedimientos estándar de operación encaso de presencia de un riesgo público en la obra en ejecución
	**PRIORIDAD** ✓ Minimizar el número de personas afectadas **RIESGOS ASOCIADOS** ✓ Lesiones, robos, fracturas y/o muerte ✓ Daños en los equipos y pérdidas materiales
PERSONAL BAJO EL CONTROL DE LA ORGANIZACIÓN	**Si observa que se encuentra expuesto a fuertes lluvias, usted debe hacer lo siguiente:** Dentro de las instalaciones: ✓ No divulgar información personal ni interna de la empresa a terceros. ✓ Informar cualquier incidente que genere sospechas de robo o intenciones maliciosas. Fuera de las instalaciones: ✓ Informar de inmediato a la empresa y/o a la policía sobre la presencia de personas desconocidas o eventos inesperados. ✓ Mantenerse alejado de la situación, protegiendo sus propiedades y las de la empresa. ✓ En caso de actos vandálicos, buscar refugio seguropara su seguridad personal. ✓ Informar a su supervisor sobre su ubicación.
COMITÉ OPERATIVODE EMERGENCIAS	✓ Establece métodos de comunicación con todo el personal durante el estado de emergencia. ✓ Confirma las consecuencias del incidente. ✓ Contacta a la Policía Nacional y otros grupos externos de apoyo. ✓ Verifica la veracidad de la información mediante testimonios de testigos e involucrados. ✓ Evalúa instalaciones y personal al finalizar el evento.
JEFE DE BRIGADA	✓ Coordinar las maniobras de atención durante y después del evento. ✓ Informar al COE sobre los eventos ocurridos y las acciones llevadas a cabo.
BRIGADAS DE EMERGENCIAS	✓ Supervisar el acceso a las áreas afectadas por la emergencia, autorizando solo la entrada de personal autorizado.

RIESGO PÚBLICO	
	✓ Examinar las rutas internas y externas de evacuación. ✓ Brinda atención a todos los lesionados en el accidente de tránsito, sin importar si son empleados de la empresa o terceros.

7.PRESUPUESTO AMBIENTAL

DIRECCION: CL 109 14B -60 OF 204 BR CHICO NORTE, BOGOTÁ
E-MAIL: consorciopebji@gmail.com
TELEFONO: 3102778858
Bogotá, Distrito Capital

7.1. PRESUPUESTO AMBIENTAL

La implementación y ejecución del **PLAN DE ADAPTACIÓN DE LA GUÍA AMBIENTAL (PAGA)** para el desarrollo del proyecto **"DIAGNÓSTICO Y EJECUCIÓN DE OBRAS DE EMERGENCIA PARA MITIGAR EL RIESGO DE DAÑO Y/O COLAPSO DE PUENTES UBICADOS EN EL DEPARTAMENTO POR LA AFECTACIÓN CAUSADA POR EFECTO DE LA OLA INVERNAL, DECLARADA EN VIRTUD DEL DECRETO DE CALAMIDAD PÚBLICA NO. 0522 DE 24 DE MAYO DE 2025, CELEBRADO ENTRE EL DEPARTAMENTO DE BOYACÁ Y CONSORCIO PEB-JI",** contempla la relación y cotización de los recursos necesarios para la implementación de los distintos programas ambientales formulados, orientados a la prevención, disminución, mitigación y/o compensación de los impactos ambientales negativos. En soporte a lo mencionado, se presenta **ANEXO 3. PRESUPUESTO PAGA – PUENTE PUEBLITO BOYACENSE.**

8. CRONOGRAMA AMBIENTAL

DIRECCION: CL 109 14B -60 OF 204 BR CHICO NORTE, BOGOTÁ
E-MAIL: consorciopebji@gmail.com
TELEFONO: 3102778858
Bogotá, Distrito Capital

8.1. CRONOGRAMA AMBIENTAL

El desarrollo cronológico de las distintas recomendaciones de manejo y control ambiental y social para el proyecto a ejecutar por la **DIAGNOSTICO Y EJECUCIÓN DE OBRAS DE EMERGENCIA PARA MITIGAR EL RIESGO DE DAÑO Y/O COLAPSO DE PUENTES UBICADOS EN EL DEPARTAMENTO POR LA AFECTACIÓN CAUSADA POR EFECTO DE LA OLA INVERNAL, DECLARADA EN VIRTUD DEL DECRETO DE CALAMIDAD PUBLICA NO. 0522 DE 24 DE MAYO DE 2025, CELEBRADO ENTRE EL DEPARTAMENTO DE BOYACÁ Y CONSORCIO PEB-JI.,** está relacionado directamente con la programación del proyecto de ingeniería, pues en la medida que se presenten las situaciones aquí mencionadas, se deberá realizar dicha implementación y seguimiento.

Ante ello, la programación propuesta en la implementación del **PLAN DE ADAPTACIÓN DE LA GUÍA AMBIENTAL - PAGA** que deberá abarcar el mismo periodo de construcción, verificando que el área involucrada haya quedado limpia y sin problemas, incluyendo las relacionadas con las comunidades. Con lo mencionado anteriormente se relaciona el **ANEXO 4. CRONOGRAMA AMBIENTAL.**

De la misma manera, se realizará el cronograma de Capacitaciones Ambientales con el fin de concientizar al personal de obra. Se hace relación de lo mencionado anteriormente mediante el **ANEXO 5. CRONOGRAMA CAPACITACIONES AMBIENTALES**

ANEXOS

DIRECCION: CL 109 14B -60 OF 204 BR CHICO NORTE, BOGOTÁ
E-MAIL: consorciopebji@gmail.com
TELEFONO: 3102778858
Bogotá, Distrito Capital

ANEXO 1.

CANTERAS

DIRECCION: CL 109 14B -60 OF 204 BR CHICO NORTE, BOGOTÁ
E-MAIL: consorciopebji@gmail.com
TELEFONO: 3102778858
Bogotá, Distrito Capital

CONSORCIO PEB – JI
901.977.234-8

POSIBLES PROVEEDORES DE MATERIALES PÉTREOS

DIAGNOSTICO Y EJECUCIÓN DE OBRAS DE EMERGENCIA
PARA MITIGAR EL RIESGO DE DAÑO Y/O COLAPSO DE PUENTES UBICADOS EN EL DEPARTAMENTO POR LA AFECTACIÓN CAUSADA POR EFECTO DE LA OLA INVERNAL, DECLARADA EN VIRTUD DEL DECRETO DE CALAMIDAD PUBLICA NO. 0522 DE 24 DE MAYO DE 2025, CELEBRADO ENTRE EL DEPARTAMENTO DE BOYACÁ Y CONSORCIO PEB-JI.

PUENTE PUEBLITO BOYACENSE – DUITAMA

GOBERNACIÓN DE Boyacá

DIRECCION: CL 109 14B -60 OF 204 BR CHICO NORTE, BOGOTÁ
E-MAIL: consorciopebji@gmail.com
TELEFONO: 3102778858
Bogotá, Distrito Capital

TABLA DE CONTENIDO

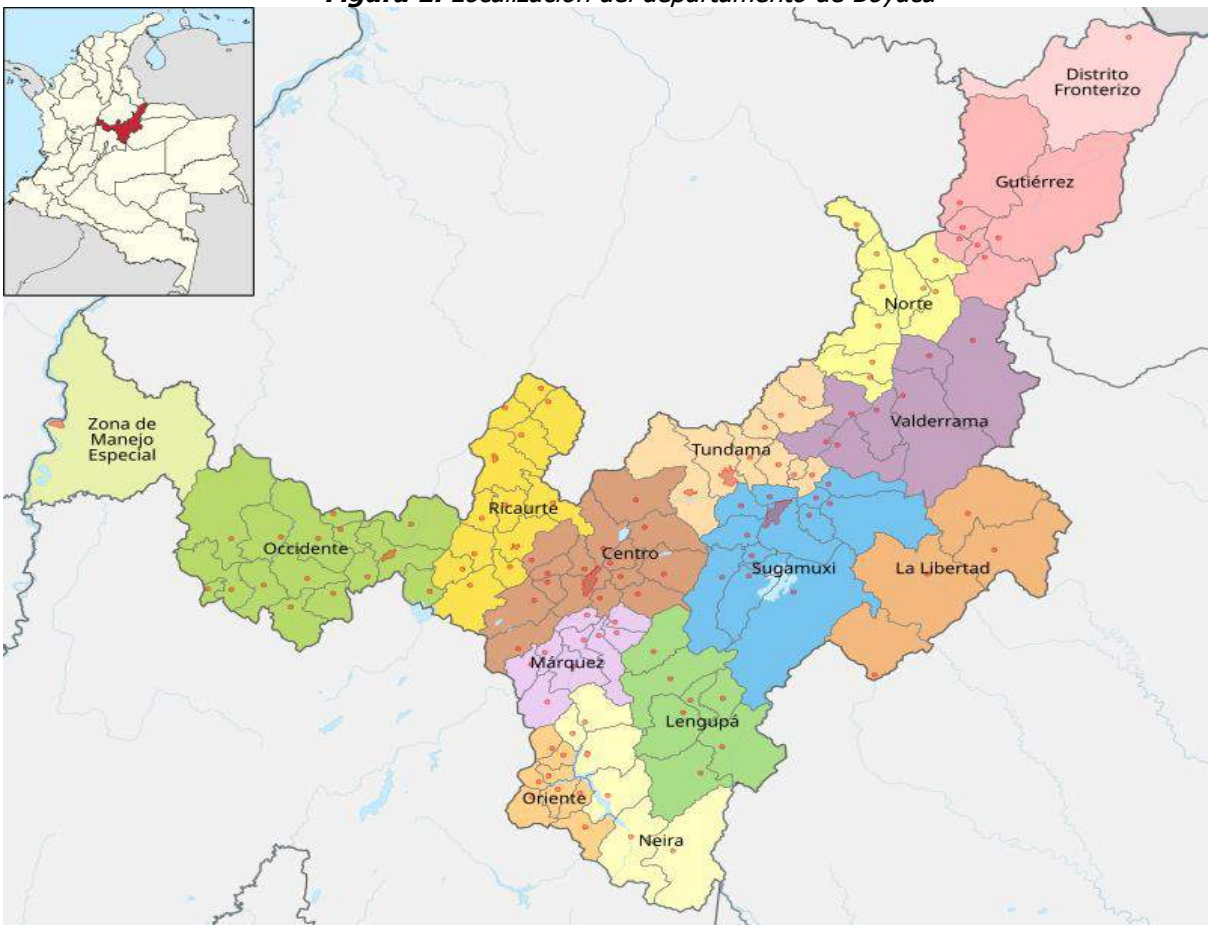
1. LOCALIZACIÓN DEL PROYECTO....3
2. POSIBLES PROVEEDORES DE MATERIALES PÉTREOS....6
2.1. CANTERA SAN JOSÉ PAIPA....7
2.1.1. DISTANCIA CANTERA SAN JOSÉ PAIPA – PROYECTO DEL MUNICIPIO DE DUITAMA....8
2.2. CENTRAL DE TRITURADOS S.A.S....9
2.2.1. DISTANCIA CENTRAL DE TRITURADOS S.A.S – PROYECTO DEL MUNICIPIO DE DUITAMA....10
2.3. EMPRESA ASFALTO S.A.S.....11
2.3.1. DISTANCIA ASFALTO S.A.S. – PROYECTO DEL MUNICIPIO DE DUITAMA....12
2.4. EMPRESA PAVIBOY S.A.S.....13
2.4.1. DISTANCIA PAVIBOY S.A.S. – PROYECTO DEL MUNICIPIO DE DUITAMA....14
2.5. EMPRESA PIEDRAS Y GRAVAS S.A.S.....15
2.5.1. DISTANCIA PIEDRAS Y GRAVAS S.A.S. – PROYECTO DEL MUNICIPIO DE DUITAMA....16

1. LOCALIZACIÓN DEL PROYECTO

El proyecto se encuentra localizado en el **DEPARTAMENTO DE BOYACÁ**, el cual está ubicado en el centro-este del país, en la región andina, contando con un total de 123 municipios de los cuales hacen parte de cada una de las 13 provincias del mismo. La información del sitio es la siguiente:

Altitud media: 2427 metros sobre el nivel del mar.
Extensión: 23.189 kms2
Población: 1.324.122 Hab
Coordenadas geográficas: 5°45'N y 73°06'O
La localización de sitio se puede encontrar en la *Ver figura 1.*

Figura 1. *Localización del departamento de Boyacá*



Fuente: Tomada de internet

El proyecto cuyo objeto tiene el **DIAGNÓSTICO Y EJECUCIÓN DE OBRAS DE EMERGENCIA PARA MITIGAR EL RIESGO DE DAÑO Y/O COLAPSO DE PUENTES**

UBICADOS EN EL DEPARTAMENTO POR LA AFECTACIÓN CAUSADA POR EFECTO DE LA OLA INVERNAL, DECLARADA EN VIRTUD DEL DECRETO DE CALAMIDAD PÚBLICA NO. 0522 DE 24 DE MAYO DE 2025, la ubicación del puente a intervenir y el cual es alcance del presente documento es el **PUENTE PUEBLITO BOYACENSE DEL MUNICIPIO DUITAMA.**

Tabla 1. Punto de intervención

PROVINCIA	MUNICIPIO	PUENTE	LOCALIZACIÓN
TUNDAMA	DUITAMA	PUENTE PUEBLITO BOYACENSE	MC10227 MUNICIPAL CARRETEABLE (TERCIARIA)

Fuente: Elaboración propia

La localización del sitio es la siguiente.

Figura 2. *Localización punto de intervención*



Fuente: Elaboración propia

Figura 3. *Área de influencia del proyecto*



Fuente: Elaboración propia

2. POSIBLES PROVEEDORES DE MATERIALES PÉTREOS

A continuación, se presenta la relación de las distancias entre los posibles proveedores de materiales pétreos a suministrase en el proyecto **DIAGNÓSTICO Y EJECUCIÓN DE OBRAS DE EMERGENCIA PARA MITIGAR EL RIESGO DE DAÑO Y/O COLAPSO DE PUENTES UBICADOS EN EL DEPARTAMENTO POR LA AFECTACIÓN CAUSADA POR EFECTO DE LA OLA INVERNAL, DECLARADA EN VIRTUD DEL DECRETO DE CALAMIDAD PÚBLICA NO. 0522 DE 24 DE MAYO DE 2025.**

Tabla 2. *Distancias proveedores de materiales pétreos*

LOCALIZACIÓN DEL PROYECTO	PROVEEDOR	UBICACIÓN	DISTANCIA
PUENTE PUEBLITO BOYACENSE	CANTERA SAN JOSÉ PAIPA	Vereda Sativa Sector, Pie Blanco, Paipa, Boyacá	**22,0 km**
	CENTRAL DE TRITURADOS S.A.S	Nobsa, Galeras, Nobsa, Boyacá	**14,7 km**
	ASFALTO SAS	Sogamoso, Boyacá	**20,4 km**
	PAVIBOY SAS	KM 6, Sogamoso-Belencito, Nobsa, Boyacá	**19,4 km**
	PIEDRAS Y GRAVAS	Q335+H8 Nobsa, Boyacá	**14,7 km**
DISTANCIA PROMEDIO			**18,24 km**

Fuente: Elaboración propia

Teniendo un promedio aproximado de las distancias de proveedores de **18,24 km**

2.1. CANTERA SAN JOSÉ PAIPA

LOCALIZACIÓN

CANTERA SAN JOSÉ PAIPA, se encuentra ubicada en el **MUNICIPIO DE PAIPA** específicamente en la **VEREDA SATIVA SECTOR, PIE BLANCO, PAIPA, BOYACÁ.** Es una empresa dedicada a la producción y suministro de agregados pétreos para construcción, tales como; arena, piedra rajón, base, piedra filtro, material seleccionado, pedraplén, gravilla, balastro.

Figura 4. *Localización Cantera san José Paipa*



Fuente: Elaboración propia - Google Earth

2.1.1. DISTANCIA CANTERA SAN JOSÉ PAIPA – PROYECTO DEL MUNICIPIO DE DUITAMA

Entre **CANTERA SAN JOSÉ PAIPA** hacia el área del proyecto del municipio de **DUITAMA** hay una distancia de **22 Km.**

Figura 5. *Distancia CANTERA SAN JOSÉ PAIPA hacia el proyecto*



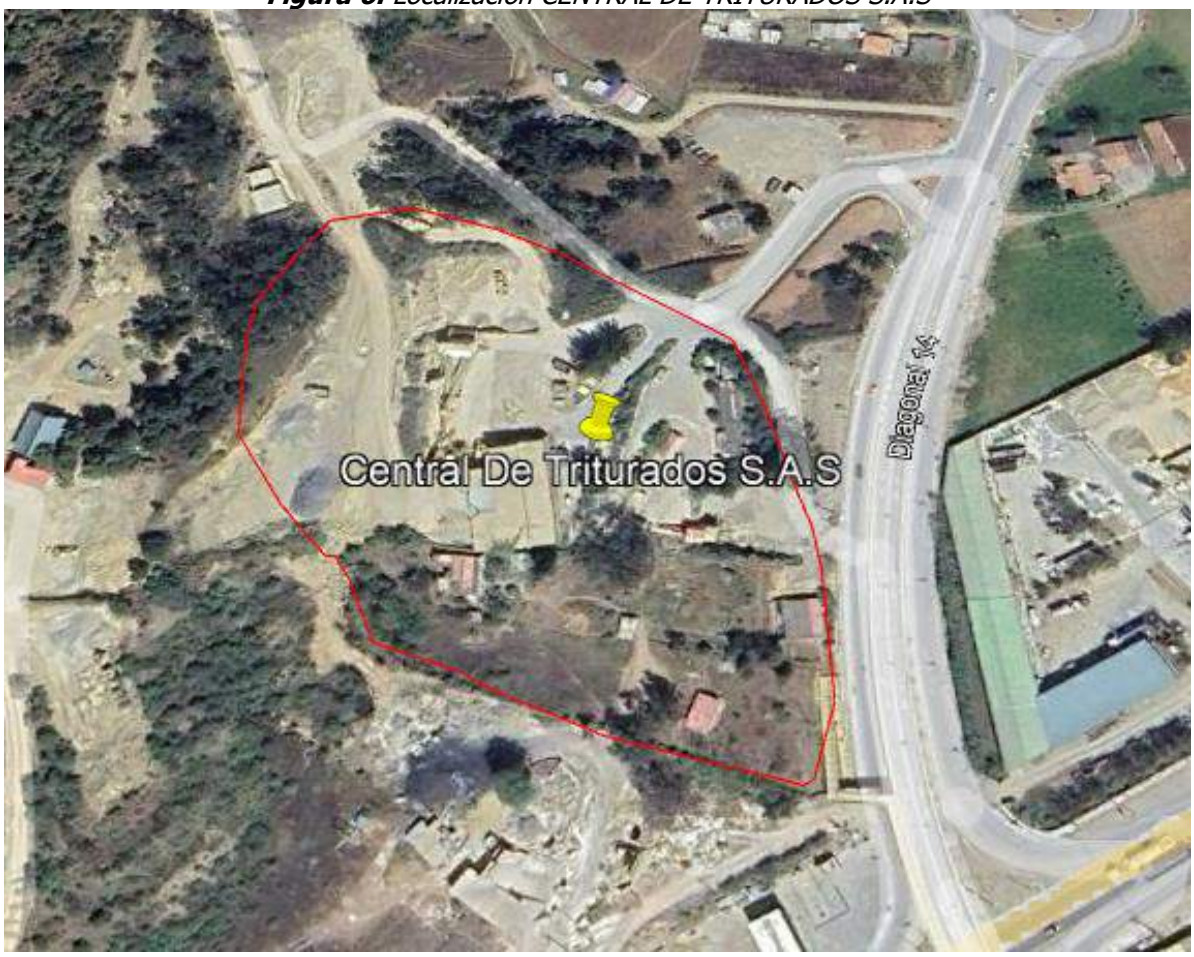
Elaboración propia – Google Earth

2.2. CENTRAL DE TRITURADOS S.A.S

LOCALIZACIÓN

CENTRAL DE TRITURADOS S.A.S, se encuentra ubicada en la **NOBSA, GALERAS, NOBSA, BOYACÁ.** Es una empresa dedicada a la producción y suministro de agregados pétreos para construcción, como; Concreto, Gravilla, recebo, sub base, base, granzón, finos de caliza, entre otros.

Figura 6. *Localización CENTRAL DE TRITURADOS S.A.S*



Fuente: Elaboración propia - Google Earth

2.2.1. DISTANCIA CENTRAL DE TRITURADOS S.A.S – PROYECTO DEL MUNICIPIO DE DUITAMA

Entre la **CENTRAL DE TRITURADOS S.A.S** hacia el área del proyecto del municipio de **DUITAMA** hay una distancia de **14,7 Km.**

Figura 7. *CENTRAL DE TRITURADOS S.A.S hacia el proyecto*



Fuente: Elaboración propia - Google Earth

2.3. EMPRESA ASFALTO S.A.S.

LOCALIZACIÓN

La **EMPRESA ASFALTO S.A.S.** se encuentra ubicada en **CALLE 16 11 A 38 OF 201 SOGAMOSO DEL DEPARTAMENTO DE BOYACÁ.** Es una empresa dedicada a la venta de asfalto únicamente.

Figura 8. *Localización ASFALTO S.A.S.*

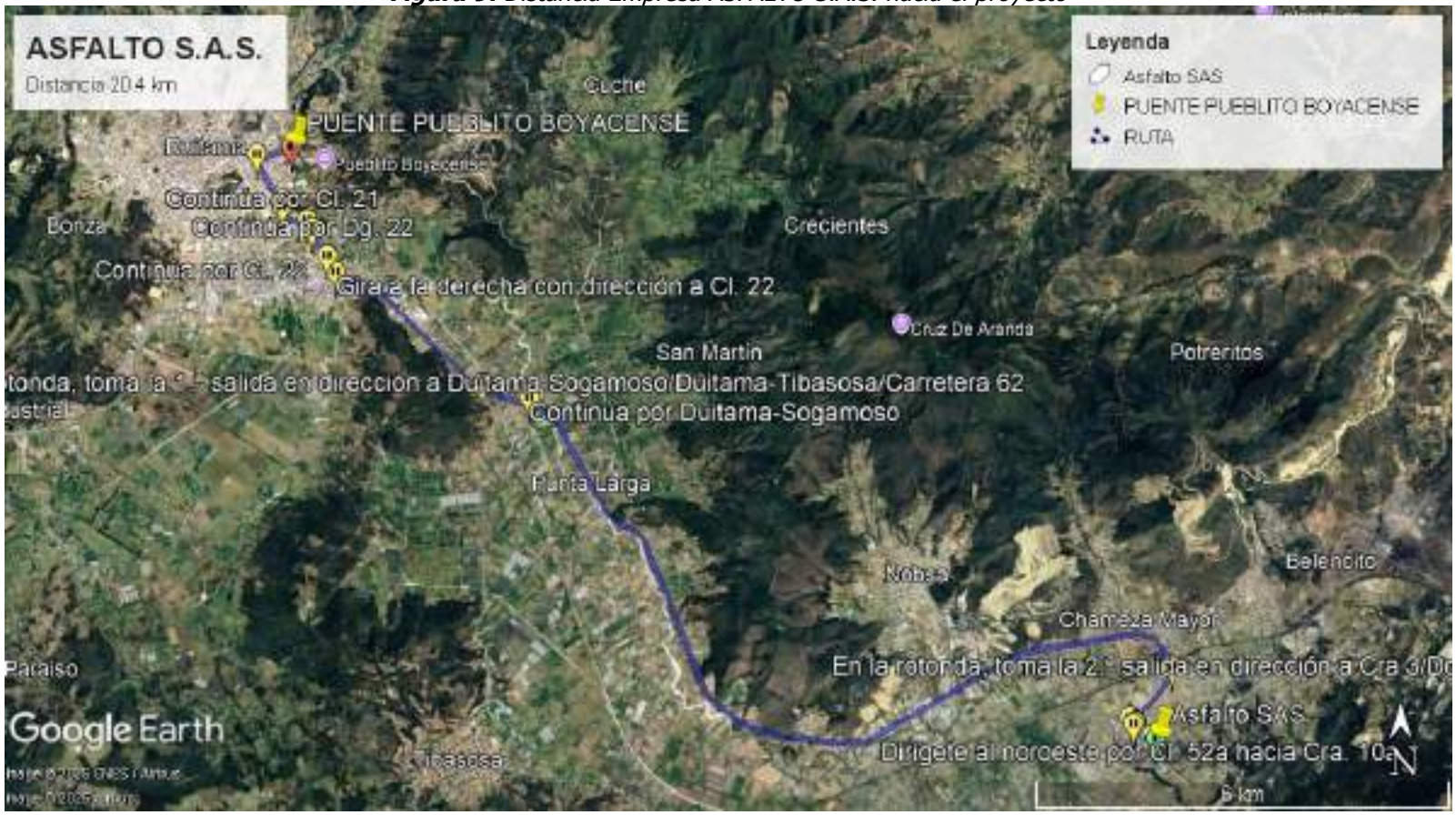


Fuente: Elaboración propia - Google Earth

2.3.1. DISTANCIA ASFALTO S.A.S. – PROYECTO DEL MUNICIPIO DE DUITAMA

Entre la **ASFALTO S.A.S.** hacia el área del proyecto del municipio de **DUITAMA** hay una distancia de **20,4 Km.**

Figura 9. *Distancia Empresa ASFALTO S.A.S. hacia el proyecto*



Fuente: Elaboración propia - Google Earth

2.4. EMPRESA PAVIBOY S.A.S.

LOCALIZACIÓN

La **EMPRESA PAVIBOY S.A.S.** se encuentra ubicada en el **KILOMETRO 6, SOGAMOSO-BELENCITO, NOBSA, BOYACÁ.** Es una empresa dedicada a la venta de material de construcción tales como; Asfalto, gravas, base, sub base, entre otros.

Figura 10. *Localización PAVIBOY S.A.S.*

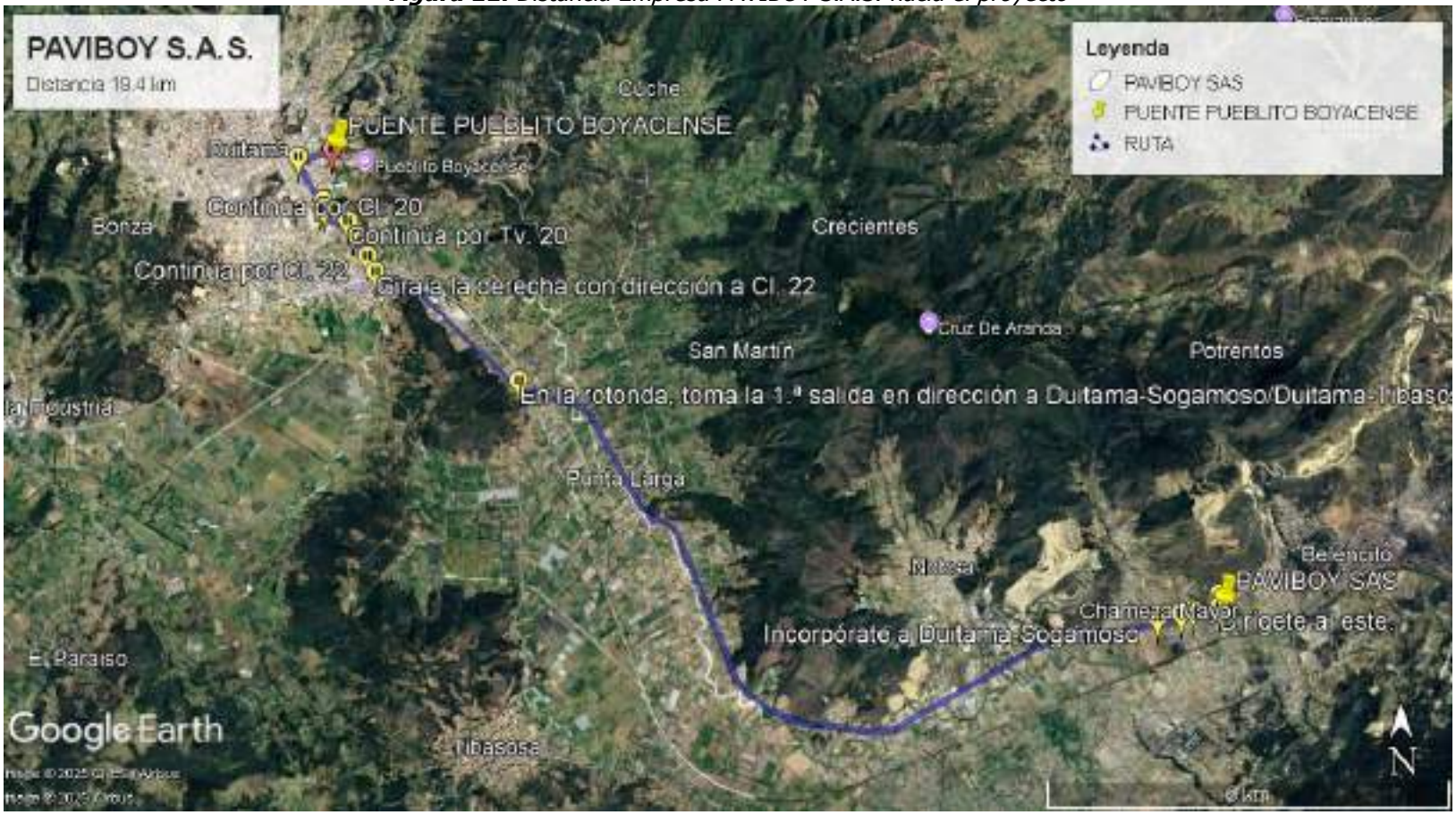


Fuente: Elaboración propia - Google Earth

2.4.1. DISTANCIA PAVIBOY S.A.S. – PROYECTO DEL MUNICIPIO DE DUITAMA

Entre la **PAVIBOY S.A.S.** hacia el área del proyecto del municipio de **DUITAMA** hay una distancia de **19,4 Km.**

Figura 11. *Distancia Empresa PAVIBOY S.A.S. hacia el proyecto*



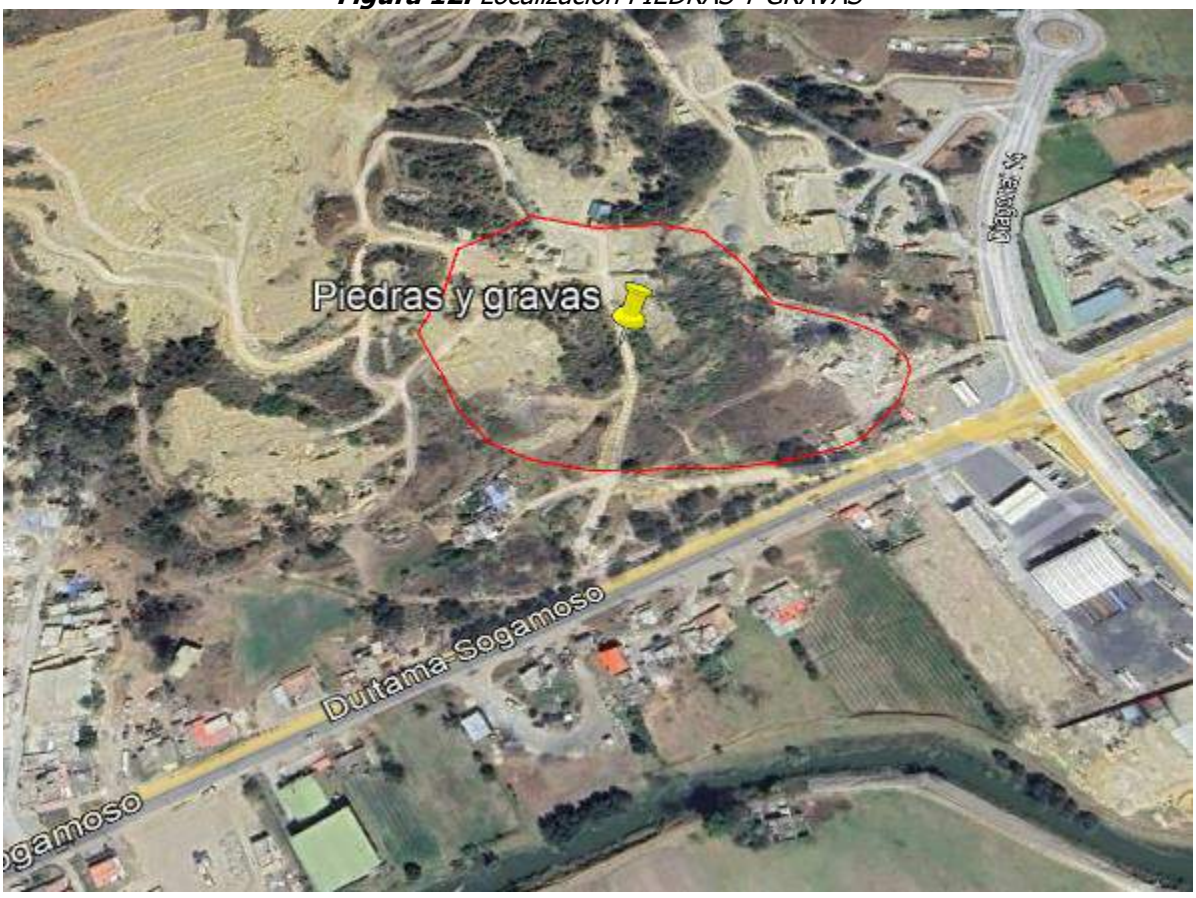
Fuente: Elaboración propia - Google Earth

2.5. EMPRESA PIEDRAS Y GRAVAS S.A.S.

LOCALIZACIÓN

La **EMPRESA PIEDRAS Y GRAVAS S.A.S.** se encuentra ubicada en la **VEREDA GUAQUIDA SECTOR LAS CALERAS NOBSA DEL DEPARTAMENTO DE BOYACÁ.** Es una empresa dedicada a la venta de material pétreo ente ellos; Base, subbase, recebo, arena, gravilla, rajón, entre otros.

Figura 12. *Localización PIEDRAS Y GRAVAS*



Fuente: Elaboración propia - Google Earth

2.5.1. DISTANCIA PIEDRAS Y GRAVAS S.A.S. – PROYECTO DEL MUNICIPIO DE DUITAMA

Entre la **PIEDRAS Y GRAVAS S.A.S.** hacia el área del proyecto del municipio de **DUITAMA** hay una distancia de **14,7 Km.**

Figura 13. *Distancia Empresa PIEDRAS Y GRAVAS S.A.S. hacia el proyecto*



Fuente: Elaboración propia - Google Earth

ANEXO 2.
MATRIZ DE IMPACTO AMBIENTAL

DIRECCION: CL 109 14B -60 OF 204 BR CHICO NORTE, BOGOTÁ
E-MAIL: consorciopebji@gmail.com
TELEFONO: 3102778858
Bogotá, Distrito Capital

MATRIZ DE IDENTIFICACIÓN DE IMPACTOS AMBIENTALES - SITUACIÓN CON PROYECTO

			ACTIVIDADES PREVIAS			ACTIVIDADES DURANTE LA EJECUCIÒN DE LA OBRA										ACTIVIDADES DE CIERRE O		
MEDIO	COMPONENTE	IMPACTO	Localización, nivelación y replanteo	Delimitación	Contratación de mano de obra	Excavaciones en roca bajo agua, nivelación del terreno, cargue y transporte de sobrantes y materiales granulares	Conformación y compactación de subrasante, rellenos con material afirmado	Armado de acero de refuerzo, solados en concreto y muros en concreto impermeabilizado.	Limpiza y reconformación de rios y enrocados de protección	Instalación de señales de tránsito	Limpiezas y rocerias	Demoliciones	Retiro de escombros	Construcción de muros en gaviones con malla galvanizada.	Desmantelamiento y abandono de instalaciones temporales	Limpieza y recuperación final de los sitios de trabajo y áreas afectadas	Actividades sociales de cierre
FÍSICO	Atmosférico	Cambios en la calidad de aire	X	X		X	X	X	X			X	X				
		Cambios en el nivel de ruido		X		X		X	X			X	X				
	Geomorfológico	Alteración de la morfología				X	X		X					X			
		Activación/generación procesos erosivos o remoción en masa				X											
	Suelo	Pérdida o ganancia de suelo				X	X	X				X	X		X		
		Cambio en la calidad del suelo	X			X	X	X	X			X	X	X		X	
	Agua superficial	Cambios en la calidad de agua superficial				X	X		X					X			
		Alteración del cauce							X					X			
	Aguas subterráneas	Alteración nivel freático															
BIÓTICO Y PAISAJE	Biótico	Cambios en la cobertura vegetal									X						
		Desplazamiento de poblaciones faunísticas		X			X				X		X	X			
	Paisaje	Alteración de los valores escénicos de una unidad de paisaje	X	X		X	X		X		X		X				
SOCIOECONÓMICO Y CULTURAL	Socio-cultural	Generación de conflictos con la comunidad	X			X	X	X	X	X	X	X	X		X	X	X
		Afectación de la salud de los trabajadores				X	X	X				X	X		X	X	X
		Afectación al patrimonio arqueológico y cultural															
	Economía	Generación de desplazamiento poblacional y productivo															
		Daño en la infraestructura de predios				X						X					
		Afectación a la infraestructura de servicios públicos										X	X				
		Afectación de la infraestructura vial					X			X			X				
		Afectación de actividades económicas					X						X				
		Afectación de la movilidad peatonal y vehicular				X	X	X				X	X				
SOCIOECONÓMICO Y CULTURAL	Economía	Generación de accidentes				X	X	X	X		X	X	X		X	X	X
		Afectación al acceso a predios				X	X						X				
		Incremento en la demanda de bienes y servicios			X		X	X									
		Generación de empleo			X												
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15

MATRIZ DE IMPORTANCIA O CALIFICACIÓN DE IMPACTOS AMBIENTALES - SITUACIÓN CON PROYECTO

MEDIO	COMPONENTE	IMPACTO	ACTIVIDAD GENERADORA DEL IMPACTO	Naturaleza N	Intensidad IN	Extensión EX	Momento MO	Persistencia PE	Reversibilidad RV	Recuperabilidad MC	Efecto EF	Periodicidad PR	Sinergia SI	Acumulativo AC	IMPORTANCIA I
FÍSICO	AIRE	Cambios en la calidad del aire	Localización, nivelación y replanteo	-1	1	1	4	1	1	1	4	1	1	1	-19
			Delimitación	-1	1	1	4	1	1	1	4	1	1	1	-19
			Excavaciones en roca bajo agua, nivelación del terreno, cargue y transporte de sobrantes y materiales granulares	-1	4	1	4	4	4	4	4	1	2	1	-38
			Conformación y compactación de subrasante, rellenos con material afirmado	-1	4	2	4	2	1	1	4	1	2	1	-32
			Armado de acero de refuerzo, solados en concreto y muros en concreto impermeabilizado.	-1	4	2	4	2	1	1	4	1	1	1	-31
			Limpieza y reconformación de rios y enrocados de protección	-1	2	1	4	2	2	2	4	1	1	1	-25
			Demoliciones	-1	2	1	4	1	1	1	4	1	1	1	-22
			Retiro de escombros	-1	2	1	4	1	1	1	4	1	1	1	-22
		Cambios en el nivel de ruido	Delimitación	-1	1	1	4	1	1	1	4	1	1	1	-19
			Excavaciones en roca bajo agua, nivelación del terreno, cargue y transporte de sobrantes y materiales granulares	-1	4	1	2	4	4	4	4	1	2	1	-36
			Armado de acero de refuerzo, solados en concreto y muros en concreto impermeabilizado.	-1	2	1	4	1	1	1	4	1	1	1	-22
			Limpieza y reconformación de rios y enrocados de protección	-1	2	1	4	1	1	1	4	1	1	1	-22
			Demoliciones	-1	2	1	4	1	1	1	4	1	1	1	-22
			Retiro de escombros	-1	1	1	4	1	1	1	4	1	1	1	-19
	SUELOS	Alteración de la morfología	Excavaciones en roca bajo agua, nivelación del terreno, cargue y transporte de sobrantes y materiales granulares	-1	4	1	2	4	4	4	4	1	2	1	-36
			Conformación y compactación de subrasante, rellenos con material afirmado	-1	4	2	4	2	1	1	4	1	1	1	-31
			Limpieza y reconformación de rios y enrocados de protección	-1	2	1	4	1	1	1	4	1	1	1	-22
			Construcción de muros en gaviones con malla galvanizada.	-1	4	1	2	4	4	4	4	1	2	1	-36
		Activación o generación de procesos erosivos o de remoción en masa	Excavaciones en roca bajo agua, nivelación del terreno, cargue y transporte de sobrantes y materiales granulares	-1	2	1	2	4	4	8	4	1	2	1	-34
		Pérdida o ganancia de suelo	Excavaciones en roca bajo agua, nivelación del terreno, cargue y transporte de sobrantes y materiales granulares	-1	1	1	2	2	1	4	4	1	2	1	-22
			Conformación y compactación de subrasante, rellenos con material afirmado	-1	1	1	2	2	2	2	4	1	2	1	-21
			Armado de acero de refuerzo, solados en concreto y muros en concreto impermeabilizado.	-1	1	1	2	2	2	2	4	1	2	1	-21
			Demoliciones	-1	4	1	4	2	2	2	4	2	2	1	-33
			Retiro de escombros	-1	4	1	4	4	4	4	4	1	2	1	-38
			Desmantelamiento y abandono de instalaciones temporales	-1	4	1	4	4	4	4	4	1	2	1	-38

MATRIZ DE IMPORTANCIA O CALIFICACIÓN DE IMPACTOS AMBIENTALES - SITUACIÓN CON PROYECTO

MEDIO	COMPONENTE	IMPACTO	ACTIVIDAD GENERADORA DEL IMPACTO	Naturaleza N	Intensidad IN	Extensión EX	Momento MO	Persistencia PE	Reversibilidad RV	Recuperabilidad MC	Efecto EF	Periodicidad PR	Sinergia SI	Acumulativo AC	IMPORTANCIA I
FÍSICO	SUELOS	Cambio en la calidad del suelo	Localización, nivelación y replanteo	-1	1	1	1	1	1	1	4	1	1	1	-16
			Excavaciones en roca bajo agua, nivelación del terreno, cargue y transporte de sobrantes y materiales granulares	-1	4	1	4	2	2	2	4	2	2	1	-33
			Conformación y compactación de subrasante, rellenos con material afirmado	-1	1	1	4	1	1	2	4	1	1	1	-20
			Limpieza y reconformación de rios y enrocados de protección	-1	1	1	4	1	1	2	4	1	1	1	-20
			Demoliciones	-1	2	1	4	4	4	4	4	1	1	1	-31
			Retiro de escombros	-1	2	1	4	2	2	2	4	1	2	1	-26
			Construcción de muros en gaviones con malla galvanizada.	-1	4	1	2	2	2	2	4	1	2	1	-30
			Limpieza y recuperación final de los sitios de trabajo y áreas afectadas	-1	2	1	2	4	4	4	4	1	2	1	-30
	AGUA SUPERFICIAL	Cambios en la calidad de agua superficial	Excavaciones en roca bajo agua, nivelación del terreno, cargue y transporte de sobrantes y materiales granulares	-1	4	2	4	2	2	2	4	1	2	1	-34
			Conformación y compactación de subrasante, rellenos con material afirmado	-1	2	1	4	2	2	2	4	1	2	1	-26
			Limpieza y reconformación de rios y enrocados de protección	-1	1	1	2	2	2	2	4	1	2	1	-21
			Construcción de muros en gaviones con malla galvanizada.	-1	2	2	4	4	4	4	4	1	2	1	-34
		Alteración del cauce	Limpieza y reconformación de rios y enrocados de protección	-1	4	2	4	4	4	4	4	1	2	1	-40
			Construcción de muros en gaviones con malla galvanizada.	-1	4	2	4	4	4	4	4	2	2	1	-44
BIÓTICO Y PAISAJE	BIÓTICO	Cambios en la cobertura vegetal	Limpiezas y rocerias	-1	2	1	4	4	4	4	4	1	1	1	-31
		Desplazamiento de población faunística	Delimitación	-1	2	1	4	2	2	2	4	1	1	1	-25
			Conformación y compactación de subrasante, rellenos con material afirmado	-1	4	1	4	2	2	2	4	1	1	1	-31
			Limpiezas y rocerias	-1	2	1	4	2	2	2	4	1	1	1	-25
			Retiro de escombros	-1	2	1	4	2	2	2	4	1	1	1	-25
			Construcción de muros en gaviones con malla galvanizada.	-1	2	1	4	1	1	1	4	1	1	1	-22
	PAISAJE	Alteración de los valores escénicos de una unidad de paisaje	Localización, nivelación y replanteo	-1	1	1	4	1	1	1	4	1	1	1	-19
			Delimitación	-1	2	1	4	2	2	2	4	1	1	1	-25
			Excavaciones en roca bajo agua, nivelación del terreno, cargue y transporte de sobrantes y materiales granulares	-1	4	1	4	2	2	2	4	1	2	1	-32
			Conformación y compactación de subrasante, rellenos con material afirmado	-1	2	1	4	2	2	2	4	1	1	1	-25
			Limpieza y reconformación de rios y enrocados de protección	-1	1	1	4	1	1	1	4	1	1	1	-19

MATRIZ DE IMPORTANCIA O CALIFICACIÓN DE IMPACTOS AMBIENTALES - SITUACIÓN CON PROYECTO

MEDIO	COMPONENTE	IMPACTO	ACTIVIDAD GENERADORA DEL IMPACTO	Naturaleza N	Intensidad IN	Extensión EX	Momento MO	Persistencia PE	Reversibilidad RV	Recuperabilidad MC	Efecto EF	Periodicidad PR	Sinergia SI	Acumulativo AC	IMPORTANCIA I
BIÓTICO Y PAISAJE	PAISAJE	Alteración de los valores escénicos de una unidad de paisaje	Limpiezas y rocerias	-1	1	1	4	1	1	1	4	1	1	1	-19
			Retiro de escombros	-1	2	1	4	2	2	2	4	1	1	1	-25
SOCIOECONÓMICO Y CULTURAL	SOCIOCULTURAL	Generación de expectativas y conflictos con la comunidad.	Localización, nivelación y replanteo	-1	1	1	4	1	1	1	4	1	1	1	-19
			Excavaciones en roca bajo agua, nivelación del terreno, cargue y transporte de sobrantes y materiales granulares	-1	1	1	4	1	1	1	4	1	1	1	-19
			Conformación y compactación de subrasante, rellenos con material afirmado	-1	2	1	2	4	4	4	4	1	2	1	-30
			Armado de acero de refuerzo, solados en concreto y muros en concreto impermeabilizado.	-1	2	1	4	2	2	2	4	1	1	1	-25
			Limpieza y reconformación de rios y enrocados de protección	-1	4	2	4	4	4	4	4	1	2	1	-40
			Instalación de señales de tránsito	-1	1	1	4	1	1	1	4	1	1	1	-19
			Limpiezas y rocerias	-1	4	1	4	2	2	2	4	1	1	1	-31
			Demoliciones	-1	2	1	4	2	2	2	4	1	1	1	-25
			Retiro de escombros	-1	1	1	2	2	1	4	4	1	2	1	-22
			Desmantelamiento y abandono de instalaciones temporales	-1	2	1	4	2	2	2	4	1	1	1	-25
			Limpieza y recuperación final de los sitios de trabajo y áreas afectadas	-1	4	4	4	2	2	2	4	2	1	1	-38
			Actividades sociales de cierre	-1	4	1	4	2	2	2	4	1	1	1	-31
		Afectación de la salud de los trabajadores.	Excavaciones en roca bajo agua, nivelación del terreno, cargue y transporte de sobrantes y materiales granulares	-1	4	1	2	4	4	4	4	1	2	1	-36
			Conformación y compactación de subrasante, rellenos con material afirmado	-1	1	1	4	1	1	2	4	1	1	1	-20
			Armado de acero de refuerzo, solados en concreto y muros en concreto impermeabilizado.	-1	1	1	4	1	1	1	4	1	1	1	-19
			Demoliciones	-1	4	1	2	2	1	2	4	1	1	1	-28
			Retiro de escombros	-1	4	1	2	2	1	2	4	1	1	1	-28
			Desmantelamiento y abandono de instalaciones temporales	-1	2	1	2	2	1	2	4	1	1	1	-22
			Limpieza y recuperación final de los sitios de trabajo y áreas afectadas	-1	4	1	2	2	1	2	4	1	1	1	-28
			Actividades sociales de cierre	-1	4	1	2	2	1	2	4	1	1	1	-28
		Daño en la infraestructura de predios	Excavaciones en roca bajo agua, nivelación del terreno, cargue y transporte de sobrantes y materiales granulares	-1	2	1	2	2	2	2	4	1	1	1	-23
			Demoliciones	-1	4	1	2	2	1	2	4	1	1	1	-28
	ECONOMÍA	Afectación a la infraestructura de servicios públicos	Demoliciones	-1	2	1	4	2	2	2	4	1	1	1	-25

MATRIZ DE IMPORTANCIA O CALIFICACIÓN DE IMPACTOS AMBIENTALES - SITUACIÓN CON PROYECTO

MEDIO	COMPONENTE	IMPACTO	ACTIVIDAD GENERADORA DEL IMPACTO	Naturaleza N	Intensidad IN	Extensión EX	Momento MO	Persistencia PE	Reversibilidad RV	Recuperabilidad MC	Efecto EF	Periodicidad PR	Sinergia SI	Acumulativo AC	IMPORTANCIA I
SOCIOECONÓMICO Y CULTURAL	ECONOMÍA	**Afectación a la infraestructura de servicios públicos**	Retiro de escombros	-1	2	1	4	2	2	2	4	1	2	1	-26
		Afectación de la infraestructura vial	Conformación y compactación de subrasante, rellenos con material afirmado	-1	2	1	4	2	2	2	4	1	1	1	-25
			Instalación de señales de tránsito	1	4	1	2	4	4	4	4	1	2	1	36
			Retiro de escombros	-1	1	1	4	2	1	1	4	1	1	1	-20
		Afectación de actividades económicas	Conformación y compactación de subrasante, rellenos con material afirmado	-1	4	1	4	1	2	2	4	1	1	1	-30
			Retiro de escombros	-1	2	1	4	2	2	2	4	1	1	1	-25
		Afectación de la movilidad peatonal y vehicular	Excavaciones en roca bajo agua, nivelación del terreno, cargue y transporte de sobrantes y materiales granulares	-1	1	1	4	2	2	2	4	1	1	1	-22
			Conformación y compactación de subrasante, rellenos con material afirmado	-1	2	1	2	2	2	4	2	1	2	1	-24
			Armado de acero de refuerzo, solados en concreto y muros en concreto impermeabilizado.	-1	2	1	2	2	2	2	4	1	1	1	-23
			Demoliciones	-1	2	1	4	2	2	2	4	1	1	1	-25
SOCIOECONÓMICO			Retiro de escombros	-1	2	1	2	2	1	2	4	1	1	1	-22
		Generación de accidentes	Excavaciones en roca bajo agua, nivelación del terreno, cargue y transporte de sobrantes y materiales granulares	-1	2	1	4	2	4	2	4	1	1	1	-27
			Conformación y compactación de subrasante, rellenos con material afirmado	-1	2	1	4	2	2	2	4	1	1	1	-25
			Armado de acero de refuerzo, solados en concreto y muros en concreto impermeabilizado.	-1	4	1	4	2	2	2	4	1	1	1	-31
			Limpieza y reconformación de rios y enrocados de protección	-1	2	1	4	2	2	2	4	1	1	1	-25
			Limpiezas y rocerias	-1	4	1	4	2	2	2	4	1	1	1	-31
			Demoliciones	-1	4	1	2	2	2	2	4	1	1	1	-29
			Retiro de escombros	-1	4	1	4	2	2	2	4	2	1	1	-31
			Desmantelamiento y abandono de instalaciones temporales	-1	4	4	4	2	2	2	4	2	1	1	-38
			Limpieza y recuperación final de los sitios de trabajo y áreas afectadas	-1	1	1	2	2	2	2	4	1	2	1	-21
			Actividades sociales de cierre	-1	2	1	4	2	2	2	4	1	1	1	-25
		Afectación al acceso a predios	Excavaciones en roca bajo agua, nivelación del terreno, cargue y transporte de sobrantes y materiales granulares	-1	2	1	4	2	2	2	4	1	1	1	-25
			Conformación y compactación de subrasante, rellenos con material afirmado	-1	2	1	2	2	1	2	4	1	1	1	-22
			Retiro de escombros	-1	2	1	4	2	2	2	4	1	1	1	-25
		Incremento en la demanda de bienes y servicios	Contratación de mano de obra	1	4	1	2	2	2	2	4	1	1	1	29

MATRIZ DE IMPORTANCIA O CALIFICACIÓN DE IMPACTOS AMBIENTALES - SITUACIÓN CON PROYECTO

MEDIO	COMPONENTE	IMPACTO	ACTIVIDAD GENERADORA DEL IMPACTO	Naturaleza **N**	Intensidad **IN**	Extensión **EX**	Momento **MO**	Persistencia **PE**	Reversibilidad **RV**	Recuperabilidad **MC**	Efecto **EF**	Periodicidad **PR**	Sinergia **SI**	Acumulativo **AC**	IMPORTANCIA **I**
SOCIOECONÓMICO	**ECONOMÍA**	**Incremento en la demanda de bienes y servicios**	Conformación y compactación de subrasante, rellenos con material afirmado	-1	1	1	4	1	1	1	4	1	1	1	-19
			Armado de acero de refuerzo, solados en concreto y muros en concreto impermeabilizado.	-1	2	1	4	2	2	2	4	1	1	1	-25
		Generación de empleo	Contratación de mano de obra	1	4	4	4	2	2	2	4	2	1	1	38

Impacto irrelevante (-1 a -24)
Impacto moderado (-25 a -50)
Impacto severo (-51 a -75)
Impacto crítico o bandera roja (-76 a -100)
Impacto positivo

ANEXO 3.

PRESUPUESTO PAGA – PUENTE PUEBLITO BOYACENSE

DIRECCION: CL 109 14B -60 OF 204 BR CHICO NORTE, BOGOTÁ
E-MAIL: consorciopebji@gmail.com
TELEFONO: 3102778858
Bogotá, Distrito Capital

DIAGNOSTICO Y EJECUCIÓN DE OBRAS DE EMERGENCIA
PARA MITIGAR EL RIESGO DE DAÑO Y/O COLAPSO DE PUENTES UBICADOS EN EL DEPARTAMENTO POR LA AFECTACIÓN CAUSADA POR EFECTO DE LA OLA INVERNAL, DECLARADA EN VIRTUD DEL DECRETO DE CALAMIDAD PUBLICA NO. 0522 DE 24 DE MAYO DE 2025, CELEBRADO ENTRE EL DEPARTAMENTO DE BOYACÁ Y CONSORCIO PEB-JI.

PRESUPUESTO PLAN DE ADAPTACIÓN DE LA GUIA AMBIENTAL - PAGA - PUENTE PUEBLITO BOYACENSE

ÍTEM	Descripción		Unidad	Cantidad	Vr. Unitario	Vr. Total
1	**Solicitud de permiso de ocupación de cauce**	Evaluación para permiso de ocupación de cauce, playas y lechos	Und	1	$ 1.500.000,00	$ 1.500.000,00
2	**Restauración y compensación y demás compromisos ambientales**	Medida de preservación forestal (Compra de individuo arbóreo, instalación del AID para dicho individuo y mantenimiento del árbol durante un mes.)	Und	250	$ 56.500,00	$ 14.125.000,00
3	**Conformación del grupo de la gestión ambiental**	Charlas y Capacitaciones de carácter ambiental	Und	4	$ 108.000,00	$ 432.000,00
4		Gestión documental (Informes, Planillas, Formatos, Papelería)	Mes	2	$ 340.000,00	$ 680.000,00
5	**Señalización**	Señal de 22×15 cm - Punto ecológico, Reciclable, Orgánico, Materiales Pétreos, Sustancias peligrosas y punto disposición escombros.	Und	6	$ 16.900,00	$ 101.400,00
6	**Manejo desperdicios solidos**	Punto ecológico (INC. tres (3) canecas de 53litros, compuesta de dos piezas tapa y contenedor, resistente a la intemperie, de fácil limpieza y cargue, en polietileno de alta densidad, además se incluye bolsas para basura 70x90cm color balnco, negra, verde, de 60litros de material plástico de alta densidad)	Und	1	$ 439.900,00	$ 439.900,00
7	**Protección frente a contaminantes**	Cobertura plástica calibre 6, de materiales pétreos y demás materiales susceptibles a segregación, disgregación o perdida particulada o parcial por efectos de intemperie. Plástico Negro 2 m Ancho X Cal 6 X 100 m	Und	1	$ 518.900,00	$ 518.900

DIAGNOSTICO Y EJECUCIÓN DE OBRAS DE EMERGENCIA
PARA MITIGAR EL RIESGO DE DAÑO Y/O COLAPSO DE PUENTES UBICADOS EN EL DEPARTAMENTO POR LA AFECTACIÓN CAUSADA POR EFECTO DE LA OLA INVERNAL, DECLARADA EN VIRTUD DEL DECRETO DE CALAMIDAD PUBLICA NO. 0522 DE 24 DE MAYO DE 2025, CELEBRADO ENTRE EL DEPARTAMENTO DE BOYACÁ Y CONSORCIO PEB-JI.

PRESUPUESTO PLAN DE ADAPTACIÓN DE LA GUIA AMBIENTAL - PAGA - PUENTE PUEBLITO BOYACENSE

8	**Kit para derrames pequeños**	Kit para derrames pequeños de 5 a 8 galones. Incluye: 1 almohadilla absorbente 25x25cm, 2 barreras absorbentes 3" de 1,20 de largo, 2 kilogrados de material absorbente clean sorb, 5 paños absorbente de 40X50cm, 1 tapabocas clásico, 1 par de guantes de nitrilo, 1 monogafa, 3 bolsas rojas tipo industrial, 1 recogedor plástico, 1 masilla epóxica 100gr, 1 cinta de seguridad 1 litro de desengrasante biodegradable simple green, 1 instructivo para derrames	Und	1	$ 249.900,00	$ 249.900,00
9	**Unidad sanitaria**	Prestamo unidad sanitaria	Mes	2	$ 300.000,00	$ 600.000,00
Total de PAGA						**$ 18.647.100**

ANEXO 4.
CRONOGRAMA AMBIENTAL

DIRECCION: CL 109 14B -60 OF 204 BR CHICO NORTE, BOGOTÁ
E-MAIL: consorciopebji@gmail.com
TELEFONO: 3102778858
Bogotá, Distrito Capital

CRONOGRAMA AMBIENTAL

PROYECTO:	**DIAGNOSTICO Y EJECUCIÓN DE OBRAS DE EMERGENCIA PARA MITIGAR EL RIESGO DE DAÑO Y/O COLAPSO DE PUENTES UBICADOS EN EL DEPARTAMENTO POR LA AFECTACIÓN CAUSADA POR EFECTO DE LA OLA INVERNAL, DECLARADA EN VIRTUD DEL DECRETO DE CALAMIDAD PUBLICA NO. 0522 DE 24 DE MAYO DE 2025, CELEBRADO ENTRE EL DEPARTAMENTO DE BOYACÁ Y CONSORCIO PEB-JI.**
LOCALIZACION:	**PUENTE PUEBLITO BOYACENSE - MUNICIPIO DUITAMA**

DESARROLLO DEL CRONOGRAMA									
FICHAS	**PROGRAMAS AMBIENTALES**	**MES 1**				**MES 2**			
		Semanas				**Semanas**			
		1	**2**	**3**	**4**	**1**	**2**	**3**	**4**
DESARROLLO Y APLICACIÓN DE LA GESTIÓN AMBIENTAL	**Conformación del Grupo de Gestión Ambiental**	**X**			**X**	**X**			**X**
	Capacitación ambiental al personal de obra	**X**		**X**		**X**		**X**	
	Cumplimiento de requerimientos legales	**X**	**X**	**X**	**X**	**X**	**X**	**X**	**X**
ACTIVIDADES CONSTRUCTIVAS	**Manejo integral de materiales de construcción**	**X**	**X**	**X**	**X**	**X**	**X**	**X**	**X**
	Señalización de frentes de obra y sitios temporales	**X**	**X**	**X**	**X**	**X**	**X**	**X**	**X**
	Manejo, transporte y disposición final de residuos sólidos convencionales, especiales y/o peligrosos	**X**	**X**	**X**	**X**	**X**	**X**	**X**	**X**
	Manejo y disposición final de escombros y lodos	**X**	**X**	**X**	**X**	**X**	**X**	**X**	**X**
GESTIÓN HÍDRICA	**Manejo de residuos líquidos domésticos e industriales**	**X**	**X**	**X**	**X**	**X**	**X**	**X**	**X**
	Prevención de la contaminación de cuerpos de agua	**X**	**X**	**X**	**X**	**X**	**X**	**X**	**X**

CRONOGRAMA AMBIENTAL

PROYECTO:	**DIAGNOSTICO Y EJECUCIÓN DE OBRAS DE EMERGENCIA PARA MITIGAR EL RIESGO DE DAÑO Y/O COLAPSO DE PUENTES UBICADOS EN EL DEPARTAMENTO POR LA AFECTACIÓN CAUSADA POR EFECTO DE LA OLA INVERNAL, DECLARADA EN VIRTUD DEL DECRETO DE CALAMIDAD PUBLICA NO. 0522 DE 24 DE MAYO DE 2025, CELEBRADO ENTRE EL DEPARTAMENTO DE BOYACÁ Y CONSORCIO PEB-JI.**
LOCALIZACION:	**PUENTE PUEBLITO BOYACENSE - MUNICIPIO DUITAMA**

DESARROLLO DEL CRONOGRAMA									
FICHAS	**PROGRAMAS AMBIENTALES**	**MES 1**				**MES 2**			
		Semanas				**Semanas**			
		1	**2**	**3**	**4**	**1**	**2**	**3**	**4**
BIODIVERSIDAD	**Manejo de descapote y covertura vegeral**	**X**	**X**	**X**	**X**	**X**	**X**	**X**	**X**
MANEJO DE INSTALACIONES TEMPORALES, MAQUINARIA Y EQUIPOS	**Manejo ambiental de campamentos fijos y/o temporales y centros de acopio**	**X**	**X**	**X**	**X**	**X**	**X**	**X**	**X**
	Manejo de emisiones atmosféricas y reducción del ruido	**X**	**X**	**X**	**X**	**X**	**X**	**X**	**X**
	Manejo de maquinaria, equipos y vehículos	**X**	**X**	**X**	**X**	**X**	**X**	**X**	**X**
GESTIÓN SOCIAL	**Atención a la comunidad**	**X**	**X**	**X**	**X**	**X**	**X**	**X**	**X**
	Información y divulgación	**X**	**X**		**X**				**X**
	Contratación de mano de obra	**X**							
	Manejo de infraestructura de predios y servicios publicos	**X**			**X**	**X**			**X**

ANEXO 5.

CRONOGRAMA DE CAPACITACIONES AMBIENTALES

DIRECCION: CL 109 14B -60 OF 204 BR CHICO NORTE, BOGOTÁ
E-MAIL: consorciopebji@gmail.com
TELEFONO: 3102778858
Bogotá, Distrito Capital

CRONOGRAMA DE CAPACITACIONES AMBIENTALES

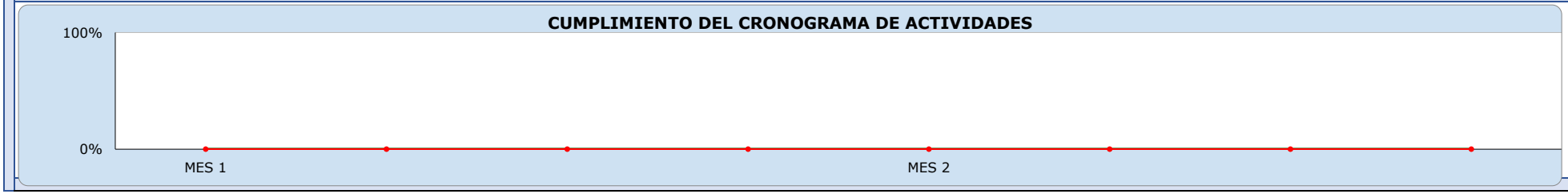
NOMBRE DEL PROGRAMA	CAPACITACIÓN Y CONCIENTIZACIÓN PARA EL PERSONAL
OBRA	**DIAGNOSTICO Y EJECUCIÓN DE OBRAS DE EMERGENCIA PARA MITIGAR EL RIESGO DE DAÑO Y/O COLAPSO DE PUENTES UBICADOS EN EL DEPARTAMENTO POR LA AFECTACIÓN CAUSADA POR EFECTO DE LA OLA INVERNAL, DECLARADA EN VIRTUD DEL DECRETO DE CALAMIDAD PUBLICA NO. 0522 DE 24 DE MAYO DE 2025, CELEBRADO ENTRE EL DEPARTAMENTO DE BOYACÁ Y CONSORCIO PEB-JI.**
OBJETIVO DEL PROGRAMA	Garantizar que el personal sea capacitado y entrenado integralmente con respecto a lo formulado en el Plan de Adaptación de la Guia Ambiental.

DESARROLLO DEL PLAN DE CAPACITACIONES

ACTIVIDAD	RESPONSABLE	DURACIÓN	FRECUENCIA / MESES	ESTADO	MES 1				MES 2				CUMPLIMIENTO ANUAL POR ACTIVIDAD
					Semanas				Semanas				
					1	2	3	4	1	2	3	4	
Prevención de la contaminación atmosférica	Ingeniero Ambiental	20 min	Mensual	**PROGRAMADO**	PR								0%
				EJECUTADO									
Manejo de aguas superficiales	Ingeniero Ambiental	20 min	Mensual	**PROGRAMADO**			PR						0%
				EJECUTADO									
Mis responsabilidades con el ambiente	Ingeniero Ambiental	20 min	Mensual	**PROGRAMADO**						PR			0%
				EJECUTADO									
Segregación y uso adecuado del punto ecológico	Ingeniero Ambiental	20 min	Mensual	**PROGRAMADO**							PR		0%
				EJECUTADO									

PERIODO		**MES 1**	**MES 2**	
ACTIVIDADES PROGRAMADAS		2	2	
ACTIVIDADES EJECUTADAS		0	0	0%
META		100%	100%	
% DE CUMPLIMIENTO		**0%**	**0%**	

GRAFICA



ANEXO 6.

FORMULARIO PERMISO DE OCUPACIÓN DE CAUCE, PLAYAS Y LECHOS

DIRECCION: CL 109 14B -60 OF 204 BR CHICO NORTE, BOGOTÁ
E-MAIL: consorciopebji@gmail.com
TELEFONO: 3102778858
Bogotá, Distrito Capital

Libertad y Orden
Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial
República de Colombia

SINA

FORMULARIO ÚNICO NACIONAL DE SOLICITUD DE OCUPACION DE CAUCES, PLAYAS Y LECHOS
Base legal: Ley 99 de 1993, Decreto LEY 2811 DE 1974 ,Decreto 1541 DE 1978

DATOS DEL SOLICITANTE

1. Persona Natural ☐
   Persona Jurídica ☐ Pública ☐ Privada ☐
2. Nombre o Razón Social: _____
   C.C. ☐ NIT ☐ No. _____ de _____
   Dirección: _____ Ciudad: _____
   Teléfono (s): _____ Fax: _____ E-mail: _____
   Representante Legal: _____
   C.C. No. _____ de _____
   Dirección: _____ Ciudad: _____
   Teléfono (s): _____ Fax: _____ E-mail: _____
3. Apoderado (si tiene): _____ T.P.: _____
   C.C. No. _____ de _____
   Dirección: _____ Ciudad: _____
   Teléfono (s): _____ Fax: _____ E-mail: _____
4. Calidad en que actúa: Propietario ☐ Arrendatario ☐ Poseedor ☐ Otro ☐ Cual? _____

INFORMACIÓN GENERAL

1. Nombre del predio o sucursal: _____ Área: _____ Ha ☐ m^2 ☐
2. Dirección del predio: _____ Urbano ☐ Rural ☐
3. Departamento: _____ Municipio: _____ Vereda o barrio: _____
4. Sector: _____ Actividad: _____
5. Nombre del propietario del predio: _____
6. Costo del proyecto: $ _____ Valor en letras: _____

INFORMACIÓN CAUCE, LECHO/ PLAYA

1. Nombre de la fuente hídrica: _____ Cuenca: _____
2. Longitud: _____ Unidad: _____ Ancho: _____ Unidad: _____
3. Departamento: _____ Municipio/Localidad: _____ Vereda/Barrio: _____
4. Coordenadas: X _____ Y _____
5. Uso de la fuente en el área de influencia: _____
6. Características de la fuente hídrica en el sitio de la obra:
   Pendiente del lecho: _____%
   Alineamiento: Recto ☐ Meándrico ☐ Otro ☐ Cuál? _____

INFORMACIÓN DE LA OBRA A EJECUTAR

7. Descripción de la obra: _____
   _____
   _____
   _____
   Longitud (m): _____ Altura (m): _____ Área de Ocupación (m^2): _____ Ancho (m):_____
8. Sección: Circular ☐ Trapezoidal ☐ Triangular ☐ Cajón ☐ En U ☐ Abovedada ☐
9. Recursos naturales a aprovechar: _____
10. Licencia o permiso. Resolución No._____ Fecha: _____
11. Tipo de Ocupación : Permanente ☐ Provisional ☐

DOCUMENTACIÓN QUE DEBE ANEXAR A LA SOLICITUD

1. Documentos que acrediten la personería jurídica del solicitante
Sociedades: Certificado de existencia y representación legal
Juntas de Acción Comunal: Certificado de existencia y representación legal. Personería Jurídica y/o Certificación e Inscripción de Dignatarios (expedida por la Gobernación)
2. Poder debidamente otorgado cuando se actúe por medio de apoderado.
Propietario del inmueble: Certificado de libertad y tradición (fecha de expedición no superior a 3 meses)
Tenedor: Copia del documento que lo acredite como tal (contrato de arrendamiento, comodato, etc.) o autorización del propietario o poseedor.
Poseedor: Manifestación escrita y firmada de tal calidad
3. Certificado de existencia y representación legal para el caso de persona jurídica, el cual debe haber sido expedido dentro de los tres (3) meses anteriores a la fecha de presentación de la solicitud.
4. Autorización del propietario o poseedor cuando se actúe como mero tenedor o por contrato de arrendamiento.
5. Certificado de tradición expedido máximo con tres (3) meses de antelación.
6. Plano de localización de la fuente hídrica en el área de influencia.
7. Planos y memoria de cálculo.

FIRMA DEL SOLICITANTE O APODERADO DEBIDAMENTE CONSTITUIDO

_____ **FECHA:** _____

FICHA DE DIAGNÓSTICO GEOTÉCNICO PARA PUENTES EN VÍAS

Proyecto:	Diagnóstico y ejecución de obras de emergencia para mitigar el riesgo de daño y/o colapso de puentes ubicados en el departamento por la afectación causada por efecto de la ola invernal, declarada en virtud del decreto de calamidad pública no. 0522 de 24 de mayo de 2025. Contrato de obra no. 2833 de 2025
Fecha de levantamiento:	[09 / 09 / 2025]
Profesional geotécnico:	[Yenser Antonio Quintero Serrano]
Condiciones climáticas:	[Seco]

1 GENERALIDADES DEL PUENTE

Vía / Tramo	[municipio de Duitama hacia Pueblito Boyacense]
Municipio / Departamento	[Duitama / Boyacá]
Coordenadas (WGS84)	Lat [5° 49.563'N] Long [73° 1.307'O]
Cota aproximada (msnm)	[2520]
Cauce/Quebrada/Río	[Rio Chiticuy]
Altura de gálibo (m)	[5.0 m]
Ancho de calzada (m)	[7.0 m]
Longitud total del puente (m)	[10.0 m]
Número de luces	[1]
Número de apoyos	[2]
Material dominante	[Concreto_X_ Acero____ Mixto____ Madera _____]
Tipo estructural	[Simplemente apoyado__X_ Continuo _____Otro _____]

2 ENTORNO GEOLÓGICO LOCAL

La descripción realizada del entorno geológico se realiza con base a la información establecida en el atlas geológico (2023), dispuesto por el SGC, y corroborado con las observaciones de campo, a continuación, se describe el entorno geológico local donde se encuentra ubicado el puente la Qda Chiticuy.

Imagen No 1 Entorno geológico puente Qda Chiticuy – Duitama – Pueblito Boyacense



2.1 Unidad geológica identificada:

De acuerdo con la cartografía geológica del Servicio Geológico Colombiano (2023), el sector donde se emplaza el Puente Chiticuy corresponde a la unidad Q-ca, clasificada como abanicos aluviales y depósitos coluviales de edad Cuaternario. Estos depósitos se desarrollan en zonas de transición entre laderas y fondos de valle, con aporte de material transportado por procesos fluviales y de remoción en masa.

2.2 Litología dominante:

Los depósitos están constituidos por una mezcla heterométrica de gravas, arenas, limos y arcillas, con presencia frecuente de cantos subredondeados a angulosos, de origen principalmente metamórfico y sedimentario. Se presentan como materiales no consolidados, de baja cementación, con variaciones laterales y verticales marcadas en granulometría y compacidad. En sectores puntuales se intercalan horizontes de suelos finos de comportamiento plástico medio a alto, que tienden a saturarse con facilidad.

Imagen No 2 matriz arcillosa perteneciente a la UGS identificada como Q-al



2.3 Implicaciones geotécnicas.

Las condiciones litológicas del Q-ca implican una alta susceptibilidad a procesos de erosión y socavación, dado el carácter no consolidado de los materiales y la energía del flujo en el cauce de la quebrada Chiticuy. La heterogeneidad granulométrica con presencia de gravas y bloques favorece el arrastre de partículas finas y la pérdida de soporte en la base de taludes y cimentaciones superficiales. De igual manera, la baja cohesión de los suelos finos intercalados puede propiciar procesos de inestabilidad local en los taludes de acceso, especialmente bajo condiciones de saturación.

2.4 Taludes en los accesos del puente [NO]

La estructura se encuentra en una zona de bajas pendientes, en los accesos al puente tanto del lado hacia Duitama como hacia el Pueblito Boyacense no se identifican taludes a las márgenes de la vía.

3 PROCESOS MORFODINÁMICOS

Procesos activos: [SI _X_ NO ___]

(Marcar los que apliquen)

- ☐ Remoción en masa (deslizamientos, flujos, reptación)
- ☐ Caída de bloques / Desprendimientos
- ☐ Erosión superficial en taludes
- ■ Socavación lateral del cauce
- ☐ Meteorización intensa en taludes rocosos
- ☐ Ninguno observado

3.1 Descripción del proceso activo

En el entorno inmediato del Puente Chiticuy se reconoce que el cauce de la quebrada desarrolla procesos activos de socavación lateral que afectan ambas márgenes. En la margen izquierda aguas arriba la erosión ha avanzado hasta la parte posterior de la aleta, eliminando el terreno que originalmente servía de confinamiento al trasdós, situación que deja en condición vulnerable la estructura al perder su soporte natural. De manera complementaria, en la margen derecha aguas abajo se identifica socavación en la base del talud, con cortes verticales y retroceso erosivo que favorecen la pérdida de estabilidad, acompañado de depósitos de gravas y cantos que modifican localmente la dirección del flujo e intensifican los puntos de impacto. Estos procesos, asociados a la dinámica hidráulica de un cauce torrencial en materiales no consolidados, reflejan una inestabilidad hidráulica progresiva que compromete la funcionalidad de las aletas.

Imagen No 3 Afectación por socavación (Imagen izq. Margen izq. aguas arriba–Imagen der, margen derecha aguas abajo)



4 ESTRIBOS Y ELEMENTOS DE CONFINAMIENTO

4.1 Descripción general de las estructuras de apoyo.

4.1.1 Estribos.

A diferencia de los puentes tradicionales con estribos definidos como elementos estructurales independientes, en el Puente Chiticuy la sección hidráulica está conformada por un conducto circular metálico corrugado que actúa como una unidad uniforme. En este sistema, las paredes laterales y la bóveda trabajan en conjunto para transmitir las cargas hacia el terreno de fundación, por lo que no se distinguen estribos propiamente dichos. Los muros de concreto visibles en los accesos corresponden a estructuras de encauzamiento y confinamiento lateral, cuya función principal es garantizar la transición entre el terraplén de la vía y la alcantarilla, así como contener los rellenos de aproximación. Esto implica que la estabilidad de la obra depende no solo del desempeño del conducto, sino también del adecuado soporte de los rellenos y la protección hidráulica de los taludes adyacentes, los cuales actualmente se ven afectados por procesos de socavación.

Imagen No 4 conformación puente. (Imagen izq., entrada –Imagen der. salida)



4.1.2 Aletas de confinamiento

Las aletas del Puente Chiticuy se disponen en orientación diagonal respecto al eje de la vía, configurando elementos de confinamiento lateral, evitando la dispersión de los materiales y guiando el flujo hacia la boca de entrada y salida del cauce. En la margen derecha, tanto aguas arriba como aguas abajo, las aletas se encuentran conformadas por muros en concreto que se integran de manera directa al anillo de la alcantarilla metálica corrugada, generando una continuidad estructural que asegura la estabilidad del relleno adyacente. En la margen izquierda aguas abajo, la aleta original ha sido reemplazada por un muro en gaviones, dispuesto como sistema de confinamiento y protección lateral. Esta solución busca compensar la función de contención del elemento inicial, manteniendo la geometría del acceso y controlando parcialmente la interacción hidráulica en la desembocadura.

Imagen No 5 Aletas lado Duitama (Imagen izq., aguas abajo – Imagen der. Aguas arriba)



Imagen No 6 Aletas Lado Pueblito Boyacense (Imagen Izq. Aguas arriba – imagen Der. Aguas abajo)



4.1.3 Muros de aproximación (No existen):

5 AFECTACIONES Y PATOLOGÍAS

5.1 Cimentación de estribos

El Puente sobre la Qda Chiticuy, al estar conformado por una sección hidráulica circular metálica corrugada que funciona como un marco integral, no cuenta con estribos independientes como en las tipologías convencionales de puentes. En consecuencia, la estructura no presenta elementos de apoyo aislados que puedan ser afectados de manera directa por procesos de socavación. Las afectaciones identificadas corresponden principalmente a los taludes y a las estructuras de confinamiento lateral

5.2 Aletas de confinamiento:

En la margen izquierda aguas arriba se evidencia una patología en la estructura de confinamiento tipo aleta, caracterizada por la pérdida del material de relleno en el trasdós, situación que deja expuesta la cara posterior de la estructura reduciendo la estabilidad, generando riesgo de descalce progresivo y pérdida de soporte en la vía de acceso.

Imagen No 7 Patologías en estructuras de confinamiento (Imag. Izq., Aleta aguas arriba-Imag der. gavión aguas abajo)



De manera complementaria, en la margen izquierda aguas abajo la aleta original fue reemplazada por un muro en gaviones dispuesto como sistema flexible de contención; sin embargo, este elemento presenta deterioro avanzado en la malla metálica, con apertura y deformación de sus celdas, lo cual compromete la estabilidad del conjunto y favorece la pérdida de material pétreo de relleno. Dada la condición de degradación de la malla, este sistema ya no garantiza un adecuado confinamiento ni resistencia frente a la acción hidráulica del cauce, por lo que resulta necesario proyectar su reemplazo por un muro estructural en concreto reforzado, que asegure la contención del terraplén y la protección hidráulica en la desembocadura de la estructura.

5.3 Taludes márgenes del cauce

Para la descripción geométrica se toma como referencia la dirección del flujo del cauce. En este sentido, se denominan taludes de margen derecha (M-D) y margen izquierda (M-I) los localizados aguas arriba, y de igual forma se identifican los taludes correspondientes aguas abajo.

5.3.1 Taludes aguas arriba:

Los taludes adyacentes al Puente Chiticuy presentan un estado de afectación asociado a procesos de socavación lateral. En la margen izquierda aguas arriba, el flujo del cauce ha impactado directamente la base del talud, generando cortes casi verticales y retroceso erosivo que han comprometido la continuidad del terreno y el confinamiento del trasdós de la aleta, por el contrario, el talud de la margen derecha no presenta afectación que involucre la estructura del puente. En la margen izquierda donde es ms evidente el proceso erosivo se dispuso de un enrocado el cual protege el suelo natural de los efectos incisivos del cauce.

Imagen No 8 Taludes aguas arriba. (Imagen izq. Margen izquierda – Imagen der. Margen derecha)



5.3.2 Taludes aguas abajo:

En la margen derecha aguas abajo, se evidencia igualmente socavación en la base del talud, donde la acción hidráulica ha removido materiales no consolidados, dejando expuestas caras con bajo soporte y favoreciendo el avance de la erosión retrógrada. En general, los taludes conformados por depósitos aluviales heterogéneos de gravas, cantos y suelos finos intercalados presentan una condición vulnerable a la acción del flujo torrencial, lo que exige su estabilización mediante obras de protección hidráulica y estructural que aseguren el confinamiento de los accesos y la funcionalidad de la estructura.

Imagen No 9 Taludes aguas abajo (Imagen izq. Margen izquierda – Imagen der. Margen derecha)



5.4 Socavación

El cauce de la quebrada Chiticuy presenta un grado de erosión moderado a alto en sus márgenes, condicionado principalmente por procesos de socavación lateral. La dinámica fluvial ha concentrado su energía sobre las orillas, generando pérdida de material en los taludes y afectación directa a las estructuras de confinamiento, sin que se evidencien desniveles marcados ni excavaciones profundas en el eje central del cauce que permitan inferir una socavación total o generalizada. Esto indica que la afectación corresponde de manera predominante a la erosión localizada en las márgenes, lo que

compromete la estabilidad de los accesos y elementos adyacentes al puente, más que a la capacidad portante o soporte directo del lecho central de la estructura hidráulica.

5.5 Otros daños observados

Aparte de las patologías descritas anteriormente no se evidencia afectaciones adicionales generales que involucren la funcionabilidad de la estructura.

6 CONCEPTO GEOTÉCNICO DEL DIAGNÓSTICO

6.1 Hallazgos principales

El análisis integral del Puente Chiticuy permite establecer como hallazgos principales la conformación estructural de la obra, la cual corresponde a una sección circular con cobertura metálica corrugada que funciona como un sistema integral, sin estribos independientes que se vean directamente comprometidos por procesos de socavación. Se reconoce además que las aletas cumplen la función de confinamiento de rellenos y transición de accesos, con disposición diagonal respecto al eje vial, complementadas en un sector por un muro en gaviones. Los taludes de acceso y márgenes del cauce se encuentran compuestos por materiales aluviales heterogéneos de alta susceptibilidad a la erosión, con presencia de procesos activos de socavación lateral que inciden de manera directa en la estabilidad de los accesos y en el desempeño de las estructuras de confinamiento.

6.2 Patologías críticas identificadas

Las patologías críticas se concentran en las estructuras de confinamiento y en la interacción hidráulica con los taludes. En la margen izquierda aguas arriba se presenta pérdida del relleno en el trasdós de la aleta, lo cual compromete la estabilidad del terraplén y deja expuesta la estructura. En la margen izquierda aguas abajo, el muro en gaviones dispuesto como sustituto de la aleta original presenta deterioro de su malla metálica, perdiendo funcionalidad estructural y requiriendo su reemplazo por un muro en concreto reforzado. Complementariamente, los taludes aguas arriba y aguas abajo muestran socavación lateral activa que genera cortes verticales y retroceso erosivo, situación que, de no ser atendida, puede comprometer la seguridad de los accesos y la continuidad funcional del puente.

6.3 Nivel de riesgo

Para fines prácticos de la presente ficha, se adopta una metodología simplificada que evalúa el riesgo en función de la combinación de:

Riesgo = Probabilidad × Consecuencia

Riesgo	Nivel
1 – 4	Bajo
5 – 9	Medio
10 – 16	Alto
15 – 25	Muy Alto (Critico)

- **Probabilidad (P):** nivel de ocurrencia esperado de la amenaza, a partir de observaciones de campo (procesos activos, evidencia de deterioro, antecedentes).

Probabilidad	Muy baja	Baja	Media	Alta	Muy alta
Valor	1	2	3	4	5

  - Muy alta: Evidencia clara de socavación crítica, erosión activa, procesos que avanzan rápido.
  - Alta: Procesos activos con señales fuertes (exposición parcial de cimentación, erosión marcada).
  - Media: Señales moderadas (grietas, erosión incipiente, arrastre de material leve).
  - Baja: Evidencias menores, procesos lentos.
  - Muy baja: No se observan procesos activos, estabilidad aparente.

- **Consecuencia (C):** impacto potencial sobre la estructura y el servicio vial en caso de materializarse la amenaza.

Consecuencia	Menor	Moderada	Seria	Mayor	Catastrófica
Valor	1	2	3	4	5

  - Catastrófica (5): Colapso total del puente, interrupción prolongada de la vía.
  - Mayor (4): Afectación grave de la estructura (un estribo/pila comprometida).
  - Seria (3): Daños estructurales importantes, pero con posibilidad de rehabilitación.
  - Moderada (2): Daños reparables sin riesgo inmediato de pérdida del servicio.
  - Menor (1): Patología superficial, no compromete la seguridad.

Esta aproximación está alineada con los lineamientos de INVIAS – Cartilla de Gestión del Riesgo en Infraestructura Vial

Probabilidad	Consecuencia	Nivel de riesgo
2	4	Bajo

6.4 Obras necesarias

Las obras necesarias para el Puente Chiticuy deben orientarse principalmente al control de la socavación lateral y la recuperación de las estructuras de confinamiento, mediante intervenciones que aseguren el restablecimiento de las aletas, la estabilización de los taludes y la implementación de protecciones hidráulicas en los márgenes, reduciendo la vulnerabilidad frente a procesos erosivos que actualmente comprometen la integridad de la obra

6.5 Exploración geotécnica

- **Caracterización del lecho del cauce**: se debe evaluar el tipo de suelo del lecho del rio mediante granulometrías y propiedades base para analizar la socavación para el tiempo de retorno según los parámetros hidráulicos, de esta manera proyectar las profundidades de socavación local a las márgenes del rio.

- **Sondeo mecánico**: localizado en la M-De aguas abajo para proyectar muro estructural que reemplace el gavión que funciona como aleta.
  Prof: 12.0 m
  Ensayos: caracterización cada 1.50 m (granulometría, limites, pesos unitarios) a nivel de cimentación proyectar ensayo de resistencia (corte directo, compresión Inconfinada o compresión simple) según el tipo de material registrado a nivel de apoyo.

6.6 Proyección de obras definitivas:

Talud aguas arriba M-I Protección con gaviones (malla PVC): Construir un paramento de gaviones escalonados (1–2 m altura según topografía) con malla galvanizada recubierta en PVC, relleno pétreo seleccionado y clave de pie embebida en cauce. Incluir geotextil filtrante al trasdós. La protección se extiende hasta conectar con aleta que perdió su relleno, restituyendo el soporte del terraplén. La disposición de los gaviones debe cumplir especificaciones invias 2022

Talud aguas abajo M-D: Reemplazo de aleta en gaviones por muro estructural: Demolición controlada del gavión usado como aleta y construcción de muro en concreto reforzado con zapata corrida. Prever sistema de drenaje (filtro granular + geotextil + lloraderos) y protección en pie con enrocado bajo cota de socavación estimada. Reconformar trasdós con granular seleccionado.

Protección del talud M.I reconformación geométrica del cauce disponiendo el material excavado como protección al margen del talud: En este sector se plantea la reconformación geométrica del cauce, con el fin de suavizar la transición hidráulica y reducir la incidencia directa del flujo sobre la margen izquierda. El material producto de la excavación podrá disponerse como protección marginal en la base del talud, generando un refuerzo natural que atenúe la socavación incipiente. Esta solución busca restituir la geometría del cauce, mejorar la distribución del flujo y dotar al talud de un sistema de defensa que incremente su estabilidad frente a la acción erosiva del río.

6.7 Esquematización de propuesta de mitigación

Puente	Rio Chiticuy – Duitama _ Pueblito Boyacense



7 CONCLUSIÓN DEL DIAGNÓSTICO

El Puente Chiticuy corresponde a un pontón de sección circular, que por su concepción estructural no presenta estribos independientes, por lo que las afectaciones no recaen directamente sobre elementos de apoyo, sino sobre las estructuras de confinamiento y los taludes adyacentes. El diagnóstico permitió identificar que los procesos activos se concentran en la socavación lateral del cauce, afectando principalmente la margen izquierda aguas arriba, donde se perdió el material de relleno en el trasdós de la aleta, y la margen izquierda aguas abajo, donde el muro en gaviones dispuesto como sustituto de la aleta presenta deterioro de su malla metálica. Adicionalmente, los taludes aguas arriba y aguas abajo muestran evidencias de erosión y retroceso, que comprometen la estabilidad de los accesos y aumentan la vulnerabilidad de la banca.

Las obras proyectadas buscan atender estas condiciones mediante la protección con gaviones (siguiendo lineamientos INVIAS - 2022) recubiertos en PVC, el reemplazo de la aleta en gaviones por un muro estructural en concreto reforzado y la reconformación geométrica del cauce con disposición de material como defensa marginal. Estas acciones se conciben como medidas de mitigación definitiva que permitan restablecer el confinamiento, proteger los taludes frente a la acción erosiva y asegurar la continuidad funcional de la estructura

Firmas

Geotecnista:	Yenser Antonio Montero Serrano	**Revisor:**
T.P.:	54202-363195 NTS	**T.P.:**
Fecha:	09/09/2025	**Fecha:**

ES 2540-14 – PUEBLITO BOYACENSE

Proyecto: Obras de emergencia puentes vehiculares - Puente Pueblito Boyacense

Localización: DUITAMA

Cliente: CONSORCIO PEB-JI

LÓPEZ HERMANOS GEOTECNIA Y AGUAS SUBTERRÁNEAS S.A.S.

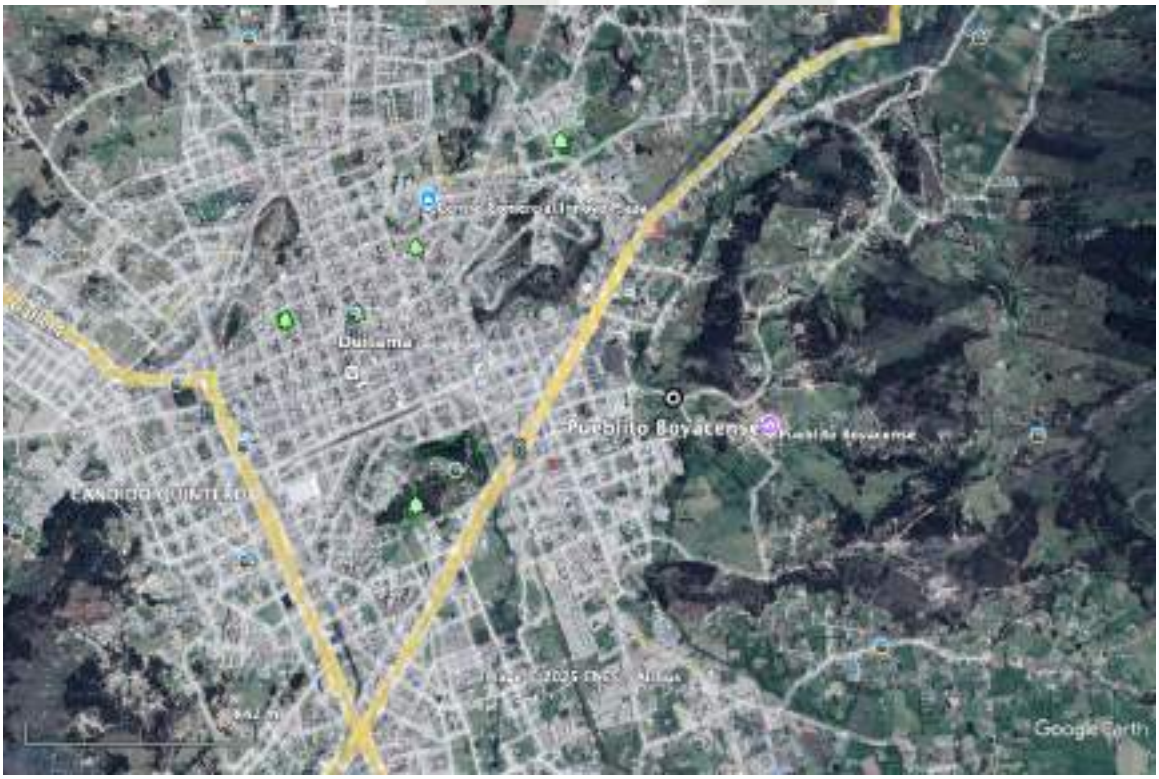
Fecha: Octubre 2025

1. INTRODUCCIÓN Y ALCANCE

El presente documento contiene el diseño geotécnico de la losa de aproximación del Puente del Pueblito Boyacense, ubicado en el municipio de Duitama, Boyacá. El objetivo principal es establecer los parámetros geotécnicos y las recomendaciones para el diseño y construcción del muro de gavión al borde derecho aguas abajo. El estudio se fundamenta en los resultados de campo y laboratorio obtenidos por LÓPEZ HERMANOS GEOTECNIA Y AGUAS SUBTERRÁNEAS S.A.S., aplicando los lineamientos de la NSR-10 (Título H).

2. INVESTIGACIONES DE CAMPO Y LABORATORIO

Se realizó una perforación con equipo mecánico hasta los 12 m de profundidad y la recuperación de muestras del lecho del rio. A las muestras recuperadas se les realizaron las pruebas de : Clasificación, densidad y absorción y carga puntual.



LOPEZ HERMANOS GEOTECNIA Y AGUAS SUBTERRANEAS S.A.S.

Avenida Norte 48-57 - Tunja (Boy). Tel: 3108717384. email: estudios@lhltda.com

ESTUDIO DE SUELOS SERVICIO DE LABORATORIO DE SUELOS Y CONCRETOS - POZOS PROFUNDOS

Solicitado por: CONSORCIO PEB-JI.	Localización: Pueblito Boyacense - Boyacá		Nivel de referencia: 0 m	Inicio: 24/09/2025 / Finalizado: 24/09/2025
Proyecto: Obras de emergencia puentes vehiculares - Puente Pueblito Boyacense	Latitud/Norte:	Longitud/este:	Tipo de Perfil: LECHO DE RIO	N° sondeo : Lecho de Río Aguas Abajo

PERFIL	DESCRIPCION PERFIL	Inconfinada, penetrometro y veleta (kPa)	Penetración normal corregida N (SPT)
	0.00 - -0.30 m: GP arenoso: Grava mal graduada de color marrón		

Observaciones:

NIVEL FREATICO - m COTA NF - m

LOPEZ HERMANOS GEOTECNIA Y AGUAS SUBTERRANEAS S.A.S.

Avenida Norte 48-57 - Tunja (Boy). Tel: 3108717384. email: estudios@lhltda.com

ESTUDIO DE SUELOS SERVICIO DE LABORATORIO DE SUELOS Y CONCRETOS - POZOS PROFUNDOS

Solicitado por: CONSORCIO PEB-JI.	Localización: Pueblito Boyacense - Boyacá	Nivel de referencia: 0 m	Inicio: 24/09/2025	Finalizado: 24/09/2025
Proyecto: Obras de emergencia puentes vehiculares - Puente Pueblito Boyacense	Latitud/Norte: / Longitud/este:	Tipo de Perfil: LECHO DE RIO	N° sondeo : Lecho de Río Aguas Arriba	

PERFIL	DESCRIPCION PERFIL	Inconfinada, penetrometro y veleta (kPa)	Penetración normal corregida N (SPT)
	0.00 - -0.30 m: GP arenoso: Grava mal graduada de color gris y marrón		

Observaciones:

NIVEL FREATICO - m COTA NF - m

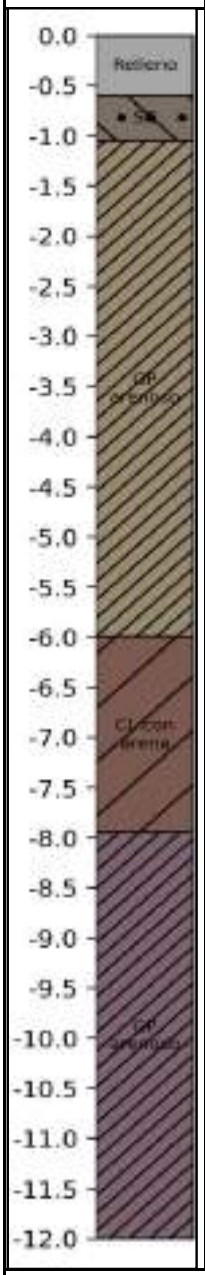
LOPEZ HERMANOS GEOTECNIA Y AGUAS SUBTERRANEAS S.A.S.

Avenida Norte 48-57 - Tunja (Boy). Tel: 3108717384. email: estudios@lhltda.com

ESTUDIO DE SUELOS SERVICIO DE LABORATORIO DE SUELOS Y CONCRETOS - POZOS PROFUNDOS

Solicitado por: CONSORCIO PEB-JI.	Localización: Pueblito Boyacense - Boyacá		Nivel de referencia: 0 m	Inicio: 08/10/2025 / Finalizado: 10/10/2025
Proyecto: Obras de emergencia puentes vehiculares - Puente Pueblito Boyacense	Latitud/Norte: 5°49'33.58"	Longitud/este: 73° 1'18.69"	Tipo de Perfil: Barreno	N° sondeo : B-1

PERFIL



DESCRIPCION PERFIL

0.00 - -0.60 m: Material de relleno con desechos de construcción

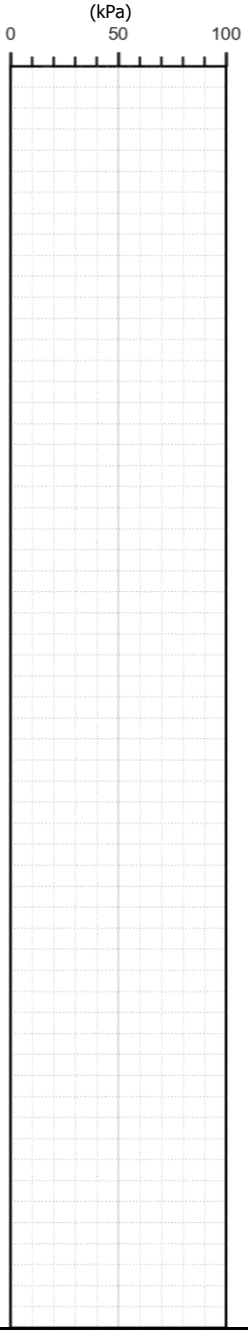
-0.60 - -1.05 m: SC: Arena arcillosa de color marrón con gris, de plasticidad Baja, de expansividad Baja, de compacidad Suelto

-1.05 - -6.00 m: GP arenoso: Grava mal graduada de color gris, amarillo y morado

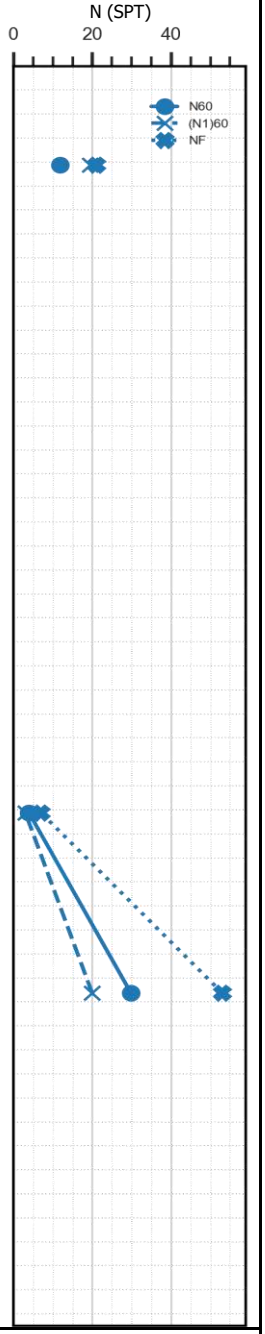
-6.00 - -7.95 m: CL con arena: Arcilla de baja plasticidad de color marrón con morado en estado Sólido, de plasticidad Baja, de expansividad Baja, de consistencia Muy Firme, con humedad natural Mayor a la humedad de equilibrio

-7.95 - -12.00 m: GP arenoso: Grava mal graduada de color gris marrón y morado

Inconfinada, penetrometro y veleta (kPa)



Penetración normal corregida N (SPT)



Observaciones:

NIVEL FREATICO - m COTA NF - m

LÓPEZ HERMANOS GEOTECNIA Y AGUAS SUBTERRÁNEAS S.A.S.

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y CONCRETOS

Avenida Norte No. 48-57 Tel. 403972 Tunja, BOY.

Obra: Obras de emergencia puentes vehiculares - Puente Pueblito Boyacense

Localización Pueblito Boyacense - Boyacá

Fecha de ensayos: Junio 2025

CUADRO RESUMEN DE ENSAYOS

Barreno Nº- Prof. (m)	Propiedades físicas y clasificación															Penetración normal				Esfuerzo			Descripción
	Humedad natural%	Límite Líquido (%)	Límite plástico (%)	Índice de plasticidad (%)	Índice de liquidez	Humedad de equilibrio (%)	Peso unitario total (kN/m³)	Peso unitario seco (kN/m³)	Peso unitario seco crítico (kN/m³)	%Pasa No.4 (<4.75 mm)	% Pasa 200 (<0.075mm)	% Finos	% Arenas	% Gravas	Clasificación USC	Número de golpes de campo	Número de golpes de campo por cada 15 cm	Penetración normal corregida N60(SPT)	Penetración normal corregida normalizada N160(SPT)	Esfuerzo Mpa (CSRl)	las(50)	Promedio resistencia a la compresión uniaxial estimada,σc, (MPa)	
Lecho de Río Aguas Abajo (0,00/0,30)	-	-	-	-			-	-	-	43,52	3	3	40	56	GP arenoso	-,-,-				-	-	-	Grava mal graduada de color marrón
Lecho de Río Aguas Arriba (0,00/0,30)	-	-	-	-			-	-	-	33	3	3	30	67	GP arenoso	-,-,-				-	-	-	Grava mal graduada de color gris y marrón
B-1 (0,60/1,05)	-	25	19	6		15,35	-	-	15,9	92	48	48	44	8	SC	12,11,10	21,0	12	19	-	-	-	Arena arcillosa de color marrón con gris, de plasticidad Baja, de expansividad Baja, de compacidad Suelto
B-1 (1,90/Rechazo)	-	-	-	-			-	-	-	-	-	-			GP arenoso	-,-,-				-	-	-	Grava mal graduada de color gris, amarillo y morado
B-1 (1,90/4,00)	-	-	-	-			26,0	-	-	-	-	-				-,-,-				-	9	254	Grava mal graduada de color gris, amarillo y morado
B-1 (4,00/5,00)	-	-	-	-			25,2	-	-	-	-	-				-,-,-				110	-	-	Grava mal graduada de color gris, amarillo y morado
B-1 (6,00/6,45)	17,4	27	18	9	-0,1	16,29	-	-	15,4	100	77	77	23	0	CL con arena	2,3,4	7,0	4	3	-	-	-	Arcilla de baja plasticidad de color marrón con morado en estado Sólido, de plasticidad Baja, de expansividad Baja, de consistencia Muy Firme, con humedad natural Mayor a la humedad de equilibrio
B-1 (7,50/7,95)	7,7	-	-	-			-	-	-	-	-	-				22,22,31	53,0	30	20	-	-	-	Arcilla de baja plasticidad de color marrón con morado en estado Sólido, de plasticidad Baja, de expansividad Baja, de consistencia Muy Firme, con humedad natural Mayor a la humedad de equilibrio
B-1 (7,95/12,00)	-	-	-	-			26,0	-	-	-	-	-			GP arenoso	-,-,-				-	8	235	Grava mal graduada de color gris marrón y morado



3. CARACTERIZACIÓN DE MATERIALES

Hasta los 12 m de profundidad se encuentra un depósito aluvial grueso con eventuales arcillo arenosos.

4. CAPACIDAD DE SOPORTE Y ASENTAMIENTOS

A nivel de vía, la capacidad de soporte se calcula como

$$q_{admisible} \quad 11.98 N_{corr} \quad \frac{3.28B \quad 1}{3.28B}^{2} \quad Fd \quad \frac{S_e}{25} \quad \mathrm{kN/m^2} \; o \; \mathrm{KPa}$$

$B \quad 1.22m$

N_{cor} Numero de golpes penetracion estandar corregido

$\mathrm{Fd} = 1 + 0.33 \; \mathrm{D_f/B} \quad 1.33$

S_e Asentamiento tolerable (mm)

Tabla 1: Capacidad de soporte

Df=	0,5			Df=	1	
B (m)	***Fd***	***q admisible (kPa)***	***q admisible (ton/m^2)***	***Fd***	***q admisible (kPa)***	***q admisible (ton/m^2)***
1,000	1,17	713,84	72,8	1,33	813,90	83,1
1,500	1,11	578,10	59,0	1,22	635,86	64,9
2,000	1,08	517,06	52,8	1,17	556,80	56,8
2,500	1,07	482,53	49,2	1,13	512,66	52,3
3,000	1,06	460,37	47,0	1,11	484,57	49,4
4,000	1,04	433,60	44,2	1,08	450,93	46,0
5,000	1,03	418,04	42,7	1,07	431,51	44,0
Df=	1,5					
B (m)	***Fd***	***q admisible (kPa)***	***q admisible (ton/m^2)***			
1,000	1,33	813,90	83,1			
1,500	1,33	692,06	70,6			
2,000	1,25	596,54	60,9			
2,500	1,20	542,79	55,4			
3,000	1,17	508,78	51,9			
4,000	1,12	468,26	47,8			
5,000	1,10	444,98	45,4			

Con la presión aplicada los asentamientos se esperan menores a los 25 mm

7. CONCLUSIONES

Los materiales de fundación presentan condiciones adecuadas para el apoyo del muro, por lo que el nivel de desplante estará controlado por la socavación..

REGISTRO FOTOGRÁFICO

Perforación: EXPLORACION BARRENO 1



F-1



F-2



F-3



F-4



F-5



F-6



F-7

Perforación: MUESTRAS BARRENO 1



M-1 (0.60-1.05)



M-3 (1.90-3.00)



M-4 (3.00-4.00)



M-5 (4.00-5.00)



M-6 (6.00-6.45)



M-7 (7.50-7.95)



M8(7.95-9.00) 2



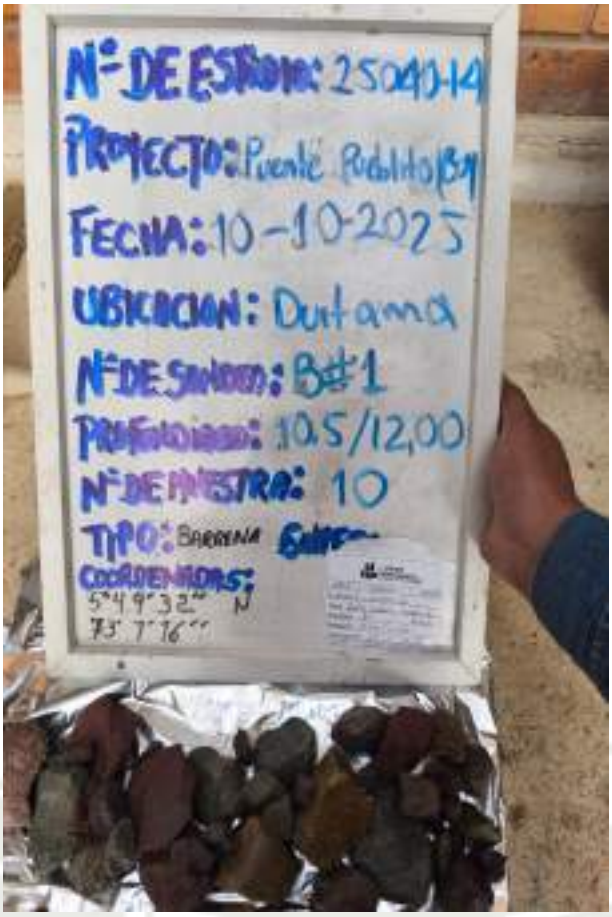
M8(7.95-9.00)



M9(9.00-10.5 2


N° DE ESTACION: 25040-
PROYECTO: Pozo Pueblito (Boy)
FECHA: 10-10-25
UBICACION:
N° DE MUESTRA: 9
TIPO:

M9(9.00-10.5



M-10 (10.50-12.00)

Perforación: LECHO DE RIO A. ABAJO



FOTO 1



FOTO 2



FOTO 10



FOTO 3



FOTO 4



FOTO 5



FOTO 6



FOTO 7



FOTO 8



FOTO 9

Perforación: LECHO DE RIO A. ARRIBA



FOTO 1



FOTO 2



FOTO 3



FOTO 4



FOTO 5



FOTO 6



FOTO 7



FOTO 8

Solicitado por:	CONSORCIO PEB-JI.	***No. Orden:***	***41803***
Dirección:	CL 109 14 B 60 OF 204 BRR CHICO	***Muestra No.:***	***141253 (17)***
NIT./C.C.:	901977234-8	***Referencia interna del Cliente:***	ES25040-14 PUENTE PUEBLITO BOYACENSE. B-1 (7,95-12,00)
Teléfono:	3102778858	***Fecha de muestreo:***	24/09/2025
Obra:	ES25040-14 PUENTE PUEBLITO BOYACENSE.	***Fecha de ingreso de la muestra:***	24/09/2025
Finalidad:	Determinar calidad del material	***Fecha de ensayo:***	18/10/2025
Lugar de procedencia:	Pueblito Boyacense - Boyacá	***Fecha de informe:***	21/10/2025 16:34
Descripción de la muestra:	Arenisca de grano fino y medio, color gris marrón y morado.	***Tipo de muestra:***	Núcleo de roca
Muestra tomada por:	López Hermanos (Geotecnia)		

Peso picnómetro en en el aire, (g)	2967
Peso picnómetro + suelo SSS al aire, (g)	4249
Peso Picnómetro + suelo + agua, (g)	8196
Peso picnómetro + agua, (g)	7394
Peso del recipiente No. **70**	186
Peso recipiente + suelo seco (g)	1457
Masa de la muestra seca, M (g)	1271
Masa de la muestra SSS, Ms (g)	1282
Masa de la muestra sumergida, Mi (g)	802
Densidad Nominal, Dn (g /cm³)	**2,71**
Densidad aparente, Da (g /cm³)	**2,65**
Densidad bulk sss (g/cm^3)	**2,67**
Absorción, (%)	***0,9***

Observaciones:

No reporta

Revisó y Aprobó
ING. JOHANA CARO CARO
MP. 15202-320655 BYC

Nota: Este folio no se deberá reproducir de forma parcial o total sin la aprobación por escrito de López Hermanos Geotecnia y Aguas Subterráneas S.A.S
Los resultados mostrados en este informe corresponden unicamente a la(s) muestra(s) ensayada(s) tal como fueron recibida(s) del cliente.
Los resultados de este informe corresponde al instante y las condiciones en que se realizo el ensayo. El laboratorio no se hace responsable del uso inadecuado de la información.
El laboratorio no es responsable de la información suministrada por el cliente. Los ensayos fueron realizados en el laboratorio López Hermanos SAS sede Tunja.

-Fin de informe-

Solicitado por:	CONSORCIO PEB-JI.	***No. Orden:***	***41803***
Dirección:	CL 109 14 B 60 OF 204 BRR CHICO	***Muestra No.:***	***141248 (17)***
NIT./C.C.:	901977234-8	***Referencia interna del Cliente:***	ES25040-14 PUENTE PUEBLITO BOYACENSE. B-1 (1,90-3,0)
Teléfono:	3102778858	***Fecha de muestreo:***	24/09/2025
Obra:	ES25040-14 PUENTE PUEBLITO BOYACENSE.	***Fecha de ingreso de la muestra:***	24/09/2025
Finalidad:	Determinar calidad del material	***Fecha de ensayo:***	18/10/2025
Lugar de procedencia:	Pueblito Boyacense - Boyacá	***Fecha de informe:***	21/10/2025 16:31
Descripción de la muestra:	Arenisca de color gris, amarillo y morado	***Tipo de muestra:***	Barrena
Muestra tomada por:	López Hermanos (Geotecnia)		

Peso picnómetro en en el aire, (g)	2967
Peso picnómetro + suelo SSS al aire, (g)	3803
Peso Picnómetro + suelo + agua, (g)	7916
Peso picnómetro + agua, (g)	7394
Peso del recipiente No. **2**	174
Peso recipiente + suelo seco (g)	1005
Masa de la muestra seca, M (g)	831
Masa de la muestra SSS, Ms (g)	836
Masa de la muestra sumergida, Mi (g)	522
Densidad Nominal, Dn (g /cm³)	**2,69**
Densidad aparente, Da (g /cm³)	**2,65**
Densidad bulk sss (g/cm^3)	**2,66**
Absorción, (%)	***0,6***

Observaciones:

No reporta

Revisó y Aprobó
ING. JOHANA CARO CARO
MP. 15202-320655 BYC

Nota: Este folio no se deberá reproducir de forma parcial o total sin la aprobación por escrito de López Hermanos Geotecnia y Aguas Subterráneas S.A.S
Los resultados mostrados en este informe corresponden unicamente a la(s) muestra(s) ensayada(s) tal como fueron recibida(s) del cliente.
Los resultados de este informe corresponde al instante y las condiciones en que se realizo el ensayo. El laboratorio no se hace responsable del uso inadecuado de la información.
El laboratorio no es responsable de la información suministrada por el cliente. Los ensayos fueron realizados en el laboratorio López Hermanos SAS sede Tunja.

-Fin de informe-

LÓPEZ HERMANOS S.A.S GEOTECNIA Y AGUAS SUBTERRÁNEAS	Formato del Sistema de Gestión de Calidad	Este documento es propiedad intelectual de López Hermanos Geotecnia y Aguas Subterráneas SAS	
	EJECUCIÓN DE ENSAYOS DE LABORATORIO	Versión No. 3	10/01/2025
	DETERMINACIÓN DEL ÍNDICE DE RESISTENCIA A LA CARGA PUNTUAL ASTM D 5731	EL-INF-43	_ de_

Solicitado por: CONSORCIO PEB-JI.
Dirección: CL 109 14 B 60 OF 204 BRR CHICO
NIT./C.C.: 901977234-8
Tel.: 3102778858
Obra: ES25040-14 PUENTE PUEBLITO BOYACENSE
Finalidad: Determinar calidad de la roca
Lugar de Procedencia: Pueblito Boyacense - Boyacá
Barreno: B-1
Profundidad (m): (1,90-4,00)
Descripción de la muestra: Arenisca de color gris, amarillo y morado
Muestra tomada por: *López Hermanos (Geotecnia)*

Orden No: 41803
Muestra No: 141248
Referencia Cliente: ES25040-14 PUENTE PUEBLITO BOYACENSE
Fecha de muestreo: 24/09/2025
Fecha de ingreso de muestra: 24/09/2025
Fecha de ensayo: 18/10/2025
Fecha de Informe: 21/10/2025
Tipo de muestra: Roca
Equipo: *Controls B 30/ AZ, Serial 00093577, capacidad de 30 kN*
Certificado de calibración: *REM-LF-262*

Número de especímen	*Tipo de ensayo*	*Ancho (W), mm*	*Diámetro (D), mm*	*Carga (divisiones)*	*Carga (P), kN*	*De², mm²*	*De, mm*	*Is, MPa*	*F*	$I_{s(50)}$, MPa	*Resistencia a la compresión*
1	i	62,4	37,2	1315	15,78	2956	54,36	5,34	1,04	5,5	130,8
2	i	62,4	28,4	1210	14,54	2256	47,50	6,44	0,98	6,3	157,8
3	i	38,4	26,3	1096	13,18	1286	35,86	10,25	0,86	8,8	251,1
4	i	36,3	23,4	1119	13,46	1082	32,89	12,44	0,83	10,3	304,8
5	i	29,4	28,8	1210	14,54	1078	32,83	13,49	0,83	11,2	330,5
6	i	33,8	31,6	1291	15,50	1360	36,88	11,40	0,87	9,9	279,3
7	i	37,4	22,4	1174	14,11	1067	32,66	13,23	0,83	10,9	324,1

a= axial

⊥ = perpendicular al plano de falla

i= bloque irregular

Parámetro	Valor	Término descriptivo
Promedio $I_{s(50)}$ (MPa)	9,00	*Resistencia muy alta*
$I_{as(50)}$	9,00	NA
Humedad de las muestras (%)	0,42	NA
Promedio resistencia a la compresión uniaxial estimada,σc, (MPa)	254	Resistencia muy alta

Revisó y Aprobó
ING. JOHANA CARO CARO
M.P. 15202-320655 BYC

Nota: Este folio no se deberá reproducir de forma parcial o total sin la aprobación por escrito de López Hermanos Geotecnia y Aguas subterráneas S.A.S.
Los resultados mostrados en este informe corresponden únicamente a la(s) muestra(s) ensayada(s) tal como fueron recibida(s) del cliente.
Los resultados de este informe corresponden al instante y las condiciones en que se realizó el ensayo. El laboratorio no se hace responsable del uso inadecuado de la información.
El laboratorio no es responsable de la información suministrada por el cliente. Los ensayos fueron realizados en el laboratorio López Hermanos SAS sede Tunja.

Solicitado por:	CONSORCIO PEB-JI.	***Orden No:***	41803
Dirección:	CL 109 14 B 60 OF 204 BRR CHICO	***Muestra No:***	141248
NIT./C.C.:	901977234-8	***Referencia Cliente:***	ES25040-14 PUENTE PUEBLITO BOYACENSE
Tel.:	3102778858	***Fecha de muestreo:***	24/09/2025
Obra:	ES25040-14 PUENTE PUEBLITO BOYACENSE	***Fecha de ingreso de muestra:***	24/09/2025
Finalidad:	Determinar calidad de la roca	***Fecha de ensayo:***	18/10/2025
Lugar de Procedencia:	Pueblito Boyacense - Boyacá	***Fecha de Informe:***	21/10/2025
Barreno:	B-1	***Tipo de muestra:***	Roca
Profundidad (m):	(1,90-4,00)		
Descripción de la muestra:	Arenisca de color gris, amarillo y morado		
Muestra tomada por:	*López Hermanos (Geotecnia)*	***Equipo:***	*Controls B 30/ AZ, Serial 00093577, capacidad de 30 kN*
		Certificado de calibración:	*REM-LF-262*

ANEXO FOTOGRÁFICO



FOTO 1



FOTO 2

Revisó y Aprobó
ING. JOHANA CARO CARO
M.P. 15202-320655 BYC

-informe final-

LÓPEZ HERMANOS S.A.S GEOTECNIA Y AGUAS SUBTERRÁNEAS	Formato del Sistema de Gestión de Calidad	Este documento es propiedad intelectual de López Hermanos Geotecnia y Aguas Subterráneas SAS	
	EJECUCIÓN DE ENSAYOS DE LABORATORIO	Versión No. 3	10/01/2025
	DETERMINACIÓN DEL ÍNDICE DE RESISTENCIA A LA CARGA PUNTUAL ASTM D 5731	EL-INF-43	_ de_

Solicitado por: CONSORCIO PEB-JI.
Dirección: CL 109 14 B 60 OF 204 BRR CHICO
NIT./C.C.: 901977234-8
Tel.: 3102778858
Obra: ES25040-14 PUENTE PUEBLITO BOYACENSE

Finalidad: Determinar calidad de la roca

Lugar de Procedencia: Pueblito Boyacense - Boyacá
Barreno: B-1
Profundidad (m): (7,95-12,00)
Descripción de la muestra: Arenisca color morado, gris y amarillo

Muestra tomada por: *López Hermanos (Geotecnia)*

Orden No: 41803
Muestra No: 141253
Referencia Cliente: ES25040-14 PUENTE PUEBLITO BOYACENSE
Fecha de muestreo: 24/09/2025
Fecha de ingreso de muestra: 24/09/2025
Fecha de ensayo: 18/10/2025
Fecha de Informe: 21/10/2025
Tipo de muestra: Roca

Equipo: *Controls B 30/ AZ, Serial 00093577, capacidad de 30 kN*
Certificado de calibración: *REM-LF-262*

Número de especímen	*Tipo de ensayo*	*Ancho (W), mm*	*Diámetro (D), mm*	*Carga (divisiones)*	*Carga (P), kN*	*De^2,mm^2*	*De, mm*	*Is, MPa*	*F*	*$I_{s(50)}$,MPa*	*Resistencia a la compresión*
1	i	51,6	52,4	1800	21,51	3443	58,67	6,25	1,07	6,7	153,1
2	i	33	25,3	985	11,86	1063	32,60	11,16	0,82	9,2	273,4
3	i	28,4	30,6	1016	12,23	1107	33,26	11,05	0,83	9,2	270,7
4	i	21,8	35,4	876	10,56	983	31,35	10,75	0,81	8,7	263,4
5	i	21,3	28,4	417	5,05	770	27,75	6,55	0,77	5,0	160,5
6	i	18,6	23,4	325	3,94	554	23,54	7,11	0,71	5,1	174,2
7	i	21,4	36,7	1184	14,23	1000	31,62	14,23	0,81	11,6	348,6

a= axial

⊥ = perpendicular al plano de falla

i= bloque irregular

Parámetro	**Valor**	**Término descriptivo**
Promedio $I_{s(50)}$ (MPa)	7,93	*Resistencia muy alta*
$I_{as(50)}$	7,93	NA
Humedad de las muestras (%)	0,42	NA
Promedio resistencia a la compresión uniaxial estimada,σc, (MPa)	235	Resistencia muy alta

Revisó y Aprobó
ING. JOHANA CARO CARO
M.P. 15202-320655 BYC

Nota: Este folio no se deberá reproducir de forma parcial o total sin la aprobación por escrito de López Hermanos Geotecnia y Aguas subterráneas S.A.S.
Los resultados mostrados en este informe corresponden únicamente a la(s) muestra(s) ensayada(s) tal como fueron recibida(s) del cliente.
Los resultados de este informe corresponden al instante y las condiciones en que se realizó el ensayo. El laboratorio no se hace responsable del uso inadecuado de la información.
El laboratorio no es responsable de la información suministrada por el cliente. Los ensayos fueron realizados en el laboratorio López Hermanos SAS sede Tunja.

Solicitado por:	CONSORCIO PEB-JI.	***Orden No:***	41803
Dirección:	CL 109 14 B 60 OF 204 BRR CHICO	***Muestra No:***	141253
NIT./C.C.:	901977234-8	***Referencia Cliente:***	ES25040-14 PUENTE PUEBLITO BOYACENSE
Tel.:	3102778858	***Fecha de muestreo:***	24/09/2025
Obra:	ES25040-14 PUENTE PUEBLITO BOYACENSE	***Fecha de ingreso de muestra:***	24/09/2025
Finalidad:	Determinar calidad de la roca	***Fecha de ensayo:***	18/10/2025
Lugar de Procedencia:	Pueblito Boyacense - Boyacá	***Fecha de Informe:***	21/10/2025
Barreno:	B-1	***Tipo de muestra:***	Roca
Profundidad (m):	(7,95-12,00)		
Descripción de la muestra:	Arenisca color morado, gris y amarillo		
Muestra tomada por:	*López Hermanos (Geotecnia)*	***Equipo:***	*Controls B 30/ AZ, Serial 00093577, capacidad de 30 kN*
		Certificado de calibración:	*REM-LF-262*

ANEXO FOTOGRÁFICO



FOTO 1



FOTO 2

Revisó y Aprobó
ING. JOHANA CARO CARO
M.P. 15202-320655 BYC

-informe final-

LÓPEZ HERMANOS S.A.S GEOTECNIA Y AGUAS SUBTERRÁNEAS	Formato del Sistema de Gestión de Calidad	Este documento es propiedad intelectual de López Hermanos Geotecnia y Aguas Subterráneas S.A.S	
	EJECUCIÓN DE ENSAYOS DE LABORATORIO		
	INFORME DE ENSAYO: DETERMINACIÓN EN LABORATORIO DEL CONTENIDO DE AGUA (HUMEDAD) DE MUESTRAS DE SUELO, ROCA Y MEZCLAS DE SUELO-AGREGADO INV E-122-13	Versión No. 2	18/11/2024
		EL-INF-03	1 de 1

		Orden No.:	***41803***
Solicitado por:	CONSORCIO PEB-JI.	***Muestra No.:***	***141251 (16)***
NIT./C.C.:	901977234-8	***Fecha de ingreso:***	24/09/2025
Dirección:	CL 109 14 B 60 OF 204 BRR CHICO	***Fecha de ensayo:***	18/10/2025
Tel.:	3102778858	***Fecha de Informe:***	21/10/2025
Obra:	ES25040-14 PUENTE PUEBLITO BOYACENSE.		
Finalidad:	Determinar calidad del material		
Fecha de muestreo:	24/09/2025		
Muestra tomada por:	López Hermanos (Geotecnia)		
Procedencia:	Pueblito Boyacense - Boyacá		
Barreno:	B-1	***Tipo de muestra:***	SPT
Profundidad (m):	6,00-6,45 m		
Descripción de la muestra:	Arcilla con arena de color marrón oxidado		
Referencia interna:	ES25040-14 PUENTE PUEBLITO BOYACENSE		
Frente y localización:	Puente Pueblito Boyacense		

Método de Ensayo	A
Recipiente N°	8C
Masa del recipiente, (g)	48,1
Masa del recipiente + suelo húmedo, (g)	290,5
Masa del recipiente + suelo seco, (g)	254,6
Contenido de Humedad, %	**17,4**

OBSERVACIONES:

No reporta

Revisó y Aprobó
JOHANA CAROLINA CARO
TP. 15202-320655 BYC

Nota: Este folio no se deberá reproducir de forma parcial o total sin la aprobación por escrito de López Hermanos Geotecnia y Aguas subterráneas S.A.S
Los resultados mostrados en este informe corresponden unicamente a la(s) muestra(s) ensayada(s) tal como fueron recibida(s) del cliente.
Los resultados de este informe corresponde al instante y las condiciones en que se realizo el ensayo. El laboratorio no se hace responsable del uso inadecuado de la información.
El laboratorio no es responsable de la información suministrada por el cliente. Los ensayos fueron realizados en el laboratorio López Hermanos SAS sede Tunja

-Fin de informe-

LÓPEZ HERMANOS S.A.S GEOTECNIA Y AGUAS SUBTERRÁNEAS	Formato del Sistema de Gestión de Calidad	Este documento es propiedad intelectual de López Hermanos Geotecnia y Aguas Subterráneas S.A.S	
	EJECUCIÓN DE ENSAYOS DE LABORATORIO		
	DETERMINACIÓN DE LA CANTIDAD DE MATERIAL QUE PASA EL TAMIZ DE 75 µM (NO.200) EN LOS AGREGADOS PÉTREOS MEDIANTE LAVADO INV E – 214-13	Versión No. 3	19/12/2024
		EL-INF-05	Página 1 de 1

Solicitado por:	CONSORCIO PEB-JI.	***Muestra No:***	***141251 (11)***
Dirección:	CL 109 14 B 60 OF 204 BRR CHICO	***Orden No.:***	***41803***
NIT./C.C.:	901977234-8	***Referencia cliente:***	ES25040-14 PUENTE PUEBLITO BOYACENSE
Tel.:	3102778858		
Obra:	ES25040-14 PUENTE PUEBLITO BOYACENSE.	***Fecha de muestreo:***	24/09/2025
Finalidad:	Determinar calidad del material	***Fecha de ingreso de la muestra:***	24/09/2025
Muestra tomada por:	López Hermanos (Geotecnia)	***Fecha de ensayo:***	18/10/2025
Procedencia:	Pueblito Boyacense - Boyacá	***Fecha de Informe:***	21/10/2025 14:48
Profundidad (m):	6,00 - 6,45 m	***Barreno:***	B-1
Descripción de la muestra:	Arcilla con arena de color marrón oxidado	***Tipo de muestra:***	SPT
Frente y localización:	Puente Pueblito Boyacense		

Peso suelo seco antes de lavar, (g)	206,5
Peso suelo seco despues de lavar, (g)	47,47
PASANTE MALLA 4, (%)	**100**
PASANTE MALLA 200, (%)	**77**
Grava (%)	**0**
Arena (%)	**23**
Finos (%)	**77**

OBSERVACIONES:

No reporta

Aprobó
ING. JOHANA CAROLINA CARO
TP. 15202-320655 BYC

Nota: Este folio no se deberá reproducir de forma parcial o total sin la aprobación por escrito de López Hermanos Geotecnia y Aguas Subterráneas S.A.S
Los resultados mostrados en este informe corresponden únicamente a la(s) muestra(s) ensayada(s) tal como fueron recibida(s) del cliente.
Los resultados de este informe corresponde al instante y las condiciones en que se realizó el ensayo. El laboratorio no se hace responsable del uso inadecuado de la información.
El laboratorio no es responsable de la información suministrada por el cliente. Los ensayos fueron realizados en el laboratorio López Hermanos SAS sede Tunja

-Fin de informe-

LÓPEZ HERMANOS S.A.S GEOTECNIA Y AGUAS SUBTERRÁNEAS	Formato del Sistema de Gestión de Calidad	Este documento es propiedad intelectual de López Hermanos Geotecnia y Aguas Subterráneas S.A.S	
	EJECUCIÓN DE ENSAYOS DE LABORATORIO		
	INFORME DE ENSAYO: DETERMINACIÓN EN LABORATORIO DEL CONTENIDO DE AGUA (HUMEDAD) DE MUESTRAS DE SUELO, ROCA Y MEZCLAS DE SUELO-AGREGADO INV E-122-13	Versión No. 2	18/11/2024
		EL-INF-03	1 de 1

		Orden No.:	***41803***
Solicitado por:	CONSORCIO PEB-JI.	***Muestra No.:***	***141252 (16)***
NIT./C.C.:	901977234-8	***Fecha de ingreso:***	24/09/2025
Dirección:	CL 109 14 B 60 OF 204 BRR CHICO	***Fecha de ensayo:***	18/10/2025
Tel.:	3102778858	***Fecha de Informe:***	21/10/2025
Obra:	ES25040-14 PUENTE PUEBLITO BOYACENSE.		
Finalidad:	Determinar calidad del material		
Fecha de muestreo:	24/09/2025		
Muestra tomada por:	López Hermanos (Geotecnia)		
Procedencia:	Pueblito Boyacense - Boyacá		
Barreno:	B-1	***Tipo de muestra:***	SPT
Profundidad (m):	7,50-7,95 m		
Descripción de la muestra:	Gravas con arena de color marrón con morado morado		
Referencia interna:	ES25040-14 PUENTE PUEBLITO BOYACENSE		
Frente y localización:	Puente Pueblito Boyacense		

Método de Ensayo	B
Recipiente N°	A100
Masa del recipiente, (g)	20,69
Masa del recipiente + suelo húmedo, (g)	88,23
Masa del recipiente + suelo seco, (g)	83,4
Contenido de Humedad, %	**7,7**

OBSERVACIONES:

No reporta

Revisó y Aprobó
JOHANA CAROLINA CARO
TP. 15202-320655 BYC

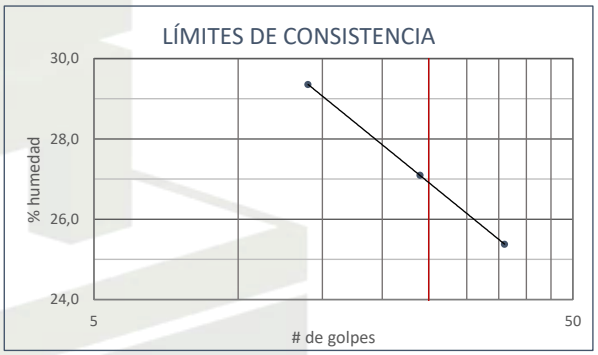
Nota: Este folio no se deberá reproducir de forma parcial o total sin la aprobación por escrito de López Hermanos Geotecnia y Aguas subterráneas S.A.S
Los resultados mostrados en este informe corresponden unicamente a la(s) muestra(s) ensayada(s) tal como fueron recibida(s) del cliente.
Los resultados de este informe corresponde al instante y las condiciones en que se realizo el ensayo. El laboratorio no se hace responsable del uso inadecuado de la información.
El laboratorio no es responsable de la información suministrada por el cliente. Los ensayos fueron realizados en el laboratorio López Hermanos SAS sede Tunja

-Fin de informe-

LÓPEZ HERMANOS S.A.S GEOTECNIA Y AGUAS SUBTERRÁNEAS	Formato del Sistema de Gestión de Calidad	Este documento es propiedad intelectual de López Hermanos Geotecnia y Aguas Subterráneas S.A.S	
	EJECUCIÓN DE ENSAYOS DE LABORATORIO		
	INFORME DE ENSAYO: DETERMINACIÓN DE LÍMITE LÍQUIDO, LÍMITE PLÁSTICO E ÍNDICE DE PLASTICIDAD DE LOS SUELOS INV E-125-13 Y INV E-126-13	Versión No. 3	13/11/2024
		EL-INF-04	Página 1 de 1

		Muestra No.:	***141251 (5)***
Solicitado por:	CONSORCIO PEB-JI.	***Orden No.:***	***41803***
Dirección:	CL 109 14 B 60 OF 204 BRR CHICO	***Referencia Cliente:***	ES25040-14 PUENTE PUEBLITO BOYACENSE
NIT./C.C.:	901977234-8	***Fecha de muestreo:***	24/09/2025
Tel.:	3102778858	***Fecha de ingreso de la muestra:***	24/09/2025
Obra:	ES25040-14 PUENTE PUEBLITO BOYACENSE.	***Fecha de ensayo:***	18/10/2025
Finalidad:	Determinar calidad del material	***Fecha de Informe:***	21/10/2025 14:37
Muestra tomada por:	López Hermanos (Geotecnia)	***Barreno:***	B-1
Procedencia:	Pueblito Boyacense - Boyacá	***Tipo de muestra:***	SPT
Profundidad:	6m/6,45m		
Descripción de la muestra:	Arcilla con arena de color marrón oxidado		
Frente y localización:	N/A		
Método de preparación de la muestra:	Método A		

	Recipiente No.	**A12**	**A46**	**A4**
Límite Líquido	Número de golpes	14	24	36
	Masa del recipiente, g	18,25	17,63	16,53
	Masa del recipiente más muestra húmeda, g	25,83	25,37	25,72
	Masa del recipiente más muestra seca,g	24,11	23,72	23,86
	Contenido de agua, %	**29,4**	**27,1**	**25,4**
	Límite líquido (LL)	**27**		



Procedimiento de ensayo de límite plástico: Manual

Límite Plástico	Cápsula	D39	D16
	Masa del recipiente (g)	6,09	6,31
	Masa del recipiente + suelo húmedo (g)	14,94	14,81
	Masa del recipiente + suelo seco (g)	13,61	13,53
	Contenido de agua, %	17,7	17,7
	Límite plástico (LP)	**18**	
	Índice de Plasticidad (IP):	**9**	

Clasificación SUCS finos : **CL**

OBSERVACIONES: no reporta

Revisó y Aprobó
ING. JOHANA CAROLINA CARO
TP. 15202-320655 BYC

Nota: Este folio no se deberá reproducir de forma parcial o total sin la aprobación por escrito de López Hermanos Geotecnia y Aguas Subterráneas S.A.S
Los resultados mostrados en este informe corresponden unicamente a la(s) muestra(s) ensayada(s) tal como fueron recibida(s) del cliente.
Los resultados de este informe corresponde al instante y las condiciones en que se realizo el ensayo. El laboratorio no se hace responsable del uso inadecuado de la información.
El laboratorio no es responsable de la información suministrada por el cliente. Los ensayos fueron realizados en el laboratorio López Hermanos SAS sede Tunja.

- Fin de informe-

		Número de muestra:	***141250 (27)***
Solicitado por:	CONSORCIO PEB-JI.	***No. De Orden:***	***41803***
Dirección:	CL 109 14 B 60 OF 204 BRR CHICO	***Fecha de muestreo:***	24/09/2025
Tel.:	*3102778858*	***Fecha de ingreso:***	24/09/2025
NIT./C.C.:	901977234-8	***Fecha de ensayo:***	20/10/2025
Obra:	ES25040-14 PUENTE PUEBLITO BOYACENSE.	***Fecha de Informe:***	21/10/2025 13:46
Finalidad:	Determinar calidad del material	***Referencia Cliente:***	ES25040-14 PUENTE PUEBLITO BOYACENSE
Muestra tomada por:	López Hermanos (Geotecnia)	***Barreno:***	B-1
Localización:	Pueblito Boyacense - Boyacá	***Profundidad (m):***	4-5
Descripción de la muestra:	Arenisca de color gris y amarillo		

Muestra:	141250 (27)
Masa del especímen en el aire (g)	977,8
Promedio altura (cm)	12,45
Promedio diámetro (cm)	6,245
Densidad (g/cm^3)	**2,565**
Peso Unitario (kN/m^3)	**25,15**

Observaciones:

No reporta

Revisó y Aprobó
ING. JOHANA CAROLINA CARO
TP. 15202-320655 STC

Nota: Este folio no se deberá reproducir de forma parcial o total sin la aprobación por escrito de López Hermanos Geotecnia y Aguas Subterráneas S.A.S
Los resultados mostrados en este informe corresponden unicamente a la(s) muestra(s) ensayada(s) tal como fueron recibida(s) del cliente.
Los resultados de este informe corresponde al instante y las condiciones en que se realizo el ensayo. El laboratorio no se hace responsable del uso inadecuado de la información.
El laboratorio no es responsable de la información suministrada por el cliente. Los ensayos fueron realizados en el laboratorio López Hermanos SAS sede Tunja

- Fin de informe-

LÓPEZ HERMANOS S.A.S GEOTECNIA Y AGUAS SUBTERRÁNEAS	Formato del Sistema de Gestión de Calidad	Este documento es propiedad intelectual de López Hermanos Geotecnia y Aguas Subterráneas S.A.S	
	EJECUCIÓN DE ENSAYOS DE LABORATORIO		
	INFORME DE ENSAYO: RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN UNIAXIAL DE NÚCLEOS DE ROCA ASTM D 2938	Versión No. 2	30/12/2024
		EL-INF-63	-

Número de ensayo: ***141250 (47)*** ***Ref:*** **ES25040-14 PUENTE PUEBLITO BOYACENSE**

Solicitado por: CONSORCIO PEB-JI. ***Fecha de ingreso muestra:*** 24/09/2025

Dirección: CL 109 14 B 60 OF 204 BRR CHICO ***Fecha de ensayo :*** 20/10/2025

NIT./C.C.: 901977234-8 ***Fecha Informe:*** 21/10/2025 13:42

Tel.: 3102778858

Obra: ES25040-14 PUENTE PUEBLITO BOYACENSE.

Orden: 41803

Barreno/Profundidad (m): B1 (4.7/5.0)

Descripción litológica: Arenisca de color gris y amarillo

Orientación de la Carga: Perpendicular

Máquina de ensayo: SOILTEST ELE

Ensayo No.	Masa (g)	Altura (mm)	Diametro (mm)	Resistencia a Compresión				Tipo de falla	Peso Unitario (kg/m³)	Humedad de la Muestra
				Carga		Esfuerzo				
				kN	Kg	MPa	kg/cm2			
141250 (47)	977,7	87,08	62,53	338,53	34520	110,2	1124,0	Cono y grietas verticales	3656	0,7%

OBSERVACIONES: Tomado de "Métodos recomendados para la determinación de la resistencia y deformabilidad a la compresión uniaxial de rocas (Capitulo 11)".

REVISO Y APROBÓ

JOHANA CAROLINA CARO CARO

15202-320655

- Fin de informe-



FOTOGRAFÍA 1



FOTOGRAFÍA 2



FOTOGRAFÍA 3

REVISÓ Y APROBÓ
JOHANA CAROLINA CARO CARO
15202-320655

Nota:

- Este folio no se debe reproducir de forma parcial sin la aprobación por escrito de López Hermanos Geotecnia y Aguas Subterráneas S.A.S

-Los resultados mostrados en este informe corresponden únicamente a la(s) muestra(s) ensayada(s) tal como fueron recibida(s) del cliente.

- Los resultados de este informe corresponde al instante y las condiciones en que se realizó el ensayo. El laboratorio no se hace responsable del uso inadecuado de la información.

- El laboratorio no es responsable de la información suministrada por el cliente. El ensayo es ejecutado en las instalaciones de lópez Hermanos -Tunja.

- Fin de informe-

LÓPEZ HERMANOS S.A.S GEOTECNIA Y AGUAS SUBTERRÁNEAS	Formato del Sistema de Gestión de Calidad	Este documento es propiedad intelectual de López Hermanos Geotecnia y Aguas Subterráneas S.A.S	
	EJECUCIÓN DE ENSAYOS DE LABORATORIO		
	DETERMINACIÓN DE LA CANTIDAD DE MATERIAL QUE PASA EL TAMIZ DE 75 µM (NO.200) EN LOS AGREGADOS PÉTREOS MEDIANTE LAVADO INV E – 214-13	Versión No. 3	19/12/2024
		EL-INF-05	Página 1 de 1

Solicitado por:	CONSORCIO PEB-JI.	***Muestra No:***	***141246 (11)***
Dirección:	CL 109 14 B 60 OF 204 BRR CHICO	***Orden No.:***	***41803***
NIT./C.C.:	901977234-8	***Referencia cliente:***	ES25040-14 PUENTE PUEBLITO BOYACENSE
Tel.:	3102778858		
Obra:	ES25040-14 PUENTE PUEBLITO BOYACENSE.	***Fecha de muestreo:***	24/09/2025
Finalidad:	Determinar calidad del material	***Fecha de ingreso de la muestra:***	24/09/2025
Muestra tomada por:	López Hermanos (Geotecnia)	***Fecha de ensayo:***	18/10/2025
Procedencia:	Pueblito Boyacense - Boyacá	***Fecha de Informe:***	21/10/2025 13:32
Profundidad (m):	0,60 - 1,05 m	***Barreno:***	B-1
Descripción de la muestra:	Material de relleno (Arenas con finos arcillosos de color marrón con gris)	***Tipo de muestra:***	SPT
Frente y localización:	Puente Pueblito Boyacense		

Peso suelo seco antes de lavar, (g)	327,94
Peso suelo seco despues de lavar, (g)	172,15
PASANTE MALLA 4, (%)	**92**
PASANTE MALLA 200, (%)	**48**
Grava (%)	**8**
Arena (%)	**44**
Finos (%)	**48**

OBSERVACIONES:

No reporta

Aprobó
ING. JOHANA CAROLINA CARO
TP. 15202-320655 BYC

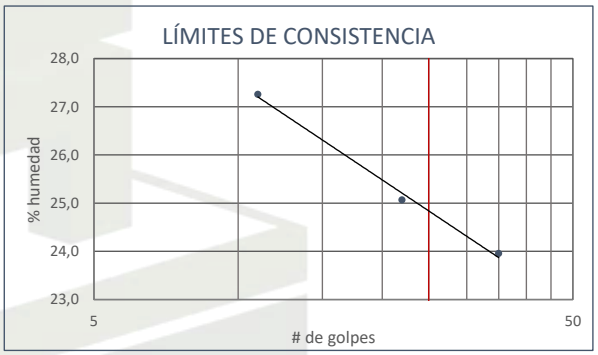
Nota: Este folio no se deberá reproducir de forma parcial o total sin la aprobación por escrito de López Hermanos Geotecnia y Aguas Subterráneas S.A.S
Los resultados mostrados en este informe corresponden únicamente a la(s) muestra(s) ensayada(s) tal como fueron recibida(s) del cliente.
Los resultados de este informe corresponde al instante y las condiciones en que se realizó el ensayo. El laboratorio no se hace responsable del uso inadecuado de la información.
El laboratorio no es responsable de la información suministrada por el cliente. Los ensayos fueron realizados en el laboratorio López Hermanos SAS sede Tunja

-Fin de informe-

LÓPEZ HERMANOS S.A.S GEOTECNIA Y AGUAS SUBTERRÁNEAS	Formato del Sistema de Gestión de Calidad	Este documento es propiedad intelectual de López Hermanos Geotecnia y Aguas Subterráneas S.A.S	
	EJECUCIÓN DE ENSAYOS DE LABORATORIO		
	INFORME DE ENSAYO: DETERMINACIÓN DE LÍMITE LÍQUIDO, LÍMITE PLÁSTICO E ÍNDICE DE PLASTICIDAD DE LOS SUELOS INV E-125-13 Y INV E-126-13	Versión No. 3	13/11/2024
		EL-INF-04	Página 1 de 1

		Muestra No.:	***141246 (5)***
Solicitado por:	CONSORCIO PEB-JI.	***Orden No.:***	***41803***
Dirección:	CL 109 14 B 60 OF 204 BRR CHICO	***Referencia Cliente:***	ES25040-14 PUENTE PUEBLITO
NIT./C.C.:	901977234-8	***Fecha de muestreo:***	24/09/2025
Tel.:	3102778858	***Fecha de ingreso de la muestra:***	24/09/2025
Obra:	ES25040-14 PUENTE PUEBLITO BOYACENSE.	***Fecha de ensayo:***	18/10/2025
Finalidad:	Determinar calidad del material	***Fecha de Informe:***	21/10/2025 13:30
Muestra tomada por:	López Hermanos (Geotecnia)	***Barreno:***	B-1
Procedencia:	Pueblito Boyacense - Boyacá	***Tipo de muestra:***	SPT
Profundidad:	0,6m/1,05m		
Descripción de la muestra:	Material de relleno (Arenas con finos arcillo limosos de color marrón con gris)		
Frente y localización:	N/A		
Método de preparación de la muestra:	Método A		

	Recipiente No.	**A124**	**A40**	**A108**
Límite Líquido	Número de golpes	11	22	35
	Masa del recipiente, g	20,63	18,27	18,32
	Masa del recipiente más muestra húmeda, g	29,08	27,6	28,1
	Masa del recipiente más muestra seca,g	27,27	25,73	26,21
	Contenido de agua, %	**27,3**	**25,1**	**24,0**
	Límite líquido (LL)	**25**		



Procedimiento de ensayo de límite plástico: Manual

	Cápsula	D15	D52
Límite Plástico	Masa del recipiente (g)	6,16	6,98
	Masa del recipiente + suelo húmedo (g)	12,44	14,3
	Masa del recipiente + suelo seco (g)	11,46	13,15
	Contenido de agua, %	18,5	18,6
	Límite plástico (LP)	**19**	
	Índice de Plasticidad (IP):	**6**	

Clasificación SUCS finos : **CL-ML**

OBSERVACIONES:

Revisó y Aprobó
ING. JOHANA CAROLINA CARO
TP. 15202-320655 BYC

Nota: Este folio no se deberá reproducir de forma parcial o total sin la aprobación por escrito de López Hermanos Geotecnia y Aguas Subterráneas S.A.S
Los resultados mostrados en este informe corresponden unicamente a la(s) muestra(s) ensayada(s) tal como fueron recibida(s) del cliente.
Los resultados de este informe corresponde al instante y las condiciones en que se realizo el ensayo. El laboratorio no se hace responsable del uso inadecuado de la información.
El laboratorio no es responsable de la información suministrada por el cliente. Los ensayos fueron realizados en el laboratorio López Hermanos SAS sede Tunja.

- Fin de informe-

Solicitado por:	CONSORCIO PEB-JI.	***Orden No.:***	**41803**
Dirección:	CL 109 14 B 60 OF 204 BRR CHICO	***Muestra No.:***	**140530 (2)**
NIT./C.C.:	901977234-8	***Fecha de muestreo:***	24/09/2025
Tel.:	3102778858	***Fecha de ingreso de muestra:***	24/09/2025
Obra:	ES25040-14 PUENTE PUEBLITO BOYACENSE.	***Norma de ensayo:***	INV E 123-13
Finalidad:	Determinar calidad del material	***Fecha de ensayo:***	4/10/2025
Referencia Cliente:	ES25040-14 PUENTE PUEBLITO BOYACENSE	***Fecha de Informe:***	6/10/2025
Procedencia:	Pueblito Boyacense - Boyacá	***Tipo de muestra:***	Lona
Profundidad (m):	0,00 _ 0,30		
Barreno:	Lecho de Río Aguas Arriba		
Descripción de la muestra:	Material granular redondeado en matriz arenosa de color gris y marrón		
Frente y localización:	Puente Pueblito Boyacense		

Masa seca Inicial de la muestra de ensayo (g):	6082
Masa seca despues del lavado sobre el Tamiz No. 200 (g):	5929

TAMIZ	Abertura (mm)	Peso Retenido (g)	Corrección (g)	Peso retenido corregido (g)	% Retenido	% Retenido Acumulado	% Pasa	ESPECIFICACIÓN NA	
								MIN	MAX
3"	76,2	0,0	0,0	0,0	0	0	100		
2 1/2"	63,5	854,2	0,3	854,5	14	14	86		
2"	50,8	821,4	0,3	821,7	14	28	72		
1 1/2"	38,1	826,4	0,3	826,7	14	41	59		
1"	25,4	764,7	0,2	764,9	13	54	46		
3/4"	19,1	263,2	0,1	263,3	4	58	42		
1/2"	12,7	218,6	0,1	218,7	4	62	38		
3/8"	9,5	118,7	0,0	118,7	2	64	36		
No. 4	4,8	223,9	0,1	224,0	4	67	33		
No. 8	2,4	248,8	0,1	248,9	4	71	29		
No. 10	2,00	77,9	0,0	77,9	1	73	27		
No. 16	1,19	331,9	0,1	332,0	5	78	22		
No. 20	0,84	95,6	0,0	95,6	2	80	20		
No. 30	0,60	546,3	0,2	546,5	9	89	11		
No. 40	0,41	221,8	0,1	221,9	4	92	8		
No. 50	0,30	170,6	0,1	170,7	3	95	5		
No. 60	0,24	5,8	0,0	5,8	0	95	5		
No. 80	0,18	83,9	0,0	83,9	1	97	3		
No. 100	0,15	23,2	0,0	23,2	0	97	3		
No. 200	0,074	28,4	0,0	28,4	0,5	97,5	2,5		
Fondo		1,8	0,0	1,8	0				

TAMAÑOS DE PARTÍCULAS						
% GRAVA 3" a No. 4	67,3	% ARENA No. 4 a No.200	30,2	% GRUESA No. 4 a No.10	% MEDIA No. 10 a No. 40	% FINA No. 40 a No.200
				5,4	19,7	5,1

Observaciones:

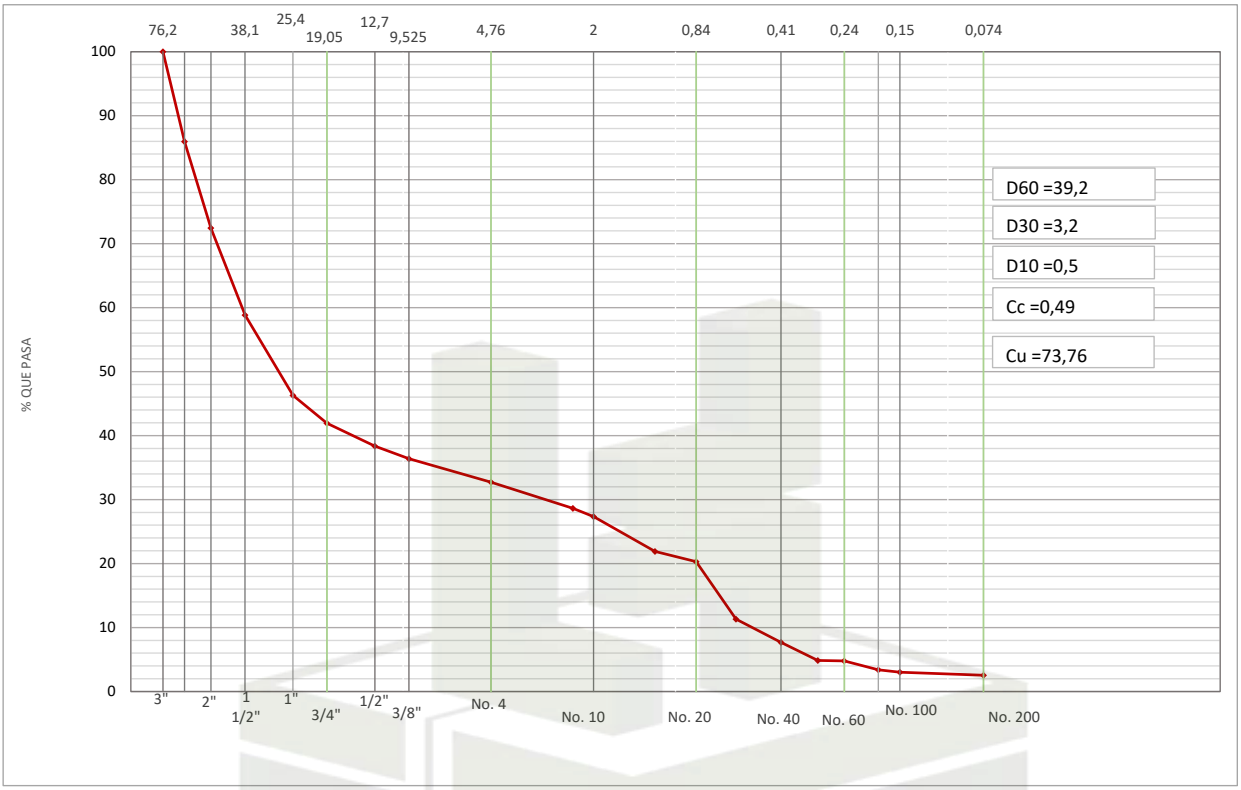
Revisó y Aprobó

JOHANA CAROLINA CARO

TP. 15202-320655 BYC

Nota: El laboratorio no es responsable de la información suministrada por el cliente.
Los ensayos fueron realizados en el laboratorio López Hermanos SAS sede Tunja.
Este folio no se deberá reproducir de forma parcial o total sin la aprobación por escrito de López Hermanos Geotecnia y Aguas subterráneas S.A.S
Los resultados mostrados en este informe corresponden unicamente a la(s) muestra(s) ensayada(s) tal como fueron recibida(s) del cliente.
Los resultados de este informe corresponden al instante y las condiciones en que se realizó el ensayo. El laboratorio no se hace responsable del uso indebido de la información.

Solicitado por:	CONSORCIO PEB-JI.	***Orden No.:***	**41803**
Dirección:	CL 109 14 B 60 OF 204 BRR CHICO	***Muestra No.:***	**140530 (2)**
NIT./C.C.:	901977234-8	***Fecha de muestreo:***	24/09/2025
Tel.:	3102778858	***Fecha de ingreso de muestra:***	24/09/2025
Obra:	ES25040-14 PUENTE PUEBLITO BOYACENSE.	***Norma de ensayo:***	INV E 123-13
Finalidad:	Determinar calidad del material	***Fecha de ensayo:***	4/10/2025
Referencia Cliente:	ES25040-14 PUENTE PUEBLITO BOYACENSE	***Fecha de Informe:***	6/10/2025
Procedencia:	Pueblito Boyacense - Boyacá	***Tipo de muestra:***	Lona
Profundidad (m):	0,00 _ 0,30		
Barreno:	Lecho de Río Aguas Arriba		
Descripción de la muestra:	Material granular redondeado en matriz arenosa de color gris y marrón		
Frente y localización:	Puente Pueblito Boyacense		



TAMAÑOS DE PARTÍCULAS						
% GRAVA 3" a No. 4	67,3	% ARENA No. 4 a No.200	30,2	% GRUESA No. 4 a No.10	% MEDIA No. 10 a No. 40	% FINA No. 40 a No.200
				5,4	19,7	5,1

Revisó y Aprobó
JOHANA CAROLINA CARO
TP. 15202-320655 BYC

Nota: El laboratorio no es responsable de la información suministrada por el cliente.
Los ensayos fueron realizados en el laboratorio López Hermanos SAS sede Tunja.
Este folio no se deberá reproducir de forma parcial o total sin la aprobación por escrito de López Hermanos Geotecnia y Aguas subterráneas S.A.S
Los resultados mostrados en este informe corresponden unicamente a la(s) muestra(s) ensayada(s) tal como fueron recibida(s) del cliente.
Los resultados de este informe corresponden al instante y las condiciones en que se realizó el ensayo. El laboratorio no se hace responsable del uso indebido de la información.

-Fin del informe-

Solicitado por:	CONSORCIO PEB-JI.	***Orden No.:***	**41803**
Dirección:	CL 109 14 B 60 OF 204 BRR CHICO	***Muestra No.:***	**140529 (2)**
NIT./C.C.:	901977234-8	***Fecha de muestreo:***	24/09/2025
Tel.:	3102778858	***Fecha de ingreso de muestra:***	24/09/2025
Obra:	ES25040-14 PUENTE PUEBLITO BOYACENSE.	***Norma de ensayo:***	INV E 123-13
Finalidad:	Determinar calidad del material	***Fecha de ensayo:***	2/10/2025
Referencia Cliente:	ES25040-14 PUENTE PUEBLITO BOYACENSE	***Fecha de Informe:***	2/10/2025
Procedencia:	Pueblito Boyacense - Boyacá	***Tipo de muestra:***	Lona
Profundidad (m):	0,00 _ 0,30		
Barreno:	Lecho de Río Aguas Abajo		
Descripción de la muestra:	Material granular redondeado y arena color marrón		
Frente y localización:	Puente Pueblito Boyacense		

Masa seca Inicial de la muestra de ensayo (g):	5203,9
Masa seca despues del lavado sobre el Tamiz No. 200 (g):	5035

TAMIZ	Abertura (mm)	Peso Retenido (g)	Corrección (g)	Peso retenido corregido (g)	% Retenido	% Retenido Acumulado	% Pasa	ESPECIFICACIÓN NA	
								MIN	MAX
3"	76,2	0,0	0,0	0,0	0	0	100		
2 1/2"	63,5	0,0	0,0	0,0	0	0	100		
2"	50,8	0,0	0,0	0,0	0	0	100		
1 1/2"	38,1	898,9	0,4	899,3	17	17	83		
1"	25,4	892,2	0,4	892,6	17	34	66		
3/4"	19,1	266,6	0,1	266,7	5	40	60		
1/2"	12,7	237,1	0,1	237,2	5	44	56		
3/8"	9,5	200,7	0,1	200,8	4	48	52		
No. 4	4,8	442,3	0,2	442,5	9	56	44		
No. 8	2,4	397,6	0,2	397,8	8	64	36		
No. 10	2,00	127,3	0,1	127,4	2	67	33		
No. 16	1,19	375,5	0,2	375,7	7	74	26		
No. 20	0,84	144,0	0,1	144,1	3	77	23		
No. 30	0,60	419,4	0,2	419,6	8	85	15		
No. 40	0,41	227,4	0,1	227,5	4	89	11		
No. 50	0,30	170,6	0,1	170,7	3	92	8		
No. 60	0,24	8,7	0,0	8,7	0	92	8		
No. 80	0,18	105,5	0,0	105,5	2	94	6		
No. 100	0,15	38,0	0,0	38,0	1	95	5		
No. 200	0,074	73,3	0,0	73,3	1,4	96,6	3,4		
Fondo		7,6	0,0	7,6	0				

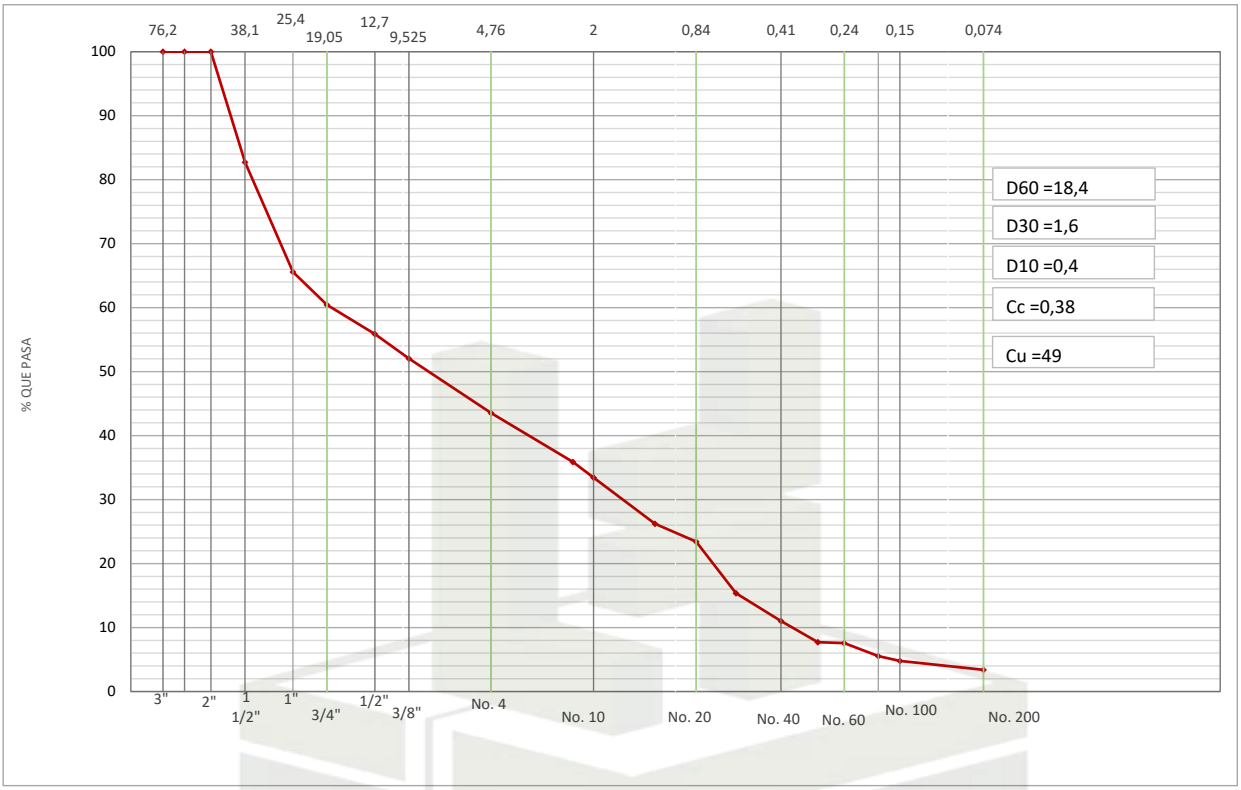
TAMAÑOS DE PARTÍCULAS						
% GRAVA 3" a No. 4	56,5	% ARENA No. 4 a No.200	40,1	% GRUESA No. 4 a No.10	% MEDIA No. 10 a No. 40	% FINA No. 40 a No.200
				10,1	22,4	7,6

Observaciones: No reporta

Revisó y Aprobó
JOHANA CAROLINA CARO
TP. 15202-320655 BYC

Nota: El laboratorio no es responsable de la información suministrada por el cliente.
Los ensayos fueron realizados en el laboratorio López Hermanos SAS sede Tunja.
Este folio no se deberá reproducir de forma parcial o total sin la aprobación por escrito de López Hermanos Geotecnia y Aguas subterráneas S.A.S
Los resultados mostrados en este informe corresponden unicamente a la(s) muestra(s) ensayada(s) tal como fueron recibida(s) del cliente.
Los resultados de este informe corresponden al instante y las condiciones en que se realizó el ensayo. El laboratorio no se hace responsable del uso indebido de la información.

Solicitado por:	CONSORCIO PEB-JI.	***Orden No.:***	**41803**
Dirección:	CL 109 14 B 60 OF 204 BRR CHICO	***Muestra No.:***	**140529 (2)**
NIT./C.C.:	901977234-8	***Fecha de muestreo:***	24/09/2025
Tel.:	3102778858	***Fecha de ingreso de muestra:***	24/09/2025
Obra:	ES25040-14 PUENTE PUEBLITO BOYACENSE.	***Norma de ensayo:***	INV E 123-13
Finalidad:	Determinar calidad del material	***Fecha de ensayo:***	2/10/2025
Referencia Cliente:	ES25040-14 PUENTE PUEBLITO BOYACENSE	***Fecha de Informe:***	2/10/2025
Procedencia:	Pueblito Boyacense - Boyacá	***Tipo de muestra:***	Lona
Profundidad (m):	0,00 _ 0,30		
Barreno:	Lecho de Río Aguas Abajo		
Descripción de la muestra:	Material granular redondeado y arena color marrón		
Frente y localización:	Puente Pueblito Boyacense		



TAMAÑOS DE PARTÍCULAS						
% GRAVA 3" a No. 4	56,5	% ARENA No. 4 a No.200	40,1	% GRUESA No. 4 a No.10	% MEDIA No. 10 a No. 40	% FINA No. 40 a No.200
				10,1	22,4	7,6

Revisó y Aprobó
JOHANA CAROLINA CARO
TP. 15202-320655 BYC

Nota: El laboratorio no es responsable de la información suministrada por el cliente.
Los ensayos fueron realizados en el laboratorio López Hermanos SAS sede Tunja.
Este folio no se deberá reproducir de forma parcial o total sin la aprobación por escrito de López Hermanos Geotecnia y Aguas subterráneas S.A.S
Los resultados mostrados en este informe corresponden unicamente a la(s) muestra(s) ensayada(s) tal como fueron recibida(s) del cliente.
Los resultados de este informe corresponden al instante y las condiciones en que se realizó el ensayo. El laboratorio no se hace responsable del uso indebido de la información.

-Fin del informe-

NOTA TECNICA

NT-001_GEOTEC_PTE-PUEB-BOY_DUI

DISEÑO GEOTECNICO MURO DE CONFINAMIENTO DESCOLE MARGEN DERECHO PUENTE SOBRE EL RIO CHITICUY DUITAMA – PUEBLITO BOYACENSE

Proyecto:	Diagnóstico y ejecución de obras de emergencia para mitigar el riesgo de daño y/o colapso de puentes ubicados en el departamento por la afectación causada por efecto de la ola invernal, declarada en virtud del decreto de calamidad pública no. 0522 de 24 de mayo de 2025. Contrato de obra no. 2833 de 2025

1 GENERALIDADES DEL PUENTE

Vía / Tramo	[municipio de Duitama hacia Pueblito Boyacense
Municipio / Departamento	[Duitama / Boyacá]
Coordenadas (WGS84)	Lat [5° 49.563'N] Long [73° 1.307'O]
Cota aproximada (msnm)	[2520]
Cauce/Quebrada/Río	[Rio Chiticuy]
Altura de gálibo (m)	[5.0 m]
Ancho de calzada (m)	[7.0 m]
Longitud total del puente (m)	[10.0 m]
Número de luces	[1]
Número de apoyos	[2]
Material dominante	[Concreto_X_ Acero____ Mixto____ Madera _____]
Tipo estructural	[Simplemente apoyado__X_ Continuo _____Otro _____]

2 ENTORNO GEOLÓGICO LOCAL

La descripción realizada del entorno geológico se realiza con base a la información establecida en el atlas geológico (2023), dispuesto por el SGC, y corroborado con las observaciones de campo, a continuación, se describe el entorno geológico local donde se encuentra ubicado el puente la Qda Chiticuy.

2.1 Litología dominante:

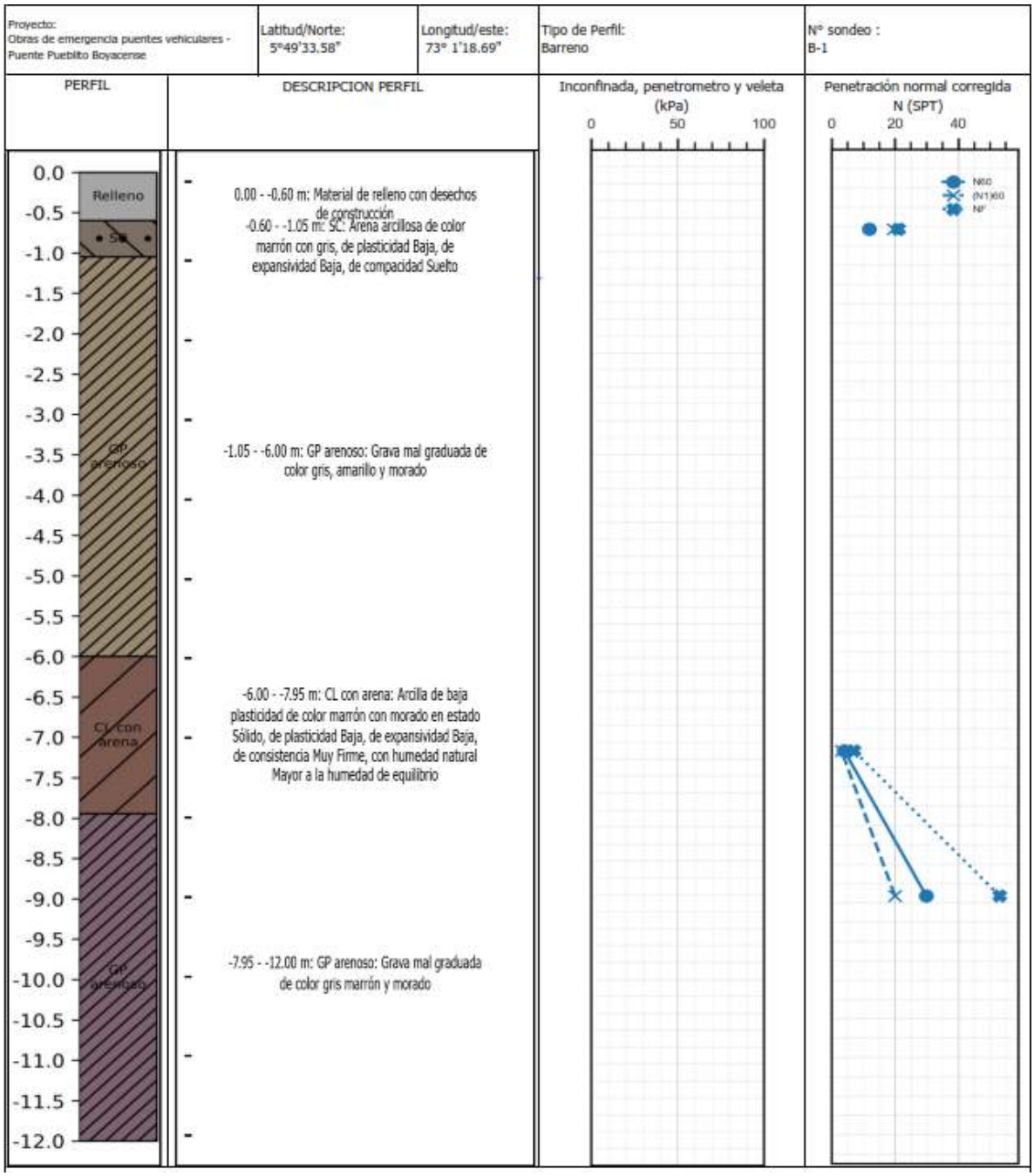
Los depósitos están constituidos por una mezcla heterométrica de gravas, arenas, limos y arcillas, con presencia frecuente de cantos subredondeados a angulosos, de origen principalmente metamórfico y sedimentario. Se presentan como materiales no consolidados, de baja cementación, con variaciones laterales y verticales marcadas en granulometría y compacidad. En sectores puntuales se intercalan horizontes de suelos finos de comportamiento plástico medio a alto, que tienden a saturarse con facilidad.

3 INFORMACION GEOTECNICA

3.1 Columna litológica

Para el punto de estudio se realizó exploración geotécnica a profundidad de 12.0 m, para identificar la estructuración de los materiales en el suelo de fundación. La columna litológica y la interpretación del modelo geotécnico se presenta a continuación:

Imagen No 1 columna litológica (prof 0.00 a 12.0 m)



3.2 Caracterización geotécnica

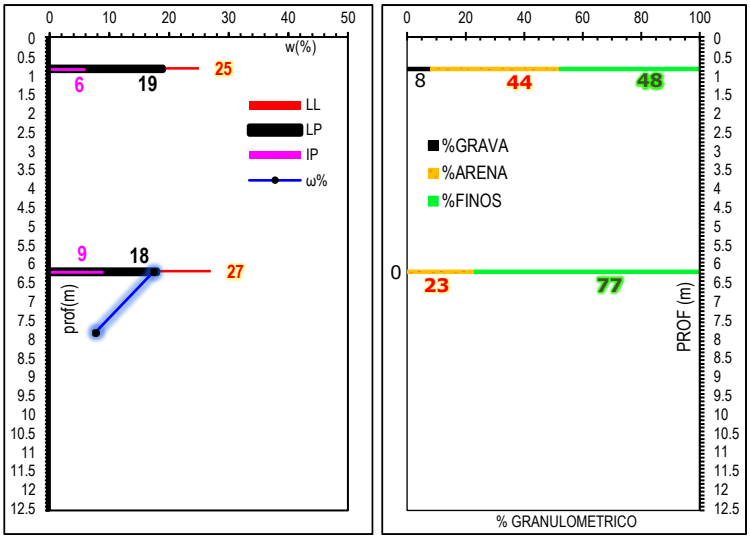
Con base a lo reportado por los ensayos de laboratorio se realiza una descripción de las propiedades básicas de los materiales y la secuencia estratigráfica que se registra en cada exploración, además se tiene en cuenta el origen geológico dominado por la unidad superficial, para identificar el tipo de suelo se llevó a cabo ensayos de granulometría, humedad natural, límites de consistencia.

Los parámetros de resistencia y constantes de deformación son estimados a partir de correlaciones de ensayos de campo. La clasificación es realizada bajo indicaciones del numeral H.2.5 del reglamento colombiano de construcción sismorresistente NSR-10.

3.2.1 Propiedades físicas

A lo largo de la profundidad explorada se recobraron materiales pertenecientes al deposito coluvial compuesto por cantos redondeados envueltos en una matriz arcillo arenosa, debido a la naturaleza y distribución heterogénea de los materiales es imposible recuperar muestra inalterada de la matriz, aun así hubo unos puntos de exploración donde se logró identificar este tipo de materiales, esta matriz contiene cantidades de arcilla considerables aun así el comportamiento del suelo esta regido por la presencia de cantos redondeados de tamaños con diámetros menores a 40 cm, las fracciones finas reflejan un grado de plasticidad baja lo que sumado a la distribución granulométrica no reflejan condiciones de expansión.

Imagen No 2 Perfiles de propiedades geotécnicas en la matriz del deposito aluvial



3.2.2 Parametros geomecánicos

Los parametros geomecánicos serán asumidos por datos bibliográficos teniendo en cuenta la naturaleza friccionante del depósito.

tabla No 1 Parametros de resistencia estimados según el tipo de material reportado por el sondeo (fuente: Fuente: Deslizamientos Vol II Técnicas de remediación Jaime Suarez)

Suelo	Peso Unitario (kN/m³)	Peso Unitario seco (kN/m³)	Angulo de Fricción ϕ'	Cohesión c' (kPa)	Permeabilidad K(m/s)
Granito completamente descompuesto	19 - 21	15 -19	38° - 42°	0 - 5	10^{-6} - 10^{-7}
Roca volcánica completamente descompuesta.	18 - 21	15- 19	35° - 38°	0 - 5	10^{-6} - 10^{-8}
Roca triturada o aluviones limpios	18 - 21	18 - 21	45° - 50°	0	10^{-2}- 10^{-4}
Materiales arcillosos (lutita descompuesta)	15 - 18	13 - 16	20°- 30°	5 - 10	10^{-6}- 10^{-8}
Materiales areno-arcillosos (arenisca descompuesta)	19 - 21	15 - 19	38° - 42°	0 - 8	10^{-5}- 10^{-7}
Suelos aluviales areno-arcillosos	15 - 21	13 - 19	26° - 40°	0 - 10	10^{-5}- 10^{-7}

tabla No 2 Propiedades elásticas típicas para suelos (fuente: Fuente: Casagrande, A. (1948) "Classification and Identification of Soils", Transactions ASCE, 113, pp. 901,992.)

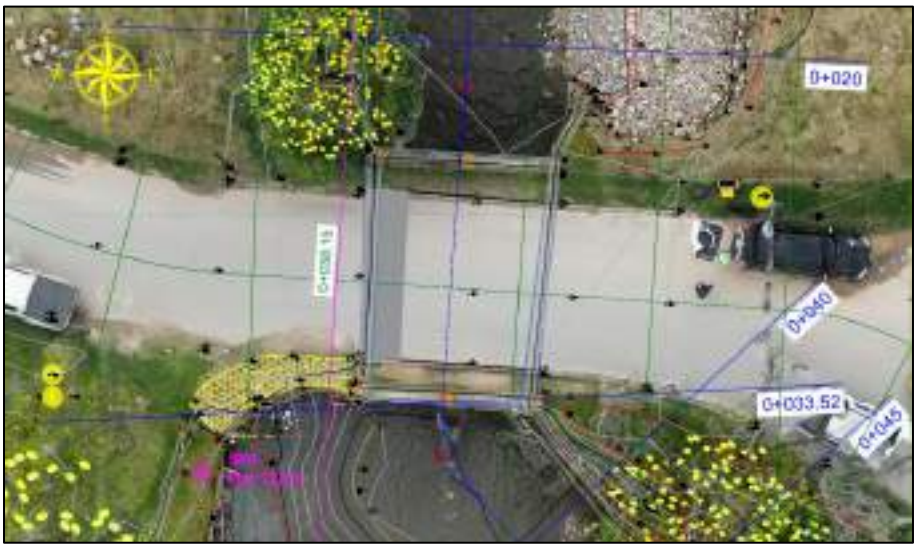
Material	Módulo de Young - E (MPa)	Razón de Poisson (v)
Arcilla suave	2 – 4	
Arcilla firme a dura	4 – 8	0.40 - 0.50
Arcilla muy dura	8 – 20	
Limo	2 – 20	0.30 - 0.35
Arena fina suelta	8 – 12	
Arena fina medio densa	12 – 20	0.25
Arena fina densa	20 – 30	
Arena suelta	10 – 30	0.20 - 0.35
Arena medio densa	30 – 50	
Arena densa	50 – 80	0.30 - 0.40
Grava suelta	30 – 80	
Grava medio densa	80 – 100	
Grava densa	100 – 200	

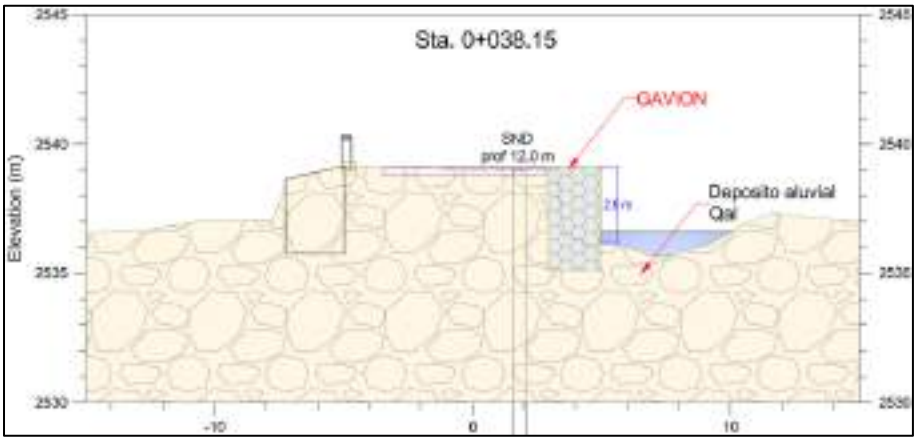
tabla No 3 Parametros efectivos estimados según el tipo de material y datos bibliográficos

Nivel	Material	Prof (m)	γ kN/m³	C (kPa)	φ (°)	E (kPa)
Deposito Aluvial grueso Qal-g	SC	0.0 – 12.0	18.0	2	33	20000

Con la información obtenida del sondeo y la clasificación realizada por medio de ensayos de laboratorio se proyecta el modelo geotécnico de análisis para validar la implementación las obras complementarias.

Imagen No 3 Planta y ST Modelo geotécnico asumido para diseño de muro de confinamiento ST0+038.15





Se considera el cambio del muro en gaviones dispuesto como aleta en la margen derecha del descole, como se presentó en el diagnostico esta estructura flexible ya registra deformaciones además de afectaciones en su malla, por lo que es necesario el reemplazo por una estructura de confinamiento rígida, la nueva estructura se apoya directamente sobre los materiales correspondientes al depósito aluvial grueso (Qal-g)

tabla No 4 Parametros geomecánicos iniciales asumidos para modelo de análisis

Nivel	Material	γ kN/m^3	C (kPa)	φ (º)
Qal-g	Cantos redondeados embebidos en matriz SC	18	2	33

4 CONSIDERACIONES DE ANALISIS

4.1 Dimensionamiento de muro de confinamiento

Para el diseño del muro estructural proyectado en el sector del descole, se realiza la evaluación de estabilidad desde el área geotécnica con base en los criterios establecidos en el CCP-14, particularmente los lineamientos contenidos en su Sección 10, correspondiente al diseño geotécnico de estructuras de contención. El análisis considera las condiciones geométricas del sitio y las características del depósito aluvial de fundación, estableciendo una altura libre de 3.0 m y un empotramiento mínimo de 1.0 m dentro del estrato competente de acuerdo con lo anterior se evalúa el predimensionamiento para un muro con altura total de 4.0 m. La validación geotécnica comprende la verificación de la estabilidad global del sistema y la revisión de los mecanismos potenciales de falla (volteo, deslizamiento y capacidad portante), garantizando el desempeño estructural y la estabilidad del muro frente a las solicitaciones esperadas en la zona del descole, para análisis de estabilidad, se tiene en cuenta lo indicado en la NSR-10.

tabla No 5 factores de carga permanente (γp) CCP-14

Tipo de carga	F. de carga estático		Seudoestático
	Máximo	Mínimo	
EH: presión horizontal del suelo (activa)	1.50	0.90	1.0
EV: Presión vertical del suelo (muros de contención)	1.35	1.00	1.0
DC: componentes y accesorios	1.25	0.90	1.0
EP: Presión en reposo	1.35	0.90	1.0
ES: sobrecarga del suelo	1.50	0.75	1.0

tabla No 6 Factores de resistencia (φp)

Análisis	Estático	Seudoestático
Capacidad portante muros de gravedad y semigravedad	0.55	0.80
Deslizamiento (concreto fundido in situ sobre arena) ϕτ	0.80	1.00
Excentricidad	e < B/6	e < B/5

tabla No 7 Factores de seguridad indirectos mínimos para análisis de estabilidad global (NSR-10)

Condición	Estático	Seudoestático
Estabilidad general del sistema - Permanente	1.50	1.05
Estabilidad de cortes temporales (proceso constructivo)	1.25	1.00*

**Analizado con el 50% de los parámetros sísmicos de diseño*

4.1.1 Sobrecarga vehicular

Para tener en cuenta la sobrecarga generada por el tráfico en la parte superior del muro, se considera según la norma AASHTO 2002, una altura de relleno equivalente a carga viva de 61 cm o 2 ft, de igual manera lo especifica la sección 3 del CCP-14.

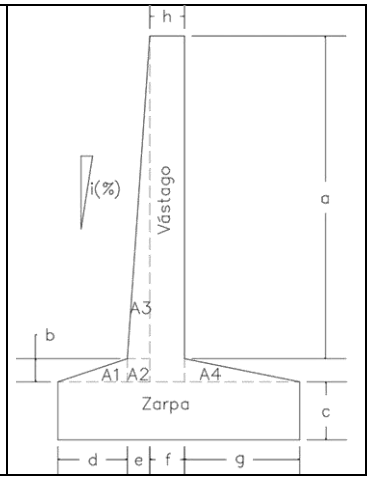
tabla No 8 Alturas equivalente de relleno para asumir como carga vehicular

Altura muro de contención (mm)	heq desde el respaldo al borde del trafico	
	0.0 mm	300 mm o mas
1500	1500	600
3000	1000	600
≥6000	600	600

Se toma una sobrecarga vehicular asumida para una altura de material de relleno de 0.60 m, lo que equivale a una sobrecarga de 12 kPa.

tabla No 9 Cargas generadas por muro de confinamiento H=4.0 m, B=0.7H

				cargas sobre Talon			FUERZAS HORIZONTALES GENERADAS (t/m)					
elemento		A	γ	F_{VER}	F_{VER}*γp		F_{HOR}		F_{HOR}*γp (actu)		Fx*γp (resis)	
		m²	t/m³	(t/m)	min	máx.	actu	resist	min	máx.	min	máx.
sobrecarga (ES)				2.10	1.58	3.68	1.60		1.20	2.80	0.00	0.00
MURO (DC)	zapata	0.91	2.40	2.18	1.97	2.73			0.00	0.00	0.00	0.00
	Vastago	1.55	2.40	3.72	3.35	4.65			0.00	0.00	0.00	0.00
	A1	0.00	2.40	0.00	0.00	0.00			0.00	0.00	0.00	0.00
	A2	0.00	2.40	0.00	0.00	0.00			0.00	0.00	0.00	0.00
	A3	0.18	2.40	0.44	0.39	0.55			0.00	0.00	0.00	0.00
	A4	0.00	2.40	0.00	0.00	0.00			0.00	0.00	0.00	0.00
	dentellon	0.20	2.40	0.48	0.43	0.60			0.00	0.00	0.00	0.00
Relleno		6.39	1.90	12.14	12.14	16.38			0.00	0.00	0.00	0.00
Relleno inclinado		0.00	1.90	0.00	0.00	0.00			0.00	0.00	0.00	0.00
Eha Relleno				1.73	1.56	2.60	4.76		4.28	7.14	0.00	0.00
Ea (sismo)					0.00	0.00					0.00	0.00
Ea (sismo)SC					0.00	0.00					0.00	0.00
anclaje 1				0.00	0.00	0.00		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
anclaje 2				0.00	0.00	0.00		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
total=				22.79	21.41	31.19	6.36	0.00	5.48	9.94	0.00	0.00



Definidas las cargas generadas por la estructura, se procede con la verificación interna del muro de confinamiento proyectado, cumpliendo condiciones para capacidad portante, deslizamiento y volcamiento.

tabla No 10 Verificación la capacidad portante muro

Df (m)	0.6
Fy mayorada (kPa)	311.9
P contacto estática σC (kPa)	131
P contacto seudoestática σC-S (kPa)	94
Capacidad portante - qu (kPa)	238
Capacidad portante mayorada estática - qr (kPa)	131.2
Capacidad portante mayorada seudoestática – qr_S (kPa)	190.8
σC < qr	Cumple
σC-S < qr_S	Cumple

tabla No 11 Verificación al deslizamiento muro

Df (m)	Fh nominal (kPa)		Fh estática mayorada (kPa)			Fh seudoestática mayorada (kPa)		
	actuante	resistente	actuante	Resistente	Cumple	Actuante	Resistente	Cumple
0.6	63.6	155	99.4	119	OK	74.9	155	OK

La verificación ante el volteo se realiza mediante la estimación de la excentricidad que se genera en la base debido a las fuerzas resultantes, este punto de fuerza se debe ubicar dentro del tercio medio de la base bajo una condición estática y dentro de una distancia de B/4 medido desde el centro de la base para condición seudoestática.

tabla No 12 Verificación de la excentricidad muro

Estático	e=	0.247	B/6	0.433	e<B/6	CUMPLE
seudoestático	e=	0.200	B/5	0.520	e<B/5	CUMPLE

En cuanto al módulo de reacción vertical del suelo es pertinente aclarar que no es un parámetro propio del suelo, pero depende de las dimensiones de la cimentación y propiedades mecánicas del terreno, para el caso del muro se propone un ancho de cimentación de 2.60 m (0.7H) y longitud de 5.0 m. Para cimentaciones donde la relación L/B>1 se tiene.

$$K = 1.5\frac{E}{B} * \left(\frac{L + 0.5B}{1.5L}\right) \; coeficiente\ de\ raccion\ vertical\ C.rectangular$$

tabla No 13 Parametros para verificación estructural

capacidad portante neta kPa	238
capacidad portante estática ELR [kPa]	131.2
capacidad portante EE [kPa]	190.8
presión de contacto evaluada [kPa]	131
ángulo fricción relleno ϕ [º]	30
KA relleno (Rankine)	0.33
KAE relleno (M-O)	0.40
Carga vehicular [kPa]	12.0
Modulo elástico suelo de fundación [kN/m²]	20000
módulo de reacción vertical Kv [kN/m³]	9692

4.2 análisis de estabilidad general

El dimensionamiento de la estructura cumple con los requerimientos mínimos de estabilidad interna, ahora se verifica el aporte que la estructura realiza a la estabilidad general de la ladera, de acuerdo con los escenarios de diseño mencionados anteriormente.

Para el análisis en condiciones seudoestática se tiene en cuenta la zonificación sísmica presentada por la NSR-10, a continuación, se establecen los parametros de análisis sísmico.

tabla No 14 Parametros de análisis seudoestático para estabilidad general

Municipio	Tipo de suelo	Aa	Av	Fa	Amax	K_{ST_H}	K_{ST_V}
Duitama	C	0.20	0.25	1.2	0.24	0.192	0.096

Imagen No 4 análisis general en condición estática

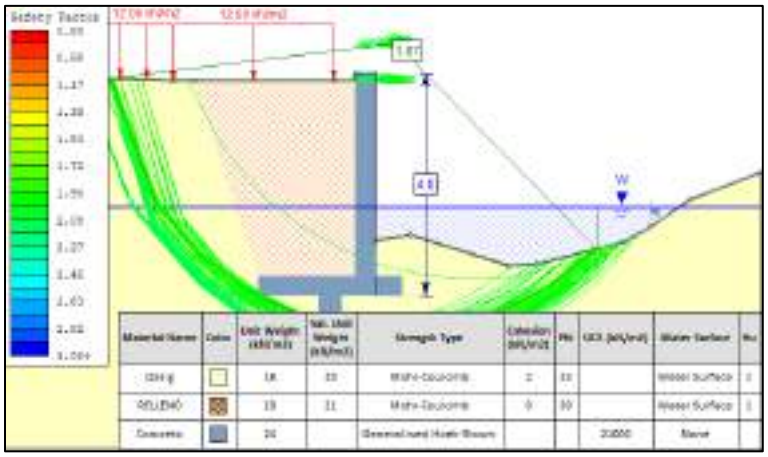
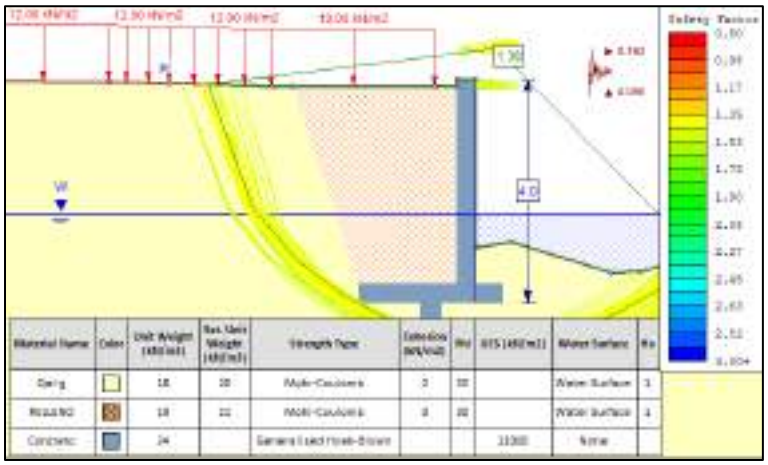


Imagen No 5 análisis general de estabilidad condición seudoestática



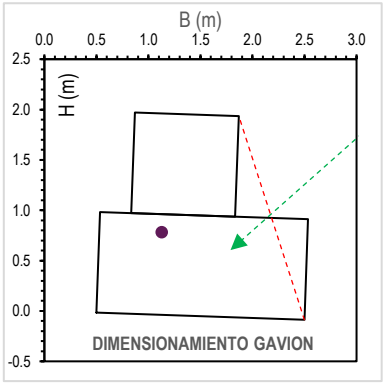
4.3 análisis interno para gavión de confinamiento

En el encole de manera contigua a aleta existente del margen derecho se propone recuperar parte del talud de entrada pues actualmente se evidencia de un proceso de socavación y perdida de material que ha afectado la parte posterior de la aleta, la propuesta establece la complementación de la aleta mediante módulos de gavión para conformar la topografía lateral y proteger la margen contra procesos de socavación en la parte posterior de los elementos de confinamiento del encole.

tabla No 15 Verificación estabilidad interna Gaviones de protección

2.) GENERALIDADES ELEMENTOS DE GAVION			
γ malla Pu entre 8.6-12 (kN/m3)			100
tipo roca	aluvion	γr	23
porcentaje de vacios gavion			0.25
peso unitario gavion γg (kN/m³)			17.25
numero de modulos			2
inclinacion Base	si	α (°)	2
cara vertical			izquierda
geotextil contra terreno			si
inclinacion talud en corona			5

3.) GEOMETRIA MODULOS	hi (m)	bi (m)	D. a borde
mod 1	1	1	0.3
mod 2	1	2	0.5



Análisis condición estática

Deslizamiento (cumple NSR-10)			
6) estabilidad contra deslizamiento			
fuerza estabilizante (Fe) kN/m			55.72
fuerza actuante (Fa) kN/m			13.38
F.S. deslizamiento	✓ 4.16	>	1.6

volteo (cumple NSR-10)			
7) estabilidad contra volteo			
momento de volteo Mv (kN*m/m			8.1
Momento resistente Mr (kN*m/m			80.3
F.S volteo	✓ 9.92	>	3

Capacidad de carga (cumple NSR-10)				
8) estabilidad capacidad de carga				
F. normal a la base (N) (kN/m)				64.44
excentricidad (e) (m)				-0.12
B/6	0.333	e > B/6 ►►►		NO
e' si e>B/6				--
σ1 (kN/m²)	20.53	σ2 (kN/m²)		43.92
F.S cap. Portante	✓ 6.25	>		3

Análisis condición seudoestática

6) estabilidad contra deslizamiento			
fuerza estabilizante (Fe) kN/m			63.25
fuerza actuante (Fa) kN/m			19.38
F.S. deslizamiento	✓ 3.26	>	1.05

7) estabilidad contra volteo			
momento de volteo Mv (kN*m/m			11.7
Momento resistente Mr (kN*m/m			90.2
F.S volteo	✓ 7.69	>	2

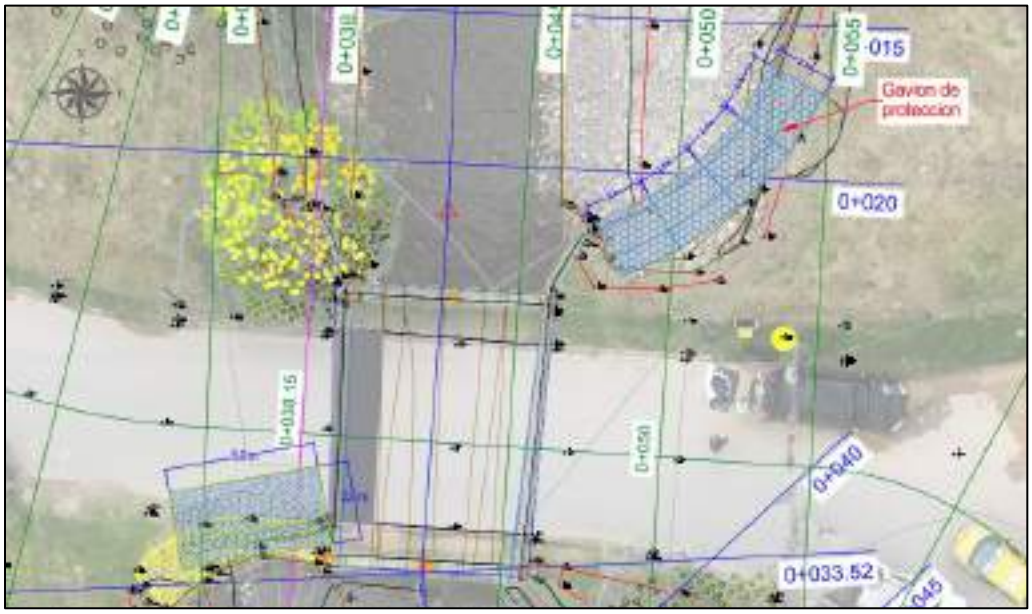
8) estabilidad capacidad de carga				
F. normal a la base (N) (kN/m)				70.15
excentricidad (e) (m)				-0.12
B/6	0.333	e > B/6 ►►►		NO
e' si e>B/6				--
σ1 (kN/m²)	22.63	σ2 (kN/m²)		47.52
F.S cap. Portante	✓ 5.77	>		1.5

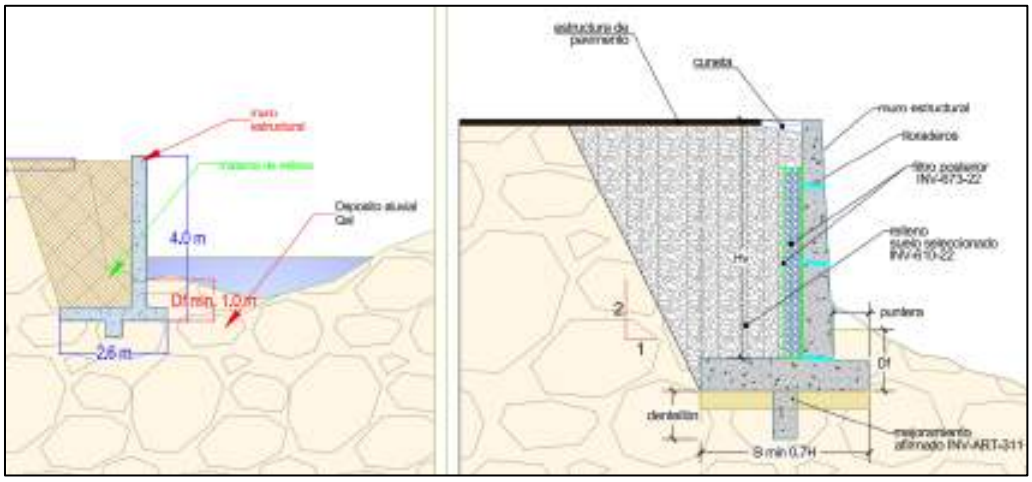
Verificado tanto interna como externamente la geometría definida para el muro de confinamiento y el gavión cumplen con los requerimientos mínimos de estabilidad.

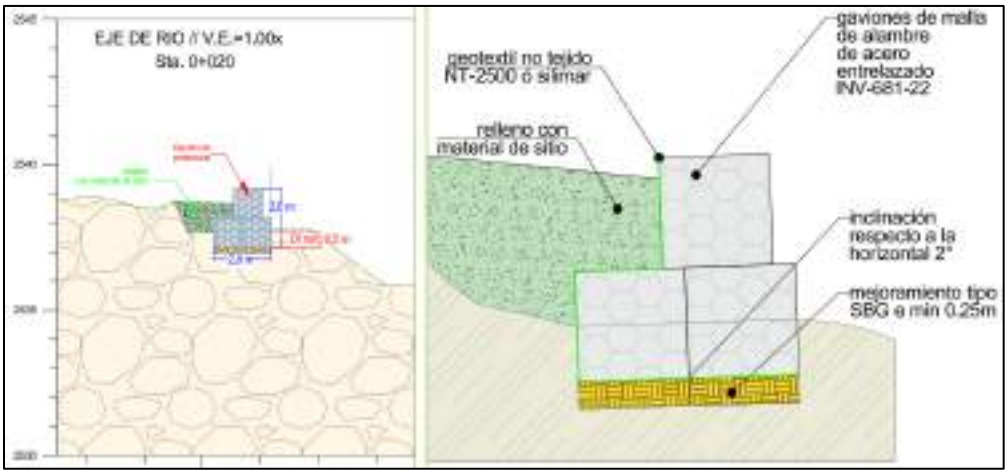
4.4 disposición en planta y perfil

Se propone la implantación del muro con una longitud de 5.0 m, longitud que puede se modificada en campo de acuerdo con las condiciones topográficas del sitio de estudio, se presenta la disposición tanto en planta como en perfil del predimensionamiento del muro.

Imagen No 6 esquematización y disposición en planta de obras dispuestas puente Pueblito Boyacense







DIRECCION: CL 109 14B -60 OF 204 BR CHICO NORTE, BOGOTÁ
E-MAIL: consorciopebji@gmail.com
TELEFONO: 3102778858
Bogotá, Distrito Capital

Los materiales que se establezcan como rellenos para estructuras debe ceñirse las recomendaciones de INV-22 para materiales granulares tipo subbase según ART-610-INV-22.

tabla No 16 Requisitos y franjas granulométricas para materiales de relleno granular tipo SBG

Característica	Norma de ensayo INV	Requisito	
		Tipo SBG	Tipo BG
Dureza (O)			
Desgaste en la máquina de los Ángeles (Gradación A), máximo (%) - Quinientas (500) revoluciones	E-218	50	40
Durabilidad (O)			
Pérdidas en ensayo de solidez en sulfatos, máximo (%) (Nota) - Sulfato de sodio - Sulfato de magnesio	E-220	12 18	12 18
Limpieza (F)			
Límite líquido, máximo (%)	E-125	25	25
Índice de plasticidad, máximo (%)	E-125 y E-126	6	3
Equivalente de arena, mínimo (%)	E-133	25	30
Contenido de terrones de arcilla y partículas deleznables, máximo (%)	E-211	2	2
Geometría de las Partículas (F)			
Índices de alargamiento y aplanamiento, máximo (%)	E-230	-	35
Caras fracturadas (una cara), mínimo (%)	E-227	-	50

Tipo de gradación	Tamiz (mm / U.S. Standard)									
	50,0 2" Pulgadas	37,5 1 ½" Pulgadas	25,0 1" Pulgada	19,0 ¾" Pulgada	12,5 ½" Pulgada	9,5 3/8" Pulgada	4,75 Nro. 4	2,00 Nro. 10	0,425 Nro. 40	0,075 Nro. 200
	Pasa tamiz (%)									
SGB-50	100	70 – 95	60 – 90	-	45 – 75	40 – 70	25 – 55	15 – 40	6 – 25	2 – 15
SGB-38	-	100	75 – 95	-	55 – 85	45 – 75	30 – 60	20 – 45	8 – 30	2 – 15
SGB-20	-	-	-	100	60 – 87	50 – 80	35 – 65	24 – 49	8 – 30	2 – 15
BG38	-	100	70 – 100	-	60 – 90	45 – 75	30 – 60	20 – 45	10 – 30	5 – 15
BG-25	-	-	100	-	70 – 100	50 – 80	35 – 65	20 – 45	10 – 30	5 – 15
Tolerancias en producción sobre la fórmula de trabajo (±)	0 %	7 %					6 %			3 %

5 CONCLUSIONES

Con base en la exploración geotécnica a 12.0 m de profundidad y en la caracterización de laboratorio, se confirma que el muro estructural de confinamiento y el gavión de protección se apoyan sobre un depósito aluvial grueso de naturaleza predominantemente friccionante, para el cual se adoptaron parámetros de diseño representativos, coherentes con la litología observada y con referencias bibliográficas especializadas.

El dimensionamiento del muro de confinamiento con altura total de 4.0 metros y empotramiento mínimo de 1.0 metro en el depósito aluvial, verificado conforme a los lineamientos del CCP-14 y la norma NSR-10, cumple los requisitos de estabilidad frente a capacidad portante, deslizamiento y volcamiento en condiciones estáticas y seudoestática, considerando además los factores de carga y resistencia establecidos para estructuras de contención y la sobrecarga vehicular equivalente indicada por la normativa aplicable.

El análisis de estabilidad general demuestra que la incorporación del muro proyectado no genera afectaciones adversas en la ladera y, por el contrario, aporta a la mejora de la estabilidad del sistema, cumpliendo los factores de seguridad mínimos exigidos en condición estática y seudoestática, de acuerdo con los parámetros de zonificación sísmica definidos para el municipio de Duitama en la NSR-10.

La verificación interna y externa de los módulos de gavión propuestos como estructura complementaria de confinamiento y protección en el encole indica que la geometría adoptada satisface los criterios de estabilidad por deslizamiento, volcamiento y capacidad de carga tanto en condición estática como seudoestática, por lo que se considera una solución adecuada para el control de procesos de socavación y pérdida de material en la parte posterior de las aletas existentes.

Se establece que los rellenos estructurales asociados al muro estructural deben ejecutarse con materiales granulares que cumplan con los requisitos del material tipo subbase granular según el Artículo 610 del pliego de especificaciones del Instituto Nacional de Vías, garantizando una adecuada compactación y el funcionamiento del sistema de drenaje incorporado al diseño.

En síntesis, el modelo geotécnico asumido, los parámetros de resistencia adoptados y las verificaciones realizadas permiten concluir que el muro de confinamiento y el gavión de protección proyectados son geotécnicamente viables y proporcionan una solución adecuada para restituir el confinamiento del terraplén, mejorar la estabilidad local del descole y mitigar los procesos erosivos que afectan el entorno del puente sobre el río Chiticuy, siempre que su construcción se ejecute conforme a las especificaciones de diseño y se acompañe de un adecuado control técnico en obra

Firmas

Geotecnista:	Yenser Antonio Quintero S.	**Revisor:**	
T.P.:	54202-363195 NTS	**T.P.:**	
Fecha:	17/11/2025	**Fecha:**	

NOTA TECNICA

NT-001_GEOTEC_PTE-PUEB-BOY_DUI_V3

DISEÑO GEOTECNICO MURO DE CONFINAMIENTO DESCOLE MARGEN DERECHO PUENTE SOBRE EL RIO CHITICUY DUITAMA – PUEBLITO BOYACENSE

Proyecto:	Diagnóstico y ejecución de obras de emergencia para mitigar el riesgo de daño y/o colapso de puentes ubicados en el departamento por la afectación causada por efecto de la ola invernal, declarada en virtud del decreto de calamidad pública no. 0522 de 24 de mayo de 2025. Contrato de obra no. 2833 de 2025

1 GENERALIDADES DEL PUENTE

Vía / Tramo	[municipio de Duitama hacia Pueblito Boyacense
Municipio / Departamento	[Duitama / Boyacá]
Coordenadas (WGS84)	Lat [5° 49.563'N] Long [73° 1.307'O]
Cota aproximada (msnm)	[2520]
Cauce/Quebrada/Río	[Rio Chiticuy]
Altura de gálibo (m)	[5.0 m]
Ancho de calzada (m)	[7.0 m]
Longitud total del puente (m)	[10.0 m]
Número de luces	[1]
Número de apoyos	[2]
Material dominante	[Concreto_X_ Acero____ Mixto____ Madera _____]
Tipo estructural	[Simplemente apoyado__X_ Continuo _____Otro _____]

2 ENTORNO GEOLÓGICO LOCAL

La descripción realizada del entorno geológico se realiza con base a la información establecida en el atlas geológico (2023), dispuesto por el SGC, y corroborado con las observaciones de campo, a continuación, se describe el entorno geológico local donde se encuentra ubicado el puente la Qda Chiticuy.

2.1 Litología dominante:

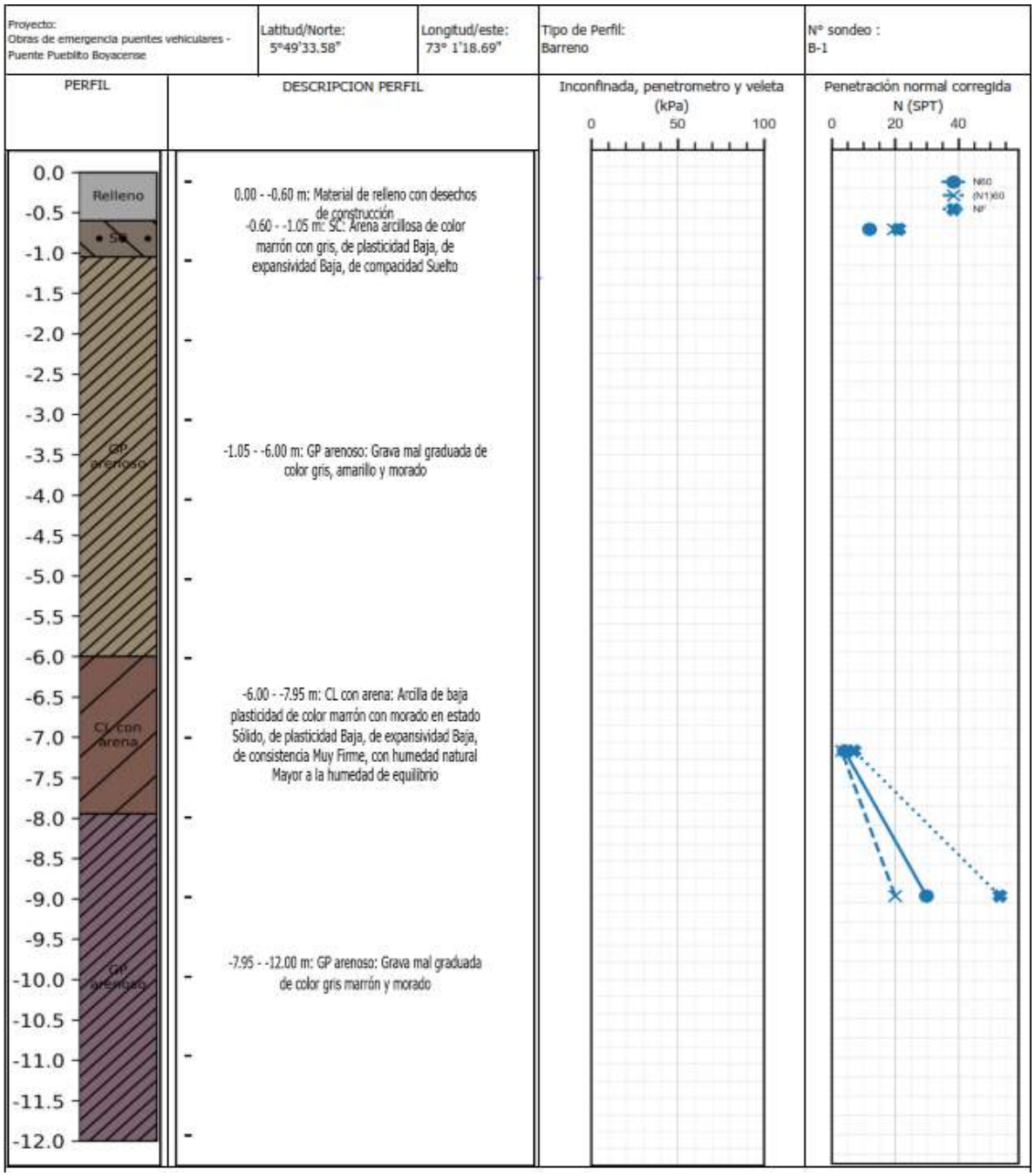
Los depósitos están constituidos por una mezcla heterométrica de gravas, arenas, limos y arcillas, con presencia frecuente de cantos subredondeados a angulosos, de origen principalmente metamórfico y sedimentario. Se presentan como materiales no consolidados, de baja cementación, con variaciones laterales y verticales marcadas en granulometría y compacidad. En sectores puntuales se intercalan horizontes de suelos finos de comportamiento plástico medio a alto, que tienden a saturarse con facilidad.

3 INFORMACION GEOTECNICA

3.1 Columna litológica

Para el punto de estudio se realizó exploración geotécnica a profundidad de 12.0 m, para identificar la estructuración de los materiales en el suelo de fundación. La columna litológica y la interpretación del modelo geotécnico se presenta a continuación:

Imagen No 1 columna litológica (prof 0.00 a 12.0 m)



3.2 Caracterización geotécnica

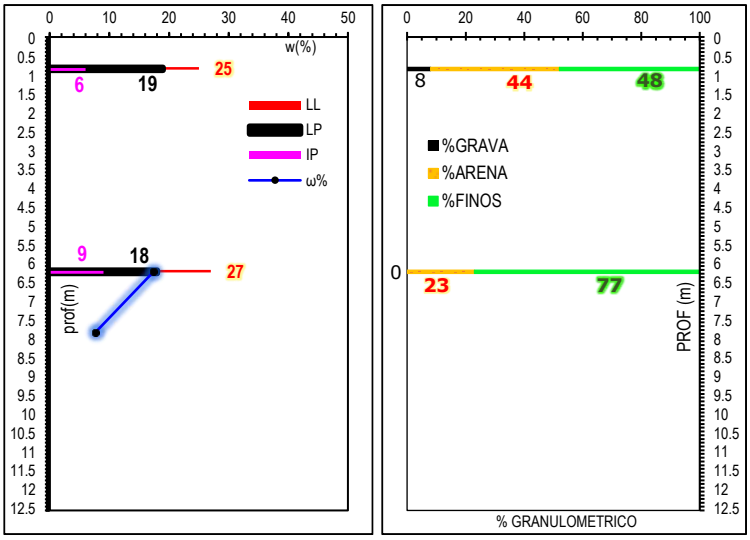
Con base a lo reportado por los ensayos de laboratorio se realiza una descripción de las propiedades básicas de los materiales y la secuencia estratigráfica que se registra en cada exploración, además se tiene en cuenta el origen geológico dominado por la unidad superficial, para identificar el tipo de suelo se llevó a cabo ensayos de granulometría, humedad natural, límites de consistencia.

Los parámetros de resistencia y constantes de deformación son estimados a partir de correlaciones de ensayos de campo. La clasificación es realizada bajo indicaciones del numeral H.2.5 del reglamento colombiano de construcción sismorresistente NSR-10.

3.2.1 Propiedades físicas

A lo largo de la profundidad explorada se recobraron materiales pertenecientes al deposito coluvial compuesto por cantos redondeados envueltos en una matriz arcillo arenosa, debido a la naturaleza y distribución heterogénea de los materiales es imposible recuperar muestra inalterada de la matriz, aun así hubo unos puntos de exploración donde se logró identificar este tipo de materiales, esta matriz contiene cantidades de arcilla considerables aun así el comportamiento del suelo esta regido por la presencia de cantos redondeados de tamaños con diámetros menores a 40 cm, las fracciones finas reflejan un grado de plasticidad baja lo que sumado a la distribución granulométrica no reflejan condiciones de expansión.

Imagen No 2 Perfiles de propiedades geotécnicas en la matriz del deposito aluvial



3.2.2 Parametros geomecánicos

Los parametros geomecánicos serán asumidos por datos bibliográficos teniendo en cuenta la naturaleza friccionante del depósito.

tabla No 1 Parametros de resistencia estimados según el tipo de material reportado por el sondeo (fuente: Fuente: Deslizamientos Vol II Técnicas de remediación Jaime Suarez)

Suelo	Peso Unitario (kN/m³)	Peso Unitario seco (kN/m³)	Angulo de Fricción ϕ'	Cohesión c' (kPa)	Permeabilidad K(m/s)
Granito completamente descompuesto	19 - 21	15 -19	38° - 42°	0 - 5	10^{-6} - 10^{-7}
Roca volcánica completamente descompuesta.	18 - 21	15- 19	35° - 38°	0 - 5	10^{-6} - 10^{-8}
Roca triturada o aluviones limpios	18 - 21	18 - 21	45° - 50°	0	10^{-2}- 10^{-4}
Materiales arcillosos (lutita descompuesta)	15 - 18	13 - 16	20°- 30°	5 - 10	10^{-6}- 10^{-8}
Materiales areno-arcillosos (arenisca descompuesta)	19 - 21	15 - 19	38° - 42°	0 - 8	10^{-5}- 10^{-7}
Suelos aluviales areno-arcillosos	15 - 21	13 - 19	26° - 40°	0 - 10	10^{-5}- 10^{-7}

tabla No 2 Propiedades elásticas típicas para suelos (fuente: Fuente: Casagrande, A. (1948) "Classification and Identification of Soils", Transactions ASCE, 113, pp. 901,992.)

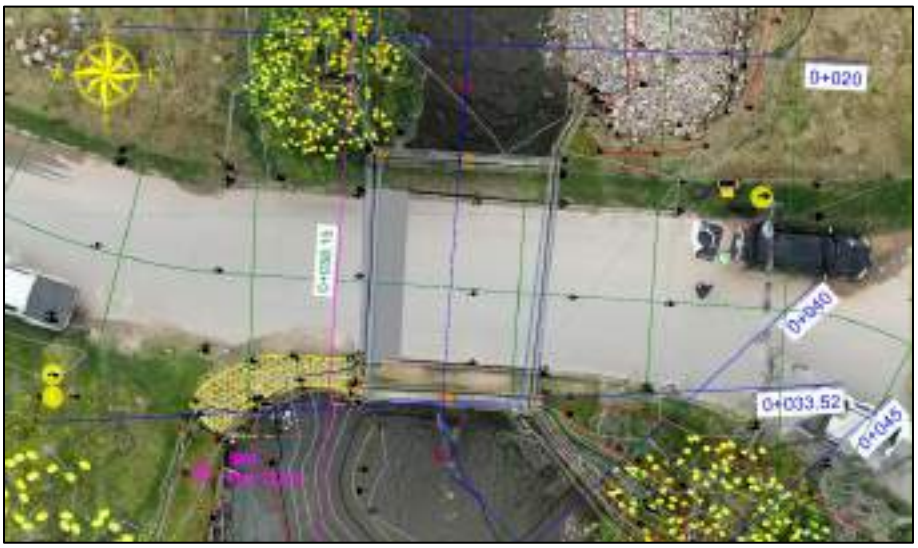
Material	Módulo de Young - E (MPa)	Razón de Poisson (v)
Arcilla suave	2 – 4	
Arcilla firme a dura	4 – 8	0.40 - 0.50
Arcilla muy dura	8 – 20	
Limo	2 – 20	0.30 - 0.35
Arena fina suelta	8 – 12	
Arena fina medio densa	12 – 20	0.25
Arena fina densa	20 – 30	
Arena suelta	10 – 30	0.20 - 0.35
Arena medio densa	30 – 50	
Arena densa	50 – 80	0.30 - 0.40
Grava suelta	30 – 80	
Grava medio densa	80 – 100	
Grava densa	100 – 200	

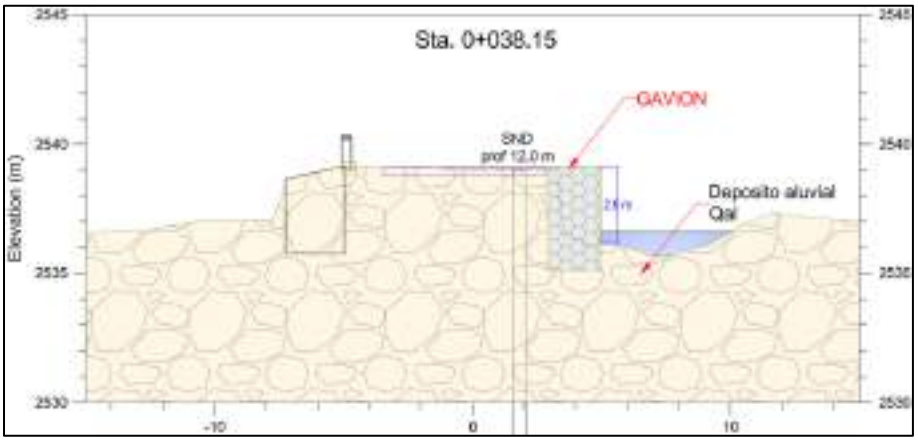
tabla No 3 Parametros efectivos estimados según el tipo de material y datos bibliográficos

Nivel	Material	Prof (m)	γ kN/m³	C (kPa)	φ (°)	E (kPa)
Deposito Aluvial grueso Qal-g	SC	0.0 – 12.0	18.0	2	33	20000

Con la información obtenida del sondeo y la clasificación realizada por medio de ensayos de laboratorio se proyecta el modelo geotécnico de análisis para validar la implementación las obras complementarias.

Imagen No 3 Planta y ST Modelo geotécnico asumido para diseño de muro de confinamiento ST0+038.15





Se considera el cambio del muro en gaviones dispuesto como aleta en la margen derecha del descole, como se presentó en el diagnostico esta estructura flexible ya registra deformaciones además de afectaciones en su malla, por lo que es necesario el reemplazo por una estructura de confinamiento rígida, la nueva estructura se apoya directamente sobre los materiales correspondientes al depósito aluvial grueso (Qal-g)

tabla No 4 Parametros geomecánicos iniciales asumidos para modelo de análisis

Nivel	Material	γ kN/m^3	C (kPa)	φ (º)
Qal-g	Cantos redondeados embebidos en matriz SC	18	2	33

4 CONSIDERACIONES DE ANALISIS

4.1 Dimensionamiento de muro de confinamiento

Para el diseño del muro estructural proyectado en el sector del descole, se realiza la evaluación de estabilidad desde el área geotécnica con base en los criterios establecidos en el CCP-14, particularmente los lineamientos contenidos en su Sección 10, correspondiente al diseño geotécnico de estructuras de contención. El análisis considera las condiciones geométricas del sitio y las características del depósito aluvial de fundación, estableciendo una altura libre de 3.0 m y un empotramiento mínimo de 1.0 m dentro del estrato competente de acuerdo con lo anterior se evalúa el predimensionamiento para un muro con altura total de 4.0 m. La validación geotécnica comprende la verificación de la estabilidad global del sistema y la revisión de los mecanismos potenciales de falla (volteo, deslizamiento y capacidad portante), garantizando el desempeño estructural y la estabilidad del muro frente a las solicitaciones esperadas en la zona del descole, para análisis de estabilidad, se tiene en cuenta lo indicado en la NSR-10.

tabla No 5 factores de carga permanente (γp) CCP-14

Tipo de carga	F. de carga estático		Seudoestático
	Máximo	Mínimo	
EH: presión horizontal del suelo (activa)	1.50	0.90	1.0
EV: Presión vertical del suelo (muros de contención)	1.35	1.00	1.0
DC: componentes y accesorios	1.25	0.90	1.0
EP: Presión en reposo	1.35	0.90	1.0
ES: sobrecarga del suelo	1.50	0.75	1.0

tabla No 6 Factores de resistencia (φp)

Análisis	Estático	Seudoestático
Capacidad portante muros de gravedad y semigravedad	0.55	0.80
Deslizamiento (concreto fundido in situ sobre arena) ϕτ	0.80	1.00
Excentricidad	e < B/6	e < B/5

tabla No 7 Factores de seguridad indirectos mínimos para análisis de estabilidad global (NSR-10)

Condición	Estático	Seudoestático
Estabilidad general del sistema - Permanente	1.50	1.05
Estabilidad de cortes temporales (proceso constructivo)	1.25	1.00*

**Analizado con el 50% de los parámetros sísmicos de diseño*

4.1.1 Sobrecarga vehicular

Para tener en cuenta la sobrecarga generada por el tráfico en la parte superior del muro, se considera según la norma AASHTO 2002, una altura de relleno equivalente a carga viva de 61 cm o 2 ft, de igual manera lo especifica la sección 3 del CCP-14.

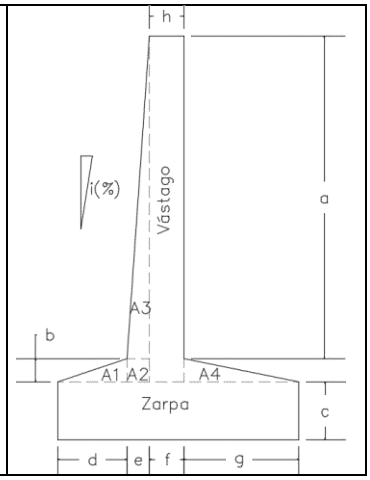
tabla No 8 Alturas equivalente de relleno para asumir como carga vehicular

Altura muro de contención (mm)	heq desde el respaldo al borde del trafico	
	0.0 mm	300 mm o mas
1500	1500	600
3000	1000	600
≥6000	600	600

Se toma una sobrecarga vehicular asumida para una altura de material de relleno de 0.60 m, lo que equivale a una sobrecarga de 12 kPa.

tabla No 9 Cargas generadas por muro de confinamiento H=4.0 m, B=0.7H

				cargas sobre Talon			FUERZAS HORIZONTALES GENERADAS (t/m)					
elemento		A	γ	F_{VER}	F_{VER}*γp		F_{HOR}		F_{HOR}*γp (actu)		Fx*γp (resis)	
		m²	t/m³	(t/m)	min	máx.	actu	resist	min	máx.	min	máx.
sobrecarga (ES)				2.10	1.58	3.68	1.60		1.20	2.80	0.00	0.00
MURO (DC)	zapata	0.91	2.40	2.18	1.97	2.73			0.00	0.00	0.00	0.00
	Vastago	1.55	2.40	3.72	3.35	4.65			0.00	0.00	0.00	0.00
	A1	0.00	2.40	0.00	0.00	0.00			0.00	0.00	0.00	0.00
	A2	0.00	2.40	0.00	0.00	0.00			0.00	0.00	0.00	0.00
	A3	0.18	2.40	0.44	0.39	0.55			0.00	0.00	0.00	0.00
	A4	0.00	2.40	0.00	0.00	0.00			0.00	0.00	0.00	0.00
	dentellon	0.20	2.40	0.48	0.43	0.60			0.00	0.00	0.00	0.00
Relleno		6.39	1.90	12.14	12.14	16.38			0.00	0.00	0.00	0.00
Relleno inclinado		0.00	1.90	0.00	0.00	0.00			0.00	0.00	0.00	0.00
Eha Relleno				1.73	1.56	2.60	4.76		4.28	7.14	0.00	0.00
Ea (sismo)					0.00	0.00					0.00	0.00
Ea (sismo)SC					0.00	0.00					0.00	0.00
anclaje 1				0.00	0.00	0.00		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
anclaje 2				0.00	0.00	0.00		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
total=				22.79	21.41	31.19	6.36	0.00	5.48	9.94	0.00	0.00



Definidas las cargas generadas por la estructura, se procede con la verificación interna del muro de confinamiento proyectado, cumpliendo condiciones para capacidad portante, deslizamiento y volcamiento.

tabla No 10 Verificación la capacidad portante muro

Df (m)	0.6
Fy mayorada (kPa)	311.9
P contacto estática σC (kPa)	131
P contacto seudoestática σC-S (kPa)	94
Capacidad portante - qu (kPa)	238
Capacidad portante mayorada estática - qr (kPa)	131.2
Capacidad portante mayorada seudoestática – qr_S (kPa)	190.8
σC < qr	Cumple
σC-S < qr_S	Cumple

tabla No 11 Verificación al deslizamiento muro

Df (m)	Fh nominal (kPa)		Fh estática mayorada (kPa)			Fh seudoestática mayorada (kPa)		
	actuante	resistente	actuante	Resistente	Cumple	Actuante	Resistente	Cumple
0.6	63.6	155	99.4	119	OK	74.9	155	OK

La verificación ante el volteo se realiza mediante la estimación de la excentricidad que se genera en la base debido a las fuerzas resultantes, este punto de fuerza se debe ubicar dentro del tercio medio de la base bajo una condición estática y dentro de una distancia de B/4 medido desde el centro de la base para condición seudoestática.

tabla No 12 Verificación de la excentricidad muro

Estático	e=	0.247	B/6	0.433	e<B/6	CUMPLE
seudoestático	e=	0.200	B/5	0.520	e<B/5	CUMPLE

En cuanto al módulo de reacción vertical del suelo es pertinente aclarar que no es un parámetro propio del suelo, pero depende de las dimensiones de la cimentación y propiedades mecánicas del terreno, para el caso del muro se propone un ancho de cimentación de 2.60 m (0.7H) y longitud de 5.0 m. Para cimentaciones donde la relación L/B>1 se tiene.

$$K = 1.5\frac{E}{B} * \left(\frac{L + 0.5B}{1.5L}\right) \; coeficiente\ de\ raccion\ vertical\ C.rectangular$$

tabla No 13 Parametros para verificación estructural

capacidad portante neta kPa	238
capacidad portante estática ELR [kPa]	131.2
capacidad portante EE [kPa]	190.8
presión de contacto evaluada [kPa]	131
ángulo fricción relleno ϕ [º]	30
KA relleno (Rankine)	0.33
KAE relleno (M-O)	0.40
Carga vehicular [kPa]	12.0
Modulo elástico suelo de fundación [kN/m²]	20000
módulo de reacción vertical Kv [kN/m³]	9692

4.2 análisis de estabilidad general

El dimensionamiento de la estructura cumple con los requerimientos mínimos de estabilidad interna, ahora se verifica el aporte que la estructura realiza a la estabilidad general de la ladera, de acuerdo con los escenarios de diseño mencionados anteriormente.

Para el análisis en condiciones seudoestática se tiene en cuenta la zonificación sísmica presentada por la NSR-10, a continuación, se establecen los parametros de análisis sísmico.

tabla No 14 Parametros de análisis seudoestático para estabilidad general

Municipio	Tipo de suelo	Aa	Av	Fa	Amax	K_{ST_H}	K_{ST_V}
Duitama	C	0.20	0.25	1.2	0.24	0.192	0.096

Imagen No 4 análisis general en condición estática

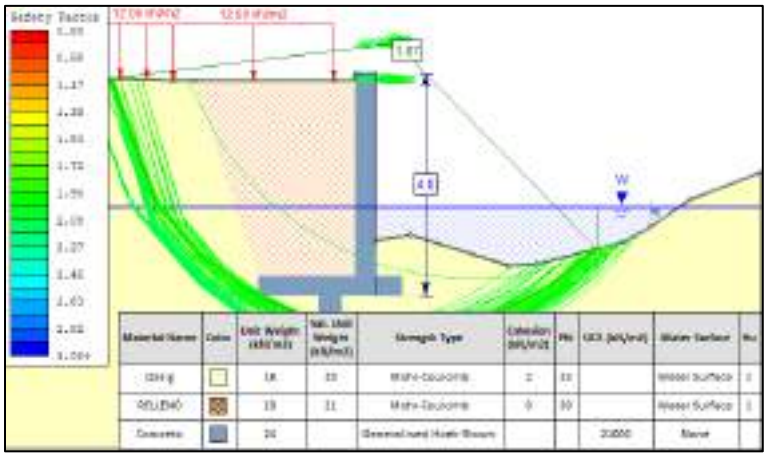
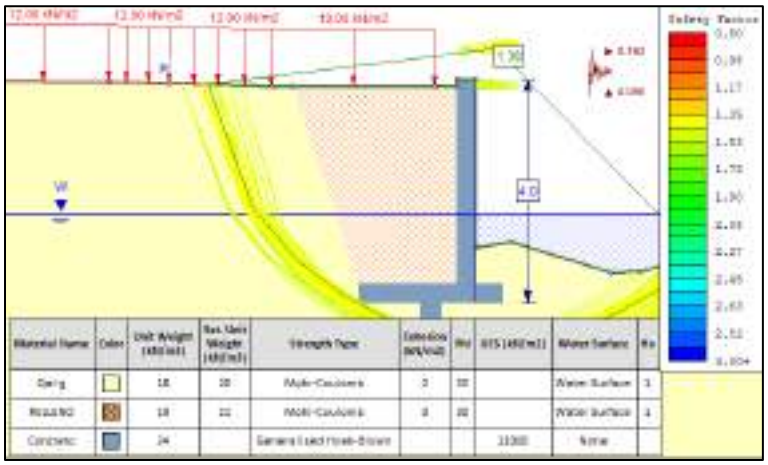


Imagen No 5 análisis general de estabilidad condición seudoestática



4.3 condiciones actuales enero 2026

Durante las visitas realizadas entre diciembre de 2025 y enero de 2026 se identificaron intervenciones temporales en las márgenes del cauce, principalmente en la margen izquierda aguas arriba y la margen derecha aguas abajo, mediante la disposición de material granular con cantos redondeados de hasta 30 cm. Esta medida se considera insuficiente, dado que en corto tiempo se evidencia arrastre de finos y pérdida de estabilidad del material de protección, tanto aguas arriba como aguas abajo:

Imagen No 6 Arrastre y perdida de talud en la protección aguas arriba y aguas abajo



Aguas abajo se identifica un proceso activo de socavación que afecta el material de protección en la margen derecha y la placa de fondo del puente, generando una condición de voladizo del orden de 1.0 metro. Adicionalmente, en la base de la aleta de la margen izquierda se evidencia socavación que podría exponer su nivel de cimentación, extendiéndose hacia la base del talud adyacente en el sector de la Carrera 23.

Imagen No 7 Afectación placa de fondo y socavación lateral M-I aguas abajo.



Considerando las condiciones actuales del sitio, las afectaciones observadas poco tiempo después de la instalación de las protecciones temporales y los criterios definidos en el análisis hidráulico del cauce, se concluye que las obras de protección de márgenes deben diseñarse con base en el comportamiento hidráulico real del río y no como soluciones provisionales. En este sentido, la protección debe proyectarse atendiendo a los tamaños nominales mínimos requeridos para resistir los regímenes de flujo presentes. La experiencia en campo demuestra que la protección existente, aun cuando incorpora cantos con tamaños aproximados de 30 centímetros, resulta insuficiente frente a la energía del cauce. Por lo anterior, se establece como solución técnica la disposición de una franja de bolsacretos para la protección de la margen izquierda aguas arriba y la margen derecha aguas abajo. Esta alternativa solo podrá ser reemplazada por enrocado en caso de garantizarse un tamaño nominal D50 del orden de 1.10 metros, de lo contrario, la proyección de bolsacretos se considera la medida más adecuada para el control de los procesos de erosión y socavación identificados en el cauce.

4.4 Obras complementarias

Adicionalmente a las obras de protección en las márgenes y a la recuperación de la aleta ubicada aguas abajo en la margen derecha, se considera necesario el acondicionamiento hidráulico del cauce aguas arriba. En este sector se identifica un estrechamiento de la sección hidráulica generado por la formación de una playa de sedimentación, condición que induce una concentración de energía del flujo hacia la margen izquierda, intensificando los procesos de socavación sobre el talud. En consecuencia, se recomienda reconfigurar el cauce a una geometría similar a su condición original, mediante la remoción controlada del material sedimentado, con el fin de restituir la sección hidráulica efectiva y reorientar el flujo, reduciendo su impacto directo sobre los taludes y mejorando el comportamiento hidráulico del sistema en el entorno del puente.

Imagen No 8 reconformación geometría del cauce aguas arriba



En la salida del puente se hace necesario ejecutar un recalce a nivel de la placa de fondo, con el fin de controlar el proceso de socavación localizada que actualmente afecta el apoyo de la estructura. Dicho recalce podrá realizarse mediante concreto ciclópeo, garantizando la restitución del soporte y la continuidad estructural del elemento. De manera complementaria, se requiere la implementación de una estructura disipadora de energía que permita reducir la velocidad del flujo a la salida del pontón y facilitar su entrega controlada al cauce natural. Esta disipación podrá lograrse mediante la disposición de enrocado con tamaño nominal mínimo del orden de 1.10 metros, o, en su defecto, mediante la colocación de elementos de bolsacreto, los cuales deberán conformar un colchón estable que controle la acción erosiva del flujo y mitigue los procesos de socavación aguas abajo de la estructura.

Imagen No 9 Recalce a nivel de apoyo de placa de fondo descole de estructura



Adicionalmente, se recomienda la protección de la aleta ubicada en la margen izquierda a nivel de cimentación, dado que en este punto se evidencia un proceso de socavación localizada que podría conducir a la exposición del elemento de fundación. La protección deberá garantizar el confinamiento del terreno en la base de la aleta y el control de la acción hidráulica directa del flujo, evitando la pérdida progresiva de soporte y el debilitamiento de la estructura. Esta intervención debe articularse con las obras de recalce y disipación de energía proyectadas en la salida del puente, de manera que se asegure un comportamiento hidráulico y geotécnico integral del sistema.

Imagen No 10 Protección aleta y talud aguas abajo M-I



4.5 disposición en planta y perfil

En la planta de implantación de las soluciones propuestas se presenta la disposición general de las obras de mitigación y protección hidráulica proyectadas en el entorno del Puente Chiticuy. Se define la localización del muro estructural de confinamiento en la salida del puente, con una longitud inicial de 6.0 metros, el muro debe estar dispuesto en planta con un inclinación hacia el cauce de 30° respecto al alineamiento del borde del puente, susceptible de ajustes en campo de acuerdo con las condiciones topográficas y geométricas reales del sitio, garantizando en todo caso la continuidad estructural y el adecuado confinamiento del terraplén.

De igual forma, la planta incorpora las obras de protección de márgenes, tanto aguas arriba como aguas abajo, incluyendo la protección del talud de la margen izquierda aguas arriba, la protección de la aleta a nivel de cimentación y las intervenciones proyectadas en la salida del puente para el control de la socavación y la disipación de energía del flujo. Adicionalmente, se representa la reconfiguración geométrica del cauce aguas arriba, orientada a restituir la sección hidráulica efectiva y a controlar la dirección del flujo hacia el eje del cauce, conforme a los resultados del análisis hidráulico.

Se aclara que las protecciones hidráulicas deberán ejecutarse atendiendo estrictamente los criterios técnicos definidos en el análisis hidráulico del cauce, en particular en lo relacionado con el diámetro nominal mínimo del enrocado requerido para resistir los regímenes de flujo identificados. En caso de no garantizarse dicho tamaño nominal, la protección deberá materializarse mediante la articulación de elementos de bolsacreto, dispuestos de forma continua, de manera que aseguren un adecuado control de los procesos de erosión y socavación en las márgenes del cauce.

La implantación en planta permite visualizar de manera integrada la interacción entre las estructuras de confinamiento, las defensas marginales y el cauce, asegurando que las soluciones propuestas respondan de manera coherente a la dinámica hidráulica identificada y a los requerimientos de estabilidad geotécnica del sitio.

Imagen No 11 esquematización y disposición en planta de obras proyectadas

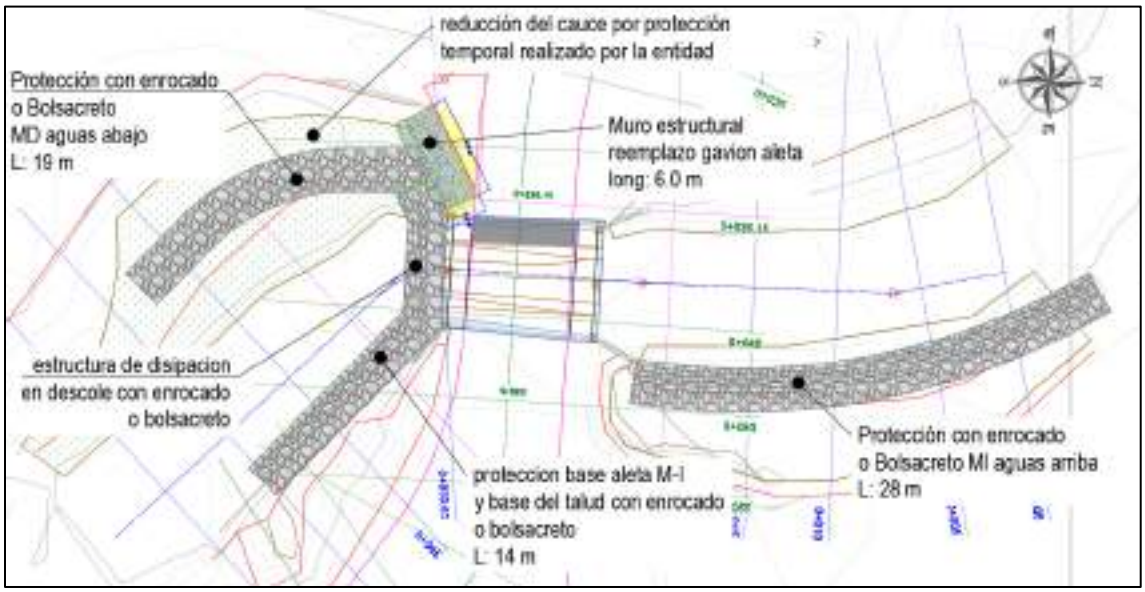


Imagen No 12 perfil muro estructural proyectado

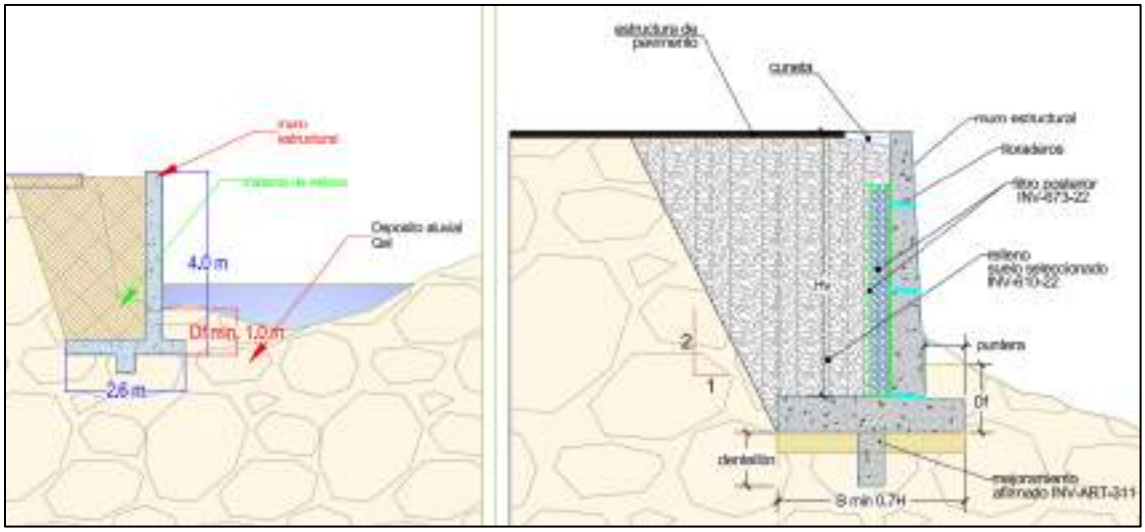
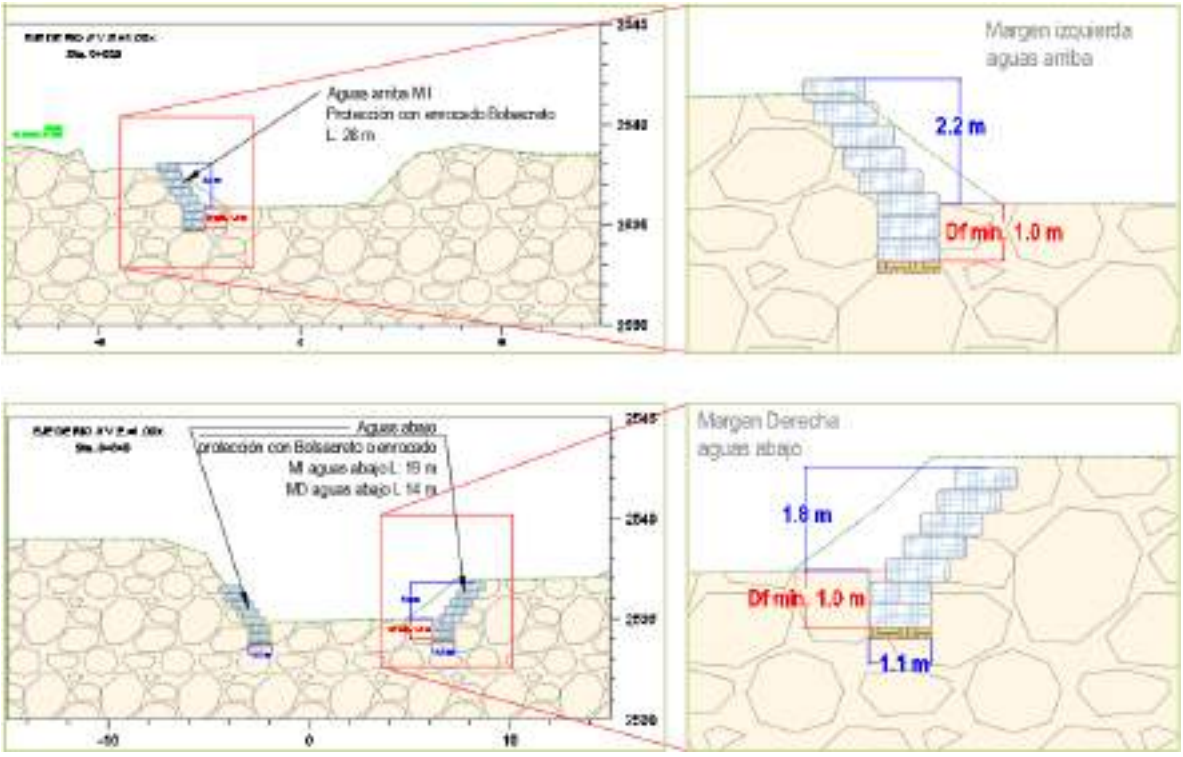


Imagen No 13 perfil transversal de protección M-I aguas arriba, M-D aguas abajo



DIRECCION: CL 109 14B -60 OF 204 BR CHICO NORTE, BOGOTÁ
E-MAIL: consorciopebji@gmail.com
TELEFONO: 3102778858
Bogotá, Distrito Capital

Los materiales que se establezcan como rellenos para estructuras debe ceñirse las recomendaciones de INV-22 para materiales granulares tipo subbase según ART-610-INV-22.

tabla No 15 Requisitos y franjas granulométricas para materiales de relleno granular tipo SBG

Característica	Norma de ensayo INV	Requisito	
		Tipo SBG	Tipo BG
Dureza (O)			
Desgaste en la máquina de los Ángeles (Gradación A), máximo (%) - Quinientas (500) revoluciones	E-218	50	40
Durabilidad (O)			
Pérdidas en ensayo de solidez en sulfatos, máximo (%) (Nota) - Sulfato de sodio - Sulfato de magnesio	E-220	12 18	12 18
Limpieza (F)			
Límite líquido, máximo (%)	E-125	25	25
Índice de plasticidad, máximo (%)	E-125 y E-126	6	3
Equivalente de arena, mínimo (%)	E-133	25	30
Contenido de terrones de arcilla y partículas deleznables, máximo (%)	E-211	2	2
Geometría de las Partículas (F)			
Índices de alargamiento y aplanamiento, máximo (%)	E-230	-	35
Caras fracturadas (una cara), mínimo (%)	E-227	-	50

Tipo de gradación	Tamiz (mm / U.S. Standard)									
	50.0 2" Pulgadas	37.5 1 ½" Pulgadas	25.0 1" Pulgada	19.0 ¾" Pulgada	12.5 ½" Pulgada	9.5 3/8" Pulgada	4.75 Nro. 4	2.00 Nro. 10	0.425 Nro. 40	0.075 Nro. 200
	Pasa tamiz (%)									
SGB-50	100	70 – 95	60 – 90	-	45 – 75	40 – 70	25 – 55	15 – 40	6 – 25	2 – 15
SGB-38	-	100	75 – 95	-	55 – 85	45 – 75	30 – 60	20 – 45	8 – 30	2 – 15
SGB-20	-	-	-	100	60 – 87	50 – 80	35 – 65	24 – 49	8 – 30	2 – 15
BG38	-	100	70 – 100	-	60 – 90	45 – 75	30 – 60	20 – 45	10 – 30	5 – 15
BG-25	-	-	100	-	70 – 100	50 – 80	35 – 65	20 – 45	10 – 30	5 – 15
Tolerancias en producción sobre la fórmula de trabajo (±)	0 %	7 %					6 %			3 %

5 CONCLUSIONES

Con base en la exploración geotécnica a 12.0 m de profundidad y en la caracterización de laboratorio, se confirma que el muro estructural de confinamiento y el gavión de protección se apoyan sobre un depósito aluvial grueso de naturaleza predominantemente friccionante, para el cual se adoptaron parámetros de diseño representativos, coherentes con la litología observada y con referencias bibliográficas especializadas.

El dimensionamiento del muro de confinamiento con altura total de 4.0 metros y empotramiento mínimo de 1.0 metro en el depósito aluvial, verificado conforme a los lineamientos del CCP-14 y la norma NSR-10, cumple los requisitos de estabilidad frente a capacidad portante, deslizamiento y volcamiento en condiciones estáticas y seudoestática, considerando además los factores de carga y resistencia establecidos para estructuras de contención y la sobrecarga vehicular equivalente indicada por la normativa aplicable.

El análisis de estabilidad general demuestra que la incorporación del muro proyectado no genera afectaciones adversas en la ladera y, por el contrario, aporta a la mejora de la estabilidad del sistema, cumpliendo los factores de seguridad mínimos exigidos en condición estática y seudoestática, de acuerdo con los parámetros de zonificación sísmica definidos para el municipio de Duitama en la NSR-10.

Se establece que los rellenos estructurales asociados al muro estructural deben ejecutarse con materiales granulares que cumplan con los requisitos del material tipo subbase granular según el ART-INV-610-22 del pliego de especificaciones del Instituto Nacional de Vías, garantizando una adecuada compactación y el funcionamiento del sistema de drenaje incorporado al diseño.

En síntesis, el modelo geotécnico asumido, los parámetros de resistencia adoptados y las verificaciones realizadas permiten concluir que el muro de confinamiento y el gavión de protección proyectados son geotécnicamente viables y proporcionan una solución adecuada para restituir el confinamiento del terraplén, mejorar la estabilidad local del descole y mitigar los procesos erosivos que afectan el entorno del puente sobre el río Chiticuy, siempre que su construcción se ejecute conforme a las especificaciones de diseño y se acompañe de un adecuado control técnico en obra

Firmas

Geotecnista:	Yenser Antonio Quintero S.	**Revisor:**	
T.P.:	54202-363195 NTS	**T.P.:**	
Fecha:	17/11/2025	**Fecha:**	

NOTA TECNICA

NT-001_GEOTEC_PTE-PUEB-BOY_DUI_V3

DISEÑO GEOTECNICO MURO DE CONFINAMIENTO DESCOLE MARGEN DERECHO PUENTE SOBRE EL RIO CHITICUY DUITAMA – PUEBLITO BOYACENSE

Proyecto:	Diagnóstico y ejecución de obras de emergencia para mitigar el riesgo de daño y/o colapso de puentes ubicados en el departamento por la afectación causada por efecto de la ola invernal, declarada en virtud del decreto de calamidad pública no. 0522 de 24 de mayo de 2025. Contrato de obra no. 2833 de 2025

1 GENERALIDADES DEL PUENTE

Vía / Tramo	[municipio de Duitama hacia Pueblito Boyacense
Municipio / Departamento	[Duitama / Boyacá]
Coordenadas (WGS84)	Lat [5° 49.563'N] Long [73° 1.307'O]
Cota aproximada (msnm)	[2520]
Cauce/Quebrada/Río	[Rio Chiticuy]
Altura de gálibo (m)	[5.0 m]
Ancho de calzada (m)	[7.0 m]
Longitud total del puente (m)	[10.0 m]
Número de luces	[1]
Número de apoyos	[2]
Material dominante	[Concreto_X_ Acero____ Mixto____ Madera _____]
Tipo estructural	[Simplemente apoyado__X_ Continuo _____Otro _____]

2 ENTORNO GEOLÓGICO LOCAL

La descripción realizada del entorno geológico se realiza con base a la información establecida en el atlas geológico (2023), dispuesto por el SGC, y corroborado con las observaciones de campo, a continuación, se describe el entorno geológico local donde se encuentra ubicado el puente la Qda Chiticuy.

2.1 Litología dominante:

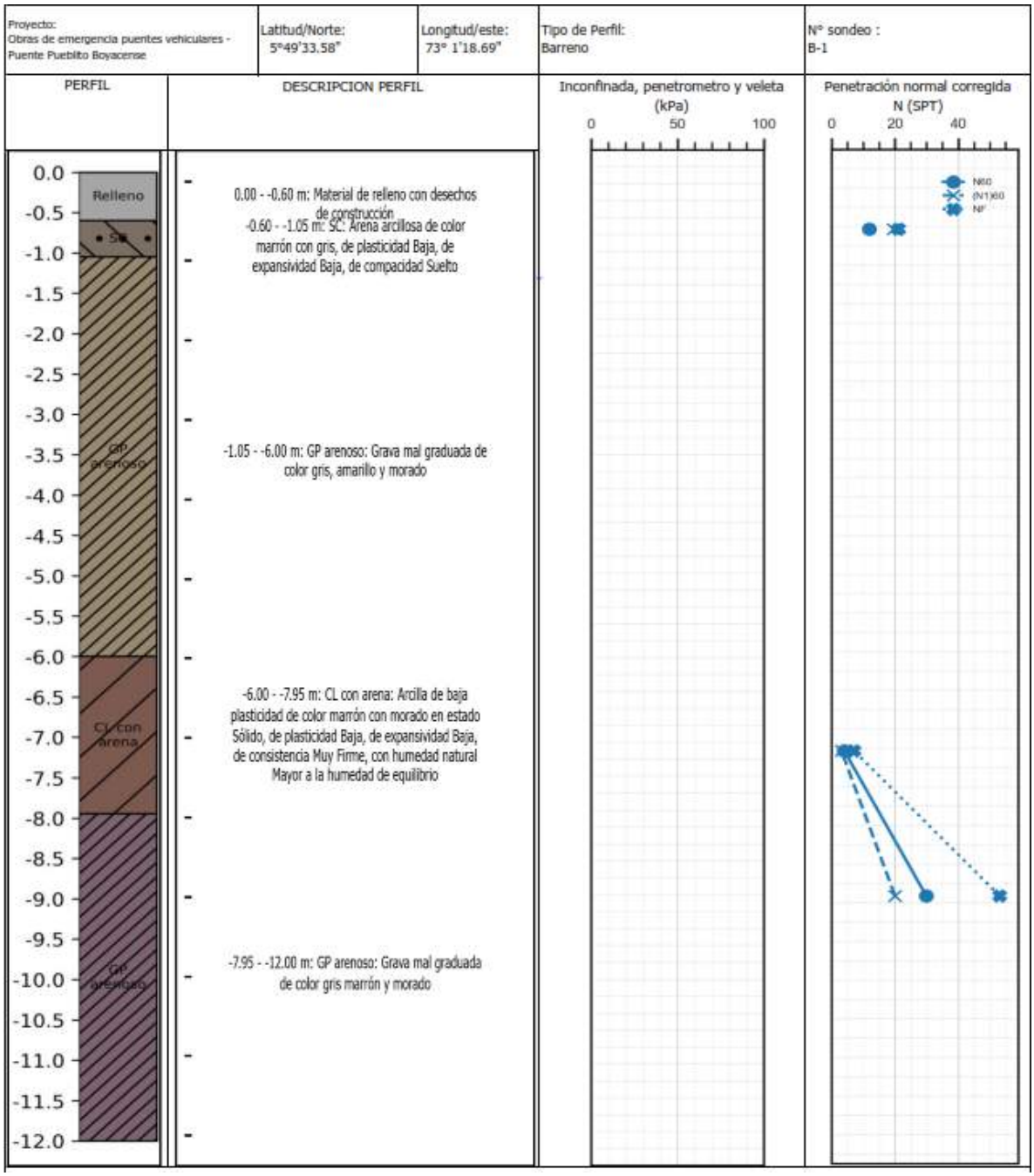
Los depósitos están constituidos por una mezcla heterométrica de gravas, arenas, limos y arcillas, con presencia frecuente de cantos subredondeados a angulosos, de origen principalmente metamórfico y sedimentario. Se presentan como materiales no consolidados, de baja cementación, con variaciones laterales y verticales marcadas en granulometría y compacidad. En sectores puntuales se intercalan horizontes de suelos finos de comportamiento plástico medio a alto, que tienden a saturarse con facilidad.

3 INFORMACION GEOTECNICA

3.1 Columna litológica

Para el punto de estudio se realizó exploración geotécnica a profundidad de 12.0 m, para identificar la estructuración de los materiales en el suelo de fundación. La columna litológica y la interpretación del modelo geotécnico se presenta a continuación:

Imagen No 1 columna litológica (prof 0.00 a 12.0 m)



3.2 Caracterización geotécnica

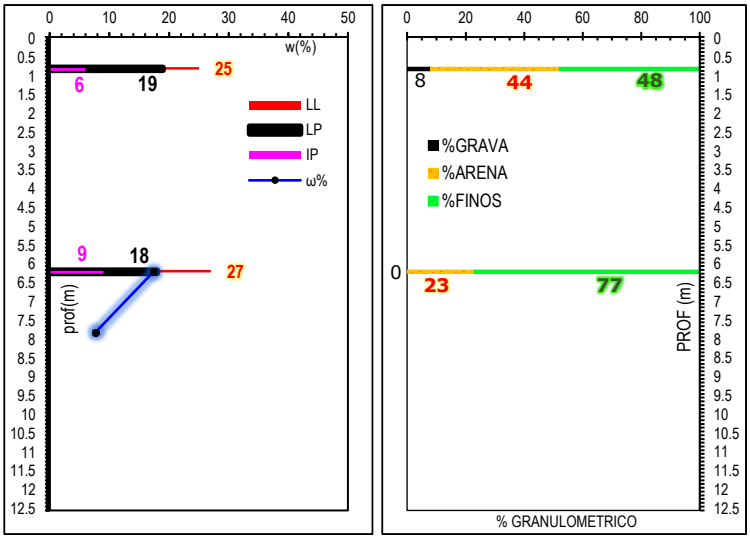
Con base a lo reportado por los ensayos de laboratorio se realiza una descripción de las propiedades básicas de los materiales y la secuencia estratigráfica que se registra en cada exploración, además se tiene en cuenta el origen geológico dominado por la unidad superficial, para identificar el tipo de suelo se llevó a cabo ensayos de granulometría, humedad natural, límites de consistencia.

Los parámetros de resistencia y constantes de deformación son estimados a partir de correlaciones de ensayos de campo. La clasificación es realizada bajo indicaciones del numeral H.2.5 del reglamento colombiano de construcción sismorresistente NSR-10.

3.2.1 Propiedades físicas

A lo largo de la profundidad explorada se recobraron materiales pertenecientes al deposito coluvial compuesto por cantos redondeados envueltos en una matriz arcillo arenosa, debido a la naturaleza y distribución heterogénea de los materiales es imposible recuperar muestra inalterada de la matriz, aun así hubo unos puntos de exploración donde se logró identificar este tipo de materiales, esta matriz contiene cantidades de arcilla considerables aun así el comportamiento del suelo esta regido por la presencia de cantos redondeados de tamaños con diámetros menores a 40 cm, las fracciones finas reflejan un grado de plasticidad baja lo que sumado a la distribución granulométrica no reflejan condiciones de expansión.

Imagen No 2 Perfiles de propiedades geotécnicas en la matriz del deposito aluvial



3.2.2 Parametros geomecánicos

Los parametros geomecánicos serán asumidos por datos bibliográficos teniendo en cuenta la naturaleza friccionante del depósito.

tabla No 1 Parametros de resistencia estimados según el tipo de material reportado por el sondeo (fuente: Fuente: Deslizamientos Vol II Técnicas de remediación Jaime Suarez)

Suelo	Peso Unitario (kN/m³)	Peso Unitario seco (kN/m³)	Angulo de Fricción ϕ'	Cohesión c' (kPa)	Permeabilidad K(m/s)
Granito completamente descompuesto	19 - 21	15 -19	38° - 42°	0 - 5	10^{-6} - 10^{-7}
Roca volcánica completamente descompuesta.	18 - 21	15- 19	35° - 38°	0 - 5	10^{-6} - 10^{-8}
Roca triturada o aluviones limpios	18 - 21	18 - 21	45° - 50°	0	10^{-2}- 10^{-4}
Materiales arcillosos (lutita descompuesta)	15 - 18	13 - 16	20°- 30°	5 - 10	10^{-6}- 10^{-8}
Materiales areno-arcillosos (arenisca descompuesta)	19 - 21	15 - 19	38° - 42°	0 - 8	10^{-5}- 10^{-7}
Suelos aluviales areno-arcillosos	15 - 21	13 - 19	26° - 40°	0 - 10	10^{-5}- 10^{-7}

tabla No 2 Propiedades elásticas típicas para suelos (fuente: Fuente: Casagrande, A. (1948) "Classification and Identification of Soils", Transactions ASCE, 113, pp. 901,992.)

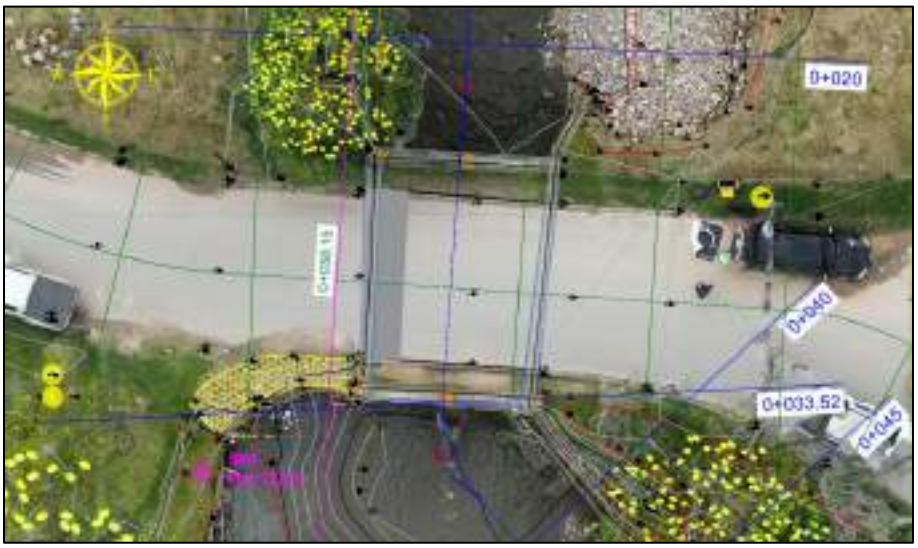
Material	Módulo de Young - E (MPa)	Razón de Poisson (v)
Arcilla suave	2 – 4	
Arcilla firme a dura	4 – 8	0.40 - 0.50
Arcilla muy dura	8 – 20	
Limo	2 – 20	0.30 - 0.35
Arena fina suelta	8 – 12	
Arena fina medio densa	12 – 20	0.25
Arena fina densa	20 – 30	
Arena suelta	10 – 30	0.20 - 0.35
Arena medio densa	30 – 50	
Arena densa	50 – 80	0.30 - 0.40
Grava suelta	30 – 80	
Grava medio densa	80 – 100	
Grava densa	100 – 200	

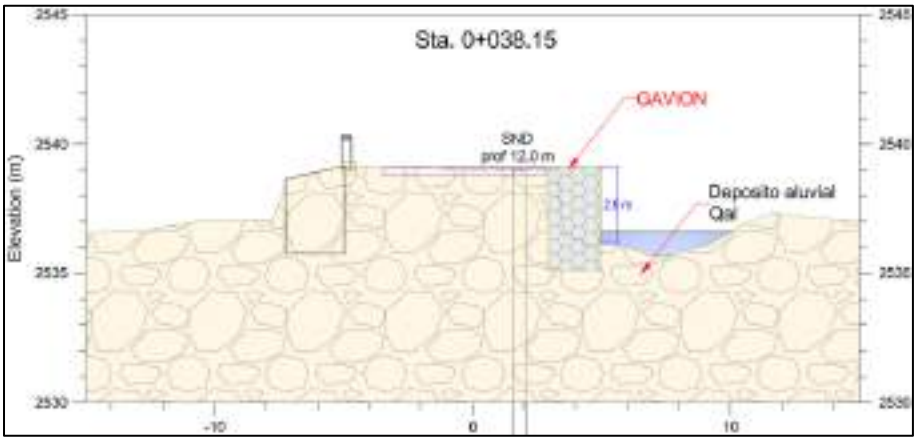
tabla No 3 Parametros efectivos estimados según el tipo de material y datos bibliográficos

Nivel	Material	Prof (m)	γ kN/m³	C (kPa)	φ (°)	E (kPa)
Deposito Aluvial grueso Qal-g	SC	0.0 – 12.0	18.0	2	33	20000

Con la información obtenida del sondeo y la clasificación realizada por medio de ensayos de laboratorio se proyecta el modelo geotécnico de análisis para validar la implementación las obras complementarias.

Imagen No 3 Planta y ST Modelo geotécnico asumido para diseño de muro de confinamiento ST0+038.15





Se considera el cambio del muro en gaviones dispuesto como aleta en la margen derecha del descole, como se presentó en el diagnostico esta estructura flexible ya registra deformaciones además de afectaciones en su malla, por lo que es necesario el reemplazo por una estructura de confinamiento rígida, la nueva estructura se apoya directamente sobre los materiales correspondientes al depósito aluvial grueso (Qal-g)

tabla No 4 Parametros geomecánicos iniciales asumidos para modelo de análisis

Nivel	Material	γ kN/m^3	C (kPa)	φ (º)
Qal-g	Cantos redondeados embebidos en matriz SC	18	2	33

4 CONSIDERACIONES DE ANALISIS

4.1 Dimensionamiento de muro de confinamiento

Para el diseño del muro estructural proyectado en el sector del descole, se realiza la evaluación de estabilidad desde el área geotécnica con base en los criterios establecidos en el CCP-14, particularmente los lineamientos contenidos en su Sección 10, correspondiente al diseño geotécnico de estructuras de contención. El análisis considera las condiciones geométricas del sitio y las características del depósito aluvial de fundación, estableciendo una altura libre de 3.0 m y un empotramiento mínimo de 1.0 m dentro del estrato competente de acuerdo con lo anterior se evalúa el predimensionamiento para un muro con altura total de 4.0 m. La validación geotécnica comprende la verificación de la estabilidad global del sistema y la revisión de los mecanismos potenciales de falla (volteo, deslizamiento y capacidad portante), garantizando el desempeño estructural y la estabilidad del muro frente a las solicitaciones esperadas en la zona del descole, para análisis de estabilidad, se tiene en cuenta lo indicado en la NSR-10.

tabla No 5 factores de carga permanente (γp) CCP-14

Tipo de carga	F. de carga estático		Seudoestático
	Máximo	Mínimo	
EH: presión horizontal del suelo (activa)	1.50	0.90	1.0
EV: Presión vertical del suelo (muros de contención)	1.35	1.00	1.0
DC: componentes y accesorios	1.25	0.90	1.0
EP: Presión en reposo	1.35	0.90	1.0
ES: sobrecarga del suelo	1.50	0.75	1.0

tabla No 6 Factores de resistencia (φp)

Análisis	Estático	Seudoestático
Capacidad portante muros de gravedad y semigravedad	0.55	0.80
Deslizamiento (concreto fundido in situ sobre arena) ϕτ	0.80	1.00
Excentricidad	e < B/6	e < B/5

tabla No 7 Factores de seguridad indirectos mínimos para análisis de estabilidad global (NSR-10)

Condición	Estático	Seudoestático
Estabilidad general del sistema - Permanente	1.50	1.05
Estabilidad de cortes temporales (proceso constructivo)	1.25	1.00*

**Analizado con el 50% de los parámetros sísmicos de diseño*

4.1.1 Sobrecarga vehicular

Para tener en cuenta la sobrecarga generada por el tráfico en la parte superior del muro, se considera según la norma AASHTO 2002, una altura de relleno equivalente a carga viva de 61 cm o 2 ft, de igual manera lo especifica la sección 3 del CCP-14.

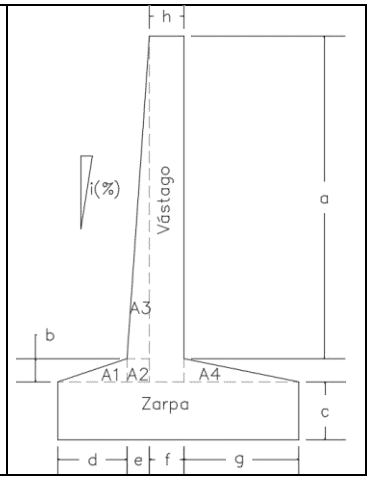
tabla No 8 Alturas equivalente de relleno para asumir como carga vehicular

Altura muro de contención (mm)	heq desde el respaldo al borde del trafico	
	0.0 mm	300 mm o mas
1500	1500	600
3000	1000	600
≥6000	600	600

Se toma una sobrecarga vehicular asumida para una altura de material de relleno de 0.60 m, lo que equivale a una sobrecarga de 12 kPa.

tabla No 9 Cargas generadas por muro de confinamiento H=4.0 m, B=0.7H

				cargas sobre Talon			FUERZAS HORIZONTALES GENERADAS (t/m)					
elemento		A	γ	F_{VER}	F_{VER}*γp		F_{HOR}		F_{HOR}*γp (actu)		Fx*γp (resis)	
		m²	t/m³	(t/m)	min	máx.	actu	resist	min	máx.	min	máx.
sobrecarga (ES)				2.10	1.58	3.68	1.60		1.20	2.80	0.00	0.00
MURO (DC)	zapata	0.91	2.40	2.18	1.97	2.73			0.00	0.00	0.00	0.00
	Vastago	1.55	2.40	3.72	3.35	4.65			0.00	0.00	0.00	0.00
	A1	0.00	2.40	0.00	0.00	0.00			0.00	0.00	0.00	0.00
	A2	0.00	2.40	0.00	0.00	0.00			0.00	0.00	0.00	0.00
	A3	0.18	2.40	0.44	0.39	0.55			0.00	0.00	0.00	0.00
	A4	0.00	2.40	0.00	0.00	0.00			0.00	0.00	0.00	0.00
	dentellon	0.20	2.40	0.48	0.43	0.60			0.00	0.00	0.00	0.00
Relleno		6.39	1.90	12.14	12.14	16.38			0.00	0.00	0.00	0.00
Relleno inclinado		0.00	1.90	0.00	0.00	0.00			0.00	0.00	0.00	0.00
Eha Relleno				1.73	1.56	2.60	4.76		4.28	7.14	0.00	0.00
Ea (sismo)					0.00	0.00					0.00	0.00
Ea (sismo)SC					0.00	0.00					0.00	0.00
anclaje 1				0.00	0.00	0.00		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
anclaje 2				0.00	0.00	0.00		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
total=				22.79	21.41	31.19	6.36	0.00	5.48	9.94	0.00	0.00



Definidas las cargas generadas por la estructura, se procede con la verificación interna del muro de confinamiento proyectado, cumpliendo condiciones para capacidad portante, deslizamiento y volcamiento.

tabla No 10 Verificación la capacidad portante muro

Df (m)	0.6
Fy mayorada (kPa)	311.9
P contacto estática σC (kPa)	131
P contacto seudoestática σC-S (kPa)	94
Capacidad portante - qu (kPa)	238
Capacidad portante mayorada estática - qr (kPa)	131.2
Capacidad portante mayorada seudoestática – qr_S (kPa)	190.8
σC < qr	Cumple
σC-S < qr_S	Cumple

tabla No 11 Verificación al deslizamiento muro

Df (m)	Fh nominal (kPa)		Fh estática mayorada (kPa)			Fh seudoestática mayorada (kPa)		
	actuante	resistente	actuante	Resistente	Cumple	Actuante	Resistente	Cumple
0.6	63.6	155	99.4	119	OK	74.9	155	OK

La verificación ante el volteo se realiza mediante la estimación de la excentricidad que se genera en la base debido a las fuerzas resultantes, este punto de fuerza se debe ubicar dentro del tercio medio de la base bajo una condición estática y dentro de una distancia de B/4 medido desde el centro de la base para condición seudoestática.

tabla No 12 Verificación de la excentricidad muro

Estático	e=	0.247	B/6	0.433	e<B/6	CUMPLE
seudoestático	e=	0.200	B/5	0.520	e<B/5	CUMPLE

En cuanto al módulo de reacción vertical del suelo es pertinente aclarar que no es un parámetro propio del suelo, pero depende de las dimensiones de la cimentación y propiedades mecánicas del terreno, para el caso del muro se propone un ancho de cimentación de 2.60 m (0.7H) y longitud de 5.0 m. Para cimentaciones donde la relación L/B>1 se tiene.

$$K = 1.5\frac{E}{B} * \left(\frac{L + 0.5B}{1.5L}\right) \; coeficiente\ de\ raccion\ vertical\ C.rectangular$$

tabla No 13 Parametros para verificación estructural

capacidad portante neta kPa	238
capacidad portante estática ELR [kPa]	131.2
capacidad portante EE [kPa]	190.8
presión de contacto evaluada [kPa]	131
ángulo fricción relleno ϕ [º]	30
KA relleno (Rankine)	0.33
KAE relleno (M-O)	0.40
Carga vehicular [kPa]	12.0
Modulo elástico suelo de fundación [kN/m²]	20000
módulo de reacción vertical Kv [kN/m³]	9692

4.2 análisis de estabilidad general

El dimensionamiento de la estructura cumple con los requerimientos mínimos de estabilidad interna, ahora se verifica el aporte que la estructura realiza a la estabilidad general de la ladera, de acuerdo con los escenarios de diseño mencionados anteriormente.

Para el análisis en condiciones seudoestática se tiene en cuenta la zonificación sísmica presentada por la NSR-10, a continuación, se establecen los parametros de análisis sísmico.

tabla No 14 Parametros de análisis seudoestático para estabilidad general

Municipio	Tipo de suelo	Aa	Av	Fa	Amax	K_{ST_H}	K_{ST_V}
Duitama	C	0.20	0.25	1.2	0.24	0.192	0.096

Imagen No 4 análisis general en condición estática

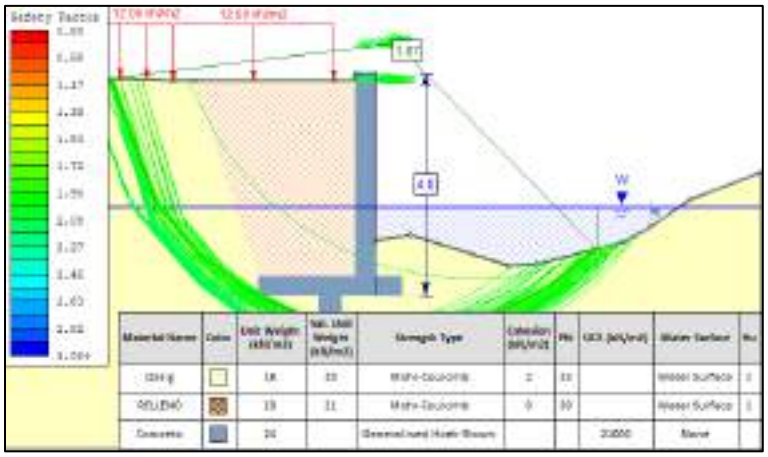
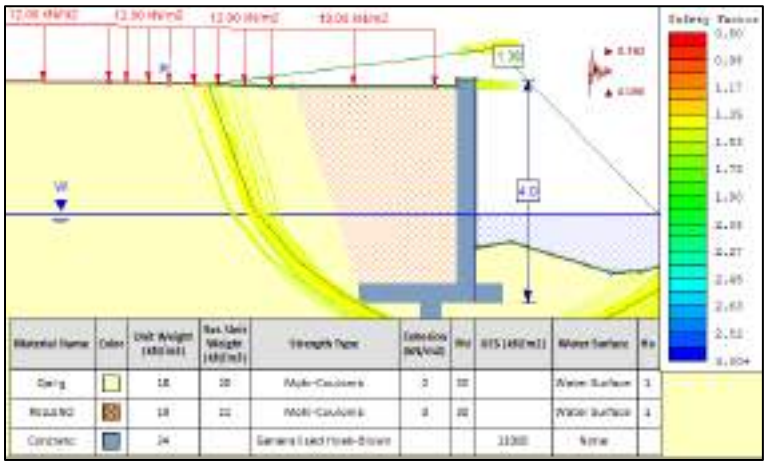


Imagen No 5 análisis general de estabilidad condición seudoestática



4.3 condiciones actuales enero 2026

Durante las visitas realizadas entre diciembre de 2025 y enero de 2026 se identificaron intervenciones temporales en las márgenes del cauce, principalmente en la margen izquierda aguas arriba y la margen derecha aguas abajo, mediante la disposición de material granular con cantos redondeados de hasta 30 cm. Esta medida se considera insuficiente, dado que en corto tiempo se evidencia arrastre de finos y pérdida de estabilidad del material de protección, tanto aguas arriba como aguas abajo:

Imagen No 6 Arrastre y perdida de talud en la protección aguas arriba y aguas abajo



Aguas abajo se identifica un proceso activo de socavación que afecta el material de protección en la margen derecha y la placa de fondo del puente, generando una condición de voladizo del orden de 1.0 metro. Adicionalmente, en la base de la aleta de la margen izquierda se evidencia socavación que podría exponer su nivel de cimentación, extendiéndose hacia la base del talud adyacente en el sector de la Carrera 23.

Imagen No 7 Afectación placa de fondo y socavación lateral M-I aguas abajo.



Considerando las condiciones actuales del sitio, las afectaciones observadas poco tiempo después de la instalación de las protecciones temporales y los criterios definidos en el análisis hidráulico del cauce, se concluye que las obras de protección de márgenes deben diseñarse con base en el comportamiento hidráulico real del río y no como soluciones provisionales. En este sentido, la protección debe proyectarse atendiendo a los tamaños nominales mínimos requeridos para resistir los regímenes de flujo presentes. La experiencia en campo demuestra que la protección existente, aun cuando incorpora cantos con tamaños aproximados de 30 centímetros, resulta insuficiente frente a la energía del cauce. Por lo anterior, se establece como solución técnica la disposición de una franja de bolsacretos para la protección de la margen izquierda aguas arriba y la margen derecha aguas abajo. Esta alternativa solo podrá ser reemplazada por enrocado en caso de garantizarse un tamaño nominal D50 del orden de 1.10 metros, de lo contrario, la proyección de bolsacretos se considera la medida más adecuada para el control de los procesos de erosión y socavación identificados en el cauce.

4.4 Obras complementarias

Adicionalmente a las obras de protección en las márgenes y a la recuperación de la aleta ubicada aguas abajo en la margen derecha, se considera necesario el acondicionamiento hidráulico del cauce aguas arriba. En este sector se identifica un estrechamiento de la sección hidráulica generado por la formación de una playa de sedimentación, condición que induce una concentración de energía del flujo hacia la margen izquierda, intensificando los procesos de socavación sobre el talud. En consecuencia, se recomienda reconfigurar el cauce a una geometría similar a su condición original, mediante la remoción controlada del material sedimentado, con el fin de restituir la sección hidráulica efectiva y reorientar el flujo, reduciendo su impacto directo sobre los taludes y mejorando el comportamiento hidráulico del sistema en el entorno del puente.

Imagen No 8 reconformación geometría del cauce aguas arriba



En la salida del puente se hace necesario ejecutar un recalce a nivel de la placa de fondo, con el fin de controlar el proceso de socavación localizada que actualmente afecta el apoyo de la estructura. Dicho recalce podrá realizarse mediante concreto ciclópeo, garantizando la restitución del soporte y la continuidad estructural del elemento. De manera complementaria, se requiere la implementación de una estructura disipadora de energía que permita reducir la velocidad del flujo a la salida del pontón y facilitar su entrega controlada al cauce natural. Esta disipación podrá lograrse mediante la disposición de enrocado con tamaño nominal mínimo del orden de 1.10 metros, o, en su defecto, mediante la colocación de elementos de bolsacreto, los cuales deberán conformar un colchón estable que controle la acción erosiva del flujo y mitigue los procesos de socavación aguas abajo de la estructura.

Imagen No 9 Recalce a nivel de apoyo de placa de fondo descole de estructura



Adicionalmente, se recomienda la protección de la aleta ubicada en la margen izquierda a nivel de cimentación, dado que en este punto se evidencia un proceso de socavación localizada que podría conducir a la exposición del elemento de fundación. La protección deberá garantizar el confinamiento del terreno en la base de la aleta y el control de la acción hidráulica directa del flujo, evitando la pérdida progresiva de soporte y el debilitamiento de la estructura. Esta intervención debe articularse con las obras de recalce y disipación de energía proyectadas en la salida del puente, de manera que se asegure un comportamiento hidráulico y geotécnico integral del sistema.

Imagen No 10 Protección aleta y talud aguas abajo M-I



4.5 disposición en planta y perfil

En la planta de implantación de las soluciones propuestas se presenta la disposición general de las obras de mitigación y protección hidráulica proyectadas en el entorno del Puente Chiticuy. Se define la localización del muro estructural de confinamiento en la salida del puente, con una longitud inicial de 6.0 metros, el muro debe estar dispuesto en planta con un inclinación hacia el cauce de 30° respecto al alineamiento del borde del puente, susceptible de ajustes en campo de acuerdo con las condiciones topográficas y geométricas reales del sitio, garantizando en todo caso la continuidad estructural y el adecuado confinamiento del terraplén.

De igual forma, la planta incorpora las obras de protección de márgenes, tanto aguas arriba como aguas abajo, incluyendo la protección del talud de la margen izquierda aguas arriba, la protección de la aleta a nivel de cimentación y las intervenciones proyectadas en la salida del puente para el control de la socavación y la disipación de energía del flujo. Adicionalmente, se representa la reconfiguración geométrica del cauce aguas arriba, orientada a restituir la sección hidráulica efectiva y a controlar la dirección del flujo hacia el eje del cauce, conforme a los resultados del análisis hidráulico.

Se aclara que las protecciones hidráulicas deberán ejecutarse atendiendo estrictamente los criterios técnicos definidos en el análisis hidráulico del cauce, en particular en lo relacionado con el diámetro nominal mínimo del enrocado requerido para resistir los regímenes de flujo identificados. En caso de no garantizarse dicho tamaño nominal, la protección deberá materializarse mediante la articulación de elementos de bolsacreto, dispuestos de forma continua, de manera que aseguren un adecuado control de los procesos de erosión y socavación en las márgenes del cauce.

La implantación en planta permite visualizar de manera integrada la interacción entre las estructuras de confinamiento, las defensas marginales y el cauce, asegurando que las soluciones propuestas respondan de manera coherente a la dinámica hidráulica identificada y a los requerimientos de estabilidad geotécnica del sitio.

Imagen No 11 esquematización y disposición en planta de obras proyectadas

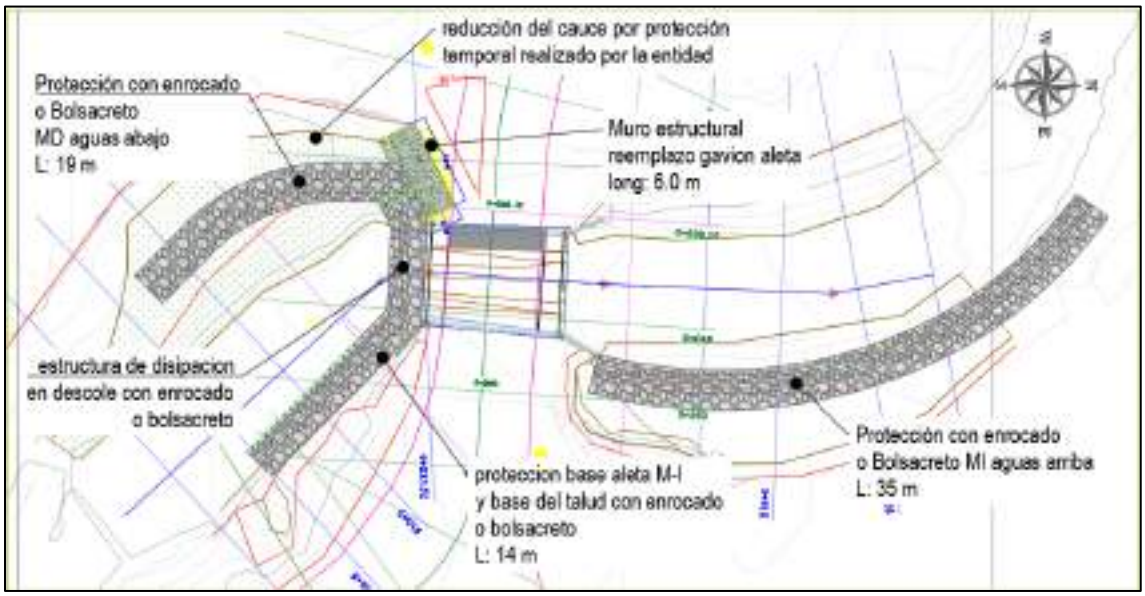


Imagen No 12 perfil muro estructural proyectado

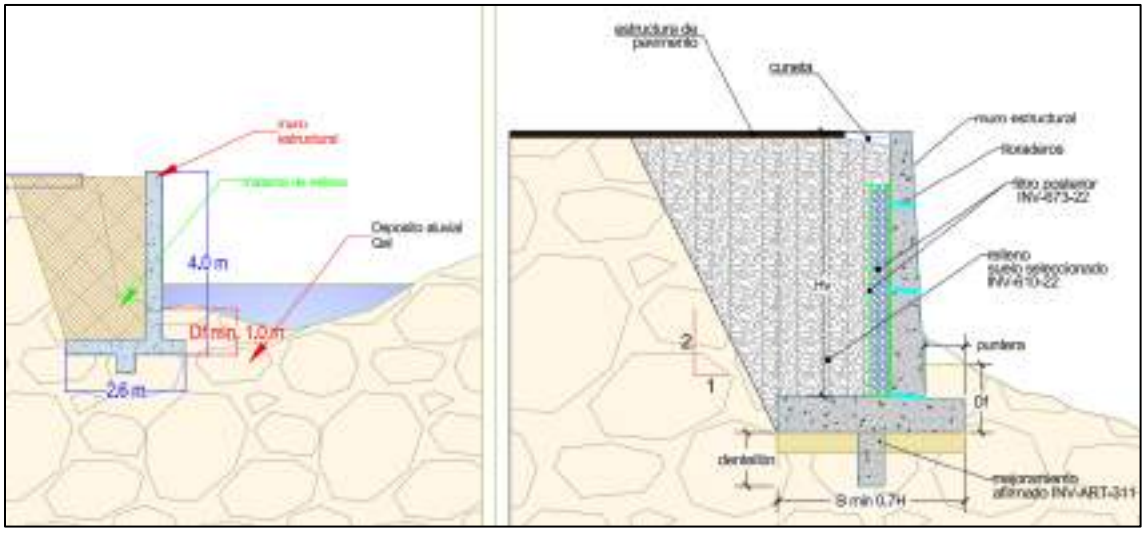
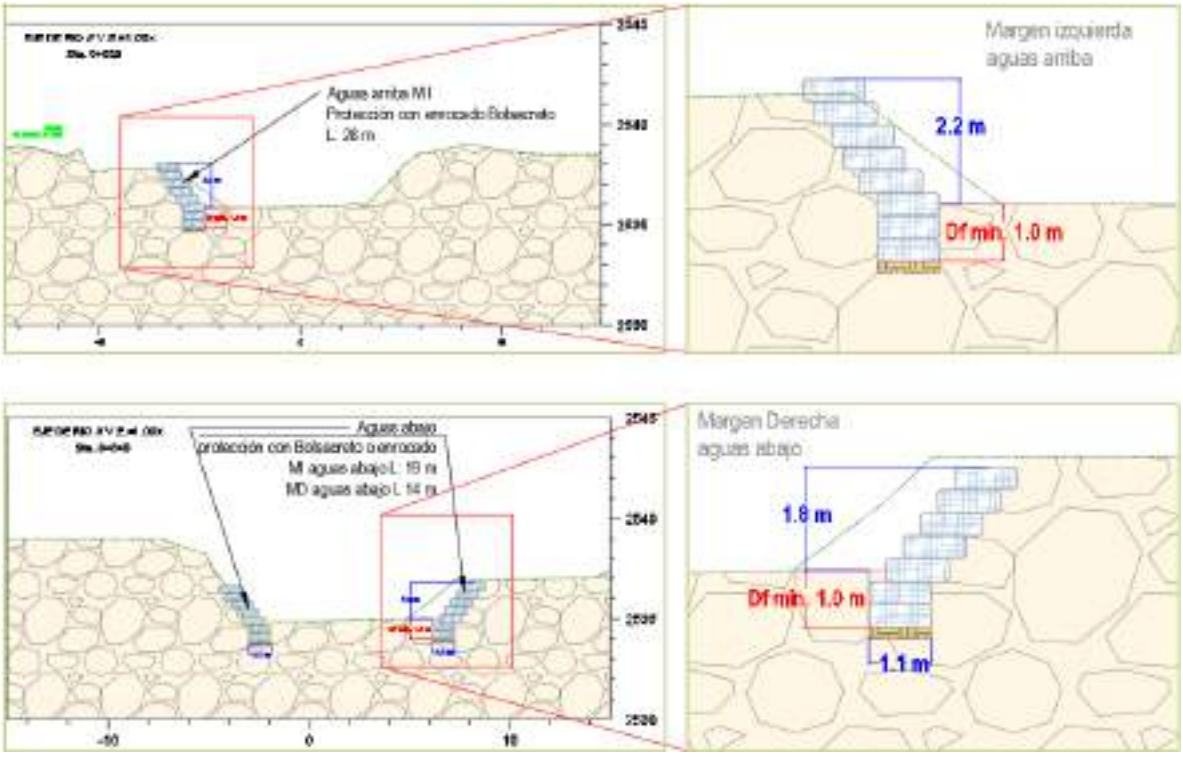


Imagen No 13 perfil transversal de protección M-I aguas arriba, M-D aguas abajo



DIRECCION: CL 109 14B -60 OF 204 BR CHICO NORTE, BOGOTÁ
E-MAIL: consorciopebji@gmail.com
TELEFONO: 3102778858
Bogotá, Distrito Capital

Los materiales que se establezcan como rellenos para estructuras debe ceñirse las recomendaciones de INV-22 para materiales granulares tipo subbase según ART-610-INV-22.

tabla No 15 Requisitos y franjas granulométricas para materiales de relleno granular tipo SBG

Característica	Norma de ensayo INV	Requisito	
		Tipo SBG	Tipo BG
Dureza (O)			
Desgaste en la máquina de los Ángeles (Gradación A), máximo (%) - Quinientas (500) revoluciones	E-218	50	40
Durabilidad (O)			
Pérdidas en ensayo de solidez en sulfatos, máximo (%) (Nota) - Sulfato de sodio - Sulfato de magnesio	E-220	12 18	12 18
Limpieza (F)			
Límite líquido, máximo (%)	E-125	25	25
Índice de plasticidad, máximo (%)	E-125 y E-126	6	3
Equivalente de arena, mínimo (%)	E-133	25	30
Contenido de terrones de arcilla y partículas deleznables, máximo (%)	E-211	2	2
Geometría de las Partículas (F)			
Índices de alargamiento y aplanamiento, máximo (%)	E-230	-	35
Caras fracturadas (una cara), mínimo (%)	E-227	-	50

Tipo de gradación	Tamiz (mm / U.S. Standard)									
	50.0 2" Pulgadas	37.5 1 ½ Pulgadas	25.0 1 Pulgada	19.0 ¾ Pulgada	12.5 ½ Pulgada	9.5 3/8 Pulgada	4.75 Nro. 4	2.00 Nro. 10	0.425 Nro. 40	0.075 Nro. 200
	Pasa tamiz (%)									
SGB-50	100	70 – 95	60 – 90	-	45 – 75	40 – 70	25 – 55	15 – 40	6 – 25	2 – 15
SGB-38	-	100	75 – 95	-	55 – 85	45 – 75	30 – 60	20 – 45	8 – 30	2 – 15
SGB-20	-	-	-	100	60 – 87	50 – 80	35 – 65	24 – 49	8 – 30	2 – 15
BG38	-	100	70 – 100	-	60 – 90	45 – 75	30 – 60	20 – 45	10 – 30	5 – 15
BG-25	-	-	100	-	70 – 100	50 – 80	35 – 65	20 – 45	10 – 30	5 – 15
Tolerancias en producción sobre la fórmula de trabajo (1)	0 %	7 %					6 %			3 %

5 CONCLUSIONES

Con base en la exploración geotécnica a 12.0 m de profundidad y en la caracterización de laboratorio, se confirma que el muro estructural de confinamiento y el gavión de protección se apoyan sobre un depósito aluvial grueso de naturaleza predominantemente friccionante, para el cual se adoptaron parámetros de diseño representativos, coherentes con la litología observada y con referencias bibliográficas especializadas.

El dimensionamiento del muro de confinamiento con altura total de 4.0 metros y empotramiento mínimo de 1.0 metro en el depósito aluvial, verificado conforme a los lineamientos del CCP-14 y la norma NSR-10, cumple los requisitos de estabilidad frente a capacidad portante, deslizamiento y volcamiento en condiciones estáticas y seudoestática, considerando además los factores de carga y resistencia establecidos para estructuras de contención y la sobrecarga vehicular equivalente indicada por la normativa aplicable.

El análisis de estabilidad general demuestra que la incorporación del muro proyectado no genera afectaciones adversas en la ladera y, por el contrario, aporta a la mejora de la estabilidad del sistema, cumpliendo los factores de seguridad mínimos exigidos en condición estática y seudoestática, de acuerdo con los parámetros de zonificación sísmica definidos para el municipio de Duitama en la NSR-10.

Se establece que los rellenos estructurales asociados al muro estructural deben ejecutarse con materiales granulares que cumplan con los requisitos del material tipo subbase granular según el ART-INV-610-22 del pliego de especificaciones del Instituto Nacional de Vías, garantizando una adecuada compactación y el funcionamiento del sistema de drenaje incorporado al diseño.

En síntesis, el modelo geotécnico asumido, los parámetros de resistencia adoptados y las verificaciones realizadas permiten concluir que el muro de confinamiento y el gavión de protección proyectados son geotécnicamente viables y proporcionan una solución adecuada para restituir el confinamiento del terraplén, mejorar la estabilidad local del descole y mitigar los procesos erosivos que afectan el entorno del puente sobre el río Chiticuy, siempre que su construcción se ejecute conforme a las especificaciones de diseño y se acompañe de un adecuado control técnico en obra

Firmas

Geotecnista:	Yenser Antonio Quintero S.	**Revisor:**	
T.P.:	54202-363195 NTS	**T.P.:**	
Fecha:	17/11/2025	**Fecha:**	

San José de Cúcuta, 09 de enero de 2025

CIML-075

SEÑORES:
OSCAR IVAN PINZON SANCHEZ
DIRECTOR DESARROLLO INFRAESTRUCTURA VIAL
SECRETARI DE INFRAESTRUCTUA PÚBLICA
SUPERVISOR

REFERENCIA: INTERVENTORIA TÉCNICA, ADMINISTRATIVA, FINANCIERA, JURIDICA, CONTABLE Y AMBIENTAL AL CONTRATO DE OBRA CUYO OBJETO ES DIAGNOSTICO Y EJECUCIÓN DE OBRAS DE EMERGENCIA PARA MITIGAR EL RIESGO DE DAÑO Y/O COLAPSO DE PUENTES UBICADOS EN EL DEPARTAMENTO POR LA AFECTACIÓN CAUSADA POR EFECTO DE LA OLA INVERNAL, DECLARADA EN VIRTUD DEL DECRETO DE CALAMIDAD PUBLICA NO. 0522 DE 24 DE MAYO DE 2025.

ASUNTO: APROBACION DEL COMPONENTE DEL COMPONENTE TOPOGRAFICO

En ejercicio de las funciones asignadas en el marco del contrato de interventoría, se da la APROBACIÓN del componente topográfico correspondiente del PUENTE PUEBLITO BOYACENSE, ubicado en el municipio de DUITAMA.

Estos documentos fueron presentados por el CONSORCIO PEB-JI y se encuentra conforme con los lineamientos técnicos y normativos requeridos para la ejecución de la obra.

Se adjuntan los documentos que conforman dicho plan, entre los cuales se incluye:
- Planos en formatos DWG con sus respectivas ortofotos.

Sin otro particular, agradezco su atención y quedo atenta a cualquier requerimiento adicional.

MAIRA ALEJANDRA PICON GARCIA
C.C. 37.331.288 de Ocaña
CONSORCIO INTER MAP- LAR
REPRESENTANTE LEGAL

Dirección de correo: Calle 2 # 7E-37 BARRIO QUINTA ORIENTAL
Dirección electrónica: consorciointermaplar@gmail.com
Teléfono: 3214711631
Cúcuta-Norte de Santander
NIT: 901978204-1

PUENTE NOPASAL

Dirección de correo: Calle 2 # 7E-37 BARRIO QUINTA ORIENTAL
Dirección electrónica: consorciointermaplar@gmail.com
Teléfono: 3214711631
Cúcuta-Norte de Santander

INFORME TÉCNICO No.965

INFORME COMPONENTE HIDROLOGÍA, HIDRÁULICA Y SOCAVACIÓN

Diagnóstico y ejecución de obras de emergencia para mitigar el riesgo de daño y/o colapso de puentes ubicados en el departamento por la afectación causada por efecto de la ola invernal, declarada en virtud del decreto de calamidad pública No. 0522 de 24 de mayo de 2025. Contrato de obra No. 2833 de 2025

FECHA:	**21 DE ABRIL DE 2026 (Versión 2)**	
PROYECTO:	**PUENTE QUEBRADA NOPASAL** **MUNICIPIO DE LA VICTORIA - BOYACÁ**	
PREPARADO POR:	**ALBERTO MOUTHON BELLO** **C.C. 73.137.740** **M.P. 13202-47445 BLV** **Especialista en Hidráulica**	**EHINER MONTIEL DIAZ** **C.C. 1.233.496.714** **M.P. 091037-0592674 CND** **Ingeniero Modelador**

1. PRESENTACIÓN

El presente documento corresponde al análisis hidrológico, hidráulico y de socavación del **Puente Nopasal**, localizado en la vía de La Victoria hacia Municipio de Quipama, dentro del marco del Contrato de obra No. 2833 de 2025, ejecutado en desarrollo del Decreto de Calamidad Pública No. 0522 del 24 de mayo de 2025.

El propósito es diagnosticar el comportamiento hidráulico del cauce y las condiciones de estabilidad frente a procesos de socavación, a fin de sustentar técnicamente las medidas de mitigación que garanticen la funcionalidad y seguridad de la estructura.

Imagen 1. Localización general en el Departamento de Boyacá

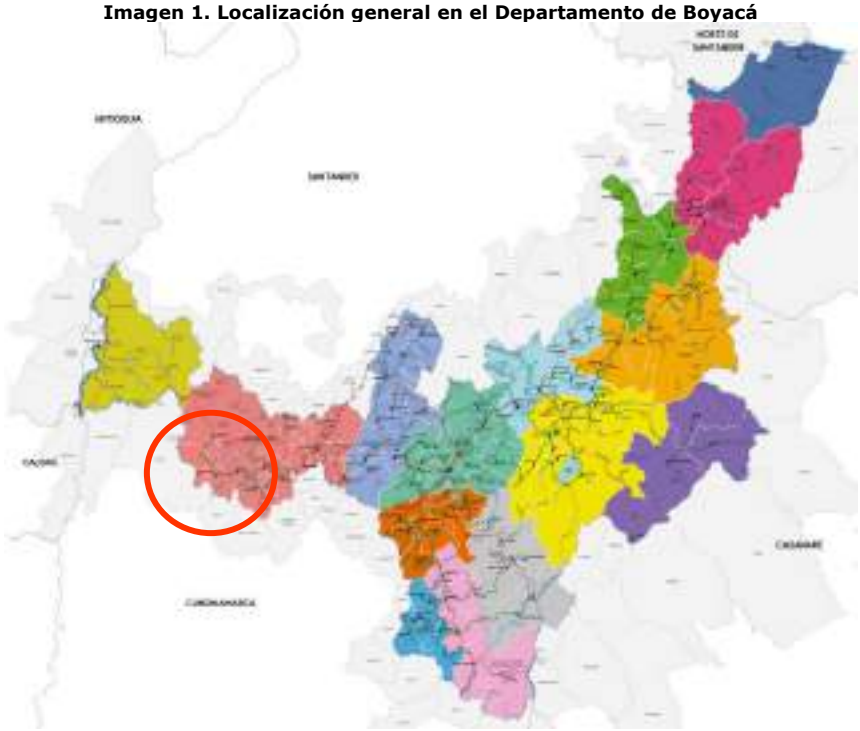


Imagen 2. Panorámica del sitio de implantación del puente



Tabla 1. Descripción general del puente

Ítem	Descripción
Vía / Tramo	Municipio de La Victoria hacia Municipio de Quipama
Municipio / Departamento	La Victoria / Boyacá
Coordenadas (WGS84)	Lat [5°31'56.44"N] Long [74°12'14.58"O]
Cota aproximada (msnm)	1300
Cauce / Río	Quebrada Nopasal
Altura de gálibo (m)	2.8
Ancho de calzada (m)	3.0
Longitud total (m)	4.0
Número de luces	1
Número de apoyos	2
Material dominante	Concreto
Tipo estructural	Simplemente apoyado

Tomado de informe de diagnóstico geotécnico, Consorcio PEB-JI

2. MORFOLOGÍA E INFORMACIÓN DE LA CUENCA

2.1 Geometría general de la cuenca

La cuenca asociada a la quebrada Nopasal corresponde a una cuenca de pequeña extensión y respuesta hidrológica rápida, característica de drenajes secundarios de montaña localizados en la vertiente occidental del departamento de Boyacá. Este tipo de cuencas se caracteriza por áreas reducidas, cauces relativamente cortos y una alta conectividad entre las zonas de aporte y el canal principal.

La morfometría de la cuenca evidencia una geometría relativamente compacta, lo cual favorece la concentración rápida de los escurrimientos hacia el cauce principal. En consecuencia, durante eventos de lluvia intensa se pueden generar incrementos rápidos del caudal, aunque generalmente de corta duración.

Desde el punto de vista hidráulico, esta configuración geométrica tiende a producir hidrogramas de crecida con ascenso rápido y tiempos de respuesta reducidos, lo cual es consistente con los tiempos de concentración calculados para la cuenca.

Tabla 2. Parámetros morfométricos de la cuenca

ID		Nombre	Punto crítico
Longitud		(Km)	0,89
Longitud Cauce		(m)	858,15
Área		(Km^2)	0,31
Ancho		(Km)	0,35
Perímetro		(Km)	2,68
Factor Form			0,42
Coeficiente de compasidad			1,36
Índice de alargamiento			2,56
Altura Máxima		(m)	1620
Altura Mínima		(m)	1290
Pendiente		%	38,45
Tiempo de concentración	Giandotti	min	14,51
	Témez	min	8,10
	CCP	min	5,11
	Clark	min	13,32
	Adoptado	min	15,00

2.2 Relieve y pendiente

La quebrada Nopasal se desarrolla en un entorno geomorfológico de media a alta montaña, caracterizado por pendientes pronunciadas y un relieve fuertemente disectado.

Las condiciones topográficas favorecen el desarrollo de cauces relativamente encajonados, con taludes laterales inclinados y presencia de afloramientos rocosos en el lecho y las márgenes del cauce. De acuerdo con las observaciones de campo reportadas en la ficha geotécnica, en varios sectores se evidencia basamento rocoso expuesto conformado por lodolitas, lo cual controla parcialmente la geometría del cauce y limita la profundización del proceso erosivo.

Estas condiciones morfológicas generan gradientes hidráulicos relativamente altos, lo cual favorece el desarrollo de flujos con velocidades moderadas a altas durante eventos de avenida.

2.3 Respuesta hidrológica de la cuenca

El análisis hidrológico realizado permitió estimar los tiempos de concentración de la cuenca, obteniéndose los siguientes valores:

- Giandotti: 14.51 min
- Témez: 8.10 min
- CCP: 5.11 min
- Clark: 13.32 min

Estos valores evidencian que la cuenca presenta tiempos de respuesta muy cortos, propios de cuencas pequeñas con pendientes pronunciadas y cauces cortos.

La diferencia entre los métodos responde a los distintos enfoques conceptuales de cada formulación; sin embargo, en todos los casos se confirma que la cuenca posee una alta capacidad de respuesta hidrológica, lo cual implica que los picos de caudal pueden generarse en periodos relativamente cortos posteriores a eventos de precipitación intensa.

Desde el punto de vista hidráulico, esta condición es consistente con la dinámica observada en campo, donde se evidencian procesos de arrastre de material y concentración de flujo en el eje de la estructura, especialmente en la zona de salida del puente.

2.4 Condición de suelos e infiltración

Las condiciones geológicas y geotécnicas de la cuenca están dominadas por materiales correspondientes al Grupo La Palma, conformados principalmente por lutitas, limolitas y arcillolitas con intercalaciones de areniscas finas, materiales que presentan un grado significativo de meteorización.

La meteorización de estas unidades rocosas genera suelos residuales arcillosos de alta plasticidad y baja permeabilidad, los cuales presentan elevada susceptibilidad a procesos de erosión cuando se encuentran expuestos a escorrentía superficial.

Desde el punto de vista hidrológico, estas características litológicas favorecen una capacidad de infiltración limitada, promoviendo la generación de escorrentía superficial durante eventos de precipitación intensa. Esta condición contribuye a explicar la rápida respuesta hidrológica observada en la cuenca.

Adicionalmente, el grado de fracturamiento y meteorización del basamento rocoso facilita la remoción progresiva de fragmentos bajo la acción del flujo concentrado, fenómeno que se evidencia en el proceso de socavación localizado en la zona de descole del puente.

2.5 Comportamiento hidrológico esperado

A partir de las características morfológicas, topográficas y geológicas descritas, se espera que la cuenca de la quebrada Nopasal presente un comportamiento hidrológico típico de cuencas pequeñas de montaña, caracterizado por:

- Respuesta rápida a eventos de precipitación.
- Incrementos súbitos del caudal durante tormentas intensas.
- Alta capacidad de transporte de sedimentos en eventos de avenida.
- Procesos localizados de erosión y socavación en sectores donde el flujo se concentra.

Estas condiciones son consistentes con los procesos morfodinámicos identificados durante la inspección de campo, donde se evidencian fenómenos de arrastre de material, sedimentación en el eje del puente y socavación localizada en la zona de salida de la estructura.

En consecuencia, el comportamiento hidrológico de la cuenca sugiere que la dinámica erosiva observada en el entorno del puente se encuentra asociada principalmente a la concentración del flujo en el descole de la estructura, condición que deberá ser evaluada mediante el análisis hidráulico y de socavación desarrollado en los capítulos siguientes.

Imagen 3. Cuenca aferente de la zona en estudio



3. ANÁLISIS HIDROLÓGICO

3.1 Información base

Para la estimación del caudal de diseño de la quebrada Nopasal se utilizó información pluviográfica proveniente de la **estación Aeropuerto Furatena (código 23125140)**, considerada representativa para el área de estudio debido a su cercanía geográfica y a la similitud de condiciones climáticas dentro de la región.

A partir de esta información se emplearon las curvas Intensidad–Duración–Frecuencia (IDF) regionalizadas por el IDEAM para la Región Andina R1, cuyos parámetros se presentan a continuación:

a = 0.94, b = 0.18, c = 0.66, d = 0.83.

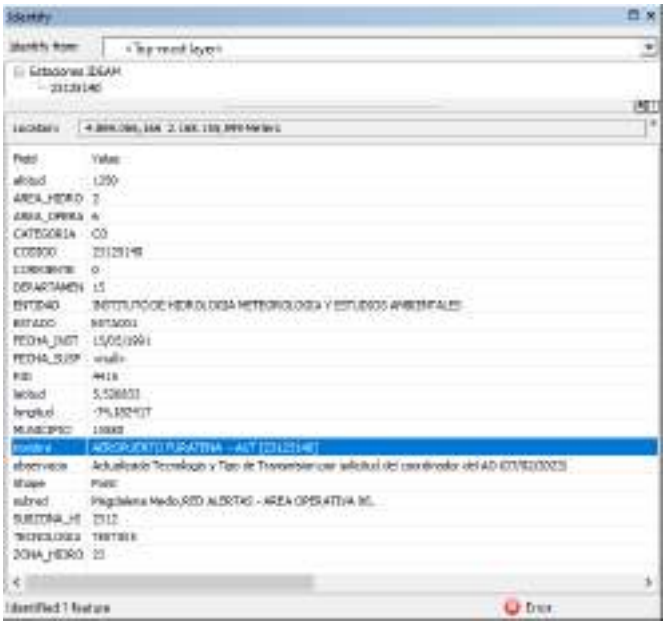
Ecuación general de la intensidad:

$$i(T_r, t) = \frac{a \cdot T_r^b}{(t + c)^d}$$

Donde:

i = intensidad (mm/h)
Tr = período de retorno (años)
t = duración de la lluvia (min)

Imagen 4. Características de la Estación Aeropuerto Furatena (código 23125140)



Con base en esta relación se calcularon las intensidades correspondientes a diferentes duraciones de tormenta y períodos de retorno, permitiendo construir las curvas IDF específicas para la zona de estudio.

Tabla 3. Precipitaciones máximas en 24h. Estación Aeropuerto Furatena (código 23125140)

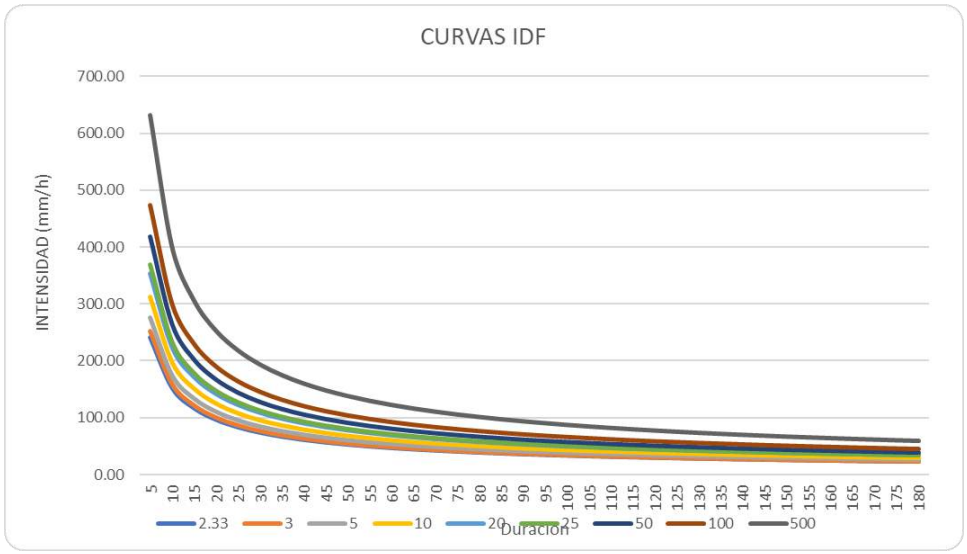
LOCALIZACIÓN:	La Victoria, Boyacá								**DESCRIPCIÓN:**	Serie diaria máxima				
DATOS DE LA ESTACIÓN														
NOMBRE	AEROPUERTO FURATENA - AUT		**ENTIDAD**	IDEAM		**CORRIENTE**	NA		**ALTITUD**	1250				
CODIGO	23125140		**D/MENTO**	BOYACÁ		**NORTE**	5,5208		**ESTADO**	Activa				
CATEGORÍA	CO		**MUNICIPIO**	QUIPAMA		**ESTE**	-74,18241700							
Precipitación máxima 24 H														
Año	**Enero**	**Febrero**	**Marzo**	**Abril**	**Mayo**	**Junio**	**Julio**	**Agosto**	**Septiembr**	**Octubre**	**Noviembre**	**Diciembre**	**Promedio**	**Maximos**
2000	26,6	36	45	60	45	72,5	28,1	36,2	46,8	57,8	31	52,2	44,77	72,50
2001	12,5	28,2	76,3	119,8	41	55,4	32,3		81		50		55,17	119,80
2002	45,8	66,3	48,3	68,9	59,5	21,8	26,8	15,2	50,2	45,5	30,7	24,2	41,93	68,90
2003	10,2	31,5	54,5	78,2	69,4	46,1	30,2	44,5	70,5	77,9	26,5	40,1	48,30	78,20
2004	38,2	51,5	50,8	100,2	50,5	29,5	37,2	36,1	38,4	110	75,5	17,4	52,94	110,00
2005	39		104,3	33	47	27	52			42,5	58,3		50,39	104,30
2006		51,2	70,3	60,3	117,3	56,5	44,5	26,5	14,9	73,4	73,2	33,2	56,48	117,30
2007	35,8	27,8	41,2	76,5	39,4	24,6	74,3	43,8	56,1	61,8	44,2	37,5	46,92	76,50
2008	32,5	37,5	65,7	34,7	61,2	63,5	42,2	84,7	54,4	43,5	42,5	20,4	48,57	84,70
2009	48,8	43,2	48,2	37,2	38,4	33,2	54,5	49,6	23,7	48,9	55,2	50,4	44,28	55,20
2010	20,4	25,8	66,2	65,7	35,7	47,5	76,4	56,6	29,4	75,7	98,4	28,4	52,18	98,40
2011	24,2	44	60,2	52,6	74,2	58,4	27,4	29,2	107,4	32,4	81,6	35,2	52,23	107,40
2012	33,6	21,7	41,8	82,7	97,8	36,8	47,7	22,7	51,2	49,2	39,5	19,4	45,34	97,80
2013	31,2	54,7	54,2	35,6	64,8	61,2	57,5	30,8	26,2	41,3	28,5	34,2	43,35	64,80
2014	40,5	78,8	29,7	43,9	66,5	20,2	18,7	31,8	59,2	64,7	31,5	43,2	44,06	78,80
2015	25,2	10,8	69,2	110,2	63,7	31,6	46,8	38,8	42,7	50,2	59,5	24,7	47,78	110,20
2016	30,7	24,7	34,4	55,6	80,9	33,5	48,2	36,6	67,9	79,2	44,5	46,9	48,59	80,90
2017	28,8	24,8	48,5	89,2	74,5	44,2	31,2	22,8	43,2	82,4	49,2	43,2	48,50	89,20
2018	74,4	12,4	63,2	58,9	56,2	62,5	45,7	36,1	24,8	78,8	41,2	21,8	48,00	78,80
2019	28,5	64,4	60,8	94,2	54,4	55,8	85,4	13,5	57,7	65,7	47,2	20,2	53,98	94,20
2020	25,2	62,5	57,8	50,8	26,5	28,2	35,7	47,2	44,7	50,4	92,8	32,5	46,19	92,80
2021	20,5	41,2	92,2	127,4	84,3	58,2	57,2	53,7	32,2	55,1	52,2	78,2	62,70	127,40
2022	32,2	47,2	89,2	30,6	32,1	70,5	46,8	108,5	58,6	81,4	56,2	35,9	57,43	108,50
2023	23,5	39,2	58,7	40,2	67,2	33,2	34,5	69,7	48,2	70,7	34,5	48,2	47,32	70,70
2024	23,5	51,8	49,2	53,4	75,4	42,2	35,7	56,2	23,7	63,9	45,2	51,2	47,62	75,40
2025	29,2	46,7	95,7	43,2	66,8	67,2	21,2	125,8	49,2	76,5	50,2	116,4	65,68	125,80

	Enero	**Febrero**	**Marzo**	**Abril**	**Mayo**	**Junio**	**Julio**	**Agosto**	**Septiembr**	**Octubre**	**Noviembre**	**Diciembre**	
Medios	31,24	40,96	60,60	65,50	61,14	45,43	43,78	46,53	48,09	63,16	51,51	39,79	91,87
Maximos	74,4	78,8	104,3	127,4	117,3	72,5	85,4	125,8	107,4	110	98,4	116,4	
Minimos	10,2	10,8	29,7	30,6	26,5	20,2	18,7	13,5	14,9	32,4	26,5	17,4	

Tabla 4. Datos para construir Curvas IDF Estación Aeropuerto Furatena (código 23125140)

	Periodo de retorno en Años								
T (min)	2,33	3	5	10	20	25	50	100	500
5	240,40	251,59	275,82	312,47	353,99	368,50	417,46	472,94	631,86
10	152,14	159,22	174,56	197,75	224,03	233,21	264,20	299,31	399,89
15	116,42	121,84	133,57	151,32	171,43	178,46	202,17	229,04	306,00
20	96,29	100,77	110,47	125,15	141,78	147,60	167,21	189,43	253,08
25	83,10	86,97	95,35	108,01	122,37	127,38	144,31	163,49	218,42
30	73,68	77,11	84,54	95,77	108,49	112,94	127,95	144,95	193,66
35	66,55	69,65	76,36	86,50	98,00	102,02	115,57	130,93	174,93
40	60,94	63,77	69,92	79,21	89,73	93,41	105,82	119,88	160,17
45	56,38	59,00	64,69	73,28	83,02	86,42	97,91	110,92	148,19
50	52,59	55,04	60,34	68,36	77,44	80,62	91,33	103,47	138,24
55	49,39	51,69	56,66	64,19	72,72	75,70	85,76	97,16	129,81
60	46,63	48,80	53,50	60,61	68,66	71,48	80,98	91,74	122,56
65	44,23	46,29	50,75	57,49	65,13	67,80	76,81	87,02	116,26
70	42,12	44,08	48,33	54,75	62,02	64,56	73,14	82,86	110,71
75	40,24	42,12	46,17	52,31	59,26	61,69	69,89	79,17	105,78
80	38,57	40,36	44,25	50,13	56,79	59,12	66,97	75,87	101,37
85	37,05	38,78	42,51	48,16	54,56	56,80	64,35	72,90	97,39
90	35,68	37,34	40,94	46,38	52,54	54,70	61,96	70,20	93,79
95	34,43	36,03	39,50	44,75	50,70	52,78	59,79	67,74	90,50
100	33,28	34,83	38,19	43,26	49,01	51,02	57,80	65,48	87,49
105	32,23	33,73	36,98	41,89	47,46	49,40	55,97	63,41	84,71
110	31,26	32,71	35,86	40,63	46,02	47,91	54,28	61,49	82,15
115	30,35	31,76	34,82	39,45	44,69	46,53	52,71	59,71	79,78
120	29,51	30,88	33,86	38,36	43,46	45,24	51,25	58,06	77,57
125	28,73	30,06	32,96	37,34	42,30	44,03	49,89	56,51	75,51
130	27,99	29,30	32,12	36,38	41,22	42,91	48,61	55,07	73,58
135	27,30	28,57	31,33	35,49	40,21	41,85	47,42	53,72	71,77
140	26,66	27,90	30,58	34,65	39,25	40,86	46,29	52,44	70,06
145	26,05	27,26	29,88	33,85	38,35	39,93	45,23	51,24	68,46
150	25,47	26,66	29,22	33,11	37,50	39,04	44,23	50,11	66,94
155	24,92	26,08	28,60	32,40	36,70	38,21	43,28	49,03	65,51
160	24,41	25,54	28,00	31,73	35,94	37,41	42,39	48,02	64,15
165	23,92	25,03	27,44	31,09	35,22	36,66	41,53	47,05	62,86
170	23,45	24,54	26,91	30,48	34,53	35,95	40,72	46,13	61,64
175	23,01	24,08	26,40	29,90	33,88	35,27	39,95	45,26	60,47
180	22,58	23,63	25,91	29,35	33,25	34,62	39,22	44,43	59,36

Imagen 5. Curvas IDF Estación Aeropuerto Furatena (código 23125140)



3.2 Cálculo de escorrentía efectiva

La estimación del caudal pico de escorrentía se realizó mediante la aplicación del método racional, ampliamente utilizado para cuencas de pequeña extensión y tiempos de concentración reducidos, condiciones que corresponden a la cuenca de la **quebrada Nopasal**.

La expresión general utilizada es:

$$Q = 0.278 * C * I * A$$

Dónde:

Q: Caudal pico de aguas lluvias (m^3/s).
C: Coeficiente de impermeabilidad definido para cada área tributaria (adimensional).
I: Intensidad de precipitación correspondiente al tiempo de concentración utilizada (mm/h).
A: Área tributaria de drenaje (Km^2).

El coeficiente de escorrentía fue definido considerando las coberturas predominantes de la cuenca, incluyendo áreas de vegetación natural, suelos residuales arcillosos y zonas con cobertura agrícola dispersa. Estas condiciones, sumadas a la baja permeabilidad de los suelos derivados de lutitas y limolitas meteorizadas, favorecen la generación de escorrentía superficial durante eventos de precipitación intensa.

Imagen 6. Definición de coberturas en la cuenca aferente de la zona en estudio





Fuente: Ven Te Chow 1994

La intensidad de lluvia utilizada en el cálculo corresponde a la duración equivalente al tiempo de concentración de la cuenca, estimado previamente mediante los métodos hidrológicos descritos en el capítulo de morfometría.

3.3 Caudal de diseño

El caudal de diseño fue estimado a partir de la aplicación del método racional utilizando los parámetros morfométricos e hidrológicos de la cuenca aferente a la **quebrada Nopasal**.

El cálculo del tiempo de concentración (Tc) se realizó considerando la longitud del cauce principal y la pendiente media del drenaje, parámetros que reflejan la rápida respuesta hidrológica característica de cuencas de montaña de pequeña extensión.

Tabla 5. Estimación de caudales de diseño

LOCALIZACIÓN:	La Victoria, Boyacá			DESCRIPCIÓN:	IDF Sintética		
DATOS DE LA ESTACIÓN							
NOMBRE	AEROPUERTO FURATENA -	ENTIDAD	IDEAM	CORRIENTE	NA	ALTITUD	1250
CODIGO	23125140CODIGO 350850200	D/MENTO	BOYACÁ	NORTE	5,520833	ESTADO	Activa
CATEGORÍA	CO	MUNICIPIO	QUIPAMA	ESTE	-74,182417		

			2,33	5	10	20	25	50	100	500
I	Tc (min)	15,00	116,42	121,84	133,57	151,32	171,43	178,46	202,17	229,04
CE			0,37	0,4	0,42	0,44	0,46	0,49	0,53	0,6
C			3,6							

Area	Qmáx (m3/s)							
Km^2	2,33	5	10	20	25	50	100	500
0,310	3,71	4,20	4,83	5,73	6,79	7,53	9,23	11,83

A partir de estos valores se determinó la intensidad de lluvia correspondiente y se estimó el caudal pico asociado a un período de retorno de 100 años, seleccionado con el propósito de representar una condición hidrológica crítica para el análisis hidráulico y de socavación del puente.

El resultado obtenido corresponde a:

- Q_{Tr100} = 9.23m³/s (por utilizar en el cálculo de socavación para puentes)
- Q_{Tr25} = 6.79 m³/s (por utilizar en el cálculo de disipador para puente menor, luz <10m)

Este valor representa el caudal máximo esperado durante un evento extremo de precipitación y se adopta como caudal de diseño para la modelación hidráulica del puente y la evaluación de procesos de socavación, permitiendo analizar el comportamiento del cauce bajo condiciones de máxima solicitación hidráulica.

El cálculo del tiempo de concentración (Tc) se realizó con base en la pendiente media y la longitud del cauce principal.

A partir de estos valores, el modelo determinó el caudal pico de diseño asociado al periodo de retorno de 100 años, empleado posteriormente para el análisis hidráulico y de socavación.

Este caudal representa la condición más crítica y sirve de referencia para evaluar la estabilidad del cauce y la magnitud de la socavación proyectada.

4. ANÁLISIS HIDRÁULICO

4.1 Modelo Digital de Elevación (DEM)

El Modelo Digital de Elevación (DEM) se generó a partir de la información topográfica levantada en el área de influencia del puente.

El modelo permitió definir con precisión la geometría del cauce, las márgenes y los niveles de control aguas arriba y aguas abajo.

A partir de este DEM se extrajeron los perfiles longitudinales y transversales empleados en el modelo hidráulico, garantizando la adecuada representación del relieve y las condiciones locales del río.

Imagen 7. Modelo digital del terreno y drenaje superficial aferente (en azul)



4.2 Asignación de parámetros

El comportamiento del flujo se analizó mediante la ecuación de Manning utilizando el software HEC-RAS.

$$Q = \frac{1}{n} A R^{2/3} S^{1/2}$$

Donde:

n = coeficiente de rugosidad de Manning (0.040 a 0.045)
A = área hídrica (m²)
R = radio hidráulico (m)
S = pendiente del cauce (m/m)

Los parámetros hidráulicos fueron definidos considerando las condiciones físicas del cauce y los materiales observados en campo.

El coeficiente de rugosidad de Manning (n) se asignó con base en el tipo de fondo, vegetación y grado de sinuosidad.

Los límites del modelo incluyeron condiciones de frontera aguas arriba y aguas abajo, así como la configuración geométrica del cauce en las cercanías del puente.

Estos parámetros garantizan la representatividad del modelo respecto a las condiciones hidráulicas reales.

Imagen 8. Imagen de recorte de salida del HEC-RAS de definición del rio y condiciones de frontera y secciones de modelo

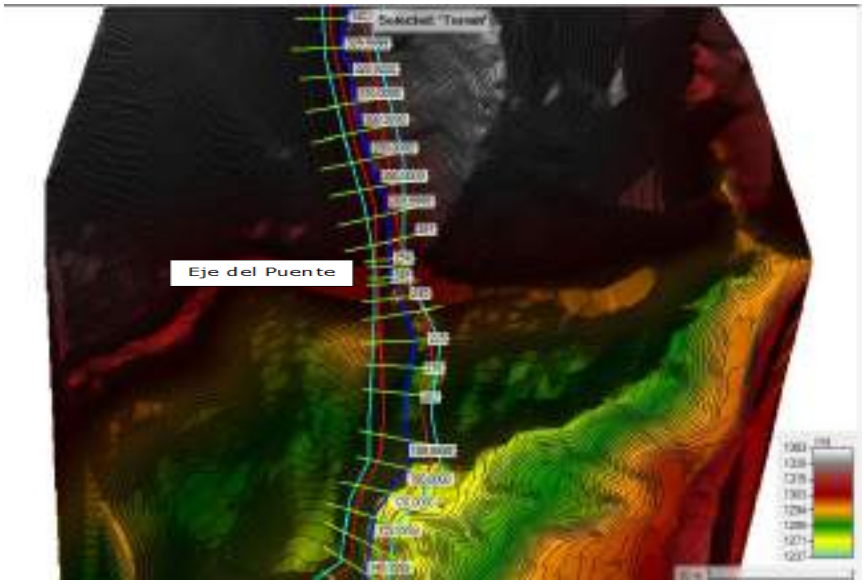
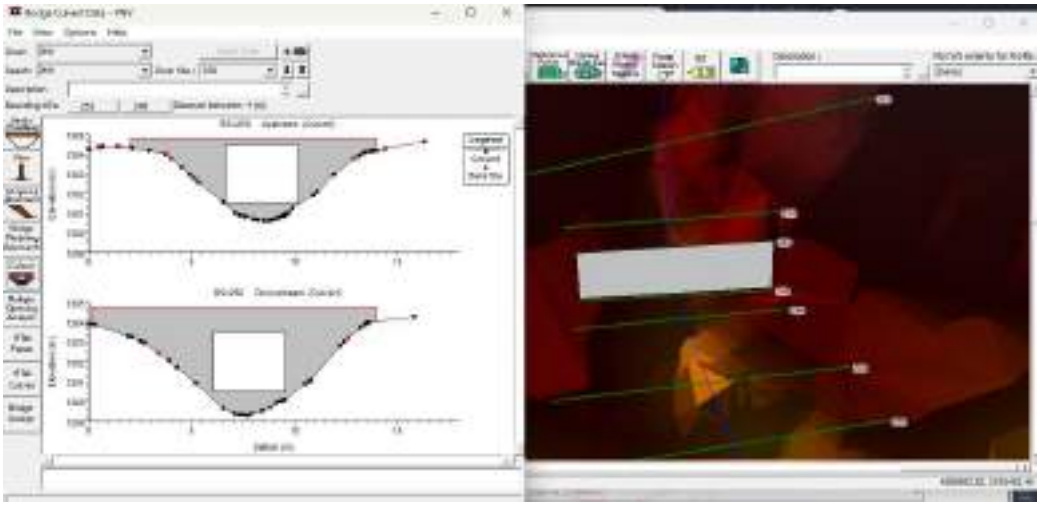


Imagen 9. Imagen de recorte de salida del HEC-RAS de definición del rio y condiciones de frontera y secciones de modelo (eje del puente)



4.3 Resultados de la modelación

Los resultados hidráulicos muestran la distribución de niveles de agua, velocidades y energía específica para el caudal de diseño.

El flujo se mantiene confinado dentro del cauce principal, sin sobrepasar la rasante del tablero, lo que demuestra la capacidad hidráulica del sistema.

Sin embargo, se identifican zonas localizadas de aceleración de flujo en la salida del puente, con potencial erosivo elevado, lo cual se asocia a la pendiente y contracción del cauce.

Imagen 10. Resultados de la modelación en términos de tirante hidráulico

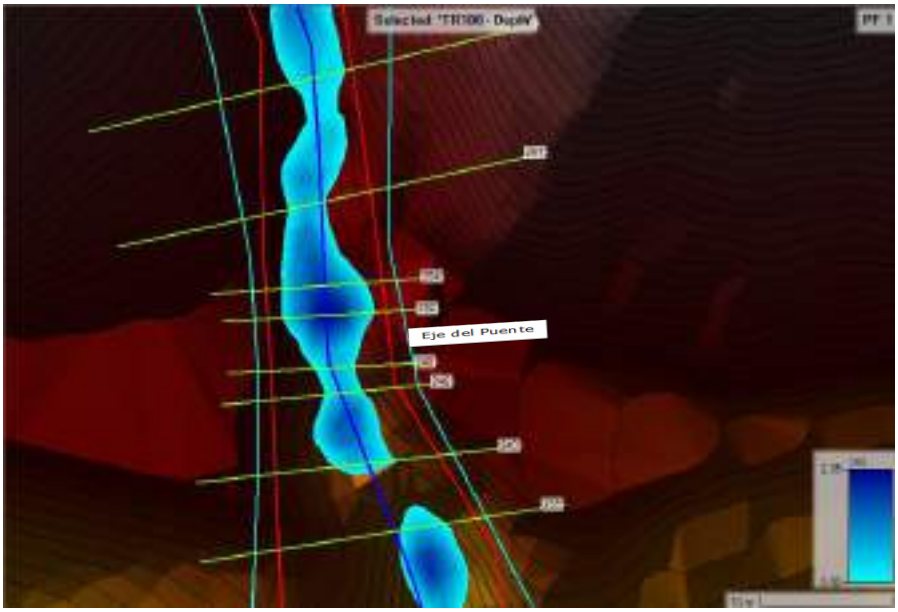


Imagen 11. Resultados de la modelación en términos de velocidad de flujo

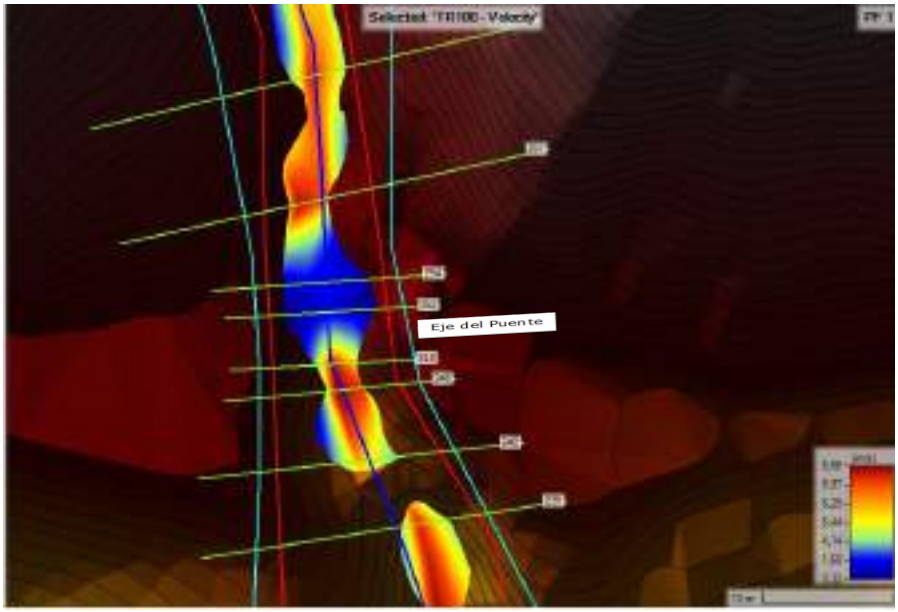
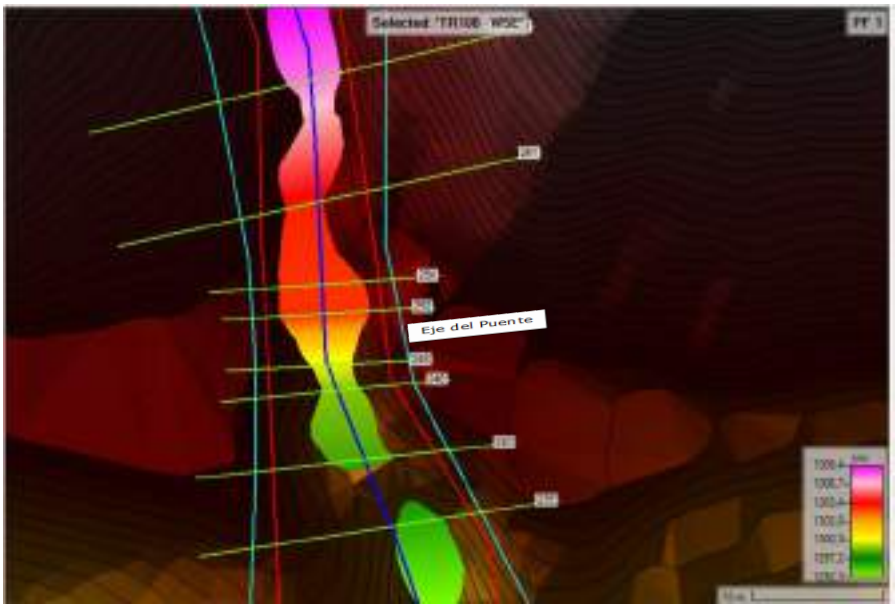


Imagen 12. Resultados de la modelación en términos de nivel de la superficie del agua



4.4 Geometría hidráulica del cauce

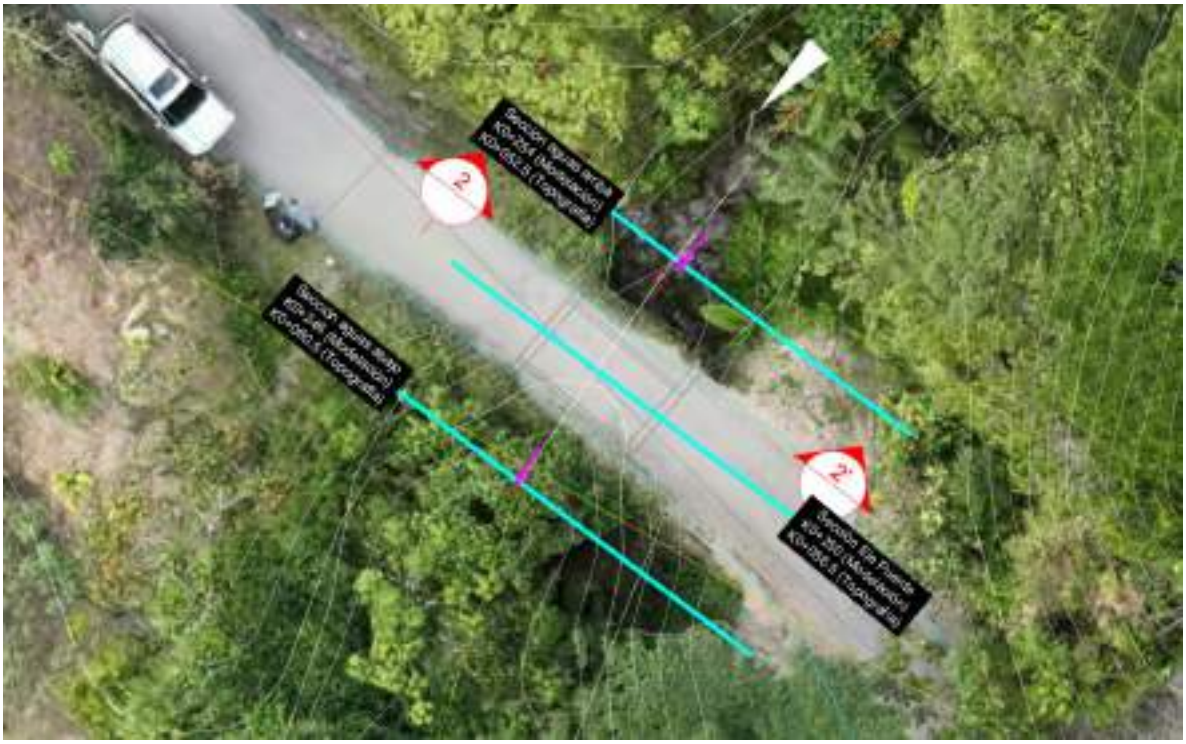
Se definieron tres secciones de control para la validación hidráulica y de socavación, con el fin de analizar el comportamiento del flujo, los esfuerzos hidráulicos y las condiciones del lecho en el entorno del **Puente Nopasal**:

- **Aguas arriba:** corresponde a la sección de aproximación al puente, donde se analizan las condiciones de entrada del flujo, su distribución transversal, posibles zonas de expansión o contracción, y la influencia de los remansos o acumulaciones de energía que pueden modificar el perfil del tirante. Esta zona permite identificar si existe obstrucción o reducción de la sección efectiva que pueda inducir incremento de niveles o desviación de corrientes hacia los estribos.

- **Eje del puente:** representa la sección principal de control estructural e hidráulico, donde el flujo atraviesa el claro del puente. En esta sección se evalúan los parámetros de régimen (velocidad, número de Froude y profundidad hidráulica), la distribución del flujo entre márgenes y canal principal, y los esfuerzos cortantes sobre el lecho y las cimentaciones. Esta información es fundamental para la estimación de la socavación general y localizada, así como para verificar la estabilidad del sistema de drenaje y del lecho bajo el puente.

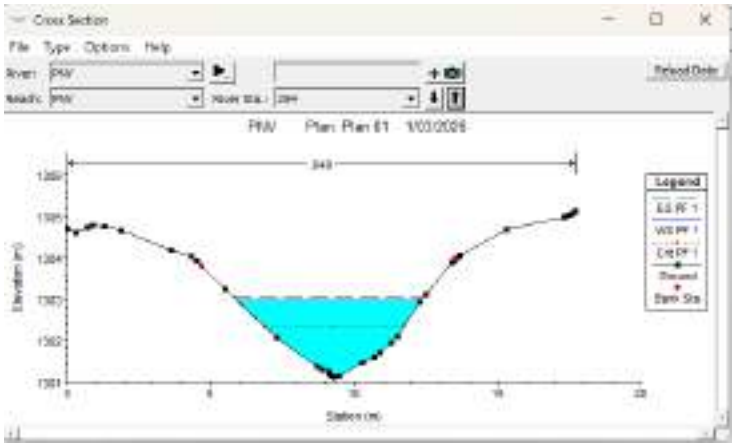
- **Aguas abajo:** corresponde a la sección de restitución, donde el flujo recupera su régimen natural. En este punto se analizan las condiciones de disipación de energía, la formación potencial de resaltos hidráulicos, y el impacto del chorro principal sobre el lecho y las márgenes del cauce. Esta sección es clave para determinar la necesidad de obras de disipación y protección (enrocados, losas o disipadores) que aseguren la estabilidad de la estructura y del cauce en el tramo de salida

Imagen 13. Secciones de control para la validación hidráulica y de socavación



Cada sección fue evaluada con base en las velocidades y tirantes obtenidos, determinando los niveles de energía y la profundidad efectiva del flujo durante la crecida de diseño.

Imagen 14. Resultados de la modelación sección aguas arriba del puente (K0+254)



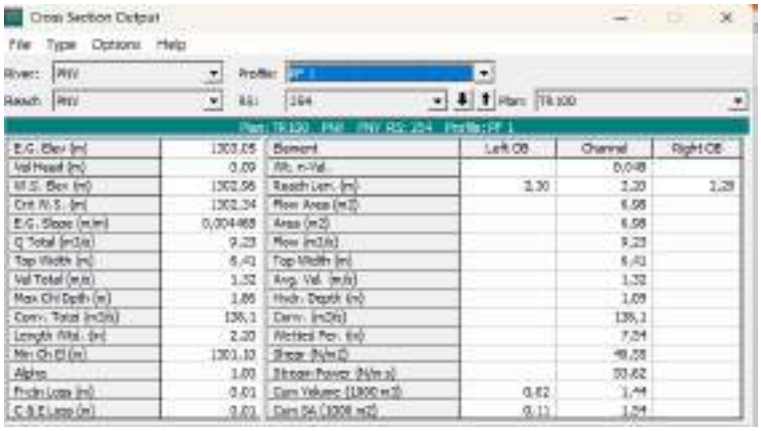


Imagen 15. Resultados de la modelación sección aguas abajo del puente (K0+246)

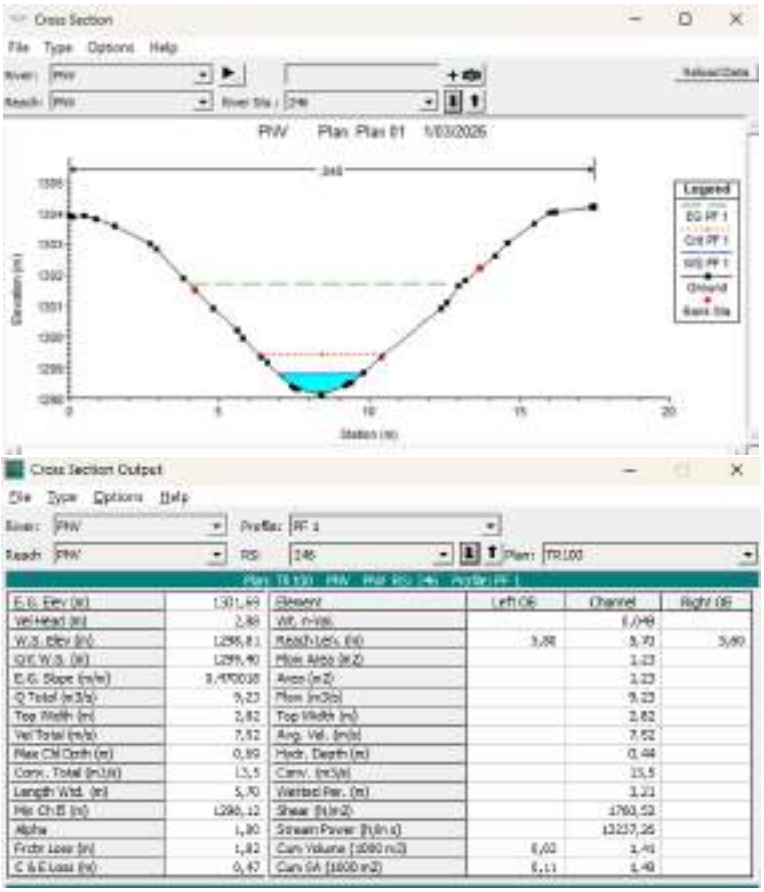
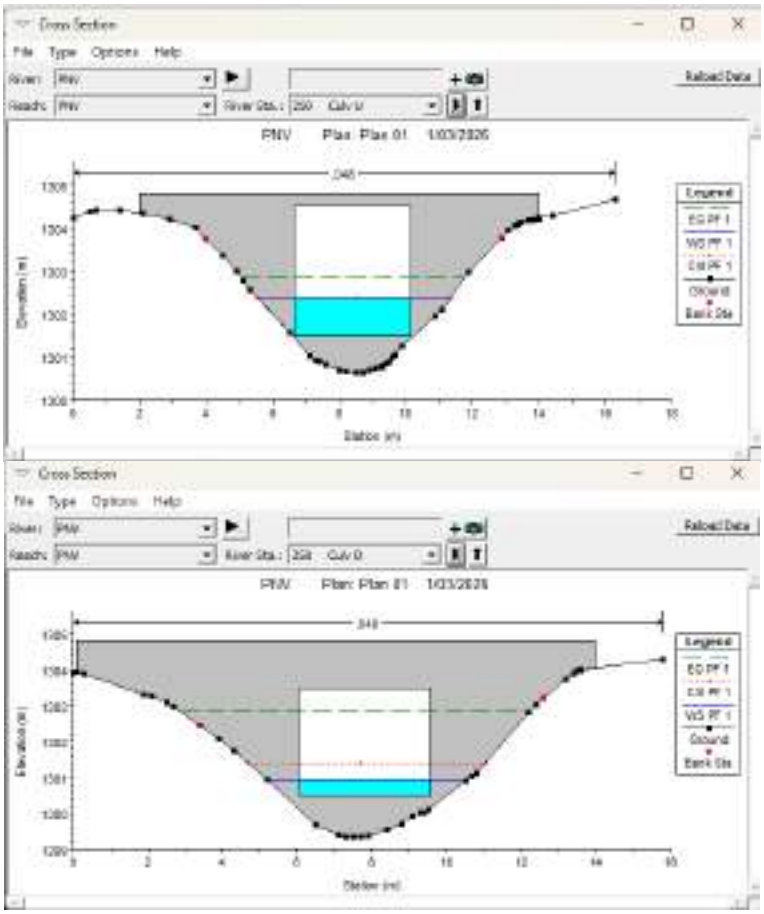


Imagen 16. Resultados de la modelación sección eje del puente aguas arriba / aguas abajo (K0+250)



El análisis hidráulico de la **Quebrada Nopasal**, para un caudal de diseño de **9.23 m³/s**, se desarrolló mediante modelación unidimensional en HEC-RAS, considerando tres secciones representativas del comportamiento del flujo en el entorno del puente: K0+254 (aguas arriba del puente), K0+250 (eje del puente) y K0+246 (aguas abajo del puente). Los resultados permiten caracterizar el régimen hidráulico, las variaciones de energía y el potencial de afectación sobre la estructura y el cauce.

Imagen 17. Resultados de la modelación.

Reach	River Sta	Profile	Q Total (m3/s)	Min Ch El (m)	W.S. Elev (m)	Crit W.S. (m)	E.G. Elev (m)	E.G. Slope (m/m)	Vel Chnl (m/s)	Flow Area (m2)	Top Width (m)	Froude # Chl
PNN	350	PF 1	9,23	1335,37	1336,22	1336,22	1336,51	0,030180	2,40	3,84	6,65	1,01
PNN	340,0000	PF 1	9,23	1329,00	1329,45	1330,15	1330,08	1,296540	10,51	0,88	2,66	5,86
PNN	329,9999	PF 1	9,23	1324,29	1324,78	1325,24	1326,96	0,445892	6,55	1,41	4,05	3,54
PNN	320,0000	PF 1	9,23	1319,54	1320,40	1320,99	1322,89	0,367544	7,00	1,32	2,61	3,14
PNN	310,0000	PF 1	9,23	1317,48	1318,21	1318,66	1319,84	0,239754	5,66	1,63	3,19	2,53
PNN	300,0000	PF 1	9,23	1315,54	1316,38	1316,78	1317,74	0,186657	5,16	1,79	3,64	2,35
PNN	290,0000	PF 1	9,23	1312,00	1312,53	1313,05	1314,96	0,411956	6,91	1,34	3,24	3,43
PNN	280,0000	PF 1	9,23	1309,60	1310,48	1310,93	1312,00	0,189061	5,46	1,69	2,88	2,28
PNN	269,9999	PF 1	9,23	1307,11	1307,69	1308,11	1309,49	0,342526	5,94	1,55	4,31	3,16
PNN	261	PF 1	9,23	1302,41	1303,12	1303,69	1305,83	0,433525	7,29	1,27	2,85	3,49
PNN	254	PF 1	9,23	1301,10	1302,96	1302,34	1303,05	0,004468	1,32	6,98	6,41	0,40
PNN	252	PF 1	9,23	1300,63	1302,99	1301,81	1303,03	0,001498	0,90	10,27	7,02	0,24
PNN	250		Culvert									
PNN	248	PF 1	9,23	1299,33	1299,99	1300,53	1302,62	0,434727	7,18	1,29	3,06	3,54
PNN	246	PF 1	9,23	1298,12	1298,81	1299,40	1301,69	0,470018	7,52	1,23	2,82	3,64
PNN	240	PF 1	9,23	1297,49	1298,08	1298,43	1299,40	0,231530	5,09	1,81	4,80	2,65
PNN	235	PF 1	9,23	1294,90	1295,53	1296,04	1297,74	0,360826	6,58	1,40	3,37	3,26
PNN	225	PF 1	9,23	1290,16	1290,85	1291,41	1293,60	0,467516	7,34	1,26	3,06	3,66
PNN	207	PF 1	9,23	1282,16	1282,77	1283,46	1287,45	0,906165	9,58	0,96	2,53	4,95
PNN	189,9999	PF 1	9,23	1274,62	1274,89	1275,19	1276,36	0,495069	5,52	1,78	9,18	3,66
PNN	180,0000	PF 1	9,23	1268,06	1268,66	1269,16	1271,23	0,507006	7,11	1,30	3,63	3,79
PNN	170,0000	PF 1	9,23	1266,30	1266,82	1267,06	1267,67	0,202460	4,09	2,26	7,68	2,41
PNN	159,9999	PF 1	9,23	1264,87	1265,82	1266,02	1266,50	0,071902	3,65	2,53	4,16	1,50
PNN	149,9999	PF 1	9,23	1262,67	1264,27	1264,56	1265,32	0,209453	4,53	2,05	6,48	2,50
PNN	140,0000	PF 1	9,23	1261,95	1262,25	1262,46	1263,03	0,212883	3,02	2,43	10,14	2,29
PNN	129,9999	PF 1	9,23	1260,24	1260,85	1261,03	1261,44	0,108384	3,40	2,71	7,58	1,82
PNN	119,9999	PF 1	9,23	1258,66	1259,27	1259,55	1260,19	0,138654	4,31	2,23	6,01	2,09
PNN	109,9999	PF 1	9,23	1256,91	1257,37	1257,65	1258,41	0,233687	4,52	2,04	6,68	2,61
PNN	100,0000	PF 1	9,23	1255,38	1256,05	1256,24	1256,67	0,117852	3,47	2,66	7,71	1,88
PNN	89,99999	PF 1	9,23	1254,03	1254,52	1254,73	1255,26	0,168264	3,81	2,42	8,01	2,22
PNN	79,99999	PF 1	9,23	1252,40	1253,06	1253,32	1253,86	0,117563	3,96	2,33	5,44	1,93
PNN	69,99999	PF 1	9,23	1251,14	1252,02	1252,26	1252,80	0,095215	3,90	2,37	4,59	1,73
PNN	60,00000	PF 1	9,23	1249,50	1252,18	1250,74	1252,20	0,000756	0,68	13,66	8,99	0,17
PNN	49,99999	PF 1	9,23	1248,00	1252,19		1252,20	0,000097	0,32	28,40	10,58	0,06
PNN	39,99999	PF 1	9,23	1248,30	1252,19		1252,20	0,000098	0,30	30,48	14,68	0,07

Sección aguas arriba – K0+254

En la sección K0+254, localizada aguas arriba del puente, el flujo presenta condiciones de aproximación relativamente estables dentro del cauce principal. Para el caudal de diseño de 9,23 m³/s, el modelo reporta una lámina de agua de 1302,96 m, un tirante máximo de 1,85 m, un ancho superficial de 6,41 m y una velocidad media en canal de 1,32 m/s. La profundidad hidráulica es del orden de 1,09 m y el valor de Froude es 0,40, lo que indica que el flujo se desarrolla en régimen subcrítico en esta sección.

Desde el punto de vista hidráulico, esta condición evidencia que el flujo llega al puente con una energía relativamente controlada, sin presentar aceleraciones extremas ni comportamiento torrencial severo en la aproximación inmediata. La pendiente de la línea de energía en esta sección es baja (E.G. Slope ≈ 0,00447 m/m), lo que refuerza la interpretación de un flujo con predominio de las fuerzas gravitacionales y con baja tendencia a la erosión intensa justo antes del ingreso a la estructura. En consecuencia, esta sección representa una zona de aproximación con capacidad suficiente para conducir el caudal de diseño hacia el puente, sin evidencias de desbordamiento lateral.

Sección en el eje del puente – K0+250

En el eje del puente (K0+250), representado en la tabla general como la sección Culvert, no se reportan directamente todos los parámetros hidráulicos resumidos como en las secciones abiertas; sin embargo, el comportamiento del flujo puede inferirse claramente a partir de las secciones adyacentes y del perfil longitudinal. La presencia de la estructura genera una contracción local del flujo, reduciendo el área efectiva de paso y aumentando la velocidad en la zona de cruce.

Esta condición se refleja en los resultados inmediatamente aguas arriba y aguas abajo del puente, donde el flujo pasa de un régimen subcrítico en K0+254 a uno claramente supercrítico en la salida. Por lo tanto, en el eje del puente se presenta una zona de transición hidráulica donde la corriente experimenta incremento de energía cinética, concentración de esfuerzos cortantes y mayor interacción con el lecho y los elementos de apoyo. Desde el punto de vista de estabilidad, esta sección constituye el tramo más sensible frente a procesos de socavación local, debido a la aceleración del flujo inducida por la estructura.

Sección aguas abajo – K0+246

En la sección K0+246, ubicada aguas abajo del puente, el flujo descarga con una dinámica claramente más energética. El modelo reporta una lámina de agua de 1298,81 m, un tirante máximo de 0,69 m, un ancho superficial de 2,82 m y una velocidad media en canal de 7,52 m/s, muy superior a la registrada aguas arriba. La profundidad hidráulica disminuye a 0,44 m y el número de Froude alcanza 3,64, lo que confirma un régimen supercrítico claramente desarrollado.

Esta condición es consistente con una descarga acelerada después del paso por la estructura, donde el flujo experimenta una reducción importante del tirante y una fuerte concentración de energía. La pendiente de la línea de energía en esta sección es además muy alta (E.G. Slope ≈ 0,470 m/m), lo que evidencia una elevada capacidad erosiva sobre el lecho y las márgenes inmediatas. En términos hidráulicos y morfodinámicos, esta es la zona más crítica del sistema, ya que el flujo sale del puente con alta velocidad y con fuerte potencial para inducir socavación localizada, arrastre de material y desestabilización de los apoyos o de las protecciones existentes.

Interpretación general

El análisis hidráulico del Puente Nopasal muestra un comportamiento claramente diferenciado entre la aproximación y la descarga del flujo. En la sección aguas arriba (K0+254), la corriente se desarrolla en régimen subcrítico, con velocidades moderadas y una lámina de agua relativamente profunda, lo que indica condiciones de llegada estables al puente. Sin embargo, al atravesar la estructura, el flujo sufre una contracción hidráulica importante, generando una transición hacia condiciones de alta energía.

Esta transición se manifiesta con claridad en la sección aguas abajo (K0+246), donde el flujo se torna supercrítico, con una velocidad muy alta (7,52 m/s) y un valor de Froude de 3,64, lo cual evidencia una descarga torrencial con elevado potencial erosivo. En consecuencia, aunque el puente logra conducir el caudal de diseño sin desbordamiento aguas arriba, la principal condición crítica no corresponde a insuficiencia de capacidad hidráulica global, sino a la aceleración excesiva del flujo en el paso y la salida del puente, con el consecuente riesgo de socavación del lecho, erosión de márgenes y afectación de la estabilidad estructural.

Por lo anterior, el diseño de medidas de protección para el Puente Nopasal debe orientarse prioritariamente al control de la erosión y disipación de energía aguas abajo, así como a la protección del lecho y de los elementos estructurales en la zona inmediata al cruce.

4.5 Análisis del número de Froude

El número de Froude es un parámetro adimensional que permite clasificar el régimen del flujo en cauces a superficie libre, a partir de la relación entre las fuerzas inerciales y gravitacionales. Su expresión general es:

$$Fr = \frac{V}{\sqrt{g\,D_h}}$$

donde:

- V = velocidad media en el canal (dato de HEC-RAS),
- D_h = profundidad hidráulica del canal (Hydr. Depth),
- g = 9.81 m/s².

Cuando Fr < 1, el flujo se clasifica como subcrítico, con predominio de las fuerzas gravitacionales y mayor control hidráulico aguas abajo. Cuando Fr = 1, el flujo se encuentra en condición crítica, correspondiente a un estado de transición. Finalmente, cuando Fr > 1, el flujo es supercrítico, caracterizado por altas velocidades, baja profundidad relativa y elevado potencial erosivo.

Con base en los resultados obtenidos en la modelación hidráulica para el caudal de diseño de 9,23 m³/s, se analizaron como secciones de control la K0+254 (aguas arriba), la K0+250 (eje del puente) y la K0+246 (aguas abajo).

- Sección K0+254 (aguas arriba) Fr≈ 0.40
- Sección K0+246 (aguas abajo) Fr≈ 3.64

Aguas arriba (Fr = 0.40)

En la sección K0+254, localizada aguas arriba del puente, el valor de Fr = 0,40 indica que el flujo se desarrolla en régimen subcrítico. Esta condición es consistente con una zona de aproximación en la que predominan las fuerzas gravitacionales, con una lámina de agua relativamente profunda y velocidades moderadas.

Desde el punto de vista hidráulico, esto significa que la corriente llega al puente bajo condiciones relativamente estables, sin aceleraciones extremas ni turbulencia significativa en la aproximación inmediata. El flujo mantiene una profundidad hidráulica del orden de 1,09 m y una velocidad media de 1,32 m/s, lo que evidencia un comportamiento controlado antes del paso por la estructura.

Eje del puente

En la sección K0+250, correspondiente al eje del puente, la tabla general de resultados la identifica como Culvert, por lo que no reporta directamente el valor del número de Froude como en las secciones abiertas adyacentes. Sin embargo, el comportamiento hidráulico puede inferirse a partir de la transición observada entre la sección aguas arriba y la sección aguas abajo.

La estructura genera una contracción importante del flujo, reduciendo la sección de paso e induciendo una aceleración significativa de la corriente. En consecuencia, en el eje del puente el flujo evoluciona desde el régimen subcrítico observado aguas arriba hacia una condición mucho más energética, próxima o ya dentro del régimen supercrítico. Esta transición representa una zona

crítica desde el punto de vista hidráulico, debido al incremento de esfuerzos cortantes sobre el lecho y a la mayor susceptibilidad a socavación local.

Aguas abajo (Fr = 3.64)

En la sección K0+246, localizada aguas abajo del puente, el valor de Fr = 3,64 confirma que el flujo entra en régimen fuertemente supercrítico. Esta condición evidencia una descarga con muy alta velocidad y baja profundidad relativa, consistente con una salida acelerada desde una estructura de paso que concentra energía hidráulica.

El flujo en esta sección presenta una velocidad media de 7,52 m/s y una profundidad hidráulica de apenas 0,44 m, lo que indica una combinación de alta energía cinética y fuerte potencial de arrastre. Desde el punto de vista hidráulico y morfodinámico, este tramo constituye la zona más crítica del sistema, ya que concentra el mayor potencial erosivo y la mayor probabilidad de socavación localizada en el lecho y las márgenes inmediatas.

Conclusión general del análisis del Froude

El análisis del número de Froude evidencia que en el Puente Nopasal el flujo experimenta una transición marcada desde un régimen subcrítico aguas arriba (Fr = 0,40) hacia un régimen fuertemente supercrítico aguas abajo (Fr = 3,64), pasando por una zona de aceleración intensa en el eje del puente.

Este comportamiento confirma que la estructura induce una contracción hidráulica severa, con incremento muy importante de velocidades y energía en la descarga. En consecuencia, la principal condición crítica no corresponde al sobrepaso del tablero ni al desbordamiento aguas arriba, sino a la concentración de energía y al elevado potencial erosivo en la salida del puente, condición que favorece procesos de socavación del lecho, erosión de márgenes y afectación de la estabilidad de la obra.

Por lo anterior, el diseño de las medidas de protección debe orientarse prioritariamente a disipar energía y proteger el tramo aguas abajo, así como a reforzar el lecho y los apoyos en el entorno inmediato de la estructura.

5. ANÁLISIS DE SOCAVACIÓN

5.1 Socavación general

Se utilizó el método de Lischvan–Lebediev para suelos granulares – Socavación general. Este método proviene de estudios hidromorfológicos realizados en la antigua Unión Soviética y fue posteriormente compilada en manuales de hidráulica fluvial y diseño de obras hidráulicas. LISCHVAN, E.; LEBEDIEV, A. Scouring around hydraulic structures in alluvial beds. Moscú: Hydrometeoizdat, 1967.

$$Y_s = \left(\frac{\alpha\, Y_0^{5/3}}{0.68\, \beta\, \mu\, \phi\, d_m^{0.28}} \right)^{\frac{1}{1+z}}$$

Y_s: Profundidad del flujo después de ocurrida la socavación. Se mide desde el nivel del agua cuando pasa la creciente, hasta el nivel del fondo del cauce erosionado, en metros (m).

Y_o: Profundidad inicial existente en una línea vertical predeterminada de la sección medida desde el nivel del agua cuando pasa la creciente, hasta el nivel del cauce antes del proceso de socavación, en metros (m).

α: Coeficiente de sección, definido como:

$$\alpha = \frac{Q_d}{Y_m^{5/3} B_e} \quad [6.3]$$

Q_d: Caudal de diseño asociado al periodo de retorno, en metros cúbicos por segundo (m^3/s).

Y_m: Profundidad media, en metros (m), definida como:

$$Y_m = \frac{A}{B_e} \quad [6.4]$$

A: Área hidráulica, en metros cuadrados (m^2).

B_e: Ancho efectivo de la superficie del agua en la sección transversal, en metros (m). Del ancho total se debe descontar el ancho de las pilas cuando el ángulo de incidencia de la corriente con respecto al eje de la pila es 0. En caso de que la corriente forme un ángulo con las pilas, este valor se debe ajustar. (Figura 6.2).

β: Coeficiente de frecuencia. Este coeficiente toma en cuenta el periodo de retorno T comprendido entre 15 y 1500 años. Para obtener su valor se propone la siguiente expresión (Referencia 6.4):

$$\beta = 0.7929 + 0.0973\ Ln(T) \quad [6.5]$$

μ: Coeficiente de contracción. Este valor se toma de la Tabla 6.1 como una función de la velocidad media del flujo y de la distancia libre entre pilas cuando hay un puente.

ϕ: Coeficiente de corrección por el efecto de la densidad del agua durante la creciente. Para agua clara (clear water) este valor es igual a 1.0. Si la

creciente transporta sedimentos en suspensión (lived – bed), este coeficiente se calcula como:

$$\phi = -0.54 + 1.5143\ \gamma_{ss} \quad [6.6]$$

γ_{ss}: Peso específico del agua más sedimento, en toneladas por metro cúbico (T/m^3).

d_m: Diámetro medio de las partículas del material granular, en milímetros (mm). Se calcula como:

$$d_m = 0.01 \sum d_i P_i \quad [6.7]$$

d_i: Diámetro en milímetros (mm) de una fracción de la curva granulométrica del material.

P_i: Peso de esa fracción expresado en porcentaje con respecto al total de la muestra (porcentaje retenido).

Z: Exponente variable que depende del diámetro medio de las partículas del material granular.

$$Z = 0.394557 - 0.0413 \log(d_m) - 0.00891 \log^2 d_m \quad [6.8]$$

Tabla 6.1. - Factor de corrección por contracción del cauce μ (Referencia 6.5)

V (m/s)	LONGITUD LIBRE ENTRE DOS PILAS O ESTRIBOS (m)												
	10	13	16	19	21	25	30	42	62	83	106	124	200
≤1.0	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
1.0	0.96	0.97	0.98	0.98	0.99	0.99	0.99	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
1.5	0.94	0.95	0.97	0.97	0.97	0.98	0.99	0.99	0.99	0.99	1.00	1.00	1.00
2.0	0.93	0.94	0.95	0.96	0.97	0.97	0.98	0.98	0.99	0.99	0.99	0.99	1.00
2.5	0.92	0.93	0.94	0.95	0.96	0.96	0.97	0.98	0.98	0.99	0.99	0.99	1.00
3.0	0.89	0.91	0.93	0.94	0.95	0.96	0.96	0.97	0.98	0.98	0.98	0.98	0.99
3.5	0.87	0.90	0.92	0.93	0.94	0.95	0.96	0.97	0.98	0.98	0.98	0.98	0.99
≥ 4.0	0.85	0.89	0.91	0.92	0.93	0.94	0.95	0.96	0.97	0.98	0.98	0.98	0.99

V = velocidad media en la sección transversal
μ = 1.0 si no hay obstáculos

5.2 Socavación local en estribos

Se utiliza el método de Froehlich (1989) desarrollado a partir de ensayos de laboratorio en el U.S. Geological Survey (USGS), y es uno de los más usados en el HEC-18 para la socavación en estribos bajo condiciones de lecho móvil (live-bed).

$$\frac{y_s}{y_a} = 2.27\, K_1\, K_2 \left(\frac{L'}{y_a}\right)^{0.43} Fr^{0.61} + 1$$

Y_s: Profundidad de socavación, en metros (m).

Y_a: Profundidad media del flujo en la planicie de inundación en la sección de aproximación, en metros (m).

K_1: Factor de corrección por la forma del estribo, Figura 6.15 y Tabla 6.7.

K_2: Factor de corrección por el ángulo de ataque (θ) del flujo con el talud del estribo, Figura 6.16. Se calcula a partir de la siguiente expresión:

$$K_2 = \left(\theta/90^\circ\right)^{0.13} \qquad [6.35]$$

θ = 90 cuando los estribos son perpendiculares al flujo.

θ < 90 si el terraplén se orienta aguas abajo.

θ > 90 si el terraplén se orienta aguas arriba.

L': Longitud efectiva del estribo y del terraplén que obstruye el paso de la corriente, en metros (m).

Fr_1: Número de Froude de la planicie de inundación en la sección de aproximación, $F_r = V_a/\sqrt{gY_a}$

V_a: Velocidad media en el flujo de aproximación, en metros por segundo (m/s). $V_a = Q_a/A_a$

Q_a: Caudal obstruido por el estribo y el terraplén en la sección de aproximación, en metros cúbicos por segundo (m^3/s).

A_a: Área de flujo de la sección de aproximación obstruido por el estribo y terraplén, en metros cuadrados (m^2).

Tabla 6.7. - Factor de corrección por forma de los estribos

DESCRIPCIÓN	K_1
Estribos de pared vertical	1.00
Estribos de pared vertical con aletas	0.82
Estribos con todas su caras inclinadas	0.55

5.3 Resultados

El análisis de socavación se efectuó mediante la aplicación de metodologías empíricas ajustadas a las condiciones del sitio.

Los resultados obtenidos fueron:

- Socavación general máxima aguas arriba: 0.0 m
- Socavación general máxima aguas abajo: 1.84 m
- Socavación general máxima en el eje del puente: 0.0 m (losa de concreto)

Estas profundidades reflejan la influencia del flujo incidente y las variaciones de pendiente en el lecho del río.

Imagen 18. Resultados de la modelación sección aguas arriba del puente (K0+254)



Imagen 19. Resultados de la modelación sección aguas abajo del puente (K0+246)

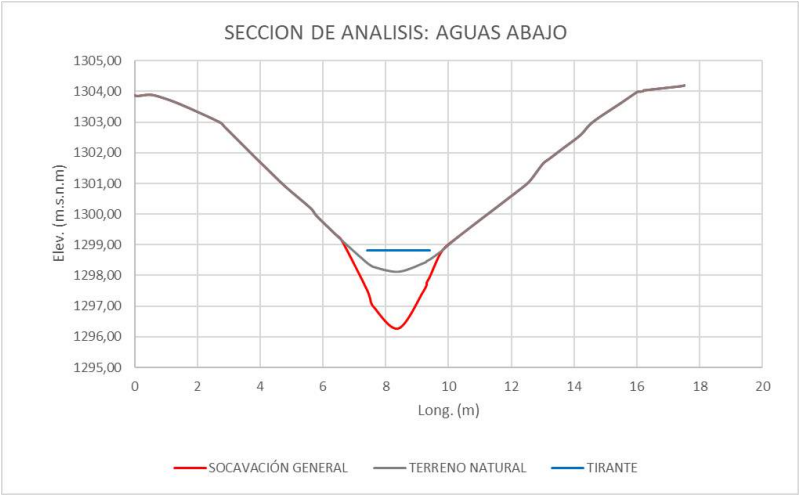


Tabla 6. Resumen de resultados de profundidad de erosión esperada y altura de protecciones

Ubicación	Profundidad estimada de erosión	Empotramiento recomendado	Altura mínima de la protección
	(m)	(m)	(msnm)
Aguas arriba	0,00	0,0	---
Aguas abajo	1,84	2,8	1299,8
Eje Puente	0,00	0,0	---

En el capítulo 6 se presentan y justifican las recomendaciones definitivas de protección.

6. RECOMENDACIONES DE PROTECCIÓN

6.1 Justificación técnica de un disipador de energía

El diagnóstico geotécnico identifica que la patología principal del puente se concentra en la zona de descole, donde existe un proceso activo de socavación localizada asociado a la acción concentrada del flujo a la salida de la estructura. En ese sector se reporta un descenso aproximado de 3,0 m en el lecho del cauce, con erosión regresiva, descalce parcial de la cimentación del estribo del lado Quípama, colapso de la aleta aguas abajo y pérdida de confinamiento del terraplén lateral. Además, se documenta la formación de un vacío aproximado de 1,80 m entre la base de la cimentación y el basamento rocoso, producto de la remoción del material intermedio por efecto de la erosión hidráulica.

En visita de campo se observa que el flujo sale del puente como una caída libre o chorro concentrado, impactando directamente el descole y profundizando la incisión del cauce. En la imagen del descole se observa la descarga vertical desde la losa de salida y la erosión del material de fundación en torno a los apoyos, mientras que en las imágenes de las aletas se evidencia la pérdida total del muro aguas abajo del lado Quípama y la afectación directa a la banca de la vía. Esa condición visual es plenamente coherente con un problema de exceso de energía específica en la salida y no solo con un fenómeno de arrastre ordinario.

Desde el punto de vista hidráulico, la modelación que aportaste confirma esa interpretación. En la sección aguas arriba K0+254, el flujo todavía se comporta en régimen subcrítico, con $V \approx 1{,}32$ m/s y $Fr \approx 0{,}40$. Sin embargo, en la sección aguas abajo K0+246, inmediatamente después del cruce, la velocidad aumenta hasta aproximadamente 7,52 m/s y el flujo pasa a régimen fuertemente supercrítico, con $Fr \approx 3{,}64$. Ese salto de energía entre la aproximación y la descarga demuestra que la estructura induce una contracción severa y una salida altamente erosiva, precisamente en el sector donde el diagnóstico geotécnico reporta el mayor deterioro.

En estas condiciones, dejar únicamente una protección pasiva tipo enrocado en el descole puede resultar insuficiente, porque el problema principal no es solo la protección superficial del fondo, sino la necesidad de reducir la energía del chorro de salida antes de que impacte el lecho y el entorno de las cimentaciones. Por eso, el disipador se justifica como una obra destinada a transformar parte de la energía cinética del flujo en turbulencia controlada, elevar el tirante en la zona de descarga, disminuir velocidades efectivas sobre el fondo y detener la progresión de la socavación localizada.

La propia ficha de diagnóstico concluye que se requieren acciones para la estabilización del sector de descole, la protección hidráulica de la salida del puente y la implementación de obras de disipación de energía para reducir la capacidad erosiva del flujo concentrado. También se indica expresamente que, antes de reconstruir la aleta nueva, debe atenderse el recalce y la estructura de disipación en el descole, precisamente para controlar la erosión y dar soporte al suelo donde se proyecte la nueva obra.

Eso es técnicamente consistente con lo observado: mientras no se controle la energía de salida, cualquier reconstrucción de aleta, recalce o reposición de banca seguirá expuesta a nuevas pérdidas de soporte por erosión regresiva.

6.1 Dimensionamiento del disipador

Teoría de análisis de disipador

Las caídas escalonadas son estructuras hidráulicas que permiten disipar parte de la energía cinética del flujo que conduce, con el fin de evitar procesos erosivos en zonas con pendientes entre 5.7° y 50° (INVIAS, 2009). En este tipo de estructuras el agua es transportada desde un nivel superior a hasta un nivel inferior donde se permita el desarrollo parcial o total de un resalto hidráulico y su confinamiento. El diseño de una caída escalonada se limita a descargas unitaria menores o iguales a 30 m3/s/m, con el fin de evitar deterioros por cavitación ocasionados por descargas unitarias mayores (Khatsuria, 2005).

A continuación, se presenta a grandes rasgos la metodología utilizada en el diseño de estructuras de caída escalonadas, ubicadas dentro del área de estudio. Se recomienda al lector referirse a (Khatsuria, 2005), para un análisis más detallado de la metodología aquí empleada.

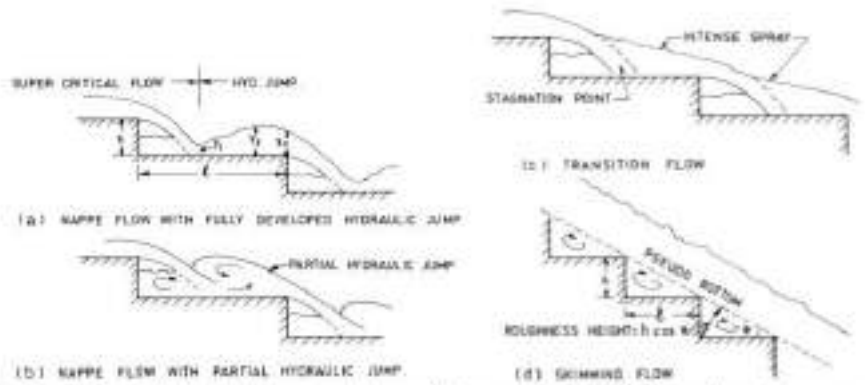
Dependiendo de la forma como el flujo fluya sobre la superficie de los escalones, se puede presentar uno de los tres tipos de flujo descritos a continuación (Ver Figura)

Flujo Rasante ("Skimming Flow"): En esta condición, el flujo fluye sobre las esquinas externas de los escalones formando un fondo falso y provocando una recirculación del agua en la parte interna del escalón. La energía es disipada principalmente por el impacto del flujo sobre el escalón y por su re-circulación horizontal.

Flujo escalón a escalón ("Nappe Flow"): En esta condición, el flujo en cada escalón fluye siguiendo una trayectoria tipo jet (chorro) que cae en las huellas de los escalones aguas abajo, generando resalto(s) hidráulico(s) parcial o completamente desarrollado(s). Una bolsa de aire es formada bajo la lente del flujo, a la caída sobre la contra-huella. La disipación de la energía se da por el rompimiento del chorro, la mezcla de aire con el chorro, y la formación o no del resalto hidráulico sobre el escalón.

Flujo de transición ("Transition Flow"): Es la condición intermedia de los dos tipos de flujo previos, donde el aire bajo el chorro empieza a desaparecer debido al incremento de caudal; generándose una aireación significativa y un tránsito caótico.

Imagen 20. Tipo de Flujo en Caídas Escalonadas



a) flujo escalonado con resalto hidráulico completamente desarrollado, b) flujo escalonado con resalto hidráulico parcialmente desarrollado, c) flujo de transición y d) flujo rasante Tomado de Khatsuria, 2005.

Determinación del caudal de diseño (transito)

Para el cálculo de las estructuras de caída se toma como caudal de diseño (transito), el caudal hidrológico estimado a través del método racional para la ODT aferente, correspondiente a un periodo de retorno de 25 años (para puente luz <10m).

Verificación del flujo escalón a escalón

Definidas la huella y contra-huella del escalón, junto con la descarga unitaria (relación entre la descarga total y el ancho del escalón), se establece mediante la Ecuación 1, si el flujo es de tipo escalón-a-escalón con resalto hidráulico completamente desarrollado, para la condición "0.2≤h/l≤0.6".

$$\frac{y_c}{h} \leq 0.0916 \cdot \left(\frac{h}{l}\right)^{-1.276} \mid y_c = \sqrt[3]{\frac{{q_w}^2}{g}}$$ **Ecuación** 1

Donde: yc es la profundidad crítica en m, qw es el caudal específico en m3/s/m, g es la aceleración de la gravedad (9.81 m/s2), h es la altura del escalón (contra-huella) en m, y l es la longitud del escalón (huella) en m.

La Ecuación 2, define el límite inferior de la altura del escalón para que exista flujo escalón-a-escalón para la condición "0.10≤h/l≤1.43" y "0.00≤h/" "y" _"c" "≤1.37" . A su vez, la Ecuación 3, define el límite superior de la condición de flujo escalón-a-escalón para la condición "0.05≤h/l≤1.70" .

$$\left[\frac{h}{y_c}\right] = 0.57 \cdot \left(\frac{h}{l}\right)^3 + 1.3$$ **Ecuación 1**

$$\left[\frac{y_c}{h}\right] = 0.89 - 0.4 \cdot \left(\frac{h}{l}\right)$$ **Ecuación 2**

Disipación de energía y cabeza residual

De la Ecuación 4, se puede obtener el cálculo del porcentaje de disipación de energía y de la cabeza residual para el flujo escalón-a-escalón.

$$\frac{\Delta H}{H_{max}} = 1 - \frac{H_r}{H_{max}} = 1 - \frac{\lambda + \frac{1}{2 \cdot \lambda^2}}{\frac{H_d}{y_c} + \frac{3}{2}} \mid \lambda = \frac{\sqrt{2}}{\frac{3}{2 \cdot \sqrt{2}} + \sqrt{\frac{h}{y_c} + \frac{3}{2}}}$$ **Ecuación 3**

Donde: ΔH es la disipación de energía en m, Hr es la cabeza residual de energía en m, Hmax es la cabeza máxima de energía en m $H_{max}=H_d+3/2$, y Hd es la altura vertical de la sección escalonada en m.

Verificación del flujo de transición

La **Ecuación 4**, propuesta por (Mondardo & Fabiani, 1995), establece las condiciones a partir de las cuales se tiene flujo rasante.

$$\left[\frac{y_c}{h}\right] > 1.1974 - 0.59501 \cdot \left(\frac{h}{l}\right) \qquad \textbf{Ecuación 4}$$

Características de flujo rasante

Debido a la topografía del terreno, no siempre es posible mantener una sección única de escalón, por lo que una estructura de caída puede estar conformada por múltiples conjuntos de diferentes secciones en su escalonamiento. En la comprobación de flujo rasante no se tuvo en cuenta dicho seccionamiento diferencial, sino que el cálculo fue realizado asumiendo una única sección escalona, la cual fue transformada mediante la ponderación de los diferentes conjuntos de secciones escalonadas, en una sola sección escalonada.

La **Ecuación 5** y **Ecuación 6**, propuesta por (Boes & Minor, 2002), respectivamente permite estimar la longitud desde la cresta hasta el punto de Incepción[1], y su altura relativa al fondo falso (pseudo-fondo).

$$L_i = \frac{5.90 \cdot {y_c}^{1.2}}{(\text{Seno }\theta)^{1.4} \cdot h^{0.2}} \qquad \textbf{Ecuación 5}$$

$$y_i = \frac{0.40 \cdot {y_c}^{0.9} \cdot h^{0.1}}{(\text{Seno }\theta)^{0.3}} \qquad \textbf{Ecuación 6}$$

Donde:θ es el ángulo de inclinación del escalón con respecto a la horizontal, Li es la longitud desde la cresta hasta el punto de Incepción en m, e yi es la altura relativa al pseudo-fondo en m.

Mediante la ecuación de Continuidad (Q=V*A), la velocidad en el punto de Incepción puede ser estimada; mientras que la **Ecuación 7** permite estimar la energía en el punto de Incepción.

$$H_i = y_i \cdot \text{Cos }\theta + \frac{{U_i}^2}{2 \cdot g} \qquad \textbf{Ecuación 7}$$

dónde: Hi es la energía en el punto de Incepción en m y Ui es la velocidad del flujo en el punto de Incepción en m/s.

La distancia vertical normalizada requerida para la formación de flujo uniforme, Hdu, está dada por la **Ecuación 8**. La altura de la lámina de agua sin aireación, para flujo uniforme, ywu, está dada por la **Ecuación 9**.

$$\frac{H_{du}}{y_c} = 24 \cdot (\text{Seno }\theta)^{2/3} \qquad \textbf{Ecuación 8}$$

$$\frac{y_{wu}}{y_c} = 0.215 \cdot (\text{Seno }\theta)^{-1/3} \qquad \textbf{Ecuación 9}$$

Finalmente, la profundidad de flujo uniforme con mezcla de aire se estima mediante la **Ecuación 10**.

$$\frac{y_{90u}}{h} = 0.50 \cdot (F_h{}^*)^{0.1 \cdot Tang(\theta)+0.5} \mid F_h{}^* = \frac{q_w}{g \cdot Seno\ \theta \cdot h^3} \qquad \textbf{Ecuación 10}$$

Dónde: Y90u es la profundidad característica, para flujo uniforme en m, para una concentración de aire igual al 90%, qw es la descarga/Caudal específico en m3/s/m, y h es la altura del escalón (contra-huella) en m.

En estructuras de caída, una considerable aireación tiende a elevar la profundidad del flujo. Este fenómeno debe ser considerado en el diseño de los muros laterales de toda caída escalonada. Para las estructuras de caídas aquí diseñadas, se propone un factor de seguridad de 1.5 (con relación a la profundidad característica para una concentración de aire igual al 90%), como dimensionamiento de la elevación del muro lateral de contención, para toda caída escalonada.

Los cálculos realizados se presentan a continuación en la siguiente Tabla:

Tabla 7. Cálculos para el dimensionamiento del disipador

Dimensiones y Características Escalones sin Resalto						
h (m)	Ld (m)	d1 (m)	d2 (m)	dp (m)	L (m)	Pendiente Escalón (m/m)
0,10	2,14	0,68	0,83	0,37	2,24	0,04
0,20	2,45	0,56	0,94	0,47	2,55	0,08
0,50	2,91	0,43	1,12	0,64	3,01	0,17
0,60	3,01	0,41	1,16	0,68	3,11	0,19
1,00	3,32	0,36	1,28	0,81	3,42	0,29
1,10	3,38	0,35	1,31	0,84	3,48	0,32
1,50	3,59	0,32	1,38	0,93	3,69	0,41
1,80	3,71	0,31	1,43	0,99	3,81	0,47
2,00	3,79	0,30	1,46	1,03	3,89	0,51
2,20	3,86	0,29	1,49	1,06	3,96	0,56
2,50	3,95	0,28	1,53	1,11	4,05	0,62
3,00	4,09	0,27	1,58	1,18	4,19	0,72
3,50	4,21	0,25	1,63	1,24	4,31	0,81

Parámetros Básicos	Valor	Unidad
Caudal Máximo Q_{10}	6,79	m^3/s
Ancho "B"	3,50	m
Caudal Unitario "q"	1,94	$m^3/s/m$
Lámina crítica $d_c = (q^2/g)^{1/3}$	0,73	m
Lámina escalón $d_b = 0.715 * d_c$	0,52	m
Área Escalón $A_b = B * d_b$	1,82	m^2
Velocidad Escalón $V_b = Q/A_b$	3,73	m/s

Imagen 21. Identificación de dimensiones del disipador

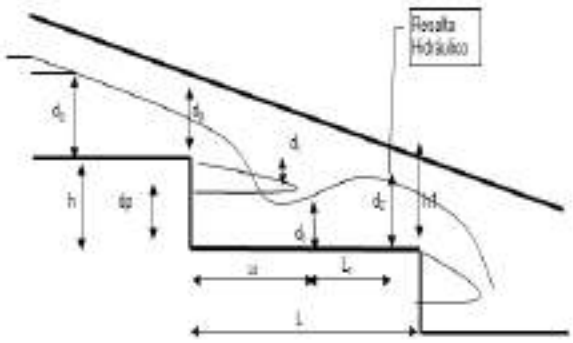
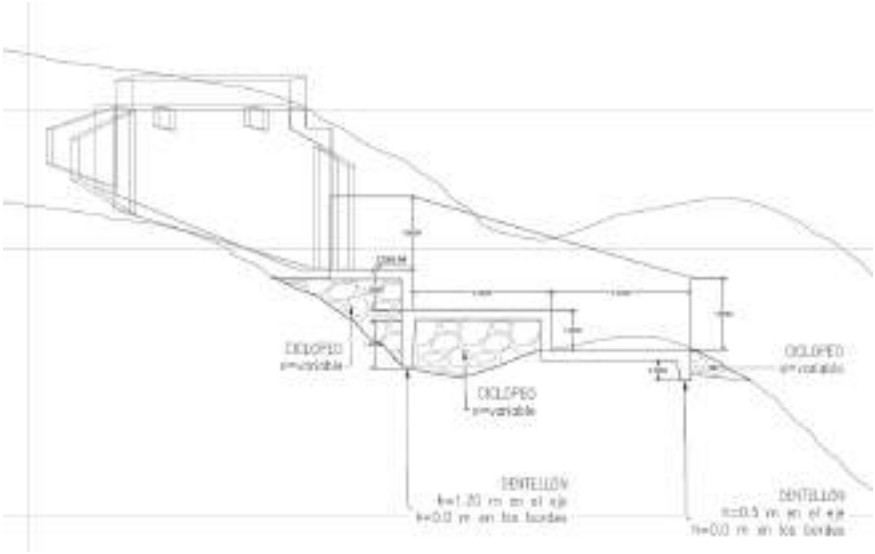


Imagen 22. Vista en planta de localización del disipador



Imagen 23. Perfil longitudinal y dimensiones del disipador



6.3 Recomendación de protección

Con base en los hallazgos consignados en la ficha de diagnóstico geotécnico, las observaciones efectuadas durante la visita técnica y los resultados del análisis hidráulico y de socavación desarrollados en el presente informe, se concluye que la condición crítica del **Puente Nopasal** se concentra en la zona de descole, donde la estructura descarga el flujo bajo condiciones de alta energía, generando erosión regresiva, pérdida de material de fundación, afectación de estribos y colapso parcial de los elementos de confinamiento lateral. En consecuencia, las medidas de intervención deben orientarse prioritariamente a controlar la energía del flujo, estabilizar el lecho y recuperar el soporte estructural del puente.

1. Construcción de disipador de energía en el descole

Se recomienda la construcción de un disipador de energía tipo caída escalonada, conforme al dimensionamiento hidráulico desarrollado en el numeral anterior, localizado inmediatamente aguas abajo del puente. Esta estructura tendrá como finalidad transformar la energía cinética del flujo supercrítico en turbulencia controlada, promover la disipación progresiva del chorro de salida y disminuir las velocidades de impacto sobre el lecho natural.

La necesidad de esta obra se sustenta en que la modelación hidráulica reporta velocidades del orden de 7,5 m/s y régimen fuertemente supercrítico en la salida del puente, condición coherente con la socavación activa observada en campo. El disipador constituye por tanto la medida principal para detener la profundización del cauce y evitar la continuidad del proceso erosivo que actualmente compromete las cimentaciones.

2. Recalce y recuperación del apoyo de cimentaciones

Previo o simultáneamente con la construcción del disipador, se recomienda ejecutar labores de recalce estructural y restitución del apoyo de las cimentaciones en los sectores afectados, especialmente en el estribo del lado Quípama, donde el diagnóstico geotécnico reporta descalce parcial y vacíos bajo la fundación.

El recalce deberá garantizar transferencia adecuada de cargas hacia el basamento rocoso existente o hacia el estrato competente definido en el diseño estructural definitivo. Esta actividad es prioritaria para restablecer la seguridad estructural del puente y evitar evolución de asentamientos diferenciales o pérdida progresiva de capacidad portante.

3. Reconstrucción de la aleta colapsada y recuperación del confinamiento lateral

Se recomienda la reconstrucción de la aleta aguas abajo del lado Quípama, actualmente colapsada, así como la recuperación del material perdido en la banca de acceso. La nueva obra deberá diseñarse con criterios estructurales e hidráulicos superiores a la condición original, garantizando estabilidad frente a empujes laterales, escorrentía superficial y erosión en la base.

La reposición de este elemento permitirá recuperar el confinamiento del terraplén, restablecer el ancho útil de la vía y proteger lateralmente el acceso al puente.

4. Protección complementaria con enrocado o revestimiento en transición

En los empalmes entre la salida del disipador, márgenes laterales y zonas inmediatas a estribos, se recomienda disponer una protección complementaria en enrocado de sitio o revestimiento equivalente, con filtro granular o geotextil, para prevenir erosión localizada en las transiciones hidráulicas.

Estas protecciones deberán ajustarse a las velocidades residuales calculadas y a las condiciones reales de fundación observadas en obra.

5. Limpieza y reconformación hidráulica del cauce

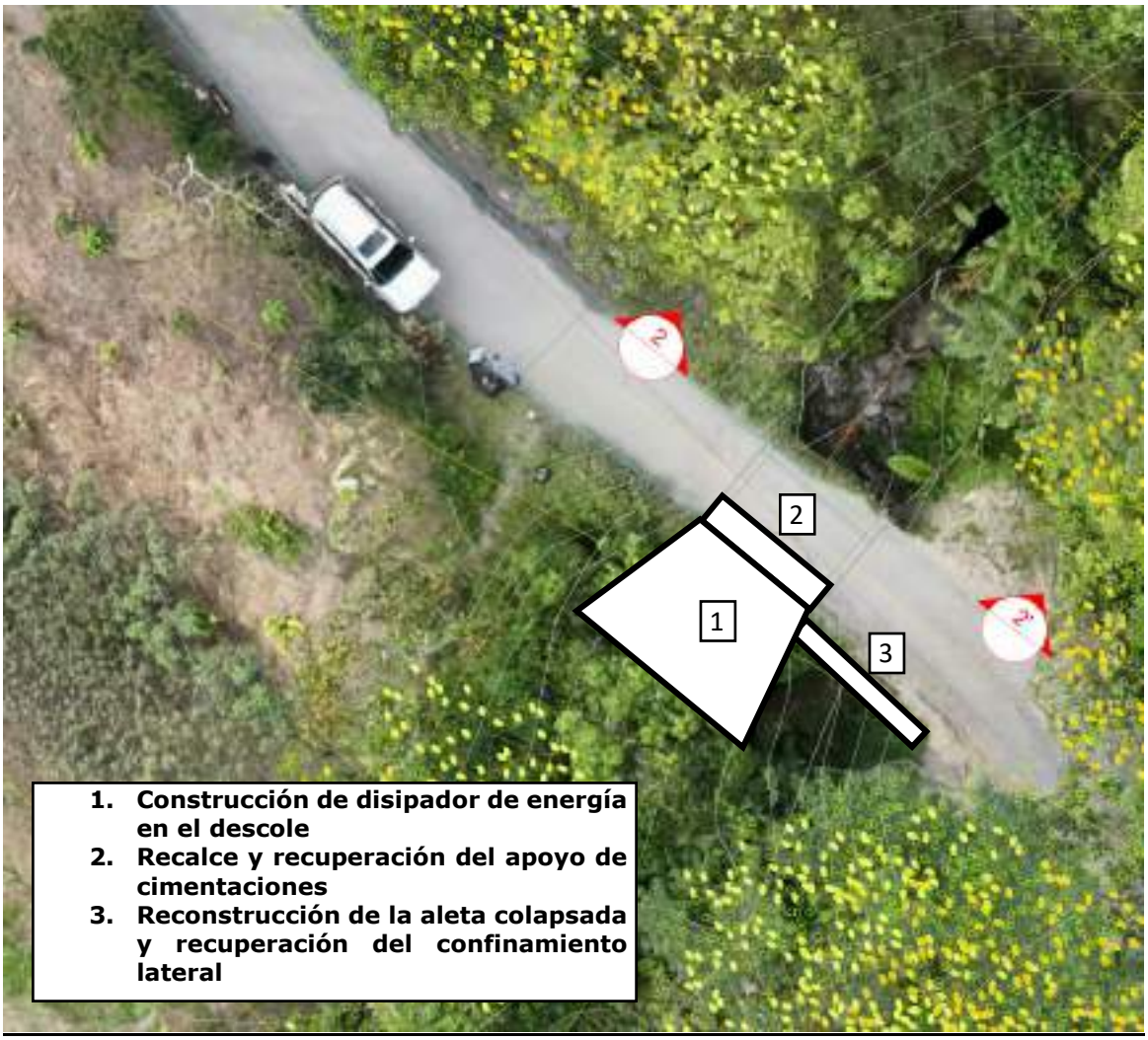
Se recomienda ejecutar labores de limpieza de material de arrastre, retiro de obstáculos y reconformación geométrica del cauce en el entorno inmediato del puente, tanto aguas arriba como aguas abajo. Estas actividades permitirán mejorar la alineación del flujo, reducir obstrucciones hidráulicas y optimizar el funcionamiento del disipador proyectado.

6. Seguimiento y mantenimiento

Posterior a la intervención, se recomienda realizar inspecciones periódicas después de eventos de creciente, verificando:

- comportamiento hidráulico del disipador,
- estabilidad del lecho aguas abajo,
- ausencia de nuevos procesos de socavación,
- estado de las aletas y accesos,
- integridad de las protecciones laterales

Imagen 24. Intervenciones recomendadas para Puente Quebrada Nopasal



7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

7.1 CONCLUSIONES

El análisis hidrológico desarrollado para la cuenca aferente a la **Quebrada Nopasal** permitió estimar un caudal pico de diseño de 9,23 m³/s para Tr = 100 años, valor adoptado para la modelación hidráulica y la evaluación de socavación del puente. Adicionalmente, se determinó un caudal de 6,79 m³/s para Tr = 25 años, utilizado como referencia para el diseño del disipador de energía propuesto. Estos resultados son consistentes con una microcuenca de montaña de pequeña extensión y respuesta rápida frente a eventos intensos de precipitación.

Las características morfométricas de la cuenca, asociadas a pendientes pronunciadas, cauce corto y tiempos de concentración reducidos, favorecen crecientes súbitas con elevada capacidad de arrastre y respuesta hidrológica inmediata. Esta condición explica la dinámica torrencial observada en el entorno del puente y la susceptibilidad del cauce a procesos erosivos localizados.

La modelación hidráulica mediante HEC-RAS evidenció que la estructura conserva capacidad suficiente para conducir el caudal de diseño, sin presentarse sobrepaso del tablero ni desbordamientos laterales significativos en las condiciones analizadas. Por tanto, la problemática principal no corresponde a insuficiencia hidráulica global del puente.

No obstante, los resultados muestran una contracción severa del flujo al atravesar la estructura, con transición desde un régimen subcrítico aguas arriba (Fr ≈ 0,40) hacia un régimen fuertemente supercrítico aguas abajo (Fr ≈ 3,64). En la descarga se estimaron velocidades del orden de 7,52 m/s, condición que representa una concentración importante de energía hidráulica y alto potencial erosivo.

El análisis de socavación determinó una profundidad máxima estimada de 1,84 m aguas abajo, mientras que en el eje del puente no se prevé socavación general relevante por la presencia de losa de concreto. Esto confirma que la zona crítica del sistema corresponde al descole de la estructura, donde la corriente descarga con alta velocidad sobre el cauce natural.

De acuerdo con el diagnóstico geotécnico y las observaciones de campo, en dicho sector se presentan procesos activos de erosión regresiva, descenso del lecho, descalce parcial de cimentaciones, colapso de aleta lateral y pérdida de confinamiento de la banca vial. En consecuencia, la vulnerabilidad actual del puente está directamente asociada a la socavación en la salida y a la pérdida progresiva de soporte estructural.

En síntesis, el Puente Nopasal requiere una intervención prioritaria de estabilización hidráulica y estructural, enfocada en disipar la energía de salida del flujo, recuperar las cimentaciones afectadas y restablecer los elementos laterales comprometidos.

7.2 RECOMENDACIONES

Se recomienda ejecutar de manera prioritaria la construcción del disipador de energía proyectado en la zona de descole, conforme al dimensionamiento hidráulico desarrollado en el presente informe. Esta estructura permitirá reducir velocidades, disipar energía y controlar la erosión regresiva actualmente activa aguas abajo del puente.

Previo o simultáneamente con la obra hidráulica, se recomienda realizar el recalce estructural de las cimentaciones afectadas, especialmente en el estribo del lado Quípama, donde se evidenció

pérdida parcial de soporte. El diseño definitivo deberá garantizar transferencia adecuada de cargas hacia estrato competente o basamento rocoso.

Se recomienda la reconstrucción de la aleta colapsada aguas abajo y la recuperación del confinamiento lateral del terraplén y de la banca vial comprometida. Estas obras deberán integrarse estructuralmente con el sistema de disipación y con la geometría final del cauce.

En las transiciones entre el disipador, las márgenes y el entorno de los estribos, se recomienda implementar protecciones complementarias con enrocado de sitio, concreto ciclópeo o solución equivalente, según las condiciones de fundación y espacio disponible en obra.

Debe ejecutarse la limpieza y reconformación hidráulica del cauce en el entorno inmediato del puente, retirando material suelto, sedimentos acumulados y obstáculos que alteren la trayectoria natural del flujo o disminuyan la eficiencia del disipador proyectado.

Durante la ejecución de las obras se deberá mantener el flujo encauzado mediante soluciones temporales apropiadas, garantizando seguridad constructiva y minimizando afectaciones a la estructura existente.

Posteriormente, se recomienda establecer un programa de inspección posterior a crecientes, verificando el desempeño del disipador, la estabilidad del lecho aguas abajo, la condición de las cimentaciones, el estado de las aletas y la ausencia de nuevos focos de erosión.

Finalmente, toda intervención deberá desarrollarse de manera coordinada entre los componentes hidráulico, geotécnico y estructural, asegurando compatibilidad entre cotas de cimentación, secuencia constructiva, materiales y comportamiento hidráulico futuro del cauce.

8. BIBLIOGRAFÍA

1.) FEDERAL HIGHWAY ADMINISTRATION – FHWA. Bridge Scour and Stream Stability Countermeasures (HEC-23, Third Edition). Washington D.C., USA: U.S. Department of Transportation, National Highway Institute, 2009. 285 p. (FHWA-NHI-09-111).

2.) FEDERAL HIGHWAY ADMINISTRATION – FHWA. Evaluating Scour at Bridges (HEC-18, Fifth Edition). Washington D.C., USA: U.S. Department of Transportation, National Highway Institute, 2012. 290 p. (FHWA-NHI-12-003).

3.) U.S. ARMY CORPS OF ENGINEERS – USACE. Hydraulic Design of Flood Control Channels (Engineering Manual EM 1110-2-1601). Washington D.C., USA: Department of the Army, 1994. 230 p.

4.) INSTITUTO DE HIDROLOGÍA, METEOROLOGÍA Y ESTUDIOS AMBIENTALES – IDEAM. Guía metodológica para la elaboración de mapas de inundación. Bogotá D.C., Colombia: IDEAM, 2017. 96 p.

5.) INSTITUTO DE HIDROLOGÍA, METEOROLOGÍA Y ESTUDIOS AMBIENTALES – IDEAM. Guía para el diseño hidráulico de obras de drenaje transversal en carreteras. Bogotá D.C.: IDEAM; Ministerio de Transporte, 2014.

6.) MINISTERIO DE OBRAS PÚBLICAS – MOP. Manual de diseño de obras fluviales. Santiago de Chile, Chile: MOP, Dirección de Obras Hidráulicas, 2015. 215 p.

7.) ESCARAMEIA, M. River and Channel Protection: Using Riprap and Other Methods. Londres, Reino Unido: Construction Industry Research and Information Association (CIRIA), Report C683, 1998. 380 p.

8.) MELVILLE, B. W.; COLEMAN, S. E. Bridge Scour. Colorado, USA: Water Resources Publications, 2000. 550 p.

9.) INSTITUTO NACIONAL DE VÍAS – INVIAS. Manual de Drenaje para Carreteras, Segunda Edición. Bogotá D.C., Colombia: Ministerio de Transporte, 2018. 480 p.

10.) INSTITUTO DE HIDROLOGÍA, METEOROLOGÍA Y ESTUDIOS AMBIENTALES – IDEAM. Guía Nacional de Modelación del Recurso Hídrico para Aguas Superficiales Continentales. Bogotá D.C., Colombia: IDEAM, 2016. 124 p.

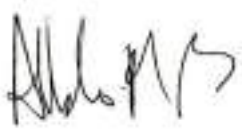
11.) LAURSEN, E. M. Scour at Bridge Crossings. Journal of the Hydraulics Division, ASCE, Vol. 84, No. HY1, 1958, pp. 1–14.

12.) LISCHVAN, E.; LEBEDIEV, A. Scouring around hydraulic structures in alluvial beds. Moscú: Hydrometeoizdat, 1967.

13.) COLORADO STATE UNIVERSITY (CSU). Method for Local Scour at Bridge Piers. Fort Collins, Colorado, USA, 1963.

14.) FROEHLICH, D. C. Analysis of Onsite Measurements of Scour at Bridge Piers. Journal of Hydraulic Engineering, ASCE, Vol. 114, No. 6, 1989, pp. 715–736.

-- FIN DEL INFORME TÉCNICO --



FICHA DE DIAGNÓSTICO GEOTÉCNICO PARA PUENTES EN VÍAS

Proyecto:	Diagnóstico y ejecución de obras de emergencia para mitigar el riesgo de daño y/o colapso de puentes ubicados en el departamento por la afectación causada por efecto de la ola invernal, declarada en virtud del decreto de calamidad pública no. 0522 de 24 de mayo de 2025. Contrato de obra no. 2833 de 2025
Fecha de levantamiento:	[11 / 01 / 2022]
Profesional geotécnico:	[Yenser Antonio Quintero Serrano]
Condiciones climáticas:	[Seco]

1 GENERALIDADES DEL PUENTE

Vía / Tramo	[municipio de La Victoria hacia Municipio de Quipama
Municipio / Departamento	[La victoria / Boyacá]
Coordenadas (WGS84)	Lat [5°31'56.44"N] Long [74°12'14.58"O]
Cota aproximada (msnm)	[1300]
Cauce/Quebrada/Río	[Qda Nopasal]
Altura de gálibo (m)	[2.80 m]
Ancho de calzada (m)	[3.0 m]
Longitud total del puente (m)	[4.0 m]
Número de luces	[1]
Número de apoyos	[2]
Material dominante	[Concreto_X_ Acero___ Mixto____ Madera _____]
Tipo estructural	[Simplemente apoyado__X_ Continuo _____Otro _____]

2 ENTORNO GEOLÓGICO LOCAL

La descripción realizada del entorno geológico se realiza con base a la información establecida en el atlas geológico (2023), dispuesto por el SGC, y corroborado con las observaciones de campo, a continuación, se describe el entorno geológico local donde se encuentra ubicado el puente la sobre la quebrada Nopasal del municipio la Victoria - Boyacá.

Imagen No 1 Entorno geológico Puente Qda Nopasal, La Victoria



2.1 Unidad geológica identificada:

De acuerdo con el Mapa Geológico de Colombia (SGC, 2023) y la Plancha Geológica 189 – La Palma, en el área del Puente de la quebrada Nopasal afloran materiales correspondientes a la unidad b6k6-Stm, compuesta por shales Chales, calizas arenitas Cherts y fosforitas de la edad Albiano-Maastrichtiano. Asimismo, se encuentra materiales correlacionables con el grupo La Palma (Kipa), conformada por secuencia de Lutitas, limolitas ya arcillolitas grises claras a negras, moscoviticas con intercalaciones de estratos delgados de areniscas arcillosas de grano fino.

2.2 Litología dominante:

En el entorno inmediato del puente predominan lutitas y limolitas negras, localmente intercaladas con niveles calcáreos y yesíferos. Estos materiales presentan un grado de meteorización medio a alto, originando suelos residuales arcillosos de alta plasticidad y baja permeabilidad. En superficie, dichos suelos muestran elevada susceptibilidad a la erosión, especialmente en presencia de descargas de escorrentía sin control y acumulación de sobrecargas antrópicas en coronas de talud.

Imagen No 2 Niveles de roca meteorizada de la formación La Palma. (Kipa)



2.3 Implicaciones geotécnicas.

Las características de la litología local condicionan de manera crítica la estabilidad del entorno del puente. Los suelos residuales derivados de lutitas poseen baja resistencia al corte (ϕ’ reducido y cohesión efectiva moderada), alta compresibilidad y marcada pérdida de resistencia al saturarse, lo cual aumenta la propensión a procesos de erosión y deslizamientos superficiales. La presencia de la elementos estructurales como la Falla de la Victoria constituye una debilidad estructural adicional, que favorece procesos de socavación localizada y pérdida de confinamiento en los apoyos del puente. Estas condiciones hacen necesario implementar obras de protección hidráulica y recuperación de estructuras de confinamiento en los apoyos del pontón.

.

2.4 Taludes en los accesos del puente [NO]

Aunque en entorno geológico alrededor de puente es de alta montaña, los taludes que se localizan en los accesos del puente no presentan interferencia directa con la estructura.

3 PROCESOS MORFODINÁMICOS

Procesos activos: [SI _X_ NO ___]

(Marcar los que apliquen)

- ☐ Remoción en masa (deslizamientos, flujos, reptación)
- ☐ Caída de bloques / Desprendimientos
- ■ Erosión superficial en taludes
- ■ Socavación lateral del cauce
- ☐ Meteorización intensa en taludes rocosos
- ☐ Ninguno observado

3.1 Descripción del proceso activo

Los procesos activos en el puente son del orden local, focalizados en el área propia del puente, se identifican procesos de arrastre y sedimentación en el eje de la estructura, así mismo como socavación en la salida de la estructura que afecta directamente los apoyos de los estribos.

Imagen No 3 vista hacia aguas abajo sección del puente.



4 ESTRIBOS Y ELEMENTOS DE CONFINAMIENTO

4.1 Descripción general de las estructuras de apoyo.

4.1.1 Estribos.

Los apoyos del puente corresponden a estribos en concreto reforzado conformados por muros en voladizo, los cuales funcionan simultáneamente como elementos de soporte del tablero del puente y como estructuras de contención del relleno de los accesos. Estos elementos estructurales se encuentran apoyados sobre cimentación superficial, transmitiendo las cargas del puente hacia el terreno de fundación. Los estribos presentan paramentos frontales verticales de concreto fundido in situ, evidenciándose juntas de construcción horizontales asociadas al proceso constructivo del elemento. En el cuerpo de los muros se identifican perforaciones transversales que conforman un sistema de lloraderos, dispuestas para permitir el alivio de presiones hidrostáticas generadas en el trasdós por infiltración o acumulación de agua en el relleno del terraplén de acceso.

Desde el punto de vista estructural, durante la inspección de campo no se evidencian agrietamientos, fisuramientos ni deformaciones aparentes en el concreto que indiquen procesos de asentamiento diferencial o desplazamientos en los cuerpos de los estribos. El estado superficial del concreto se mantiene en condiciones aceptables, observándose principalmente manchas de humedad, escorrentías superficiales y colonización biológica, condiciones asociadas al ambiente húmedo característico del cauce. No obstante, en la zona de salida hidráulica de la estructura (descole) se identifica un proceso erosivo que ha generado un desnivel aproximado de 3.0 m en el lecho del cauce, evidenciando un fenómeno de socavación localizado aguas abajo del puente. Como consecuencia de este proceso, en el estribo correspondiente al lado Quípama se observa descalce parcial en la esquina de la cimentación, con pérdida de soporte del material de fundación en ese sector.

Este fenómeno se presenta de manera localizada en el entorno inmediato del apoyo y constituye una condición que debe ser evaluada con mayor detalle en el análisis de socavación y estabilidad de la cimentación, el cual se desarrolla en apartados posteriores del presente diagnóstico.

Imagen No 4 Estribos puente Nopasal. (Imagen izq. Lado Quipama – Imagen der. Lado La Victoria)



4.1.2 Aletas de confinamiento

Las aletas de confinamiento asociadas a los accesos del puente se encuentran construidas en mampostería de piedra pegada conformando muros de gravedad, cuya función es contener lateralmente el material del terraplén y estabilizar los taludes adyacentes a los estribos. Durante la inspección de campo se evidenció que, en el lado de Quípama, la aleta localizada aguas arriba se encuentra empotrada dentro del relleno del acceso, manteniendo su posición y cumpliendo adecuadamente su función de confinamiento sin observarse desplazamientos ni afectaciones estructurales aparentes; sin embargo, la aleta ubicada aguas abajo en este mismo lado presenta colapso total, evidenciándose la pérdida del suelo de apoyo en su base y la caída del elemento de confinamiento, lo cual ha dejado expuesto el costado del puente y el terraplén lateral sin soporte estructural. Esta condición se encuentra directamente relacionada con el proceso de socavación identificado en la salida hidráulica de la estructura, el cual ha generado erosión del material de fundación y se asocia con el descalce observado en la cimentación del estribo del lado Quípama.

Imagen No 5 Aletas aguas abajo (Imagen Izq. Lado la Victoria – Imagen der. Lado Quipama)



Por su parte, en el lado correspondiente a La Victoria, tanto la aleta aguas arriba como aguas abajo se encuentran igualmente conformadas por piedra pegada y mantienen su función de confinamiento del terraplén; no obstante, se identifican indicios de escorrentías superficiales provenientes de la vía, las cuales descienden por el trasdós y el cuerpo de las aletas generando procesos de erosión localizada del material de relleno y socavación incipiente en el trasdós de la aleta aguas abajo, condición que podría favorecer la pérdida progresiva de soporte del terraplén si no se implementan medidas de manejo y control de drenajes superficiales.

Imagen No 6 Aletas aguas arriba (Imagen izq. Lado Quipama – Imagen der. Lado La Victoria)



4.1.3 Muros de aproximación (No existen):

5 AFECTACIONES Y PATOLOGÍAS

5.1 Cimentación de estribos

5.1.1 estribo del lado Quipama y zona de descole.

Las cimentaciones de los estribos presentan condiciones diferenciadas en cada margen del puente. En el lado Quípama se evidencia un proceso de socavación activa en la zona de descole, el cual ha generado un descenso significativo del lecho del cauce y la consecuente pérdida de material de apoyo en la base del estribo, configurando un descalce localizado en la esquina de la cimentación. Esta condición se encuentra asociada al colapso de la aleta aguas abajo en este mismo lado y a los procesos erosivos que afectan el entorno inmediato del apoyo. Asimismo, se observa que la progresión de este proceso erosivo ya comienza a intervenir el sector de la cimentación del estribo del lado La Victoria, evidenciándose pérdida de material en el entorno del apoyo producto de la caída del flujo desde la losa de salida y del descenso del lecho del cauce.

Imagen No 7 Estado actual de apoyos en descole



Aunque este estribo no presenta aún un descalce tan marcado como el observado en el lado Quípama, la evolución del fenómeno indica que la socavación está avanzando lateralmente hacia este apoyo, situación que podría comprometer progresivamente su condición de fundación si no se implementan medidas de control y estabilización del descole.

5.1.2 Aletas de confinamiento.

El colapso de la aleta de confinamiento aguas abajo del lado Quípama se encuentra asociado a la pérdida progresiva del material de fundación producto del proceso de socavación desarrollado en la zona de descole del puente. La erosión del lecho generó la remoción del suelo de apoyo en la base del muro, provocando la pérdida de confinamiento lateral y de soporte en la cimentación del elemento. Debido a que la aleta se encontraba construida en mampostería de piedra pegada conformando un muro de gravedad, este tipo de estructura depende principalmente de su peso propio y del apoyo continuo del terreno para garantizar su estabilidad. En este caso, al producirse la socavación y la consecuente pérdida del material de fundación, el muro perdió la condición de apoyo uniforme necesaria para su funcionamiento estructural, y dado que este tipo de elementos presenta baja capacidad para redistribuir esfuerzos y limitada rigidez frente a pérdidas diferenciales de soporte, se generó la inestabilidad del conjunto y su posterior colapso. Como resultado, el costado aguas abajo del lado Quípama quedó sin confinamiento lateral del terraplén, permitiendo la exposición del talud y favoreciendo la continuidad de los procesos erosivos que actualmente también afectan el entorno inmediato de la cimentación del estribo.

Imagen No 8 Aleta aguas abajo lado Quipama afectada.



5.2 Taludes márgenes del cauce

Para la descripción geométrica se toma como referencia la dirección del flujo del cauce. En este sentido, se denominan taludes de margen derecha (M-D) y margen izquierda (M-I) los localizados aguas arriba, y de igual forma se identifican los taludes correspondientes aguas abajo.

5.2.1 Taludes aguas arriba:

Los taludes del cauce en el entorno del puente presentan condiciones diferenciadas entre los sectores aguas arriba y aguas abajo de la estructura. En el tramo aguas arriba, los taludes se encuentran cubiertos por vegetación densa, la cual contribuye a la estabilidad superficial del

terreno; en algunos sectores se observa exposición del basamento rocoso conformado por lodolitas de tonalidad gris, evidenciándose localmente pequeños desprendimientos de bloques producto de procesos naturales de meteorización. No obstante, estos desprendimientos se presentan de manera puntual y no generan afectación directa sobre la integridad estructural del puente, por lo que las acciones requeridas en este sector se orientan principalmente a labores de mantenimiento y limpieza, con el fin de evitar acumulación de material suelto en las proximidades de la estructura.

Imagen No 9 Taludes aguas arriba.



5.2.2 Taludes aguas abajo:

Por su parte, en el sector aguas abajo se identifican procesos de arrastre superficial y erosión leve en los taludes, asociados al escurrimiento de agua y a la dinámica natural del cauce; sin embargo, estas afectaciones no comprometen directamente los apoyos del puente. Al igual que en el tramo aguas arriba, los taludes presentan cobertura vegetal espesa, la cual contribuye a la protección superficial del terreno y limita el desarrollo de procesos erosivos de mayor magnitud en el entorno inmediato de la estructura.

Imagen No 10 Taludes aguas abajo



5.3 Socavación

El aspecto más crítico identificado durante la inspección corresponde al proceso de socavación localizado en la zona de descole del puente, donde se evidencia un descenso significativo del lecho del cauce asociado a la acción concentrada del flujo en la salida hidráulica de la estructura. Este fenómeno ha generado un desnivel aproximado de 3.0 m en el perfil del cauce, produciendo procesos de erosión regresiva que han afectado directamente el entorno inmediato de los apoyos del puente.

Como consecuencia de esta incisión del cauce, se observa la pérdida de material de fundación en el sector aguas abajo del estribo del lado Quípama, configurando un descalce localizado en la esquina de la cimentación, condición que también ocasionó la pérdida de soporte del muro de confinamiento correspondiente a la aleta aguas abajo de este mismo lado, provocando su colapso y dejando expuesto el terraplén lateral del acceso. En el sector del descole se evidencia además que entre la base de la cimentación del estribo y el nivel del basamento rocoso se ha generado un vacío aproximado de 1.80 m, producto de la remoción del material intermedio por efecto de la erosión hidráulica.

A pesar de la intensidad del proceso erosivo, se identifica que la socavación está interactuando directamente con el basamento rocoso del cauce, compuesto por lodolitas de tonalidad gris, material que aflora tanto en el lecho como en los taludes cercanos a la estructura. La presencia de este nivel rocoso permite inferir que la cimentación de los estribos se encuentra apoyada sobre este basamento, el cual ha actuado como un control natural que ha limitado la profundización del proceso de socavación. Sin embargo, debido al grado de meteorización y fracturamiento del material rocoso, el flujo concentrado en la salida del puente ha favorecido la remoción progresiva de fragmentos del basamento y del material suprayacente, permitiendo el desarrollo del proceso erosivo actualmente observado.

Imagen No 11 Proceso de socavación en descole del puente, afectación directa sobre cimentación



En consecuencia, el fenómeno identificado corresponde a un proceso de socavación localizado con incisión sobre basamento rocoso, el cual ha generado descalce parcial del estribo del lado Quípama, colapso de la aleta aguas abajo y formación de un vacío en el entorno de la cimentación, configurando la condición geotécnica más crítica del puente en su estado actual.

5.4 Otros daños observados

En el sector correspondiente al lado Quípama, aguas abajo de la estructura, se identifica descalce y pérdida parcial de la banca de la vía, condición asociada directamente al colapso de la aleta de confinamiento en este costado del puente. La pérdida de este elemento de contención permitió la remoción progresiva del material lateral del terraplén, generando un vacío en el borde de la calzada y dejando expuesto el talud adyacente a la estructura. Durante la inspección se observó la disposición de troncos de madera utilizados de manera provisional como elemento de paso, los cuales han sido colocados para permitir la continuidad del tránsito sobre el sector afectado; sin embargo, esta medida corresponde únicamente a una solución temporal de carácter informal, que no garantiza condiciones adecuadas de estabilidad ni seguridad para la vía. En consecuencia, esta condición deberá ser corregida dentro de las acciones de intervención que se definan para la estructura, las cuales deberán contemplar la recuperación del confinamiento lateral del terraplén mediante la reposición de la aleta colapsada y la restitución del material de la banca en el sector afectado.

Imagen No 12 Perdida de calzada debido al colapso de la aleta aguas abajo lado Quipama



6 CONCEPTO GEOTÉCNICO DEL DIAGNÓSTICO

6.1 Hallazgos principales

Durante la inspección técnica del puente sobre la quebrada Nopasal se identificaron las siguientes condiciones geotécnicas y estructurales relevantes:

- Se evidencia un proceso activo de socavación en la zona de descole de la estructura, asociado a la concentración del flujo hidráulico a la salida del puente.
- El proceso erosivo ha generado un descenso del lecho del cauce y un proceso de incisión regresiva aguas abajo, removiendo el material existente en el entorno de las cimentaciones.
- En el sector del descole se observa la formación de un vacío aproximado de 1.80 m entre la base de la cimentación del estribo y el nivel del basamento rocoso, producto de la erosión del material intermedio.

- El eje actual del cauce se encuentra desplazado aproximadamente 3.0 m respecto al borde de la cimentación, lo cual ha limitado que el flujo incida directamente sobre el apoyo en toda su sección.
- El lecho del cauce y parte de los taludes presentan afloramientos de basamento rocoso conformado por lodolitas de tonalidad gris, material que constituye el estrato de apoyo de la cimentación del puente.
- Se evidenció el colapso de la aleta aguas abajo del lado Quípama, debido a la pérdida de material de fundación y a la baja rigidez del sistema constructivo en piedra pegada.
- Como consecuencia de esta falla se presenta pérdida parcial de la banca de la vía en el acceso del puente, condición que actualmente se encuentra atendida mediante elementos provisionales de paso.
- Los taludes del cauce aguas arriba se encuentran estables, con cobertura vegetal densa y exposición localizada de basamento rocoso.
- En el sector aguas abajo se identifican procesos menores de arrastre superficial en los taludes, sin que estos comprometan directamente la estabilidad estructural del puente.

6.2 Patologías críticas identificadas

Del análisis de la condición actual de la estructura se identifican las siguientes patologías geotécnicas y estructurales:

- Socavación localizada en el descole de la estructura
- El proceso erosivo del flujo ha generado incisión del cauce y remoción de material en el entorno de las cimentaciones, provocando descalce localizado en el estribo del lado Quípama.
- Pérdida de confinamiento lateral del terraplén
- El colapso de la aleta aguas abajo del lado Quípama ha generado pérdida del confinamiento del terraplén de acceso, permitiendo la remoción del material lateral y la generación de vacío en el borde de la banca.
- Descalce parcial de la cimentación
- La erosión del material existente entre el nivel de fundación y el basamento rocoso ha generado una cavidad aproximada de 1.80 m, dejando expuesto el entorno de la cimentación.
- Deterioro del terraplén de acceso
- La pérdida del elemento de confinamiento lateral ha ocasionado pérdida de material de la banca de la vía, reduciendo el ancho útil del acceso al puente.

6.3 Nivel de riesgo

Para fines prácticos de la presente ficha, se adopta una metodología simplificada que evalúa el riesgo en función de la combinación de:

Riesgo = Probabilidad × Consecuencia

Riesgo	Nivel
1 – 4	Bajo
5 – 9	Medio
10 – 16	Alto
15 – 25	Muy Alto (Critico)

- **Probabilidad (P):** nivel de ocurrencia esperado de la amenaza, a partir de observaciones de campo (procesos activos, evidencia de deterioro, antecedentes).

Probabilidad	Muy baja	Baja	Media	Alta	Muy alta
Valor	1	2	3	4	5

  - Muy alta: Evidencia clara de socavación crítica, erosión activa, procesos que avanzan rápido.
  - Alta: Procesos activos con señales fuertes (exposición parcial de cimentación, erosión marcada).
  - Media: Señales moderadas (grietas, erosión incipiente, arrastre de material leve).
  - Baja: Evidencias menores, procesos lentos.
  - Muy baja: No se observan procesos activos, estabilidad aparente.

- **Consecuencia (C):** impacto potencial sobre la estructura y el servicio vial en caso de materializarse la amenaza.

Consecuencia	Menor	Moderada	Seria	Mayor	Catastrófica
Valor	1	2	3	4	5

  - Catastrófica (5): Colapso total del puente, interrupción prolongada de la vía.
  - Mayor (4): Afectación grave de la estructura (un estribo/pila comprometida).
  - Seria (3): Daños estructurales importantes, pero con posibilidad de rehabilitación.
  - Moderada (2): Daños reparables sin riesgo inmediato de pérdida del servicio.
  - Menor (1): Patología superficial, no compromete la seguridad.

Esta aproximación está alineada con los lineamientos de INVIAS – Cartilla de Gestión del Riesgo en Infraestructura Vial

Probabilidad	Consecuencia	Nivel de riesgo
4	4	Alto

6.4 Obras necesarias

De acuerdo con el diagnóstico técnico, se identifican como necesarias las siguientes acciones de intervención para recuperar las condiciones de estabilidad y funcionalidad de la estructura:

- Recuperación del apoyo de la cimentación en el sector afectado por socavación, mediante obras de recalce y restitución del material removido.

- Estabilización del sector de descole del puente, con el fin de detener el avance del proceso erosivo.
- Reposición de la aleta aguas abajo del lado Quípama, restableciendo el confinamiento lateral del terraplén de acceso.
- Reconformación de la banca de la vía en el acceso del puente, restituyendo el material perdido y garantizando condiciones adecuadas de tránsito.
- Protección hidráulica del sector de salida del puente, con el fin de controlar la energía del flujo y evitar la profundización del proceso de socavación.

6.5 Exploración geotécnica

- **Caracterización del lecho del cauce**: se debe evaluar el tipo de suelo del lecho del rio mediante granulometrías y propiedades base para analizar la socavación para el tiempo de retorno según los parametros hidráulicos, de esta manera proyectar las profundidades de socavación local a las márgenes del rio.
- **Sondeo mecánico**: debido a que se logra identificar el material de cimentación del estribo, no se considera necesario proyectar exploración, si se solicita la extracción de núcleos sobre el macizo para validar la resistencia de la macrofabrica del basamento.

6.6 Proyección de obras definitivas:

Considerando la dinámica hidráulica observada y la interacción del flujo con el basamento rocoso del cauce, las obras definitivas que deberán contemplarse en el diseño de intervención corresponden a:

- Limpieza de material de arrastre localizado entre los apoyos del puente.
- Recalce estructural de las cimentaciones en el sector afectado, garantizando condiciones adecuadas de transferencia de cargas hacia el basamento rocoso.
- Reconstrucción estructural de la aleta colapsada, con un sistema que permita mejorar el confinamiento del terraplén y su resistencia frente a procesos erosivos.
- Implementación de obras de disipación de energía en la salida del puente, que reduzcan la capacidad erosiva del flujo concentrado.
- Recuperación de calzada en la zona afectada por el colapso de la aleta.
- Se debe tener el cuenta que para poder proyectar la aleta nueva primero se debe atender el recalce y estructura de disipación en el descole, esto para controlar y darle soporte al suelo donde se deba proyectar la aleta.

6.7 Esquematización de propuesta de mitigación

Puente	Nopasal – La Victoria



7 CONCLUSIÓN DEL DIAGNÓSTICO

El análisis realizado permite establecer que la problemática principal que afecta al puente corresponde a un proceso de socavación localizado en la zona de descole, el cual ha generado descalce parcial de la cimentación del estribo del lado Quípama, pérdida del elemento de confinamiento lateral y deterioro del terraplén de acceso.

A pesar de esta condición, la estructura principal del puente mantiene actualmente su estabilidad global, debido a que las cimentaciones se encuentran apoyadas sobre un basamento rocoso de lodolitas, el cual actúa como estrato competente frente a las cargas estructurales. Sin embargo, la presencia de cavidades generadas por la erosión y la pérdida de elementos de confinamiento lateral configuran una condición de vulnerabilidad estructural, que podría agravarse si el proceso de socavación continúa evolucionando.

En consecuencia, se considera necesario implementar obras de intervención orientadas a recuperar el apoyo de las cimentaciones, restablecer el confinamiento lateral del terraplén y estabilizar el descole del puente, con el fin de garantizar la estabilidad geotécnica y la funcionalidad hidráulica de la estructura en el largo plazo.

Firmas

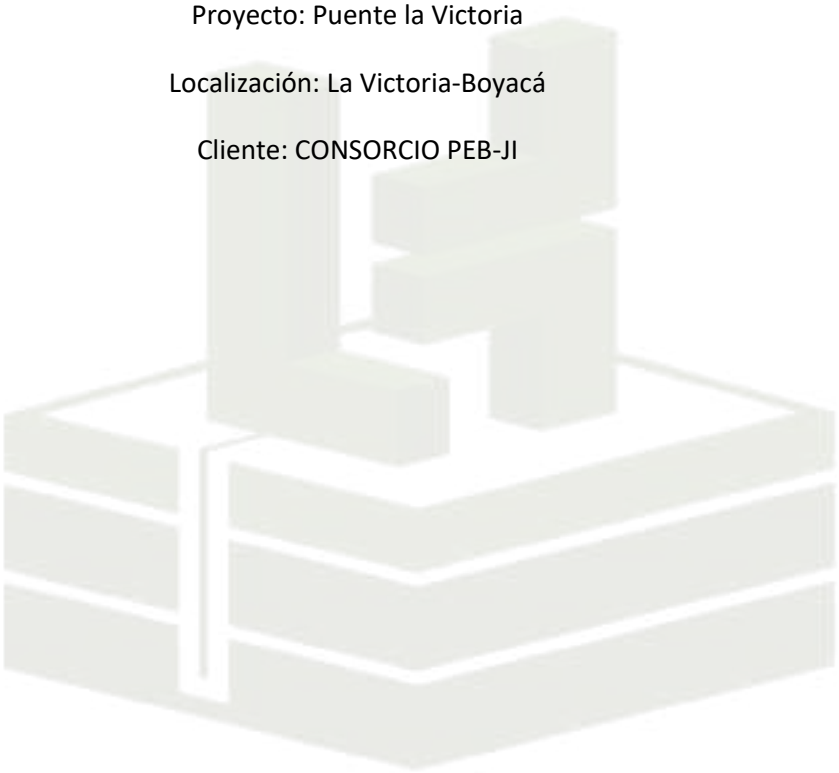
Geotecnista:	Yenser Antonio Cantero Serrano	**Revisor:**	
T.P.:	54202-363195 NTS	**T.P.:**	
Fecha:	09/09/2025	**Fecha:**	

ES 26002-3 – PUENTE LA VICTORIA

Proyecto: Puente la Victoria

Localización: La Victoria-Boyacá

Cliente: CONSORCIO PEB-JI



LÓPEZ HERMANOS GEOTECNIA Y AGUAS SUBTERRÁNEAS S.A.S.

Fecha: febrero 2026

1. INTRODUCCIÓN Y ALCANCE

El presente documento contiene el diseño geotécnico de la losa de aproximación del Puente La Victoria, ubicado en el municipio de la Victoria, Boyacá. El objetivo principal es establecer los parámetros geotécnicos y las recomendaciones para el diseño y construcción de la losa de aproximación, garantizando la estabilidad y el control de los asentamientos diferenciales entre el estribo y el terraplén de acceso. El estudio se fundamenta en los resultados de campo y laboratorio obtenidos por LÓPEZ HERMANOS GEOTECNIA Y AGUAS SUBTERRÁNEAS S.A.S., aplicando los lineamientos de la NSR-10 (Título H).

2. INVESTIGACIONES DE CAMPO Y LABORATORIO

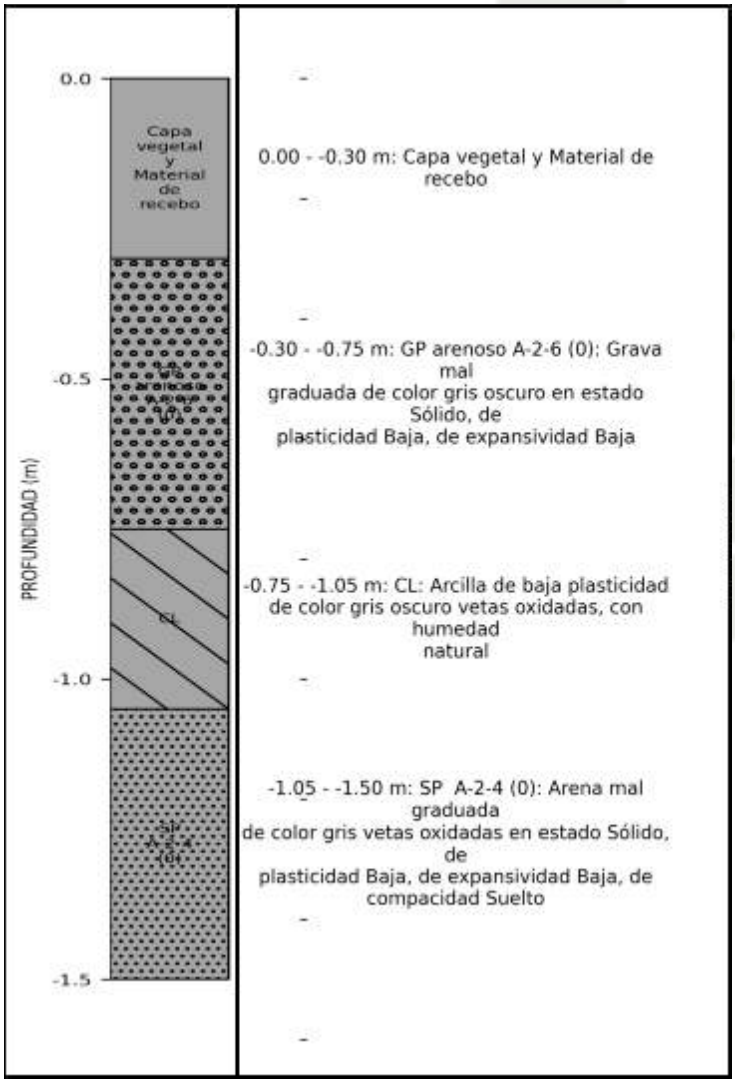
Se realizaron dos apiques geotécnicos, denominados AP-1 y Núcleo 1, con profundidades de hasta 1,50 m, mediante los cuales se obtuvieron muestras alteradas. En laboratorio se ejecutaron ensayos de clasificación, límites de Atterberg, granulometría, CBR y penetracion normal.



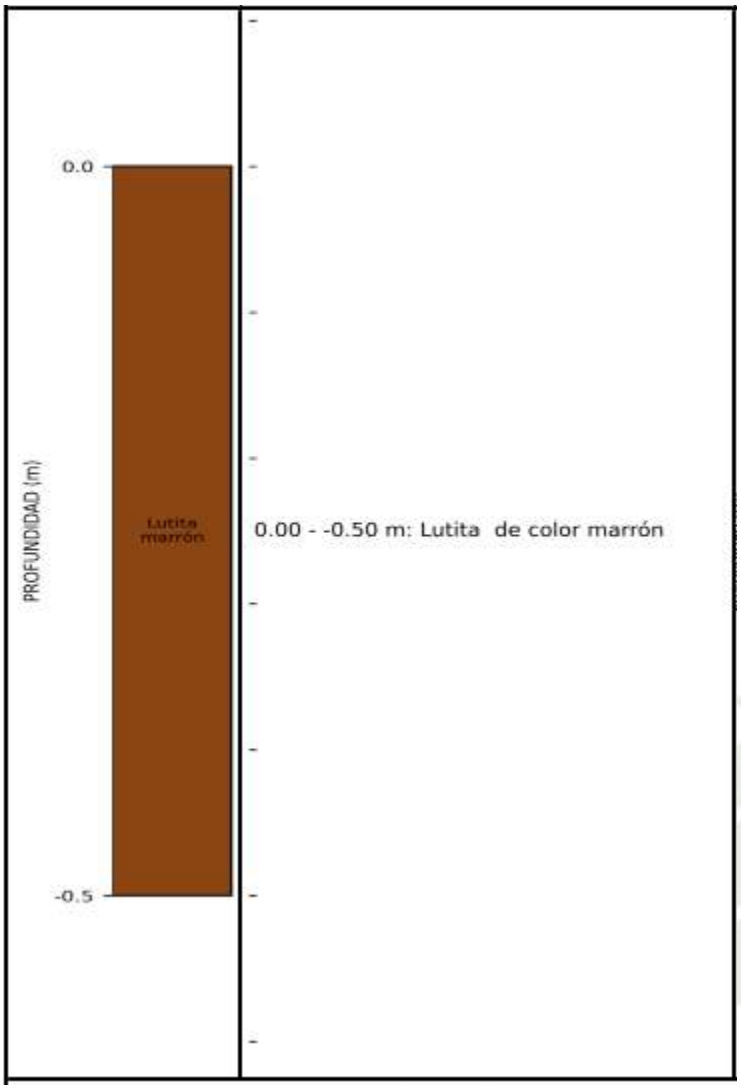
3. CARACTERIZACIÓN DE MATERIALES

El perfil de suelo explorado hasta 1.50 m de profundidad presenta una capa superficial de cobertura vegetal y material de recebo, seguida por una secuencia de materiales predominantemente granulares y finos de baja plasticidad. Se identifican estratos de grava y arena mal gradadas, intercalados con una capa de arcilla de baja plasticidad, todos de tonalidades grises con presencia de vetas oxidadas. En general, el subsuelo está conformado por suelos de baja expansividad y condiciones naturales de humedad, con variaciones en compacidad y consistencia a lo largo de la profundidad evaluada.

AP-1



NUCLEÓ



4. CAPACIDAD DE SOPORTE Y ASENTAMIENTOS

La capacidad de soporte se calcula como

LÓPEZ HERMANOS GEOTECNIA Y AGUAS SUBTERRÁNEAS S.A.S.

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y CONCRETOS

Avenida Norte No. 48-57 Tel. 403972 Tunja, BOY.

Obra: ES26002-3 LA VICTORIA

Localización La Victoria, Boyacá

Fecha de ensayos: Junio 2025

CUADRO RESUMEN DE ENSAYOS

Barreno N°- Prof. (m)	PROF		Propiedades físicas y clasificación																C,B,R								Descripción
			Humedad natural%	Límite Líquido (%)	Límite plástico (%)	Índice de plasticidad (%)	Índice de liquidez	Humedad de equilibrio (%)	Peso unitario total (kN/m³)	Peso unitario seco (kN/m³)	Peso unitario seco crítico (kN/m³)	%Pasa No.4 (<4.75 mm)	%Pasa No.10 (<2.00mm)	%Pasa No.40 (<0.410mm)	% Pasa 200 (<0.075mm)	% Finos	% Arenas	% Gravas	Clasificación USC/ AASHTO	Densidad Máxima LAB (kg/m3)	Humedad Sumergido(%)	CBR Sumergido %	CBR Inalterado %	% Expansión CBR Inalterado	CBR Estimado de PDC	CBR (IG)	CBR promedio estimado (AASHTO)	
AP-1 (0,55/0,75)	-0,65		9,8	34	23	11	-1,2	19,6	-	-	13,9	41	-	-	8	8	33	59	GP arenoso A-2-6 (0)	2330	14,15	12,29	14,72	0,28	-	12	46	Grava mal graduada de color gris oscuro en estado Sólido, de plasticidad Baja, de expansividad Baja
AP-1 (0,75/1,05)	-0,9		11,3	-	-	-			22,0	19,8	-		-	-					CL	-		-	-	-	-			Arcilla de baja plasticidad de color gris oscuro vetas oxidadas, con humedad natural
AP-1 (1,05/1,50)	-1,275		9,1	29	21	8	-1,5	17,2	-	-	15,0	64	-	-	21	21	43	36	SP A-2-4 (0)	-		-	-	-	-	12	34	Arena mal graduada de color gris vetas oxidadas en estado Sólido, de plasticidad Baja, de expansividad Baja, de compacidad Suelto
NÚCLEO N°1 (0,00/0,50)	-0,25		5,8	-	-	-			-	-	-		-	-						-		-	-	-	-			Lutita de color marrón

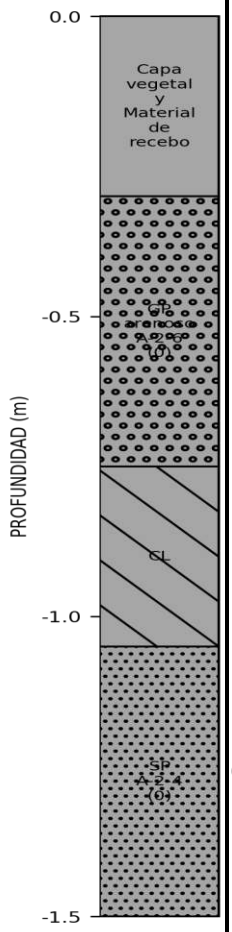
LOPEZ HERMANOS GEOTECNIA Y AGUAS SUBTERRANEAS S.A.S.

Avenida Norte 48-57 - Tunja (Boy). Tel: 3108717384. email: estudios@lhltda.com

ESTUDIO DE SUELOS - SERVICIO DE LABORATORIO DE SUELOS Y CONCRETOS - POZOS PROFUNDOS.

Solicitado por:	CONSORCIO PEB-JI.	**Barreno:**	AP-1	
Proyecto:	ES26002-3 LA VICTORIA	**Fecha inicio:**	28/enero/2026	
Ubicación:	La Victoria, Boyacá	**Fecha fin:**	28/enero/2026	
Latitud/Norte:	5°31'56.12"N	**Cota:**	0	m
Longitud/Este:	74°12'14.09"O	Cota NF:	-	m
Tipo sondeo:	Apique	**PROF N.F**	-	m

COLUMNA ESTATIGRAFICA	DESCRIPCION PERFIL	*RESISTENCIA NO DRENADA*	*PENETRACION NORMAL*

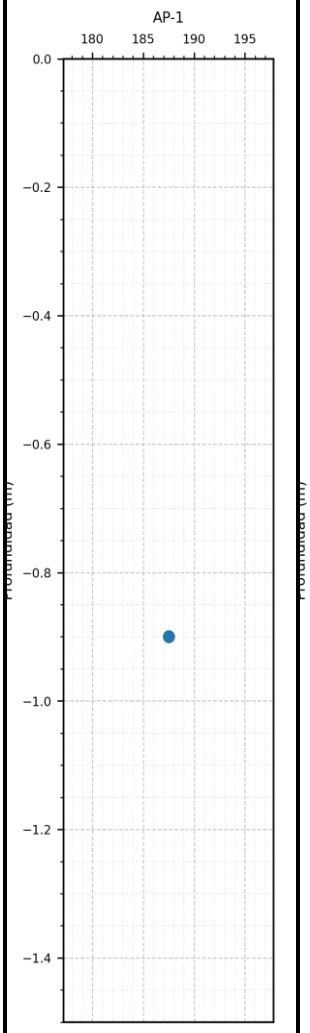


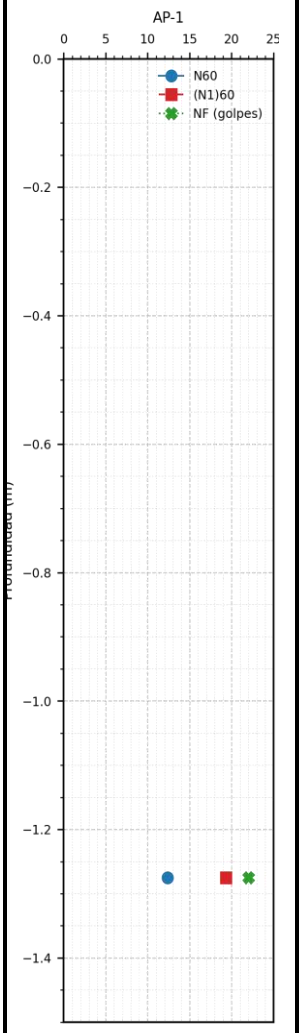
0.00 - -0.30 m: Capa vegetal y Material de recebo

-0.30 - -0.75 m: GP arenoso A-2-6 (0): Grava mal graduada de color gris oscuro en estado Sólido, de plasticidad Baja, de expansividad Baja

-0.75 - -1.05 m: CL: Arcilla de baja plasticidad de color gris oscuro vetas oxidadas, con humedad natural

-1.05 - -1.50 m: SP A-2-4 (0): Arena mal graduada de color gris vetas oxidadas en estado Sólido, de plasticidad Baja, de expansividad Baja, de compacidad Suelto





OBSERVACIONES	Profundidad explorada	1.5 m

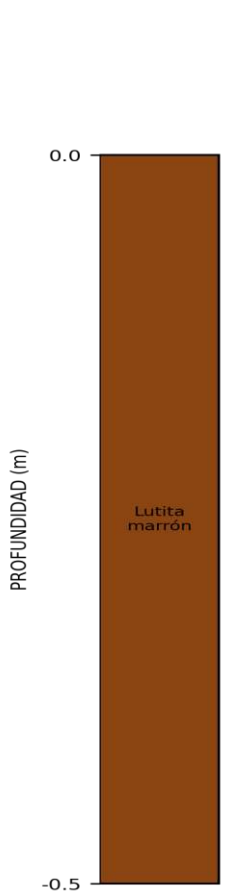
LOPEZ HERMANOS GEOTECNIA Y AGUAS SUBTERRANEAS S.A.S.

Avenida Norte 48-57 - Tunja (Boy). Tel: 3108717384. email: estudios@lhltda.com

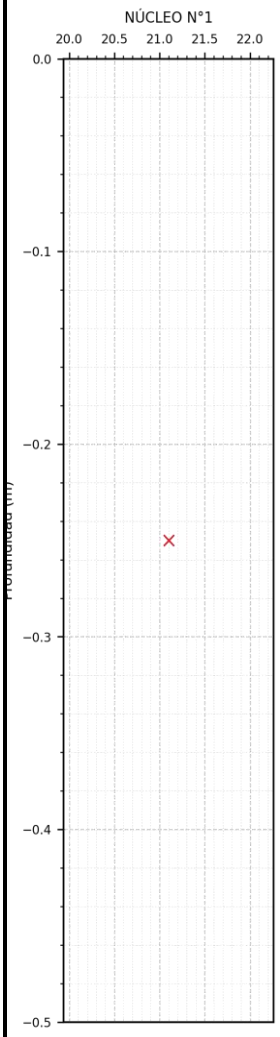
ESTUDIO DE SUELOS - SERVICIO DE LABORATORIO DE SUELOS Y CONCRETOS - POZOS PROFUNDOS.

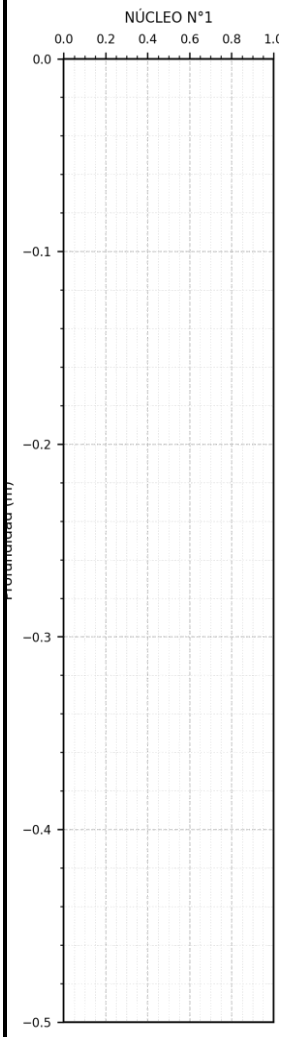
Solicitado por:	CONSORCIO PEB-JI.	**Barreno:**	NÚCLEO N°1	
Proyecto:	ES26002-3 LA VICTORIA	**Fecha inicio:**	28/enero/2026	
Ubicación:	La Victoria, Boyacá	**Fecha fin:**	28/enero/2026	
Latitud/Norte:	5°31'56.28"N	**Cota:**	0	m
Longitud/Este:	74°12'14.63"O	Cota NF:	-	m
Tipo sondeo:	Núcleo	**PROF N.F**	-	m

COLUMNA ESTATIGRAFICA	DESCRIPCION PERFIL	*RESISTENCIA NO DRENADA*	*PENETRACION NORMAL*



0.00 - -0.50 m: Lutita de color marrón





OBSERVACIONES	Profundidad explorada	0.5 m

$$q_{admisible} \quad 11.98 N_{corr} \quad \frac{3.28B \quad 1}{3.28B}^{2} \quad Fd \quad \frac{S_e}{25} \quad \mathrm{kN/m^2} \; o \; \mathrm{KPa}$$

$B \quad 1.22m$

N_{cor} Numero de golpes penetracion estandar corregido

$\mathrm{Fd} = 1 + 0.33 \; {}^{\mathrm{D_f}}/_{B} \quad 1.33$

S_e Asentamiento tolerable (mm)

Df=	1			Df=	1,5	
B (m)	***Fd***	***q admisible (kPa)***	***q admisible (ton/m²)***	***Fd***	***q admisible (kPa)***	***q admisible (ton/m²)***
1,000	1,33	325,56	33,2	1,33	325,56	33,2
1,500	1,22	254,34	26,0	1,33	276,82	28,2
2,000	1,17	222,72	22,7	1,25	238,61	24,3
2,500	1,13	205,07	20,9	1,20	217,12	22,2
3,000	1,11	193,83	19,8	1,17	203,51	20,8
4,000	1,08	180,37	18,4	1,12	187,30	19,1
5,000	1,07	172,60	17,6	1,10	177,99	18,2
Df=	2					
B (m)	***Fd***	***q admisible (kPa)***	***q admisible (ton/m²)***			
1,000	1,33	325,56	33,2			
1,500	1,33	276,82	28,2			
2,000	1,33	253,94	25,9			
2,500	1,27	229,17	23,4			
3,000	1,22	213,20	21,8			
4,000	1,17	194,23	19,8			
5,000	1,13	183,38	18,7			

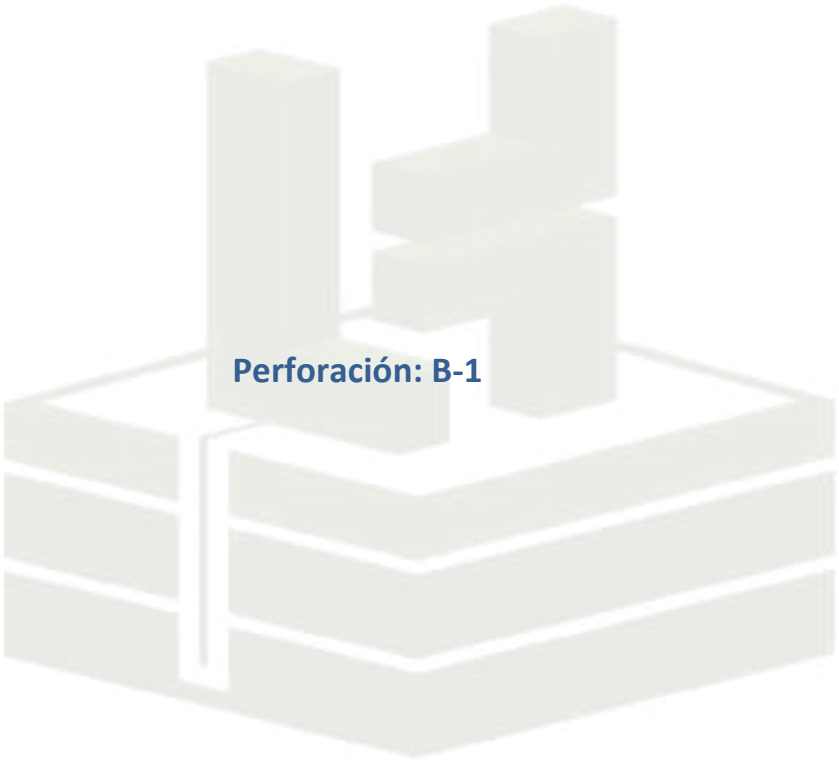
Tabla 1: Capacidad de soporte costado suroeste

Con la presión aplicada los asentamientos se esperan menores a los 25 mm

7. CONCLUSIONES

Los materiales de fundación presentan condiciones adecuadas para el apoyo de la losa de aproximación. No se prevén asentamientos significativos ni problemas de estabilidad.

REGISTRO FOTOGRÁFICO



Perforación: B-1



Foto-1. Zona de estudio.



Foto-2. Zona de estudio.



Foto-3. Zona de estudio.



Foto-4. Zona de estudio.



Foto-5. Zona de estudio.



Foto-6. Zona de estudio.



Foto-7. Zona de estudio.



Foto-8. Muestra 1-CBR



Foto -9. Muestra 1-CBR.



Foto -10. Muestra 1-CBR.



Foto-11. Muestra 2 (0.75-1.05)



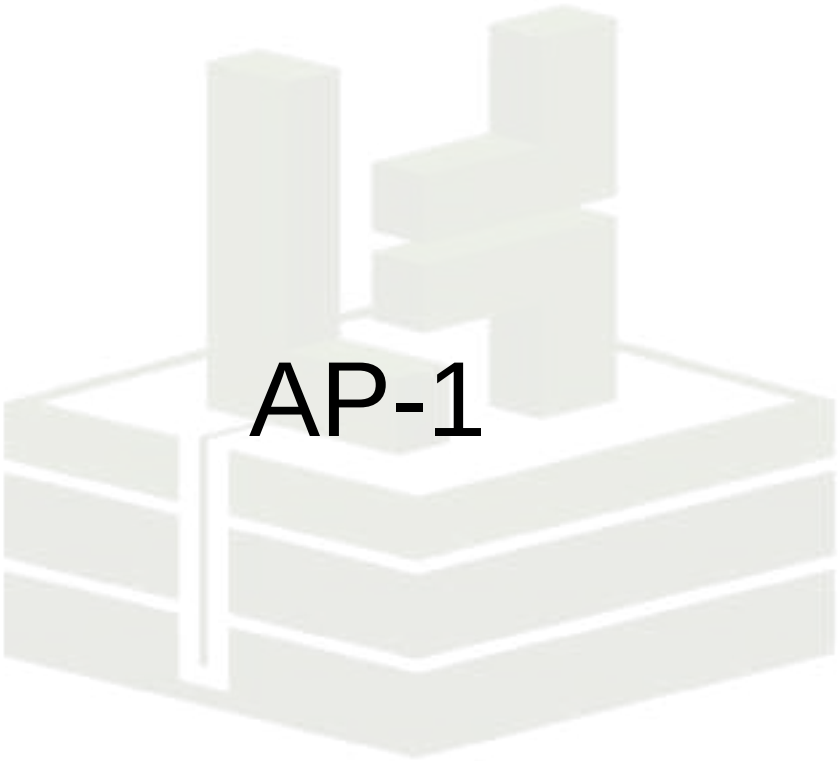
Foto-12. Extracción muestra 2.



Foto-13. Muestra 3 (1.05-1.50).



Foto-14. Nucleo 1.



AP-1

LÓPEZ HERMANOS S.A.S GEOTECNIA Y AGUAS SUBTERRÁNEAS	Formato del Sistema de Gestión de Calidad	Este documento es propiedad intelectual de López Hermanos Geotecnia y Aguas Subterráneas S.A.S	
	EJECUCIÓN DE ENSAYOS DE LABORATORIO		
	DETERMINACIÓN DE LA CANTIDAD DE MATERIAL QUE PASA EL TAMIZ DE 75 µM (NO.200) EN LOS AGREGADOS PÉTREOS MEDIANTE LAVADO INV E – 214-13	Versión No. 3	19/12/2024
		EL-INF-05	Página 1 de 1

Solicitado por:	CONSORCIO PEB-JI.	***Muestra No:***	***144931 (11)***
Dirección:	CL 109 14 B 60 OF 204 BRR CHICO	***Orden No.:***	***42543***
NIT./C.C.:	901977234-8	***Referencia cliente:***	ES26002-3 PUENTE LA VICTORIA
Tel.:	3102778858		
Obra:	ES2603-3 LA VICTORIA	***Fecha de muestreo:***	27/01/2026
Finalidad:	Determinar calidad del material	***Fecha de ingreso de la muestra:***	2/02/2026
Muestra tomada por:	López Hermanos (Geotecnia)	***Fecha de ensayo:***	7/02/2026
Procedencia:	La Victoria, Boyacá	***Fecha de Informe:***	12/02/2026 11:23
Profundidad (m):	0,55 - 0,75 m	***Barreno:***	AP-1
Descripción de la muestra:	Gravas de lutita con arena de estructura laminada, de color gris oscuro	***Tipo de muestra:***	CBR
Frente y localización:	La Victoria, Boyacá		

Peso suelo seco antes de lavar, (g)	499,5
Peso suelo seco despues de lavar, (g)	461
PASANTE MALLA 4, (%)	**41**
PASANTE MALLA 200, (%)	**8**
Grava (%)	**59**
Arena (%)	**33**
Finos (%)	**8**

OBSERVACIONES:

No reporta

Aprobó
ING. JOHANA CAROLINA CARO
TP. 15202-320655 BYC

Nota: Este folio no se deberá reproducir de forma parcial o total sin la aprobación por escrito de López Hermanos Geotecnia y Aguas Subterráneas S.A.S
Los resultados mostrados en este informe corresponden únicamente a la(s) muestra(s) ensayada(s) tal como fueron recibida(s) del cliente.
Los resultados de este informe corresponde al instante y las condiciones en que se realizó el ensayo. El laboratorio no se hace responsable del uso inadecuado de la información.
El laboratorio no es responsable de la información suministrada por el cliente. Los ensayos fueron realizados en el laboratorio López Hermanos SAS sede Tunja

-Fin de informe-

LÓPEZ HERMANOS S.A.S GEOTECNIA Y AGUAS SUBTERRÁNEAS	Formato del Sistema de Gestión de Calidad	Este documento es propiedad intelectual de López Hermanos Geotecnia y Aguas Subterráneas S.A.S	
	EJECUCIÓN DE ENSAYOS DE LABORATORIO		
	INFORME DE ENSAYO: DETERMINACIÓN EN LABORATORIO DEL CONTENIDO DE AGUA (HUMEDAD) DE MUESTRAS DE SUELO, ROCA Y MEZCLAS DE SUELO-AGREGADO INV E-122-13	Versión No. 2	18/11/2024
		EL-INF-03	1 de 1

		Orden No.:	***42543***
Solicitado por:	CONSORCIO PEB-JI.	***Muestra No.:***	***144931 (16)***
NIT./C.C.:	901977234-8	***Fecha de ingreso:***	2/02/2026
Dirección:	CL 109 14 B 60 OF 204 BRR CHICO	***Fecha de ensayo:***	7/02/2026
Tel.:	3102778858	***Fecha de Informe:***	12/02/2026
Obra:	ES2603-3 LA VICTORIA		
Finalidad:	Determinar calidad del material		
Fecha de muestreo:	27/01/2026		
Muestra tomada por:	López Hermanos (Geotecnia)		
Procedencia:	La Victoria, Boyacá		
Barreno:	AP-1	***Tipo de muestra:***	CBR
Profundidad (m):	0,55-0,75 m		
Descripción de la muestra:	Gravas de lutita con arena de estructura laminada, de color gris oscuro		
Referencia interna:	ES26002-3 PUENTE LA VICTORIA		
Frente y localización:	La Victoria, Boyacá		

Método de Ensayo	A
Recipiente N°	2023
Masa del recipiente, (g)	40,5
Masa del recipiente + suelo húmedo, (g)	589,2
Masa del recipiente + suelo seco, (g)	540
Contenido de Humedad, %	**9,8**

OBSERVACIONES:

No reporta

Revisó y Aprobó
JOHANA CAROLINA CARO
TP. 15202-320655 BYC

Nota: Este folio no se deberá reproducir de forma parcial o total sin la aprobación por escrito de López Hermanos Geotecnia y Aguas subterráneas S.A.S
Los resultados mostrados en este informe corresponden unicamente a la(s) muestra(s) ensayada(s) tal como fueron recibida(s) del cliente.
Los resultados de este informe corresponde al instante y las condiciones en que se realizo el ensayo. El laboratorio no se hace responsable del uso inadecuado de la información.
El laboratorio no es responsable de la información suministrada por el cliente. Los ensayos fueron realizados en el laboratorio López Hermanos SAS sede Tunja

-Fin de informe-

LÓPEZ HERMANOS S.A.S GEOTECNIA Y AGUAS SUBTERRÁNEAS	Formato del Sistema de Gestión de Calidad	Este documento es propiedad intelectual de López Hermanos Geotecnia y Aguas Subterráneas S.A.S	
	EJECUCIÓN DE ENSAYOS DE LABORATORIO	Versión No. 2	27/12/2024
	ENSAYO DE CBR INALTERADO INV E-148-13	EL-INF-32	-

Cliente: CONSORCIO PEB-JI.

Teléfono: 3102778858

Dirección: CL 109 14 B 60 OF 204 BRR CHICO

NIT: 901977234-8

Obra : ES2603-3 LA VICTORIA

Procedencia: La Victoria, Boyacá

Frente y localización : La Victoria, Boyacá

Barreno: AP-1

Profundidad (m): 0,55 m a 0,75m

Descripción: Gravas de lutita con arena de estructura laminada, de color gris

No. De Orden: ***42543***

No. Muestra: ***144931 (43)***

Fecha de muestreo: 2026/1/27

Fecha de ingreso: 2026/2/2

Fecha de ensayo: 2026/2/7

Fecha de informe: 12/02/2026 0:00

Tipo de ensayo	*No sumergido*			*Sumergido*		
Penetración	**Lectura celda**	**Carga Total**	**Carga Unitaria**	**Lectura celda**	**Carga Total**	**Carga Unitaria**
mm	lbf	N	MPa	lbf	N	MPa
0	0,0	0,0	0,0	0	0	0
0,64	159,00	707	0,37	108,00	480,41	0,25
1,27	259,00	1152	0,60	200,00	889,64	0,46
1,91	347,00	1544	0,80	288,00	1281,1	0,66
2,54	442,00	1966	**1,02**	369,00	1641,4	**0,85**
3,18	539,00	2398	1,24	445,00	1979,5	1,02
3,81	644,00	2865	1,48	519,00	2308,6	1,19
4,45	747,00	3323	1,72	586,00	2606,7	1,35
5,08	855,00	3803	**1,97**	650,00	2891,3	**1,49**
7,62	1286,00	5720	2,96	865,00	3847,7	1,99
10,16	1657,00	7371	3,81	1042,00	4635	2,39
12,70	1957,00	8705	4,50	1240,00	5515,8	2,85

	No sumergido	Sumergido
Humedad de Penetración (%):	9,8%	14,2%
C.B.R. corregido a 2,54 mm :	14,7%	12,3%
C.B.R. corregido a 5,08 mm :	19,1%	14,5%

DENSIDAD MUESTRA

Molde N°	15B	
Volumen =	2106	cm³
Masa molde	5043	g
Masa molde+suelo=	9952	g
Densidad=	2330	kg/m³
Densidad=	*145*	*Lbs/pie³*
Densidad seca=	2120	kg/m³

EXPANSION MUESTRA

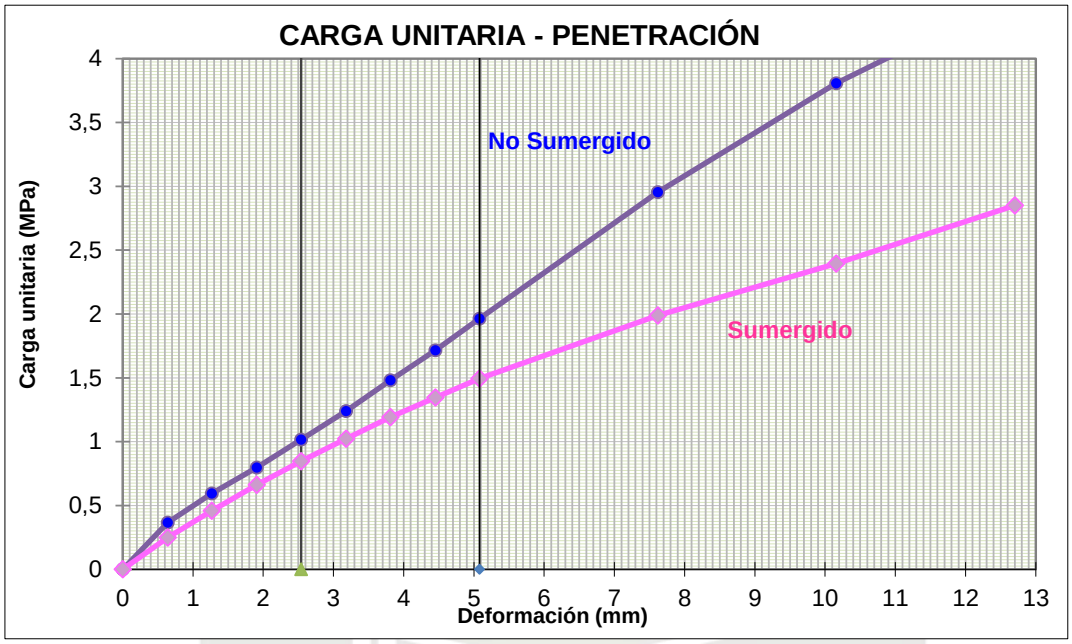
Lec. Inicial :	544
1 dia	550
2 dia	555
3 dia	557
4 dia	557
Expansión=	**0,28%**

REVISÓ Y APROBÓ
JOHANA CAROLINA CARO
MP. 15202-320655 BYC

Nota: Este folio no se deberá reproducir de forma parcial o total sin la aprobación por escrito de López Hermanos Geotecnia y Aguas Subterráneas S.A.S
Los resultados mostrados en este informe corresponden unicamente a la(s) muestra(s) ensayada(s) tal como fueron recibida(s) del cliente.
Los resultados de este informe corresponde al instante y las condiciones en que se realizo el ensayo. El laboratorio no se hace responsable del uso inadecuado de la información.
El laboratorio no es responsable de la información suministrada por el cliente. Los ensayos fueron realizados en el laboratorio López Hermanos SAS sede Tunja

LÓPEZ HERMANOS S.A.S GEOTECNIA Y AGUAS SUBTERRÁNEAS	Formato del Sistema de Gestión de Calidad	Este documento es propiedad intelectual de López Hermanos Geotecnia y Aguas Subterráneas S.A.S	
	EJECUCIÓN DE ENSAYOS DE LABORATORIO	Versión No. 2	27/12/2024
	ENSAYO DE CBR INALTERADO INV E-148-13	EL-INF-32	-

Cliente:	CONSORCIO PEB-JI.	***No. De Orden:***	***42543***
Teléfono:	3102778858	***No. Muestra:***	***144931 (43)***
Dirección:	CL 109 14 B 60 OF 204 BRR CHICO	**Fecha de muestreo:**	2026/1/27
NIT:	901977234-8	**Fecha de ingreso:**	2026/2/2
Obra :	ES2603-3 LA VICTORIA	**Fecha de ensayo:**	2026/2/7
Procedencia:	La Victoria, Boyacá	**Fecha de informe:**	12/02/2026 0:00
Frente y localización :	La Victoria, Boyacá		
Barreno:	AP-1		
Profundidad (m):	0,55 m a 0,75m		
Descripción:	Gravas de lutita con arena de estructura laminada, de color gris		



	No sumergido	Sumergido
Humedad de Penetración (%):	9,8%	14,2%
C.B.R. corregido a 2,54 mm :	14,7%	12,3%
C.B.R. corregido a 5,08 mm :	19,1%	14,5%

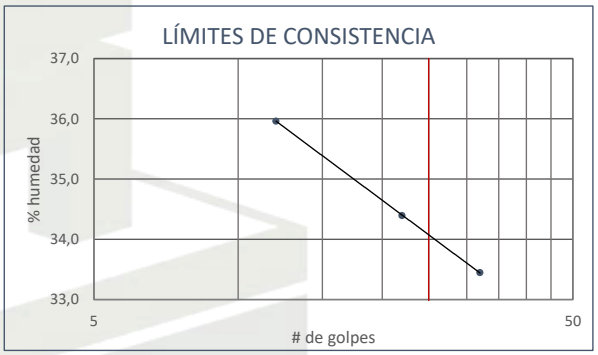
REVISÓ Y APROBÓ
JOHANA CAROLINA CARO
MP. 15202-320655 BYC

- Fin de informe-

LÓPEZ HERMANOS S.A.S GEOTECNIA Y AGUAS SUBTERRÁNEAS	Formato del Sistema de Gestión de Calidad	Este documento es propiedad intelectual de López Hermanos Geotecnia y Aguas Subterráneas S.A.S	
	EJECUCIÓN DE ENSAYOS DE LABORATORIO		
	INFORME DE ENSAYO: DETERMINACIÓN DE LÍMITE LÍQUIDO, LÍMITE PLÁSTICO E ÍNDICE DE PLASTICIDAD DE LOS SUELOS INV E-125-13 Y INV E-126-13	Versión No. 3	13/11/2024
		EL-INF-04	Página 1 de 1

		Muestra No.:	***144931 (5)***
Solicitado por:	CONSORCIO PEB-JI.	***Orden No.:***	***42543***
Dirección:	CL 109 14 B 60 OF 204 BRR CHICO	***Referencia Cliente:***	ES26002-3 PUENTE LA VICTORIA
NIT./C.C.:	901977234-8	***Fecha de muestreo:***	27/01/2026
Tel.:	3102778858	***Fecha de ingreso de la muestra:***	2/02/2026
Obra:	ES2603-3 LA VICTORIA	***Fecha de ensayo:***	7/02/2026
Finalidad:	Determinar calidad del material	***Fecha de Informe:***	12/02/2026 11:26
Muestra tomada por:	López Hermanos (Geotecnia)	***Barreno:***	AP-1
Procedencia:	La Victoria, Boyacá	***Tipo de muestra:***	CBR
Profundidad:	0,55m/0,75m		
Descripción de la muestra:	Gravas de lutita con arena de estructura laminada, de color gris oscuro		
Frente y localización:	N/A		
Método de preparación de la muestra:	Método A		

	Recipiente No.	**A26**	**A11**	**A36**
Límite Líquido	Número de golpes	32	22	12
	Masa del recipiente, g	18,13	17,74	18,51
	Masa del recipiente más muestra húmeda, g	26,03	24,5	25,92
	Masa del recipiente más muestra seca,g	24,05	22,77	23,96
	Contenido de agua, %	**33,4**	**34,4**	**36,0**
	Límite líquido (LL)	**34**		



Procedimiento de ensayo de límite plástico: Manual

	Cápsula	D6	D3
Límite Plástico	Masa del recipiente (g)	6,41	6,4
	Masa del recipiente + suelo húmedo (g)	13,78	14,53
	Masa del recipiente + suelo seco (g)	12,38	12,99
	Contenido de agua, %	23,5	23,4
	Límite plástico (LP)	**23**	
	Índice de Plasticidad (IP):	**11**	

Clasificación SUCS finos :	**CL**

OBSERVACIONES: No reporta

Revisó y Aprobó
ING. JOHANA CAROLINA CARO
TP. 15202-320655 BYC

Nota: Este folio no se deberá reproducir de forma parcial o total sin la aprobación por escrito de López Hermanos Geotecnia y Aguas Subterráneas S.A.S
Los resultados mostrados en este informe corresponden unicamente a la(s) muestra(s) ensayada(s) tal como fueron recibida(s) del cliente.
Los resultados de este informe corresponde al instante y las condiciones en que se realizo el ensayo. El laboratorio no se hace responsable del uso inadecuado de la información.
El laboratorio no es responsable de la información suministrada por el cliente. Los ensayos fueron realizados en el laboratorio López Hermanos SAS sede Tunja.

- Fin de informe-

LÓPEZ HERMANOS S.A.S GEOTECNIA Y AGUAS SUBTERRÁNEAS	Formato del Sistema de Gestión de Calidad	Este documento es propiedad intelectual de López Hermanos Geotecnia y Aguas Subterráneas S.A.S	
	EJECUCIÓN DE ENSAYOS DE LABORATORIO		
	INFORME DE ENSAYO: DETERMINACIÓN EN LABORATORIO DEL CONTENIDO DE AGUA (HUMEDAD) DE MUESTRAS DE SUELO, ROCA Y MEZCLAS DE SUELO-AGREGADO INV E-122-13	Versión No. 2	18/11/2024
		EL-INF-03	1 de 1

		Orden No.:	***42543***
Solicitado por:	CONSORCIO PEB-JI.	***Muestra No.:***	***144932 (16)***
NIT./C.C.:	901977234-8	***Fecha de ingreso:***	2/02/2026
Dirección:	CL 109 14 B 60 OF 204 BRR CHICO	***Fecha de ensayo:***	7/02/2026
Tel.:	3102778858	***Fecha de Informe:***	12/02/2026
Obra:	ES2603-3 LA VICTORIA		
Finalidad:	Determinar calidad del material		
Fecha de muestreo:	27/01/2026		
Muestra tomada por:	López Hermanos (Geotecnia)		
Procedencia:	La Victoria, Boyacá		
Barreno:	AP-1	***Tipo de muestra:***	Shelby
Profundidad (m):	0,75-1,05 m		
Descripción de la muestra:	Arcilla laminada con lutitas de color gris oscuro vetas oxidadas		
Referencia interna:	ES26002-3 PUENTE LA VICTORIA		
Frente y localización:	La Victoria, Boyacá		

Método de Ensayo	B
Recipiente N°	A25
Masa del recipiente, (g)	17,27
Masa del recipiente + suelo húmedo, (g)	75,63
Masa del recipiente + suelo seco, (g)	69,72
Contenido de Humedad, %	**11,3**

OBSERVACIONES:

No reporta

Revisó y Aprobó
JOHANA CAROLINA CARO
TP. 15202-320655 BYC

Nota: Este folio no se deberá reproducir de forma parcial o total sin la aprobación por escrito de López Hermanos Geotecnia y Aguas subterráneas S.A.S
Los resultados mostrados en este informe corresponden unicamente a la(s) muestra(s) ensayada(s) tal como fueron recibida(s) del cliente.
Los resultados de este informe corresponde al instante y las condiciones en que se realizo el ensayo. El laboratorio no se hace responsable del uso inadecuado de la información.
El laboratorio no es responsable de la información suministrada por el cliente. Los ensayos fueron realizados en el laboratorio López Hermanos SAS sede Tunja

-Fin de informe-

		Número de muestra:	***144932 (27)***
Solicitado por:	CONSORCIO PEB-JI.	***No. De Orden:***	***42543***
Dirección:	CL 109 14 B 60 OF 204 BRR CHICO	***Fecha de muestreo:***	27/01/2026
Tel.:	*3102778858*	***Fecha de ingreso:***	2/02/2026
NIT./C.C.:	901977234-8	***Fecha de ensayo:***	7/02/2026
Obra:	ES2603-3 LA VICTORIA	***Fecha de Informe:***	12/02/2026 11:40
Finalidad:	Determinar calidad del material	***Referencia Cliente:***	ES26002-3 PUENTE LA VICTORIA
Muestra tomada por:	López Hermanos (Geotecnia)	***Barreno:***	AP-1
Localización:	La Victoria, Boyacá	***Profundidad (m):***	0,75-1,05
Descripción de la muestra:	Arcilla laminada con lutitas de color gris oscuro vetas oxidadas		

Muestra:	144932 (27)
Masa del especímen en el aire (g)	613,8
Promedio altura (cm)	9,743
Promedio diámetro (cm)	5,975
Densidad (g/cm^3)	**2,247**
Peso Unitario (kN/m^3)	**22,03**

Observaciones:

No reporta

Revisó y Aprobó
ING. JOHANA CAROLINA CARO
TP. 15202-320655 STC

Nota: Este folio no se deberá reproducir de forma parcial o total sin la aprobación por escrito de López Hermanos Geotecnia y Aguas Subterráneas S.A.S
Los resultados mostrados en este informe corresponden unicamente a la(s) muestra(s) ensayada(s) tal como fueron recibida(s) del cliente.
Los resultados de este informe corresponde al instante y las condiciones en que se realizo el ensayo. El laboratorio no se hace responsable del uso inadecuado de la información.
El laboratorio no es responsable de la información suministrada por el cliente. Los ensayos fueron realizados en el laboratorio López Hermanos SAS sede Tunja

- Fin de informe-

LÓPEZ HERMANOS S.A.S GEOTECNIA Y AGUAS SUBTERRÁNEAS	Formato del Sistema de Gestión de Calidad	Este documento es propiedad intelectual de López Hermanos Geotecnia y Aguas Subterráneas S.A.S	
	EJECUCIÓN DE ENSAYOS DE LABORATORIO		
	INFORME DE ENSAYO: VELETA Y PENETRÓMETRO	Versión No. 2	26/12/2024
		EL-INF-36	1 DE 1

Número de muestra:	***144932 (28)***	***No de Orden:***	***42543***	
Solicitado por:	CONSORCIO PEB-JI.	***Fecha de muestreo:***	27/1/2026	
Dirección:	CL 109 14 B 60 OF 204 BRR CHICO	***Fecha de recepción:***	2/2/2026	
NIT./C.C.:	901977234-8	***Fecha de ensayo:***	7/2/2026	9:38:22
Tel.:	3102778858	***Fecha de Informe:***	12/02/2026 11:42	
Obra:	ES2603-3 LA VICTORIA	***Tipo de muestreador:***	Shelby	
Finalidad:	Determinar calidad del material			
Muestra tomada por:	López Hermanos (Geotecnia)			
Procedencia:	La Victoria, Boyacá			
Barreno:	**AP-1**			
Profundidad:	**0,75/1,05 m**			
Descripción de la muestra:	Arcilla laminada con lutitas de color gris oscuro vetas oxidadas			

Veleta de Mano kPa:	**188**
Penetrómetro de Bolsillo kPa:	**>450**

Observaciones: ***No hay observaciones adicionales***

Revisó y Aprobó
JOHANA CAROLINA CARO
TP. 15202-320655 BYC

Nota: Este folio no se deberá reproducir de forma parcial o total sin la aprobación por escrito de López Hermanos Geotecnia y Aguas Subterráneas S.A.S

Los resultados mostrados en este informe corresponden unicamente a la(s) muestra(s) ensayada(s) tal como fueron recibida(s) del cliente.

Los resultados de este informe corresponden al instante y las condiciones en que se realizó el ensayo. El laboratorio no se hace responsable del uso inadecuado de la información.

laboratorio no es responsable de la información suministrada por el cliente. Los ensayos fueron realizados en el laboratorio López Hermanos SAS sede Tunja.

- Fin de informe-

Solicitado por:	CONSORCIO PEB-JI.	***Muestra No:***	***144933 (11)***
Dirección:	CL 109 14 B 60 OF 204 BRR CHICO	***Orden No.:***	***42543***
NIT./C.C.:	901977234-8	***Referencia cliente:***	ES26002-3 PUENTE LA VICTORIA
Tel.:	3102778858		
Obra:	ES2603-3 LA VICTORIA	***Fecha de muestreo:***	27/01/2026
Finalidad:	Determinar calidad del material	***Fecha de ingreso de la muestra:***	2/02/2026
Muestra tomada por:	López Hermanos (Geotecnia)	***Fecha de ensayo:***	7/02/2026
Procedencia:	La Victoria, Boyacá	***Fecha de Informe:***	12/02/2026 11:47
Profundidad (m):	1,05 - 1,50 m	***Barreno:***	AP-1
Descripción de la muestra:	Arena arcillosa con lutitas de estructura laminada, de color gris vetas oxidadas	***Tipo de muestra:***	SPT
Frente y localización:	La Victoria, Boyacá		

Peso suelo seco antes de lavar, (g)	389,1
Peso suelo seco despues de lavar, (g)	307,91
PASANTE MALLA 4, (%)	**64**
PASANTE MALLA 200, (%)	**21**
Grava (%)	**36**
Arena (%)	**43**
Finos (%)	**21**

OBSERVACIONES:

No reporta

Aprobó
ING. JOHANA CAROLINA CARO
TP. 15202-320655 BYC

Nota: Este folio no se deberá reproducir de forma parcial o total sin la aprobación por escrito de López Hermanos Geotecnia y Aguas Subterráneas S.A.S
Los resultados mostrados en este informe corresponden únicamente a la(s) muestra(s) ensayada(s) tal como fueron recibida(s) del cliente.
Los resultados de este informe corresponde al instante y las condiciones en que se realizó el ensayo. El laboratorio no se hace responsable del uso inadecuado de la información.
El laboratorio no es responsable de la información suministrada por el cliente. Los ensayos fueron realizados en el laboratorio López Hermanos SAS sede Tunja

-Fin de informe-

LÓPEZ HERMANOS S.A.S GEOTECNIA Y AGUAS SUBTERRÁNEAS	Formato del Sistema de Gestión de Calidad	Este documento es propiedad intelectual de López Hermanos Geotecnia y Aguas Subterráneas S.A.S	
	EJECUCIÓN DE ENSAYOS DE LABORATORIO		
	INFORME DE ENSAYO: DETERMINACIÓN EN LABORATORIO DEL CONTENIDO DE AGUA (HUMEDAD) DE MUESTRAS DE SUELO, ROCA Y MEZCLAS DE SUELO-AGREGADO INV E-122-13	Versión No. 2	18/11/2024
		EL-INF-03	1 de 1

		Orden No.:	***42543***
Solicitado por:	CONSORCIO PEB-JI.	***Muestra No.:***	***144933 (16)***
NIT./C.C.:	901977234-8	***Fecha de ingreso:***	2/02/2026
Dirección:	CL 109 14 B 60 OF 204 BRR CHICO	***Fecha de ensayo:***	7/02/2026
Tel.:	3102778858	***Fecha de Informe:***	12/02/2026
Obra:	ES2603-3 LA VICTORIA		
Finalidad:	Determinar calidad del material		
Fecha de muestreo:	27/01/2026		
Muestra tomada por:	López Hermanos (Geotecnia)		
Procedencia:	La Victoria, Boyacá		
Barreno:	AP-1	***Tipo de muestra:***	SPT
Profundidad (m):	1,05-1,50 m		
Descripción de la muestra:	Arena arcillosa con lutitas de estructura laminada, de color gris vetas oxidadas		
Referencia interna:	ES26002-3 PUENTE LA VICTORIA		
Frente y localización:	La Victoria, Boyacá		

Método de Ensayo	A
Recipiente N°	P42
Masa del recipiente, (g)	36,86
Masa del recipiente + suelo húmedo, (g)	461,3
Masa del recipiente + suelo seco, (g)	425,9
Contenido de Humedad, %	**9,1**

OBSERVACIONES:

No reporta

Revisó y Aprobó
JOHANA CAROLINA CARO
TP. 15202-320655 BYC

Nota: Este folio no se deberá reproducir de forma parcial o total sin la aprobación por escrito de López Hermanos Geotecnia y Aguas subterráneas S.A.S
Los resultados mostrados en este informe corresponden unicamente a la(s) muestra(s) ensayada(s) tal como fueron recibida(s) del cliente.
Los resultados de este informe corresponde al instante y las condiciones en que se realizo el ensayo. El laboratorio no se hace responsable del uso inadecuado de la información.
El laboratorio no es responsable de la información suministrada por el cliente. Los ensayos fueron realizados en el laboratorio López Hermanos SAS sede Tunja

-Fin de informe-

LÓPEZ HERMANOS S.A.S GEOTECNIA Y AGUAS SUBTERRÁNEAS	Formato del Sistema de Gestión de Calidad	Este documento es propiedad intelectual de López Hermanos Geotecnia y Aguas Subterráneas S.A.S	
	EJECUCIÓN DE ENSAYOS DE LABORATORIO		
	INFORME DE ENSAYOS: HUMEDAD NATURAL, LÍMITES DE CONSISTENCIA, LAVADO SOBRE TAMIZ No. 200,RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN INCONFINADA, VELETA Y PENETRÓMETRO DE BOLSILLO Y SPT (INVE - 122 - 13, INVE - 125 - 13, INVE - 126 - 13, INVE - 214 - 13, INVE - 152 - 13)	Versión No. 2	5/06/2023
		EL-INF-33	1 de 1

Número de ensayo: ***144933 (34)***

Solicitado por: CONSORCIO PEB-JI.

Dirección: CL 109 14 B 60 OF 204 BRR CHICO — ***Muestra No.:*** **144933 (34)**

NIT./C.C.: 901977234-8

Tel.: 3102778858 — ***No de Orden:*** ***42543***

Obra: ES2603-3 LA VICTORIA — ***Fecha de ensayo:*** 7/02/2026

Finalidad: Determinar calidad del material — ***Fecha de Informe:*** 12/02/2026

Muestra tomada por: López Hermanos (Geotecnia) — ***Fecha de muestreo:*** 27/01/2026

Procedencia: La Victoria, Boyacá — ***Referencia Interna Cliente:*** ES26002-3 PUENTE LA VICTORIA

Barreno: **AP-1** — ***Tipo de muestreador:*** SPT

Profundidad (m): **1,05/1,5** — ***Fecha de ingreso de muestra:*** 2/02/2026

Descripción de la muestra: Arena arcillosa con lutitas de estructura laminada, de color gris vetas oxidadas

HUMEDAD NATURAL	
Masa del especimen húmedo (g)	
Masa de recipiente (g)	
Masa de recipiente + suelo humedo (g)	
Masa de recipiente + suelo seco (g)	
HUMEDAD NATURAL (%)	

LAVADO SOBRE TAMIZ No. 200	
Peso suelo seco antes de lavar, (g)	
Peso suelo seco después de lavar, (g)	
PASANTE MALLA No. 4	
PASANTE MALLA No. 200	

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN INCONFINADA	
Estado de la muestra	SPT
Altura inicial del espécimen, mm	
Diámetro del espécimen, mm	
Masa del especímen húmedo (g)	
Relacion Altura / diámetro	
Área inicial transversal de la muestra, mm²	
Velocidad de deformación (mm/min)	
Densidad Húmeda (KN/m^3)	
Densidad seca (KN/m^3)	
Carga máxima (kN)	
Deformación al momento de falla (mm)	
Resistencia a la compresión inconfinada, kPa	
Resistencia al corte no drenada (Su), kPa	
Deformación en el instante de la falla, %	
Tipo de Falla	**N/A**

LÍMITE LÍQUIDO - 0			
Recipiente No.			
Número de golpes			
Masa del recipiente, g			
Masa del recipiente más muestra húmeda, g			
Masa del recipiente más muestra seca,g			
Contenido de agua, %			
% LÍMITE LÍQUIDO (LL)			

LÍMITE PLÁSTICO		
Recipiente No.		
Masa del recipiente (g)		
Masa del recipiente + suelo húmedo (g)		
Masa del recipiente + suelo seco (g)		
Contenido de agua, %		
% LÍMITE PLÁSTICO (LP)		
ÍNDICE DE PLASTICIDAD (IP)		

V Y P	**VELETA DE MANO (kPa)**	
	PENETRÓMETRO DE BOLSILLO (kPa)	
SPT	**N (Valor obtenido en campo)**	**8,10,12**

Observaciones: ***NINGUNA***

Revisó y Aprobó
JOHANA CAROLINA CARO
TP. 15202-320655 BYC

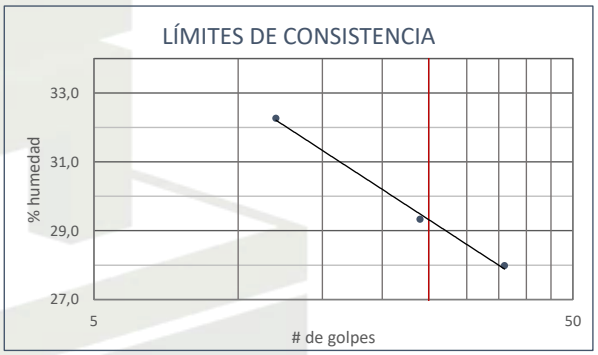
Nota: Este folio no se deberá reproducir de forma parcial o total sin la aprobación por escrito de López Hermanos Geotecnia y Aguas subterráneas S.A.S
Los resultados mostrados en este informe corresponden unicamente a la(s) muestra(s) ensayada(s) tal como fueron recibida(s) del cliente.
Los resultados de este informe corresponde al instante y las condiciones en que se realizo el ensayo. El laboratorio no se hace responsable del uso inadecuado de la información.
El laboratorio no es responsable de la información suministrada por el cliente.
Los ensayos fueron realizados en el laboratorio lópez Hermanos SAS -Tunja, a excepción del ensayo SPT que se realiza en campo.

-Fin de informe-

LÓPEZ HERMANOS S.A.S GEOTECNIA Y AGUAS SUBTERRÁNEAS	Formato del Sistema de Gestión de Calidad	Este documento es propiedad intelectual de López Hermanos Geotecnia y Aguas Subterráneas S.A.S	
	EJECUCIÓN DE ENSAYOS DE LABORATORIO		
	INFORME DE ENSAYO: DETERMINACIÓN DE LÍMITE LÍQUIDO, LÍMITE PLÁSTICO E ÍNDICE DE PLASTICIDAD DE LOS SUELOS INV E-125-13 Y INV E-126-13	Versión No. 3	13/11/2024
		EL-INF-04	Página 1 de 1

		Muestra No.:	***144933 (5)***
Solicitado por:	CONSORCIO PEB-JI.	***Orden No.:***	***42543***
Dirección:	CL 109 14 B 60 OF 204 BRR CHICO	***Referencia Cliente:***	ES26002-3 PUENTE LA VICTORIA
NIT./C.C.:	901977234-8	***Fecha de muestreo:***	27/01/2026
Tel.:	3102778858	***Fecha de ingreso de la muestra:***	2/02/2026
Obra:	ES2603-3 LA VICTORIA	***Fecha de ensayo:***	7/02/2026
Finalidad:	Determinar calidad del material	***Fecha de Informe:***	12/02/2026 11:48
Muestra tomada por:	López Hermanos (Geotecnia)	***Barreno:***	AP-1
Procedencia:	La Victoria, Boyacá	***Tipo de muestra:***	SPT
Profundidad:	1,05m/1,5m		
Descripción de la muestra:	Arena arcillosa con lutitas de estructura laminada, de color gris vetas oxidadas		
Frente y localización:	N/A		
Método de preparación de la muestra:	Método A		

	Recipiente No.	**A37**	**A21**	**A17**
Límite Líquido	Número de golpes	12	24	36
	Masa del recipiente, g	17,75	17,41	18,51
	Masa del recipiente más muestra húmeda, g	25,17	24,95	27,2
	Masa del recipiente más muestra seca,g	23,36	23,24	25,3
	Contenido de agua, %	**32,3**	**29,3**	**28,0**
	Límite líquido (LL)	**29**		



Procedimiento de ensayo de límite plástico: Manual

	Cápsula	D38	D32
Límite Plástico	Masa del recipiente (g)	6,16	6,32
	Masa del recipiente + suelo húmedo (g)	12,76	12,88
	Masa del recipiente + suelo seco (g)	11,62	11,74
	Contenido de agua, %	20,9	21,0
	Límite plástico (LP)	**21**	
	Índice de Plasticidad (IP):	**8**	

Clasificación SUCS finos : **CL**

OBSERVACIONES: No reporta

Revisó y Aprobó
ING. JOHANA CAROLINA CARO
TP. 15202-320655 BYC

Nota: Este folio no se deberá reproducir de forma parcial o total sin la aprobación por escrito de López Hermanos Geotecnia y Aguas Subterráneas S.A.S
Los resultados mostrados en este informe corresponden unicamente a la(s) muestra(s) ensayada(s) tal como fueron recibida(s) del cliente.
Los resultados de este informe corresponde al instante y las condiciones en que se realizo el ensayo. El laboratorio no se hace responsable del uso inadecuado de la información.
El laboratorio no es responsable de la información suministrada por el cliente. Los ensayos fueron realizados en el laboratorio López Hermanos SAS sede Tunja.

- Fin de informe-

NUCLEO

LÓPEZ HERMANOS S.A.S GEOTECNIA Y AGUAS SUBTERRÁNEAS	Formato del Sistema de Gestión de Calidad	Este documento es propiedad intelectual de López Hermanos Geotecnia y Aguas Subterráneas S.A.S
	EJECUCIÓN DE ENSAYOS DE LABORATORIO	
	INFORME DE ENSAYO: RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN UNIAXIAL DE NÚCLEOS DE ROCA ASTM D 2938	Versión No. 2 / 30/12/2024
		EL-INF-63 / -

Número de ensayo: ***144934 (47)*** ***Ref:*** **ES26002-3 PUENTE LA VICTORIA**

Solicitado por: CONSORCIO PEB-JI. ***Fecha de ingreso muestra*** 2/02/2026

Dirección: CL 109 14 B 60 OF 204 BRR CHICO ***Fecha de ensayo :*** 9/02/2026

NIT./C.C.: 901977234-8 ***Fecha Informe:*** 12/02/2026 11:53

Tel.: 3102778858

Obra: ES2603-3 LA VICTORIA

Orden: 42543

Barreno/Profundidad (m): N/A

Descripción litológica: Lutita gris con intercalación de arcillolita de color marrón

Orientación de la Carga: Perpendicular

Máquina de ensayo: SOILTEST ELE

Ensayo No.	Masa (g)	Altura (mm)	Diametro (mm)	Resistencia a Compresión				Tipo de falla	Peso Unitario (kg/m³)	Humedad de la Muestra
				Carga		Esfuerzo				
				kN	Kg	MPa	kg/cm2			
144934 (47)	332,68	67,10	49,90	41,27	4209	21,1	215,2	Corte	2535	5,8%

OBSERVACIONES: Tomado de "Métodos recomendados para la determinación de la resistencia y deformabilidad a la compresión uniaxial de rocas (Capitulo 11)".

REVISO Y APROBÓ

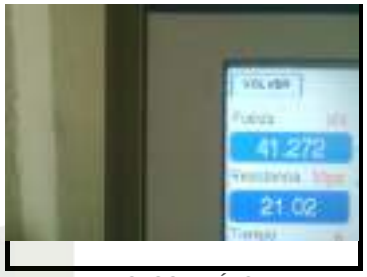
JOHANA CAROLINA CARO CARO

15202-320655

- Fin de informe-



FOTOGRAFÍA 1



FOTOGRAFÍA 2



FOTOGRAFÍA 3

REVISÓ Y APROBÓ
JOHANA CAROLINA CARO CARO
15202-320655

Nota:

- Este folio no se debe reproducir de forma parcial sin la aprobación por escrito de López Hermanos Geotecnia y Aguas Subterráneas S.A.S

-Los resultados mostrados en este informe corresponden únicamente a la(s) muestra(s) ensayada(s) tal como fueron recibida(s) del cliente.

- Los resultados de este informe corresponde al instante y las condiciones en que se realizó el ensayo. El laboratorio no se hace responsable del uso inadecuado de la información.

- El laboratorio no es responsable de la información suministrada por el cliente. El ensayo es ejecutado en las instalaciones de lópez Hermanos -Tunja.

- Fin de informe-

NOTA TECNICA

NT-001-GEOTEC-PTE-NOP_LAVICT_V1

DISEÑO GEOTECNICO MURO – ALETA MARGEN IZQUIERDA AGUAS ABAJO PUENTE SOBRE LA QUEBRADA NOPASAL MUNICIPIO LA VICTORIA

Proyecto:	Diagnóstico y ejecución de obras de emergencia para mitigar el riesgo de daño y/o colapso de puentes ubicados en el departamento por la afectación causada por efecto de la ola invernal, declarada en virtud del decreto de calamidad pública no. 0522 de 24 de mayo de 2025. Contrato de obra no. 2833 de 2025

1 GENERALIDADES DEL PUENTE

Vía / Tramo	[municipio de La Victoria hacia Municipio de Quipama
Municipio / Departamento	[La victoria / Boyacá]
Coordenadas (WGS84)	Lat [5°31'56.44"N] Long [74°12'14.58"O]
Cota aproximada (msnm)	[1300]
Cauce/Quebrada/Río	[Qda Nopasal]
Altura de gálibo (m)	[2.80 m]
Ancho de calzada (m)	[3.0 m]
Longitud total del puente (m)	[4.0 m]
Número de luces	[1]
Número de apoyos	[2]
Material dominante	[Concreto_X_ Acero___ Mixto____ Madera _____]
Tipo estructural	[Simplemente apoyado__X_ Continuo _____Otro _____]

2 ENTORNO GEOLÓGICO LOCAL

La descripción realizada del entorno geológico se realiza con base a la información establecida en el atlas geológico (2023), dispuesto por el SGC, y corroborado con las observaciones de campo, a continuación, se describe el entorno geológico local donde se encuentra ubicado el puente la sobre la quebrada Nopasal del municipio la Victoria - Boyacá.

2.1 Litología dominante:

En el entorno inmediato del puente predominan lutitas y limolitas negras, localmente intercaladas con niveles calcáreos y yesíferos. Estos materiales presentan un grado de meteorización medio a alto, originando suelos residuales arcillosos de alta plasticidad y baja permeabilidad. En superficie, dichos suelos muestran elevada susceptibilidad a la erosión, especialmente en presencia de descargas de escorrentía sin control y acumulación de sobrecargas antrópicas en coronas de talud.

En la cimentación de los estribos aflora el macizo rocoso, correspondiente a lodolitas fracturadas, materiales adecuados para apoyar directamente la aleta de confinamiento,

Imagen No 1 Niveles de roca meteorizada de la formación La Palma. (Kipa)



2.2 Implicaciones geotécnicas.

De acuerdo con las condiciones observadas en campo, el apoyo de la aleta proyectada se plantea sobre un basamento rocoso fracturado, conformado por lodolitas meteorizadas, material que controla la condición de fundación en el sector intervenido. Desde el punto de vista geotécnico, este nivel presenta la ventaja de constituir un estrato competente de alta rigidez en comparación con los materiales superficiales y de relleno, lo cual permite reducir la probabilidad de asentamientos significativos y brinda una condición favorable para el apoyo de la estructura. No obstante, la presencia de fracturamiento, meteorización y discontinuidades implica que el macizo no debe asumirse como roca sana continua, ya que su respuesta mecánica puede estar condicionada por planos de debilidad, pérdida local de confinamiento y susceptibilidad a desprendimientos o remoción progresiva de fragmentos bajo la acción del flujo y de la escorrentía. En este sentido, la fundación sobre este material exige considerar que la capacidad portante estará gobernada no solo por la resistencia intrínseca de la roca, sino también por su grado de alteración y condición estructural, siendo necesario garantizar que el apoyo del muro se establezca sobre un nivel efectivamente competente, libre de material suelto, bloques inestables o zonas reblandecidas por meteorización. Adicionalmente, debido a que el basamento se encuentra expuesto en un entorno donde ya se ha desarrollado socavación en el descole, la interacción entre la cimentación proyectada y la roca deberá entenderse dentro de un medio susceptible a erosión localizada y pérdida de soporte en sectores fracturados, por lo que la condición de fundación, aunque favorable frente a deformaciones, presenta sensibilidad frente a procesos de degradación superficial y descalce si no se controla adecuadamente la acción hidráulica en el entorno inmediato.

3 INFORMACION GEOTECNICA

En el sitio se llevo a cabo la realización de apiques a cielo abierto, a nivel de la vía, donde se puede reconocer el nivel residual, a continuación, se presentan las propiedades físicas de los materiales identificados, los resultados se encuentran anexos a este documento.

tabla No 1 Propiedades físicas de los materiales a nivel superficial

Apique	Prof (m)	G%	A%	F%	LL%	LP%	IP%	γ kN/m3	USCS
1	0.55-0.75	59	33	8	34	23	11		GC
	0.75 – 1.0							22.03	
	1.05-1.50	36	43	21	29	21	8		GC

A pesar de que la estructura de confinamiento se proyecta apoyar sobre el basamento fracturado, se considera pertinente asumir parametros geomecánicos para el nivel residual, Debido a las características físicas y la heterogeneidad de estos materiales, la recuperación de muestras inalteradas resultó limitada, Por tal motivo, para la caracterización del estrato superficial se adoptan parámetros geomecánicos conservadores obtenidos de referencias bibliográficas especializadas.

tabla No 2 Parametros de resistencia estimados según el tipo de material reportado por el sondeo (fuente: Fuente: Deslizamientos Vol II Técnicas de remediación Jaime Suarez)

Suelo	Peso Unitario (kN/m^3)	Peso Unitario Seco (kN/m^3)	Ángulo de Fricción ϕ'	Cohesión c' (kPa)	Permeabilidad K(m/s)
Granito descompuesto	16 - 21	14 - 19	35° - 44°	5 - 15	10^{-5} - 10^{-7}
Materiales volcánicos descompuestos	16 - 21	14 - 19	32° - 38°	5 - 10	10^{-4} - 10^{-7}
Coluviones (matriz)	15 - 21	13 - 19	26° - 40°	0 - 10	10^{-4} - 10^{-7}
Suelos arena-arcillosos	16 - 21	14 - 19	30° - 40°	5 - 15	10^{-4} - 10^{-7}
Suelos arcillosos	15 - 18	13 - 16	20° - 28°	5 - 10	10^{-6} - 10^{-9}

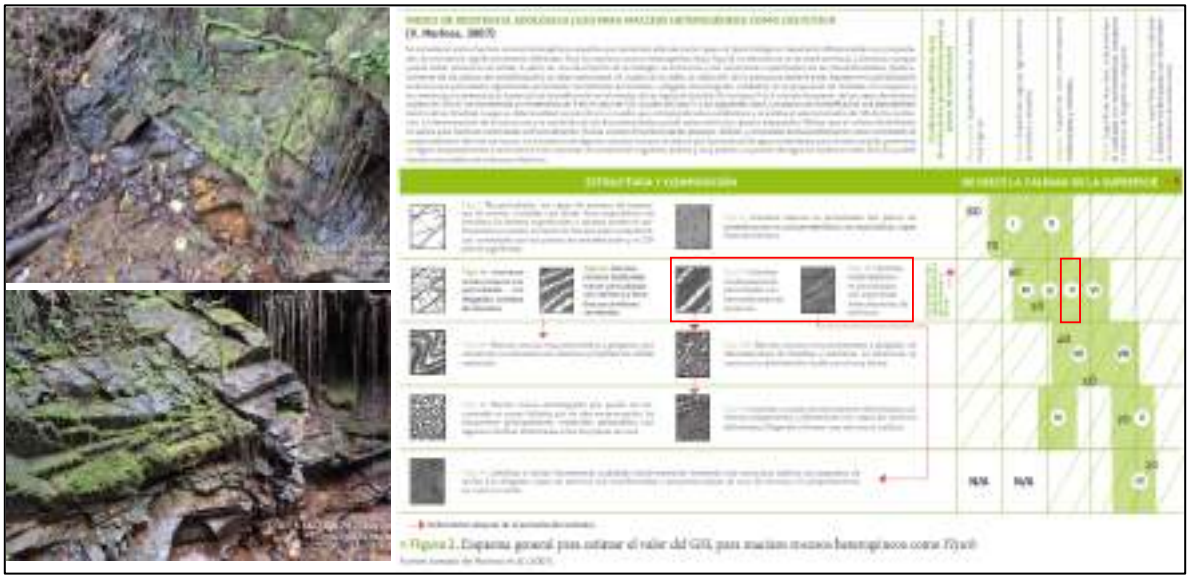
tabla No 3 Propiedades elásticas típicas para suelos (Fuente: Casagrande, A. (1948) "Classification and Identification of Soils", Transactions ASCE, 113, pp. 901,992.)

Material	Módulo de Young - E (MPa)	Razón de Poisson (v)
Arcilla suave	2 – 4	
Arcilla firme a dura	4 – 8	0.40 - 0.50
Arcilla muy dura	8 – 20	
Limo	2 – 20	0.30 - 0.35
Arena fina suelta	8 – 12	
Arena fina medio densa	12 – 20	0.25
Arena fina densa	20 – 30	
Arena suelta	10 – 30	0.20 - 0.35
Arena medio densa	30 – 50	
Arena densa	50 – 80	0.30 - 0.40
Grava suelta	30 – 80	
Grava medio densa	80 – 100	
Grava densa	100 – 200	

Con el fin de establecer las propiedades mecánicas del material de fundación y definir los parámetros necesarios para el análisis geotécnico del muro aleta proyectado, se llevó a cabo la caracterización del macizo rocoso presente en el sitio de estudio. Para ello, se obtuvieron núcleos representativos del basamento rocoso expuesto en el entorno del puente, sobre los cuales se realizaron ensayos de compresión simple, con el objetivo de determinar la resistencia a compresión uniaxial del material y evaluar su comportamiento mecánico. A partir de estos resultados y de las observaciones de campo relacionadas con el grado de fracturamiento, meteorización y condición estructural del macizo, se procedió a la clasificación geomecánica del material mediante el criterio de Hoek & Brown, metodología ampliamente utilizada para la estimación de parámetros de resistencia en macizos rocosos fracturados. Esta caracterización permite definir los parámetros geotécnicos representativos del material de fundación que serán empleados en los análisis de estabilidad y en el diseño de las obras proyectadas en el sector intervenido.

En la estimación de los parámetros usados en el criterio de Hoek & Brown, se tienen en cuenta las siguientes variables, el valor de la compresión simple obtenida de compresión simple realizado a núcleos de basamento, además de la calificación cualitativa del GSI estimada a partir de observaciones del macizo expuesto en campo. Para ello se tiene en cuenta la descripción sugerida por la guía metodológica para la zonificación de amenaza por movimientos en masa escala 1:25.000 del servicio geológico colombiano (SGC).

Imagen No 2 estimación del GSI para el basamento fracturado expuesto



En este caso se toma el GSI para macizos heterogéneos tipo “flysch” los cuales presentan alternancia claramente diferenciables con propiedades de resistencia significativamente diferentes, como se observa en la imagen siguiente en la fotografía el macizo se asemeja a una estructura y composición tipo V (limolitas moderadamente perturbadas con posibles intercalaciones de arenisca) definiendo de esta manera un GSI promedio de 45, para el macizo como tal.

Nivel	Material	[kN/m^3]	RCS [MPa]	GSI	mi	D
Kipa [V]	Lodolitas fracturadas	25.35	21.1	45	7	0.3

RCS: resistencia ultima de la roca
GSI: índice de resistencia geológica
mi: parámetro representativo de la resistencia según la mineralogía y estructura de la roca
D: factor de disturbancia debido a efectos de excavación o carga

Imagen No 3 parametrización geomecánica basamento fracturado [fuente: RocData, Rocscience]

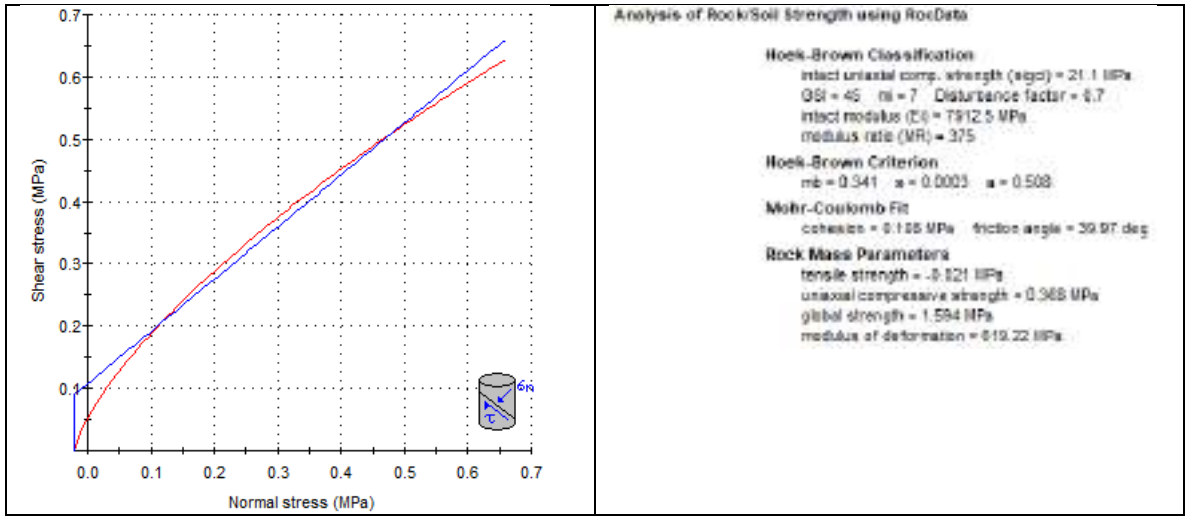
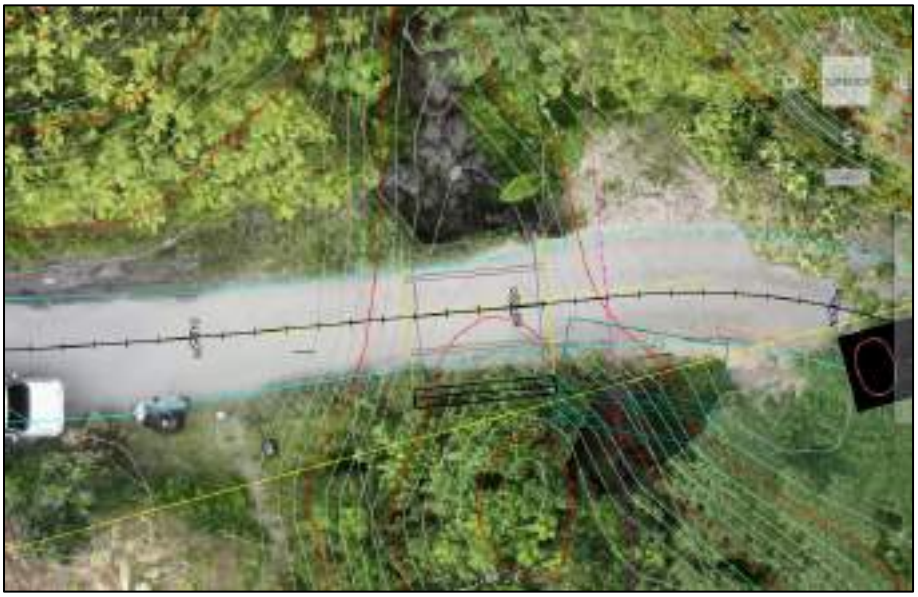
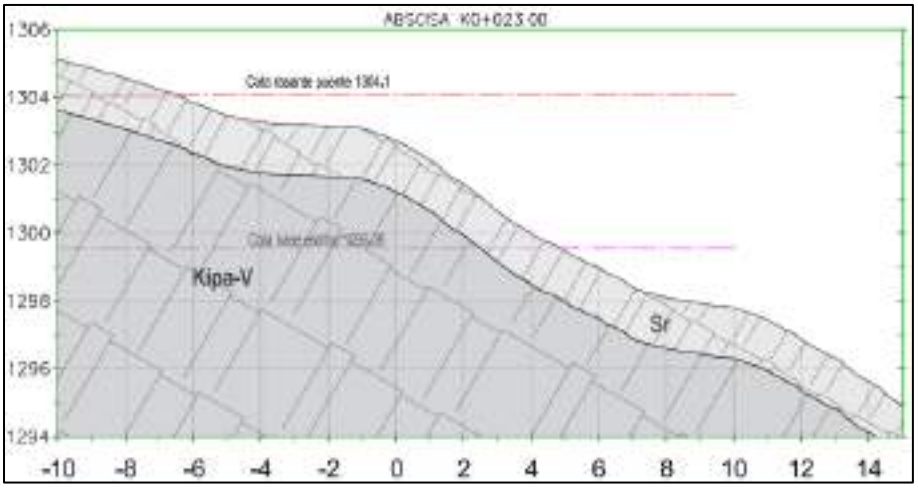


Imagen No 4 Planta y ST Modelo geotécnico asumido para diseño de muro-aleta





Se presenta el modelo geotécnico para el estribo de la margen izquierda en dirección del flujo, en este sector en donde se presentan los desconfinamientos y perdida de calzada, las cuales deben recuperarse para mantener la funcionabilidad de la vía, se caracteriza el nivel de apoyo del muro correspondiente al nivel del basamento fracturado Kipa-V.

tabla No 4 Parametros geomecánicos iniciales asumidos para modelo de análisis

Nivel	Material	kN/m^3	C kPa	φ (°)	E kPa
Sr	Mezclas de arenas arcillosas con grava	20.0*	5	28	5000
Kipa-V	Lodolitas fracturadas	25.35	108	39	619220

**se asume el valor de peso unitario, se considera que el obtenido en laboratorio es alto para este tipo de suelos residuales.*

4 CONSIDERACIONES DE ANALISIS

4.1 Dimensionamiento de muro de confinamiento.

Para el diseño del muro estructural proyectado como aleta, se realiza la evaluación de estabilidad desde el área geotécnica con base en los criterios establecidos en el CCP-14, particularmente los lineamientos contenidos en su Sección 10, correspondiente al diseño geotécnico de estructuras de contención. El análisis considera las condiciones geométricas del sitio y las características del basamento meteorizado, estableciendo la geometría adecuada para un empotramiento mínimo de 1.5 m dentro del estrato competente de acuerdo con lo anterior se evalúa el predimensionamiento para un muro con altura total de 6.50 m. La validación geotécnica comprende la verificación de la estabilidad global del sistema y la revisión de los mecanismos potenciales de falla (volteo, deslizamiento y capacidad portante), garantizando el desempeño estructural y la estabilidad del muro frente a las solicitaciones esperadas en la zona del descole, para análisis de estabilidad, se tiene en cuenta lo indicado en la NSR-10.

tabla No 5 factores de carga permanente (γp) CCP-14

Tipo de carga	F. de carga estático		Seudoestático
	Máximo	Mínimo	
EH: presión horizontal del suelo (activa)	1.50	0.90	1.0
EV: Presión vertical del suelo (muros de contención)	1.35	1.00	1.0
DC: componentes y accesorios	1.25	0.90	1.0
EP: Presión en reposo	1.35	0.90	1.0
ES: sobrecarga del suelo	1.50	0.75	1.0

tabla No 6 Factores de resistencia (φp)

Análisis	Estático	Seudoestático
Capacidad portante muros de gravedad y semigravedad	0.55	0.60
Deslizamiento (concreto fundido in situ sobre arena) ϕ_T	0.80	1.00
Excentricidad	e < B/6	e < B/5

tabla No 7 Factores de seguridad indirectos mínimos para análisis de estabilidad global (NSR-10)

Condición	Estático	Seudoestático
Estabilidad general del sistema - Permanente	1.50	1.05
Estabilidad de cortes temporales (proceso constructivo)	1.25	1.00*

4.1.1 Sobrecarga vehicular

Para tener en cuenta la sobrecarga generada por el tráfico a nivel de vía, se considera según la norma AASHTO 2002, una altura de relleno equivalente a carga viva de 61 cm o 2 ft, de igual manera lo especifica la sección 3 del CCP-14.

tabla No 8 Alturas equivalente de relleno para asumir como carga vehicular

Altura muro de contención (mm)	heq desde el respaldo al borde del trafico	
	0.0 mm	300 mm o mas
1500	1500	600
3000	1000	600
>6000	600	600

Se toma una sobrecarga vehicular asumida para una altura de material de relleno de 0.60 m, lo que equivale a una sobrecarga aproximada de 12 kPa.

Se proyecta la construcción de una aleta con altura máxima de 5.0 m, distancia tomada con referencia a la altura del estribo desde la vía hasta el borde de la cimentación expuesta. La esquematización se presenta a continuación.

Imagen No 5 proyección en planta e isometría de obras de mitigación puente Nopasal – La Victoria

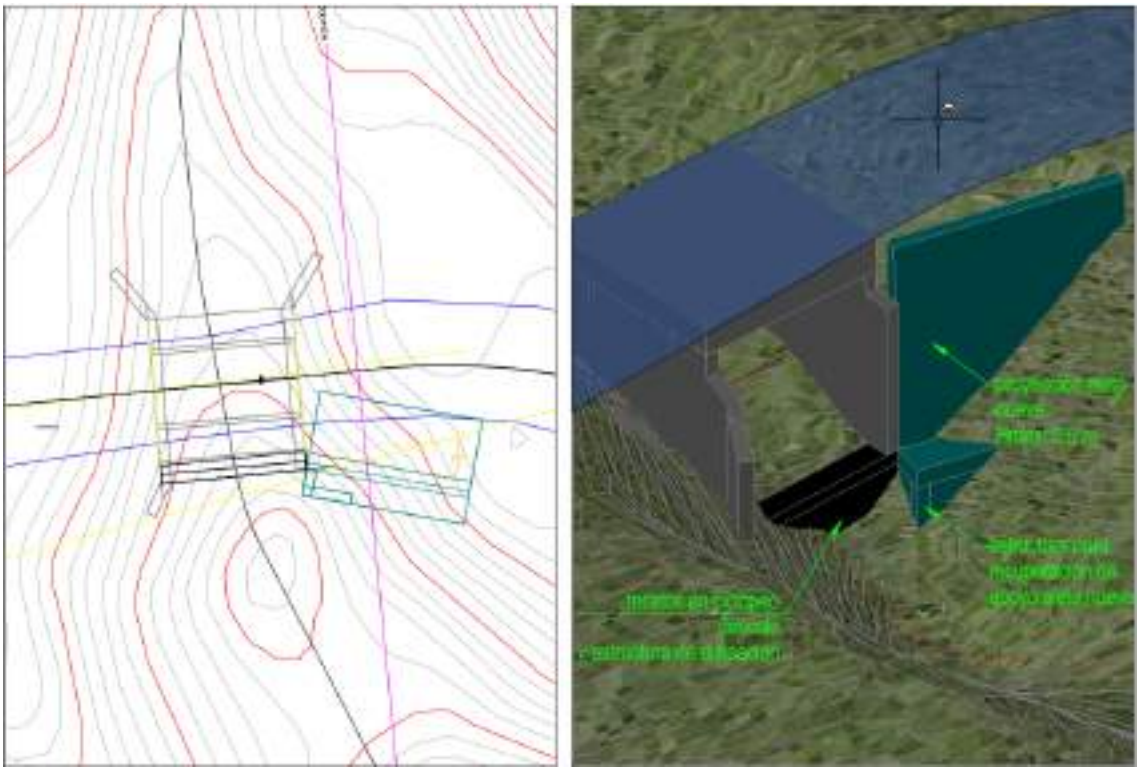
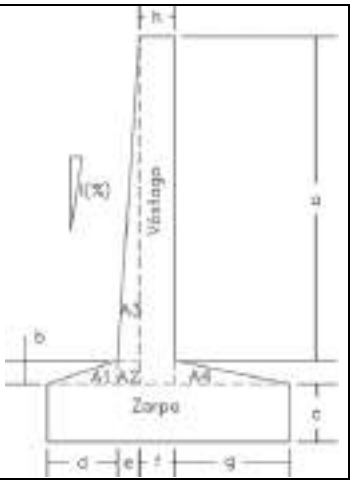


tabla No 9 Cargas generadas por muro de confinamiento H=5.0 m, B = 0.65H

				cargas sobre Talon			FUERZAS HORIZONTALES GENERADAS (t/m)					
elemento		A	γ	F_{VER}	F_{VER}*γp		F_{HOR}		F_{HOR}*γp (actu)		Fx*γp (resis)	
		m²	t/m³	(t/m)	min	máx.	actu	resist	min	máx.	min	máx.
sobrecarga (ES)				2.36	1.77	4.13	2.00		1.50	3.50	0.00	0.00
MURO (DC)	zapata	1.32	2.40	3.17	2.85	3.96			0.00	0.00	0.00	0.00
	Vastago	1.96	2.40	4.69	4.22	5.87			0.00	0.00	0.00	0.00
	A1	0.00	2.40	0.00	0.00	0.00			0.00	0.00	0.00	0.00
	A2	0.00	2.40	0.00	0.00	0.00			0.00	0.00	0.00	0.00
	A3	0.42	2.40	1.02	0.91	1.27			0.00	0.00	0.00	0.00
	A4	0.00	2.40	0.00	0.00	0.00			0.00	0.00	0.00	0.00
	dentellon	0.20	2.40	0.48	0.43	0.60			0.00	0.00	0.00	0.00
Relleno		9.04	1.90	17.18	17.18	23.20			0.00	0.00	0.00	0.00
Relleno inclinado		0.00	1.90	0.00	0.00	0.00			0.00	0.00	0.00	0.00
Eha Relleno				2.71	2.44	4.06	7.44		6.70	11.16	0.00	0.00
Ea (sismo)					0.00	0.00					0.00	0.00
Ea (sismo)SC					0.00	0.00					0.00	0.00
anclaje 1				0.00	0.00	0.00		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
anclaje 2				0.00	0.00	0.00		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
total=				31.61	29.81	43.08	9.44	0.00	8.20	14.66	0.00	0.00



Definidas las cargas generadas por la estructura, se procede con la verificación interna del muro de confinamiento proyectado, cumpliendo condiciones para capacidad portante, deslizamiento y volcamiento.

tabla No 10 Verificación la capacidad portante muro

Df (m)	0.50
Fy mayorada (kPa)	403.0
P contacto estática σC (kPa)	171
P contacto seudoestática σC-S (kPa)	119
Capacidad portante - qu (kPa)	422.0
Capacidad portante mayorada estática - qr (kPa)	232.10
Capacidad portante mayorada seudoestática – qr_S (kPa)	337.60
σC < qr	Cumple
σC-S < qr_S	Cumple

tabla No 11 Verificación de la excentricidad muro

Estático	e=	0.246	B/6	0.550	e<B/6	CUMPLE
seudoestático	e=	0.189	B/5	0.660	e<B/5	CUMPLE

En cuanto al módulo de reacción vertical del suelo es pertinente aclarar que no es un parámetro propio del suelo, pero depende de las dimensiones de la cimentación y propiedades mecánicas del terreno, para el caso del muro se propone un ancho de cimentación **de B= 3.30 m** (0.65H) y **longitud de 5.0 m**. Para cimentaciones donde la relación L/B>1 se tiene.

$$K = 1.5\frac{E}{B} * \left(\frac{L + 0.5B}{1.5L}\right) \; coeficiente\ de\ raccion\ vertical\ C.rectangular$$

tabla No 12 Parametros para verificación estructural

capacidad portante neta kPa	422.0
capacidad portante estática ELR [kPa]	232.1
capacidad portante EE [kPa]	337.6
presión de contacto evaluada [kPa]	171
ángulo fricción relleno ϕ [º]	30
KA relleno (Rankine)	0.33
KAE relleno (M-O)	0.39
Carga vehicular [kPa]	12.0
Modulo elástico suelo de fundación [kN/m²]	21100
módulo de reacción vertical Kv [kN/m³]	10550

4.2 Análisis de estabilidad

El dimensionamiento de las estructuras cumple con los requerimientos mínimos de estabilidad interna, ahora se verifica el aporte que la estructura realiza a la estabilidad general de la ladera, de acuerdo con los escenarios de diseño mencionados anteriormente.

Para el análisis en condiciones seudoestática se tiene en cuenta la zonificación sísmica presentada por la NSR-10, a continuación, se establecen los parametros de análisis seudoestático.

tabla No 13 Parametros de análisis seudoestático para estabilidad general (NSR-10)

Municipio	Tipo de suelo	Aa	Av	Fa	Amax	K_{ST_H}	K_{ST_V}
La victoria	B	0.15	0.15	1.0	0.15	0.12	0.06

Se presenta inicialmente el análisis de estabilidad correspondiente a la geometría del muro propuesto. En condición estática, la configuración muestra superficies críticas que interceptan la sección del vástago, obteniéndose un factor de seguridad mínimo de 1.85, valor que demuestra el cumplimiento de la estabilidad global.

Del mismo modo, se evaluó el comportamiento en condición seudoestática. En este escenario las superficies también interceptan el cuerpo del vástago, obteniéndose un factor de seguridad mínimo de 1.72, adecuado para los criterios sísmicos aplicables y coherente con el mecanismo esperado bajo solicitación dinámica.

Imagen No 6 análisis general en condición estática muro aleta

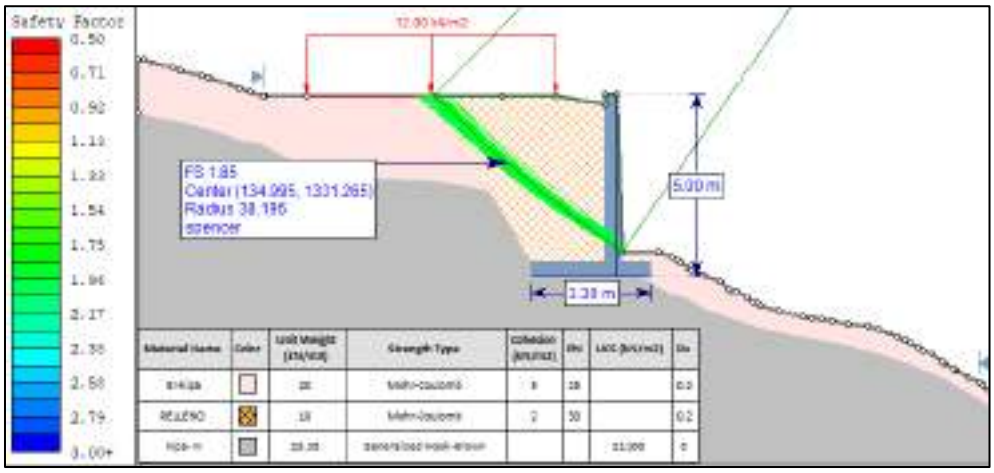
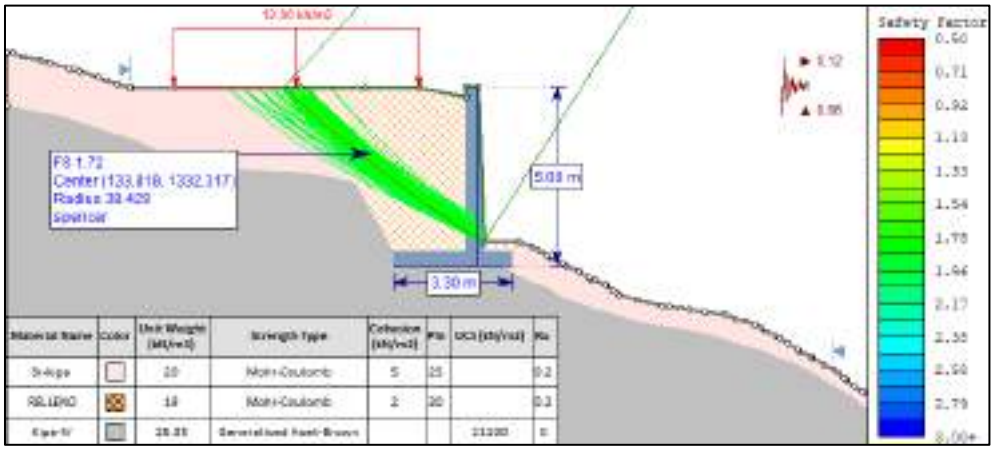


Imagen No 7 análisis general de estabilidad condición seudoestática muro aleta



4.3 disposición en planta y perfil

Se propone la implantación del muro estructural con una longitud de **5.0 m**, altura total de **5.0 m,** dispuesto con un espesor de zarpa de **0.40 m** y puntera de **0.80 m**, la corona del vástago se asume mínimo de **0.35 m** aumentando hasta su base **a 0.50 m**, además de incorporar un dentellón en la base para sumar resistencia ante deslizamiento, las dimensiones deben ser avaladas por el especialista en estructuras, se presenta la disposición tanto en planta como en perfil del predimensionamiento del muro.

Imagen No 8 esquematización y disposición en planta y ST de obras dispuestas puente Nopasal



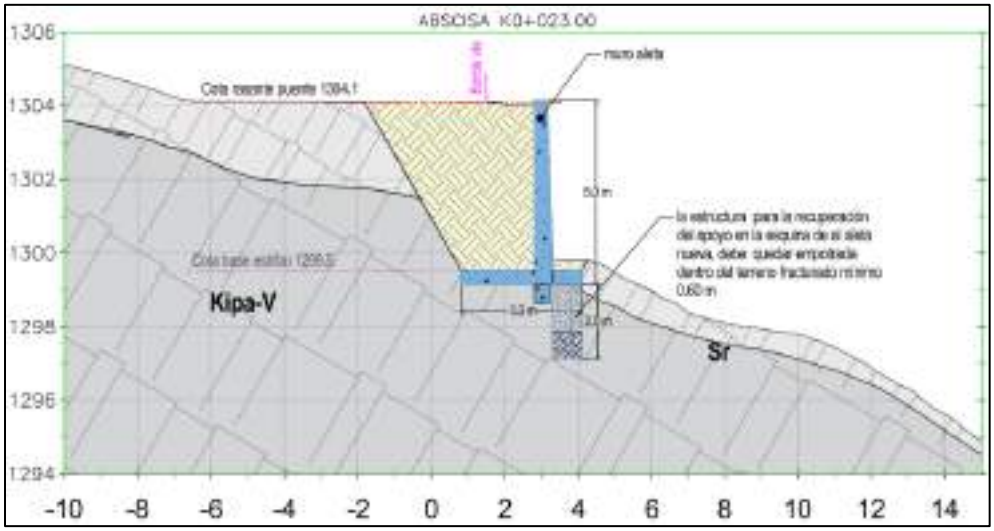
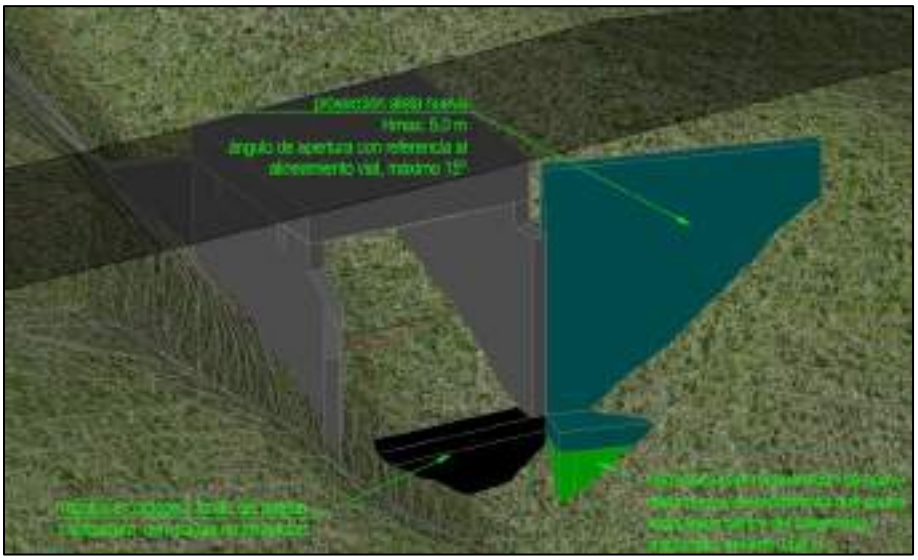


Imagen No 9 Esquematización isométrica de medidas de mitigación puente Nopasal



4.4 procesos constructivos

Las obras proyectadas dentro de este documento corresponden a excavaciones para implantación de obras de confinamiento, por lo que es necesario implementar un proceso constructivo adecuado, este procedimiento establece las directrices para la ejecución de excavaciones y la implantación de muros de confinamiento en márgenes de vías, considerando la estabilidad temporal de los taludes, así como la coordinación con un Plan de Manejo de Tránsito (PMT) para minimizar el impacto vial.

4.4.1 Planificación y preparación del terreno

Para el punto de estudio es necesario que antes de realizar cualquier intervención sobre el talud inferior se tenga en cuenta las siguientes indicaciones:

- Definir el área de intervención y delimitar la zona de trabajo con señalización vial preventiva.
- Implementar el PMT para garantizar la seguridad y continuidad del tránsito.
- Realizar un levantamiento topográfico de la zona y verificar niveles de implantación.
- Coordinar con los responsables de servicios públicos para identificar posibles interferencias.

4.4.2 ejecución de excavaciones temporales

- Realizar excavación manual o mecanizada con taludes a 55° lo que equivale a una pendiente aproximada de 1H:1.4V.
- Las excavaciones se deben realizar en orden descendente, iniciando desde cota de vía.

- Durante el proceso de excavación se recomienda se lleve un control y seguimiento visual de esta, previendo posibles movimientos que se puedan presentar y generar un riesgo para el personal de trabajo.
- Llegado a nivel de implantación se proceded a retirar material excavado, compactar o instalar material de mejoramiento si así lo dispone el diseño, luego proceder con la construcción de la obra de confinamiento.
- No se debe evitar disponer de sobrecargas adicionales en el borde la corona de la excavación, es necesario que se mantenga una distancia prudente de lo mínimo 1.20 m del borde.

4.4.3 instalación de material de relleno

Una vez construido el muro u obra de confinamiento, proceder con la instalación del material de relleno.

- El material definido como relleno debe cumplir requerimientos para materiales granulares tipo SBG, ajustándose a los lineamientos especificados por INV-610-22.
- La disposición del relleno debe hacer en capas con espesores no máximo de 0.30 m, compactando al 95% del Proctor modificado, se debe llevar el estricto control de calidad para la liberación de cada capa compactada.
- En caso de que surjan lluvias que aumenten en contenido de agua en el relleno durante el proceso de compactación, esta última capa debe levantarse y realizar de nuevo el proceso de compactación.
- Compactar cada capa con equipos livianos para evitar sobrecargas en el vástago del muro.
- **NOTA IMPORTANTE: Se recomienda la instalación de un sistema de drenaje en el trasdós del muro con el fin de aliviar las presiones hidrostáticas y prolongar la vida útil de la estructura. Este drenaje puede ejecutarse mediante un filtro granular continuo de 0,30 a 0,40 m de espesor conformado por material pétreo limpio, envuelto totalmente en un geotextil no tejido que evite la migración de finos y garantice la permeabilidad, conectado en su base a una tubería dren de Ø100 mm con pendiente mínima de 0,5 % hacia salidas visibles. Como alternativa, puede disponerse un sistema de láminas drenantes o drenes planares adheridas al paramento del muro, que redirijan el flujo hacia el dren de pie. En ambos casos, es indispensable asegurar la continuidad del drenaje desde la parte superior hasta la descarga, proteger las boquillas de salida contra obstrucciones y complementar con cunetas superficiales que reduzcan la infiltración directa al trasdós.**

4.4.4 Consideraciones finales

- Verificar la estabilidad del muro y realizar pruebas de calidad en materiales.
- Restituir el terreno alrededor de la estructura con material compactado.
- Retirar el PMT y limpiar la zona de trabajo para la entrega final del proyecto.

- Se recomienda que las aguas de escorrentía de la vía no se descarguen por la corona de los muros de confinamiento ni se permitan escurrimientos sobre el trasdós; por el desnivel entre la rasante y la base de la estructura, el manejo debe realizarse en superficie mediante un sistema continuo de captación y conducción hacia el encole/descole de las obras de manejo hidráulico. Para ello, disponga pendientes transversales de la calzada y bermas hacia cunetas longitudinales revestidas (concreto o mampostería) y, donde se requiera, cordón–cuneta/bordillo, conectados por colectores que descarguen al encole/descole de la estructura.

Firmas

Geotecnista:	Yenser Antonio Cantero Serrano	**Revisor:**	
T.P.:	54202-363195 NTS	**T.P.:**	
Fecha:	09/09/2025	**Fecha:**	

PUENTE FLANDES

Dirección de correo: Calle 2 # 7E-37 BARRIO QUINTA ORIENTAL
Dirección electrónica: consorciointermaplar@gmail.com
Teléfono: 3214711631
Cúcuta-Norte de Santander

FICHA DE DIAGNÓSTICO GEOTÉCNICO PARA PUENTES EN VÍAS

Proyecto:	Diagnóstico y ejecución de obras de emergencia para mitigar el riesgo de daño y/o colapso de puentes ubicados en el departamento por la afectación causada por efecto de la ola invernal, declarada en virtud del decreto de calamidad pública no. 0522 de 24 de mayo de 2025. Contrato de obra no. 2833 de 2025
Fecha de levantamiento:	[22 / 09 / 2025]
Profesional geotécnico:	[Yenser Antonio Quintero]
Condiciones climáticas:	[Seco]

1 GENERALIDADES DEL PUENTE

Vía / Tramo	[municipio de **Firavitoba** hacia **Paipa**]
Municipio / Departamento	[Firavitoba / Boyacá]
Coordenadas (WGS84)	Lat [**5°40'10.00"N**] Long [**72°59'47.00"O**]
Cota aproximada (msnm)	[1346]
Cauce/Quebrada/Río	[Rio Tota]
Altura de gálibo (m)	[4.0 m]
Ancho de calzada (m)	[8.0 m]
Longitud total del puente (m)	[23.0 m]
Número de luces	[2]
Número de apoyos	[3]
Material dominante	[Concreto_X_ Acero___ Mixto____ Madera _____]
Tipo estructural	[Simplemente apoyado___ Continuo __X___Otro _____]

2 ENTORNO GEOLÓGICO LOCAL

La caracterización del entorno geológico del puente Flandes, localizado en el municipio de Firavitoba (Boyacá), se realizó con base en la información del Atlas Geológico de Colombia (SGC, 2023) y la Plancha Geológica 191 – Tunja, complementada con la verificación mediante observaciones de campo.



2.1 Unidad geológica identificada:

De acuerdo con la cartografía geológica consultada, el sitio de estudio se emplaza sobre la unidad Qal, correspondiente a depósitos cuaternarios de origen aluvial, asociados a llanuras de inundación y fondos de valle.

2.2 Litología dominante:

a unidad Qal está constituida por materiales no consolidados, compuestos por mezclas de gravas, arenas y limos, producto de procesos de deposición fluvial desarrollados durante el Cuaternario (Plio–Pleistoceno), típicamente asociados a dinámicas de transporte y sedimentación en zonas de valle. Durante la inspección de campo se identificó que los materiales predominantes corresponden a depósitos de matriz fina (limos y arcillas con contenido arenoso), con baja presencia superficial de fracciones gruesas, configurando estratos relativamente homogéneos en superficie.

2.3 Implicaciones geotécnicas.

La condición de emplazamiento sobre depósitos aluviales implica un comportamiento geotécnico controlado por:

- Alta variabilidad estratigráfica lateral y vertical, típica de ambientes fluviales.
- Predominio de suelos de matriz fina, lo que sugiere:
- susceptibilidad a cambios de resistencia con la humedad
- posible reducción de capacidad portante en condiciones saturadas
- Baja rigidez relativa, asociada a materiales poco consolidados
- Potencial susceptibilidad a procesos erosivos, especialmente en interacción directa con el cauce

Adicionalmente, la configuración geomorfológica observada corresponde a topografías planas a ligeramente onduladas, coherentes con ambientes de llanura aluvial, lo cual refuerza la interpretación de un sistema de baja energía relativo, pero con capacidad de reactivación hidráulica bajo eventos de creciente.

2.4 Taludes en los accesos del puente [NO]

No se identifican taludes definidos en los accesos al puente. La vía se desarrolla sobre una superficie prácticamente plana, correspondiente a una llanura aluvial intervenida, donde las transiciones entre la rasante vial y el terreno natural son suaves y de baja pendiente.

3 PROCESOS MORFODINÁMICOS

Procesos activos: [SI ___ NO __X_]

(Marcar los que apliquen)

- ☐ Remoción en masa (deslizamientos, flujos, reptación)
- ☐ Caída de bloques / Desprendimientos
- ☐ Erosión superficial en taludes
- ☐ Socavación lateral del cauce
- ☐ Meteorización intensa en taludes rocosos
- ☐ Ninguno observado

3.1 Descripción del proceso activo

Durante la visita de inspección no se identificaron procesos morfodinámicos activos en el área de influencia del puente. No se evidencian signos de remoción en masa, erosión superficial significativa, socavación activa ni desprendimientos en las márgenes del cauce o zonas adyacentes. Las condiciones observadas corresponden a un estado de estabilidad aparente, sin indicios de evolución reciente de procesos que comprometan la integridad geotécnica del entorno inmediato.

4 ESTRIBOS Y ELEMENTOS DE CONFINAMIENTO

4.1 Descripción general de las estructuras de apoyo.

La estructura del puente presenta un sistema de apoyo conformado por estribos en ambos extremos y un apoyo central, los cuales comparten una tipología constructiva similar basada en mampostería en piedra pegada y elementos en concreto reforzado en la zona superior.

4.1.1 Estribos.

El estribo ubicado en el costado correspondiente hacia Paipa está conformado por un muro en mampostería de piedra pegada, dispuesto en bloques de tamaño medio a grande, con juntas visibles y geometría relativamente regular. En la parte superior del estribo se identifica la presencia de una viga de concreto que actúa como elemento de apoyo de la superestructura del puente, configurando un sistema mixto entre mampostería y concreto. Esta diferencia en la condición de borde entre ambos estribos responde a la geometría del terreno y a la configuración del acceso.

El estribo localizado hacia el costado de Firavitoba se encuentra parcialmente confinado por el terreno circundante, evidenciando una condición de empotramiento lateral. Al igual que los demás apoyos, está conformado por un muro en piedra pegada en su parte inferior, sobre el cual se dispone una viga de concreto que recibe la carga de la superestructura.

El apoyo central presenta una configuración constructiva equivalente a la observada en los estribos, conformado por un cuerpo en mampostería de piedra pegada y un elemento superior en concreto que sirve de transición y apoyo para la superestructura. En la zona de contacto con el cauce se observa la acumulación de material aluvial en la puntera del apoyo, correspondiente a procesos de depósito de sedimentos y material vegetal transportado por el flujo.

Imagen No 1 estribos puente: (Imag izq. Estribo lado Paipa, Imag der. Estribo lado Firavitoba)



Imagen No 2 apoyo central



4.1.2 Aletas de confinamiento

Las aletas de confinamiento del puente presentan un comportamiento diferenciado entre los estribos, asociado a la configuración geométrica de los accesos y la relación de la estructura con el terreno circundante.

En el costado correspondiente a Firavitoba no se identifican aletas de confinamiento. La superestructura se apoya sobre un sistema que funciona como viga empotrada en el terreno, conformada en su base por mampostería en piedra pegada y en su parte superior por un elemento en concreto. Las inspecciones tanto en la margen derecha aguas abajo como aguas arriba del cauce evidencian la ausencia de elementos laterales de confinamiento asociados al estribo, presentándose una transición directa entre la estructura y el terreno natural.

En el estribo ubicado hacia el costado de Paipa se identifican aletas de confinamiento, las cuales se desarrollan de manera monolítica con el cuerpo del estribo. Estas aletas están conformadas bajo la misma tipología constructiva observada en los apoyos principales, con un basamento en mampostería de piedra pegada. En la margen izquierda aguas arriba se observa con claridad la continuidad estructural entre el estribo y la aleta, donde además se

evidencia que parte de la viga de concreto de la superestructura se apoya sobre este elemento, configurando un sistema integrado de soporte y confinamiento.

De manera similar, la aleta ubicada en la margen izquierda aguas abajo presenta la misma configuración constructiva y relación monolítica con el estribo, manteniendo la continuidad geométrica y estructural del sistema.

Imagen No 3 Lado Firavitoba (Imag izq. Aguas abajo, Imag der. Aguas Arriba)



Imagen No 4 Lado Paipa (Imag izq. Aguas arriba, Imag der. Aguas Abajo)



4.1.3 Muros de aproximación:

No existen muros de aproximación.

5 AFECTACIONES Y PATOLOGÍAS

5.1 Cimentación de estribos

A partir de la inspección realizada, los estribos laterales no presentan evidencia de procesos de socavación en la zona de cimentación. No se identifican exposiciones de la base de apoyo, vacíos, ni pérdida de material en la interfaz suelo–estructura que sugieran afectaciones en su condición actual.

La interacción entre el cauce y los estribos se mantiene estable bajo las condiciones observadas, sin indicios de erosión localizada ni alteraciones geométricas que comprometan su comportamiento.

5.2 Aletas de confinamiento:

Las aletas de confinamiento identificadas en el estribo del lado Paipa no presentan evidencias de afectaciones asociadas a procesos hidráulicos o geotécnicos. No se observan socavaciones en su base, desplazamientos, ni pérdida de material en su entorno inmediato. En el estribo del lado Firavitoba, donde no se identifican aletas de confinamiento, no se evidencian condiciones que indiquen afectaciones en la interacción directa entre la estructura y el terreno circundante.

5.3 Apoyo central

El apoyo central presenta condiciones particulares asociadas a la interacción con el flujo del cauce. Se observa acumulación de material aluvial y residuos vegetales en la puntera del apoyo, evidenciando procesos de colmatación localizados en la zona de contacto con el flujo. Esta condición sugiere una modificación en el patrón de transporte de sedimentos, con generación de zonas de depósito en la base del elemento estructural. Adicionalmente, aguas abajo del apoyo se identifica la formación de una zona de sedimentación tipo “playa”, asociada a la disminución de la energía del flujo posterior al obstáculo hidráulico que representa el apoyo central. Si bien no se evidencia exposición directa de la cimentación del apoyo, el comportamiento del flujo indica una redistribución de la energía hidráulica hacia los laterales de este, lo cual puede favorecer procesos de arrastre de material en las zonas adyacentes al área de incidencia del flujo.

Imagen No 5 Apoyo central vista lateral y aguas abajo



5.4 Taludes márgenes del cauce

Para la descripción geométrica se toma como referencia la dirección del flujo del cauce. En este sentido, se denominan taludes de margen derecha (M-D) y margen izquierda (M-I) los

localizados aguas arriba, y de igual forma se identifican los taludes correspondientes aguas abajo.

5.4.1 Taludes aguas arriba:

En la margen derecha (MD) aguas arriba se observa un talud protegido por una densa cobertura vegetal, la cual actúa como elemento natural de estabilización superficial, favoreciendo el control de procesos erosivos. De manera similar, la margen izquierda (MI) aguas arriba presenta condiciones equivalentes, con desarrollo de vegetación consolidada que recubre de forma uniforme la superficie del talud, contribuyendo a la estabilidad de este.

Imagen No 6 Taludes aguas arriba.



5.4.2 Taludes aguas abajo:

Aguas abajo del puente se identifican ambos taludes (MD y MI) con una configuración geométrica definida y protegidos igualmente por cobertura vegetal continua. Esta condición favorece la disipación de la energía del flujo en la interfase agua–talud y limita la ocurrencia de procesos de erosión superficial.

Imagen No 7 Taludes aguas abajo



5.5 Socavación

En términos generales, no se evidencian procesos de socavación activa que comprometan la estabilidad de los estribos ni de los taludes en las márgenes del cauce, los cuales mantienen condiciones de estabilidad asociadas a la protección superficial existente. No obstante, en el apoyo central se identifican condiciones hidráulicas que generan un proceso erosivo localizado, asociado a la interacción directa del flujo con la geometría del elemento.

Durante la inspección se observa una lámina de agua con altura aproximada de 80 cm, en la cual se evidencia una incidencia directa del flujo sobre los laterales del apoyo, generando aceleración local de la corriente y, en consecuencia, incremento de la capacidad de arrastre de sedimentos en esta zona.

Como resultado de esta dinámica, se identifica:

- Erosión localizada en los laterales del apoyo, producto del incremento de velocidad del flujo alrededor del elemento.
- Formación de una zona de sedimentación aguas abajo, donde se desarrolla una acumulación tipo barra o playa, evidenciando un desequilibrio en el transporte sólido (erosión–deposición).
- Pérdida o ausencia de material de unión en la parte inferior del apoyo, particularmente en los bloques de mampostería en contacto con el flujo, lo cual sugiere la acción progresiva del agua sobre los elementos finos de la matriz.

Estas condiciones indican que, aunque la cimentación del apoyo central no se encuentra actualmente expuesta, el elemento está sometido a un proceso activo de interacción hidráulica–estructural, con potencial de evolución bajo escenarios de incremento de caudal o eventos de creciente.

Imagen No 8 interacción directa del flujo sobre la base del apoyo central



Imagen No 9 Playa de sedimentación posterior al apoyo central aguas abajo





5.6 Otros daños observados

Durante la inspección visual no se identificaron otros daños geotécnicos o hidráulicos adicionales a los previamente descritos. En términos generales, los estribos laterales, las aletas de confinamiento, los taludes en márgenes del cauce y el apoyo central conservan una condición funcional acorde con su configuración actual, sin evidencias de afectaciones extraordinarias diferentes a las asociadas con la interacción localizada del flujo sobre el apoyo central y los procesos de depósito observados aguas abajo..

6 CONCEPTO GEOTÉCNICO DEL DIAGNÓSTICO

6.1 Hallazgos principales

El sistema estructural del puente presenta, en términos generales, condiciones de estabilidad adecuadas desde el punto de vista geotécnico, sin evidencia de fallas globales ni procesos de socavación generalizada que comprometan los apoyos laterales o los taludes en margen del cauce.

Los estribos laterales se comportan de manera estable, apoyados sobre una configuración mixta de concreto y mampostería, sin exposición de la cimentación ni pérdida de confinamiento lateral. De igual forma, las aletas de confinamiento, donde existen, no presentan patologías estructurales ni deformaciones asociadas a empujes o pérdida de soporte.

En el apoyo central se identifican condiciones de interacción hidráulica relevantes, caracterizadas por la concentración de flujo en sus laterales, lo que genera un incremento local en la velocidad del agua y en la capacidad de arrastre de sedimentos. Este comportamiento se refleja en la presencia simultánea de procesos de erosión localizada y deposición aguas abajo, evidenciando un desbalance en la dinámica del cauce en torno al elemento estructural.

Adicionalmente, se observa deterioro en el material de unión de los bloques de mampostería en la parte inferior del apoyo central, lo cual indica una acción progresiva del flujo sobre los componentes finos de la matriz.

6.2 Patologías críticas identificadas

No se identifican patologías críticas en los estribos laterales ni en los taludes de margen que comprometan la estabilidad global del sistema.

Sin embargo, en el apoyo central se reconoce una patología de carácter hidráulico–estructural localizada, asociada a:

- Erosión en la zona de incidencia directa del flujo sobre los laterales del apoyo.
- Pérdida progresiva del material de unión entre bloques en la base de la mampostería.
- Generación de zonas de deposición aguas abajo, indicativas de redistribución del transporte sólido.

Esta condición no constituye actualmente una falla estructural, pero sí representa un mecanismo activo de deterioro, con potencial de evolución hacia escenarios más críticos bajo eventos de mayor caudal.

6.3 Nivel de riesgo

Para fines prácticos de la presente ficha, se adopta una metodología simplificada que evalúa el riesgo en función de la combinación de:

Riesgo = Probabilidad × Consecuencia

Riesgo	Nivel
1 – 4	Bajo
5 – 9	Medio
10 – 16	Alto
15 – 25	Muy Alto (Critico)

- **Probabilidad (P):** nivel de ocurrencia esperado de la amenaza, a partir de observaciones de campo (procesos activos, evidencia de deterioro, antecedentes).

Probabilidad	Muy baja	Baja	Media	Alta	Muy alta
Valor	1	2	3	4	5

  - Muy alta: Evidencia clara de socavación crítica, erosión activa, procesos que avanzan rápido.
  - Alta: Procesos activos con señales fuertes (exposición parcial de cimentación, erosión marcada).
  - Media: Señales moderadas (grietas, erosión incipiente, arrastre de material leve).
  - Baja: Evidencias menores, procesos lentos.
  - Muy baja: No se observan procesos activos, estabilidad aparente.

- **Consecuencia (C):** impacto potencial sobre la estructura y el servicio vial en caso de materializarse la amenaza.

Consecuencia	Menor	Moderada	Seria	Mayor	Catastrófica
Valor	1	2	3	4	5

- Catastrófica (5): Colapso total del puente, interrupción prolongada de la vía.
- Mayor (4): Afectación grave de la estructura (un estribo/pila comprometida).
- Seria (3): Daños estructurales importantes, pero con posibilidad de rehabilitación.
- Moderada (2): Daños reparables sin riesgo inmediato de pérdida del servicio.
- Menor (1): Patología superficial, no compromete la seguridad.

Esta aproximación está alineada con los lineamientos de INVIAS – Cartilla de Gestión del Riesgo en Infraestructura Vial

Probabilidad	Consecuencia	Nivel de riesgo
2	2	Bajo

6.4 Obras necesarias

Se requiere la implementación de medidas de intervención orientadas a controlar la interacción hidráulica del flujo con el apoyo central y a estabilizar la dinámica del cauce en el entorno inmediato de la estructura. Desde el punto de vista técnico, la necesidad de intervención se fundamenta en que la geometría actual del cauce, modificada por la presencia del apoyo central, induce aceleración del flujo en sus laterales, generando incrementos en los esfuerzos cortantes y favoreciendo procesos de erosión localizada. Esta condición se ve acentuada por la presencia de una zona de sedimentación aguas abajo, la cual altera la sección hidráulica efectiva del cauce y promueve la redistribución del flujo hacia los márgenes.

En este contexto, se plantean las siguientes acciones:

- Protección de la base del apoyo central mediante enrocado o generar un sistema de recalce con concreto, con el fin de disipar la energía del flujo, reducir la velocidad en la zona de incidencia directa y controlar los procesos de erosión localizada en los laterales del elemento.
- Recuperación del material de unión entre los bloques de mampostería, mediante la aplicación de lechada o mortero, buscando restituir la continuidad estructural, mejorar la trabazón entre elementos y evitar la pérdida progresiva de finos inducida por la acción hidráulica.
- Recuperación de la sección hidráulica del cauce en la zona posterior al apoyo central, mediante la remoción controlada del material sedimentado que conforma la playa identificada aguas abajo. Esta intervención tiene como objetivo restablecer una

distribución más uniforme del flujo, evitando concentraciones hacia los márgenes que puedan incrementar procesos erosivos sobre los taludes aguas abajo.

La no intervención sobre esta acumulación de sedimentos implica mantener una condición de flujo desbalanceado, donde la desviación y concentración de corrientes puede trasladar el problema hacia los taludes laterales, generando potenciales afectaciones en la estabilidad de las márgenes del cauce.

En conjunto, estas medidas responden a una estrategia de control del sistema hidráulico–estructural, orientada no solo a proteger el apoyo central, sino a evitar la evolución de procesos erosivos hacia otras zonas del cauce.

6.5 Exploración geotécnica

No se evidencian condiciones que requieran la ejecución de exploración geotécnica orientada a la caracterización del suelo de fundación, dado que no se identifican patologías estructurales asociadas a fallas del terreno o pérdida de capacidad portante.

No obstante, se considera pertinente, en caso de requerirse un análisis más detallado, realizar caracterización del cauce mediante apique, enfocada en:

- Reconocimiento e identificación del tipo de material del lecho del rio.

6.6 Proyección de obras definitivas:

Las obras definitivas deben orientarse a controlar el proceso erosivo localizado en el apoyo central, restablecer condiciones adecuadas de integridad en la mampostería de piedra pegada y recuperar la sección hidráulica del cauce en la zona afectada por sedimentación aguas abajo del apoyo. En este sentido, la intervención definitiva deberá contemplar, como mínimo, los siguientes componentes:

Protección de la base del apoyo central frente a la acción erosiva del flujo

La base del apoyo central deberá ser protegida mediante una obra que permita disipar la energía hidráulica y reducir la incidencia directa del flujo sobre los laterales y la puntera del elemento. Para este propósito, se consideran técnicamente viables dos alternativas de intervención:

- **Protección mediante enrocado**, dispuesto alrededor de la base del apoyo central, conformando una coraza resistente frente al arrastre y a los efectos de socavación localizada. Esta solución permite disipar energía, reducir velocidades en contacto con la estructura y brindar protección flexible ante variaciones del flujo.
- **Protección mediante recalce en concreto ciclópeo**, conformando un anillo o collar de protección en la base del apoyo central. Esta alternativa resulta adecuada cuando por condiciones de implantación, geometría del cauce o limitaciones constructivas no sea viable la disposición de enrocado. El concreto ciclópeo debe conformar un elemento continuo alrededor de la base expuesta al flujo, con capacidad de proteger

la zona inferior de la mampostería frente a la erosión localizada y limitar la remoción progresiva de material en la interfase agua–estructura.

En cualquiera de las dos alternativas, la solución deberá garantizar continuidad perimetral en la zona de mayor incidencia hidráulica y desarrollarse hasta una profundidad y extensión suficientes para evitar descalces localizados o fallas por erosión en el contorno inmediato del apoyo.

Recuperación de la integridad de la mampostería del apoyo central

De manera complementaria, se deberá recuperar el material de unión entre los bloques de mampostería en la parte baja del apoyo, donde se evidencia pérdida o lavado del mortero de junta. Esta actividad deberá ejecutarse mediante inyección de lechada, resane o revoque con mortero, según la condición puntual observada, con el fin de:

- restituir la continuidad entre bloques,
- mejorar la trabazón del sistema,
- reducir la vulnerabilidad frente al ingreso y circulación de agua en las juntas, y
- evitar el deterioro progresivo de la base de la mampostería.

Esta intervención no debe entenderse como un simple acabado superficial, sino como una medida de preservación de la integridad del apoyo frente al proceso erosivo actualmente identificado.

Recuperación de la sección hidráulica del cauce aguas abajo

Adicionalmente, se deberá intervenir la zona de sedimentación localizada aguas abajo del apoyo central, con el propósito de restablecer una sección hidráulica más uniforme y evitar que la playa formada continúe alterando la distribución del flujo.

La permanencia de esta acumulación sedimentaria puede favorecer la concentración de corrientes hacia las márgenes del cauce, incrementando la acción erosiva sobre los taludes laterales aguas abajo y trasladando el problema hidráulico hacia sectores actualmente estables. Por tanto, se considera necesaria la remoción controlada del material depositado y la recuperación geométrica de la sección del canal en el entorno inmediato del apoyo.

En términos generales, la proyección de obras definitivas debe responder a una lógica de intervención integral, donde no solo se proteja el apoyo central frente a la socavación localizada, sino que también se corrijan las condiciones hidráulicas que están favoreciendo la concentración del flujo, el arrastre localizado y la sedimentación diferencial en el cauce.

7 CONCLUSIÓN DEL DIAGNÓSTICO

El puente Flandes, localizado en el municipio de Firavitoba, se emplaza sobre depósitos aluviales cuaternarios característicos de ambientes de llanura, donde predominan materiales de matriz fina y una topografía esencialmente plana. Bajo estas condiciones, el

comportamiento geotécnico del entorno está controlado principalmente por la dinámica hidráulica del cauce y no por procesos de inestabilidad asociados a pendientes o fallas del terreno.

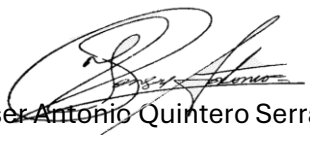
A partir de la inspección realizada, se concluye que los estribos laterales y los taludes en las márgenes del cauce presentan condiciones de estabilidad adecuadas, sin evidencia de procesos de socavación activa, pérdida de soporte o afectaciones estructurales que comprometan su integridad en el estado actual. La cobertura vegetal existente en los taludes contribuye de manera efectiva al control de procesos erosivos superficiales, manteniendo la estabilidad de las márgenes.

No obstante, el apoyo central constituye el elemento crítico del sistema desde el punto de vista geotécnico–hidráulico. La geometría del apoyo genera una alteración en el patrón de flujo, induciendo aceleración de la corriente en sus laterales, lo cual incrementa los esfuerzos cortantes en la base del elemento y favorece procesos de erosión localizada. Esta condición se evidencia en la pérdida de material de unión en la mampostería inferior y en la presencia de zonas de sedimentación aguas abajo, que reflejan un desbalance en la dinámica de transporte de sedimentos.

Aunque no se observa exposición de la cimentación del apoyo central, el sistema presenta un proceso activo de interacción hidráulica–estructural, con potencial de evolución bajo eventos de mayor caudal, lo cual podría derivar en escenarios de socavación localizada si no se implementan medidas de control.

En este contexto, el comportamiento general del puente no está condicionado por limitaciones geotécnicas inherentes al suelo de fundación, sino por la interacción del flujo con la estructura, particularmente en el apoyo central y en la modificación local de la sección hidráulica del cauce. Por tanto, las acciones requeridas deben orientarse a controlar los procesos erosivos, restituir la integridad de la mampostería y recuperar la geometría del cauce en el entorno inmediato del apoyo.

En síntesis, el puente presenta condiciones funcionales estables en el estado actual, pero con un riesgo localizado de evolución progresiva en el apoyo central, el cual requiere intervención preventiva para evitar el desarrollo de afectaciones de mayor magnitud asociadas a eventos hidráulicos extremos.



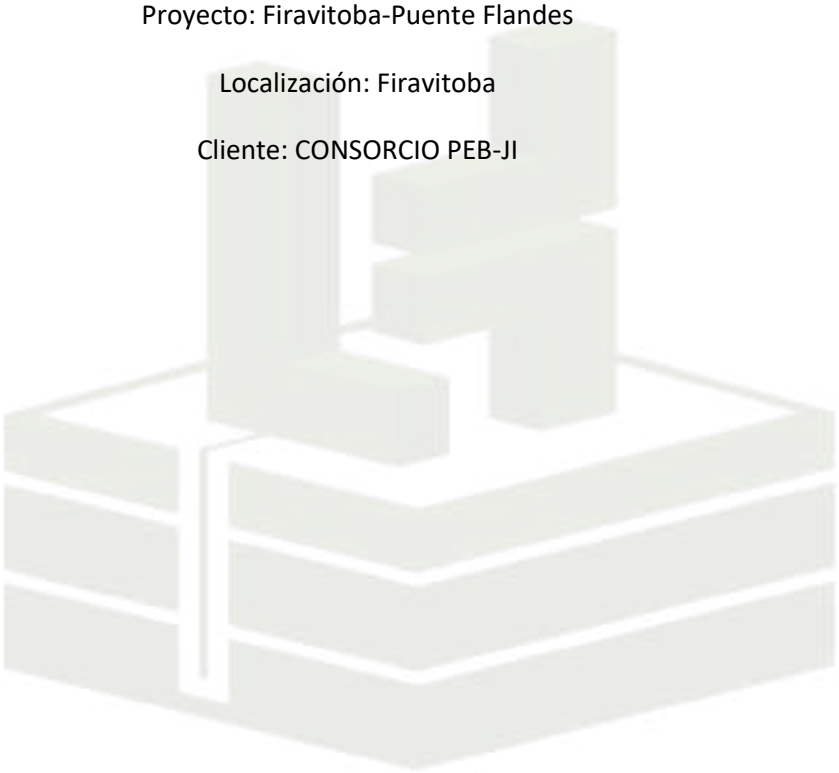
Firmas	Yenser Antonio Quintero Serrano	**Revisor:**	
Geotecnista:			
T.P.:	54202-363195 NTS	**T.P.:**	
Fecha:	09/09/2025	**Fecha:**	

ES 26002-1 – PUENTE FLANDES

Proyecto: Firavitoba-Puente Flandes

Localización: Firavitoba

Cliente: CONSORCIO PEB-JI



LÓPEZ HERMANOS GEOTECNIA Y AGUAS SUBTERRÁNEAS S.A.S.

Fecha: febrero 2026

1. INTRODUCCIÓN Y ALCANCE

El presente documento contiene el diseño geotécnico de la losa de aproximación del Puente Flandes, ubicado en el municipio de Firavitoba, Boyacá. El objetivo principal es establecer los parámetros geotécnicos y las recomendaciones para el diseño y construcción de la losa de aproximación, garantizando la estabilidad y el control de los asentamientos diferenciales entre el estribo y el terraplén de acceso. El estudio se fundamenta en los resultados de campo y laboratorio obtenidos por LÓPEZ HERMANOS GEOTECNIA Y AGUAS SUBTERRÁNEAS S.A.S., aplicando los lineamientos de la NSR-10 (Título H).

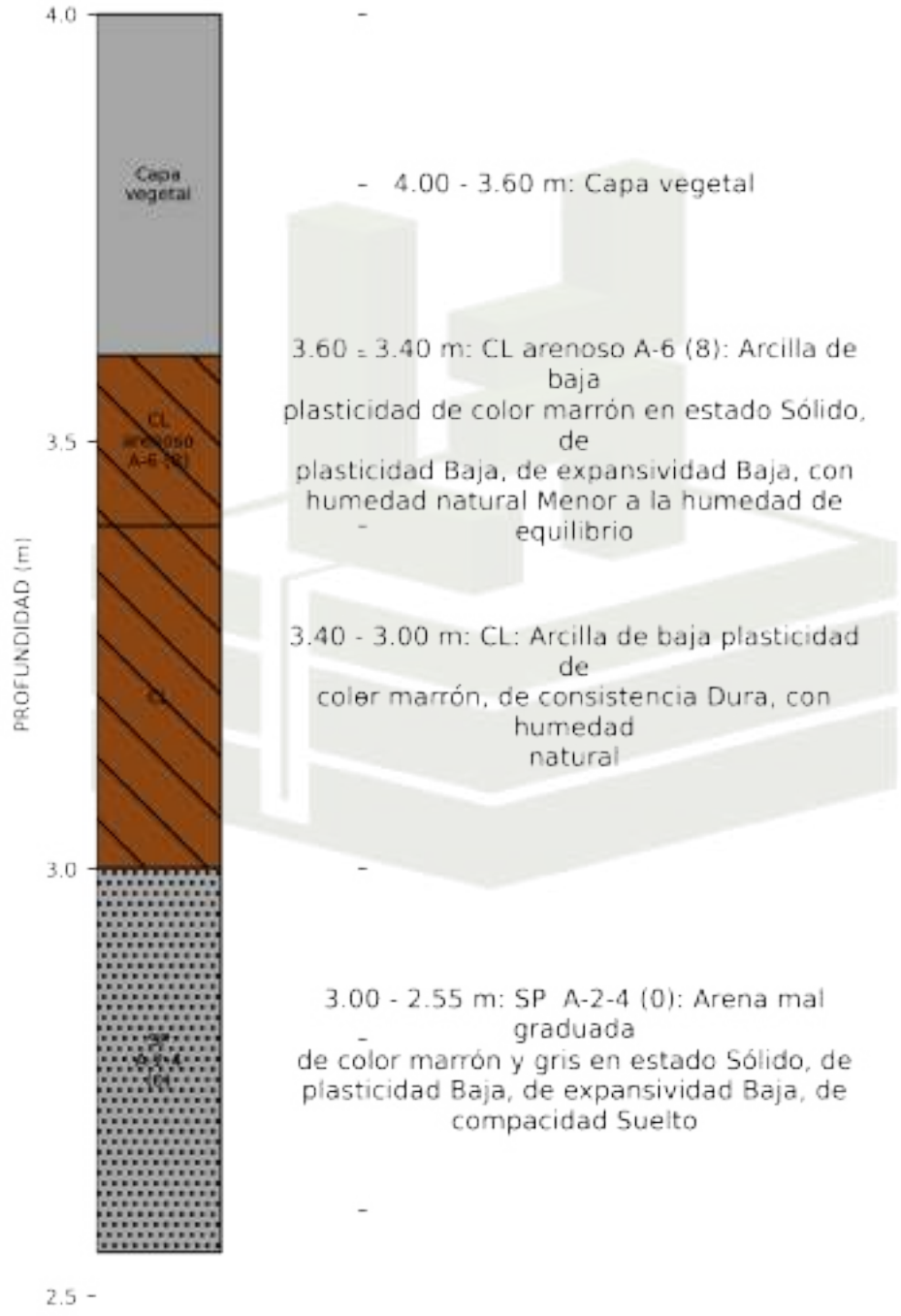
2. INVESTIGACIONES DE CAMPO Y LABORATORIO

Se realizaron dos apiques geotécnicos, denominados AP-1 y LECHO 1, con profundidades de hasta 1,45 m, mediante los cuales se obtuvieron muestras alteradas. En laboratorio se ejecutaron ensayos de clasificación, límites de Atterberg, granulometría, CBR y penetracion normal.



3. CARACTERIZACIÓN DE MATERIALES

El perfil estratigráfico evaluado corresponde a un suelo heterogéneo compuesto superficialmente por una capa vegetal, subyacida por estratos predominantes de arcilla inorgánica de baja plasticidad (CL), de color marrón, consistencia dura a sólida, baja expansividad y humedad cercana o inferior a la natural de equilibrio, incluyendo un tramo de arcilla arenosa; en la parte inferior se identifica un estrato de arena mal gradada (SP), de color marrón gris, baja plasticidad y compacidad suelta, configurando en conjunto un subsuelo predominantemente cohesivo de baja plasticidad con intercalaciones granulares.


4.0
3.5
3.0
2.5
PROFUNDIDAD (m)
Capa vegetal
CL arenoso A-6 (8)
CL
SP A-2-4 (0)
- 4.00 - 3.60 m: Capa vegetal
3.60 - 3.40 m: CL arenoso A-6 (8): Arcilla de baja plasticidad de color marrón en estado Sólido, de plasticidad Baja, de expansividad Baja, con humedad natural Menor a la humedad de equilibrio
3.40 - 3.00 m: CL: Arcilla de baja plasticidad de color marrón, de consistencia Dura, con humedad natural
3.00 - 2.55 m: SP A-2-4 (0): Arena mal graduada de color marrón y gris en estado Sólido, de plasticidad Baja, de expansividad Baja, de compacidad Suelto

LÓPEZ HERMANOS GEOTECNIA Y AGUAS SUBTERRÁNEAS S.A.S.

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y CONCRETOS

Avenida Norte No. 48-57 Tel. 403972 Tunja, BOY.

Obra: ES26002-1 FIRAVITOBA-PUENTE FLANDES

Localización Firavitoba, Boyacá

Fecha de ensayos: Junio 2025

CUADRO RESUMEN DE ENSAYOS

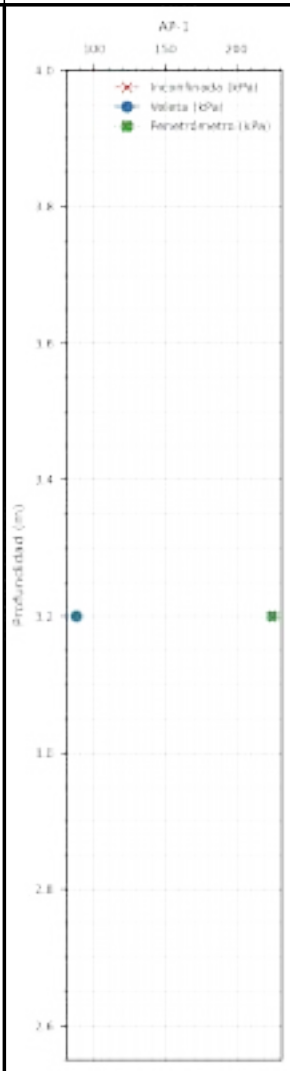
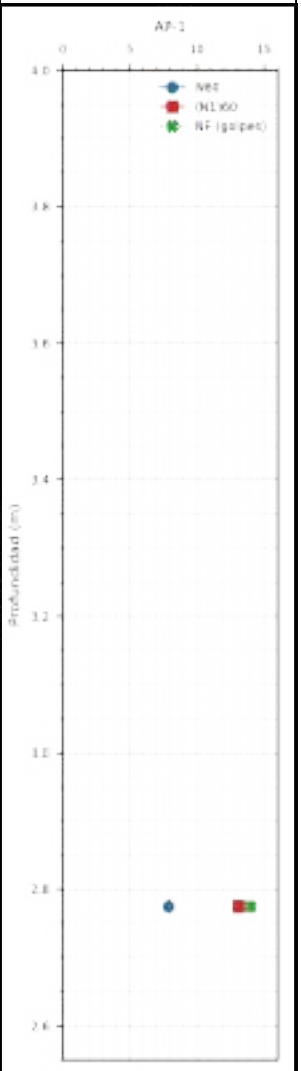
Barreno N°- Prof. (m)	PROF		Propiedades físicas y clasificación																Penetración normal				C,B,R								Descripción
			Humedad natural %	Límite Líquido (%)	Límite plástico (%)	Índice de plasticidad (%)	Índice de liquidez	Humedad de equilibrio (%)	Peso unitario total (kN/m³)	Peso unitario seco (kN/m³)	Peso unitario seco crítico (kN/m³)	%Pasa No.4 (<4.75 mm)	%Pasa No.10 (<2.00mm)	%Pasa No.40 (<0.410mm)	% Pasa 200 (<0.075mm)	% Finos	% Arenas	% Gravas	Clasificación USC/ AASHTO	Número de golpes de campo	Número de golpes de campo por cada 15 cm	Penetración normal corregida N60(SPT)	Penetración normal corregida normalizada N160(SPT)	Densidad Máxima LAB (kg/m3)	Humedad Sumergido(%)	CBR Sumergido %	CBR Inalterado %	% Expansión CBR Inalterado	CBR Estimado de PDC	CBR (IG)	CBR promedio estimado (AASHTO)	
AP-1 (0,40/0,60)	3,5		15,5	32	19	13	-0,3	18,6	-	-	14,3	100	-	-	69	69	31	0	CL arenoso A-6 (8)	-,-,-				1510	20	1,30	6,50	0,02	-	8	10	Arcilla de baja plasticidad de color marrón en estado Sólido, de plasticidad Baja, de expansividad Baja, con humedad natural Menor a la humedad de equilibrio
AP-1 (0,60/1,00)	3,2		20,3	-	-	-			16,8	14,0	-		-	-					CL	-,-,-				-		-	-	-	-			Arcilla de baja plasticidad de color marrón, de consistencia Dura, con humedad natural
AP-1 (1,00/1,45)	2,775		9,5	24	18	6	-1,4	14,9	-	-	16,2	65	-	-	30	30	35	35	SP A-2-4 (0)	3,5,9	14	8	13	-		-	-	-	-	12	32	Arena mal graduada de color marrón y gris en estado Sólido, de plasticidad Baja, de expansividad Baja, de compacidad Suelto

LOPEZ HERMANOS GEOTECNIA Y AGUAS SUBTERRANEAS S.A.S.

Avenida Norte 48-57 - Tunja (Boy). Tel: 3108717384. email: estudios@lhltda.com

ESTUDIO DE SUELOS - SERVICIO DE LABORATORIO DE SUELOS Y CONCRETOS - POZOS PROFUNDOS.

Solicitado por:	CONSORCIO PEB-JI.	**Barreno:**	AP-1	
Proyecto:	ES26002-1 FIRAVITOBA-PUENTE FLANDES	**Fecha inicio:**	29/enero/2026	
Ubicación:	Firavitoba, Boyacá	**Fecha fin:**	29/enero/2026	
Latitud/Norte:	5°40'9.99"N	**Cota:**	4	m
Longitud/Este:	72°59'47.96"O	Cota NF:	-	m
Tipo sondeo:	Apique	**PROF N.F**	-	m

COLUMNA ESTATIGRAFICA	DESCRIPCION PERFIL	*RESISTENCIA NO DRENADA*	*PENETRACION NORMAL*
	- 4.00 - 3.60 m: Capa vegetal 3.60 - 3.40 m: CL arenoso A-6 (8): Arcilla de baja plasticidad de color marrón en estado Sólido, de plasticidad Baja, de expansividad Baja, con humedad natural Menor a la humedad de equilibrio 3.40 - 3.00 m: CL: Arcilla de baja plasticidad de coler marrón, de consistencia Dura, con humedad natural 3.00 - 2.55 m: SP A-2-4 (0): Arena mal graduada de color marrón y gris en estado Sólido, de plasticidad Baja, de expansividad Baja, de compacidad Suelto		

OBSERVACIONES	Profundidad explorada	1.45 m

4. CAPACIDAD DE SOPORTE Y ASENTAMIENTOS

Como el suelo es granular, la capacidad de soporte se calcula como

$$q_{admisible} \quad 11.98 N_{corr} \quad \frac{3.28B \quad 1}{3.28B}^{2} \quad Fd \quad \frac{S_e}{25} \quad \mathrm{kN/m^2} \; o \; \mathrm{KPa}$$

$B \quad 1.22m$

N_{cor} Numero de golpes penetracion estandar corregido

$\mathrm{Fd} = 1 + 0.33 \quad \mathrm{D_f/B} \quad 1.33$

S_e Asentamiento tolerable (mm)

Df=	1			Df=	1,5	
B (m)	***Fd***	***q admisible (kPa)***	***q admisible (ton/m²)***	***Fd***	***q admisible (kPa)***	***q admisible (ton/m²)***
1,000	1,33	217,04	22,1	1,33	217,04	22,1
1,500	1,22	169,56	17,3	1,33	184,55	18,8
2,000	1,17	148,48	15,2	1,25	159,08	16,2
2,500	1,13	136,71	14,0	1,20	144,75	14,8
3,000	1,11	129,22	13,2	1,17	135,68	13,8
4,000	1,08	120,25	12,3	1,12	124,87	12,7
5,000	1,07	115,07	11,7	1,10	118,66	12,1
Df=	2					
B (m)	***Fd***	***q admisible (kPa)***	***q admisible (ton/m²)***			
1,000	1,33	217,04	22,1			
1,500	1,33	184,55	18,8			
2,000	1,33	169,29	17,3			
2,500	1,27	152,78	15,6			
3,000	1,22	142,13	14,5			
4,000	1,17	129,49	13,2			
5,000	1,13	122,25	12,5			

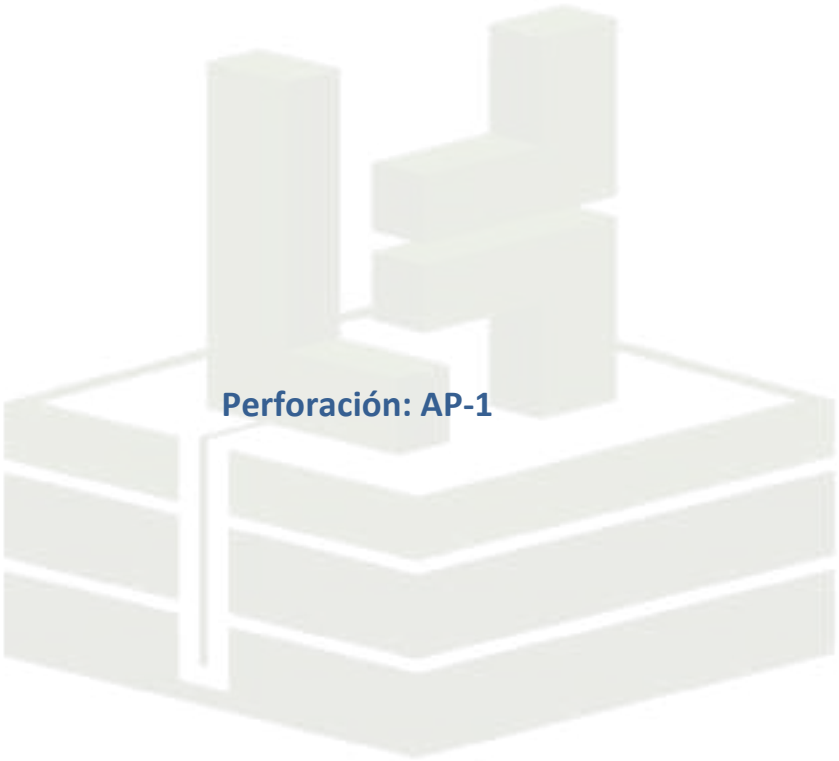
Tabla 1: Capacidad de soporte costado suroeste

Con la presión aplicada los asentamientos se esperan menores a los 25 mm

7. CONCLUSIONES

Los materiales de fundación presentan condiciones adecuadas para el apoyo de la losa de aproximación. No se prevén asentamientos significativos ni problemas de estabilidad.

REGISTRO FOTOGRÁFICO



Perforación: AP-1



Foto 1. Barreno 1: Toma de muestra



Foto 2. Barreno 1: Toma de muestra



Foto 3. Barreno 1: Toma de muestra



Foto 4. Barreno 1: Toma de muestra



Foto 5. Barreno 1: Toma de muestra



Foto 6. Barreno 1: Toma de muestra





Foto 7. Muestra 1 (0.40-0.60)



Foto 8. Muestra 2 (0.60-1.00)



Foto 9. Muestra 3 (1.00-1.45)

Perforación: LECHO DE RIO - AGUAS ABAJO



Foto10. Extracción lecho de rio



Foto 11. Extracción lecho de rio



Foto 12. Extracción lecho de rio



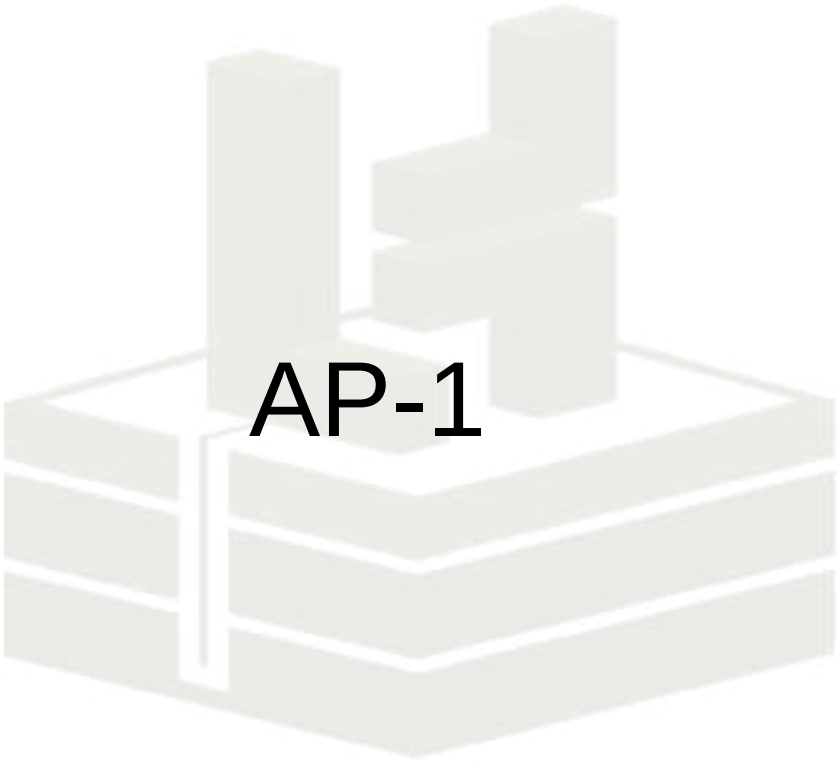
Foto 13. Extracción lecho de rio



Foto 12. Muestra 1 (0.00-0.30) Humedad



Foto 13. Muestra-1 (0.00-0.30)



AP-1

LÓPEZ HERMANOS S.A.S GEOTECNIA Y AGUAS SUBTERRÁNEAS	Formato del Sistema de Gestión de Calidad	Este documento es propiedad intelectual de López Hermanos Geotecnia y Aguas Subterráneas S.A.S	
	EJECUCIÓN DE ENSAYOS DE LABORATORIO		
	DETERMINACIÓN DE LA CANTIDAD DE MATERIAL QUE PASA EL TAMIZ DE 75 µM (NO.200) EN LOS AGREGADOS PÉTREOS MEDIANTE LAVADO INV E – 214-13	Versión No. 3	19/12/2024
		EL-INF-05	Página 1 de 1

Solicitado por:	CONSORCIO PEB-JI.	***Muestra No:***	***144924 (11)***
Dirección:	CL 109 14 B 60 OF 204 BRR CHICO	***Orden No.:***	***42541***
NIT./C.C.:	901977234-8	***Referencia cliente:***	ES26002-1 FIRAVITOBA-PUENTE FLANDES
Tel.:	3102778858		
Obra:	ES2602-1 FIRAVITOBA	***Fecha de muestreo:***	29/01/2026
Finalidad:	Determinar calidad del material	***Fecha de ingreso de la muestra:***	2/02/2026
Muestra tomada por:	López Hermanos (Geotecnia)	***Fecha de ensayo:***	7/02/2026
Procedencia:	Firavitoba, Boyacá	***Fecha de Informe:***	11/02/2026 16:49
Profundidad (m):	0,40 - 0,60 m	***Barreno:***	AP-1
Descripción de la muestra:	Arcilla arenoso con material vegetal(Raices), de color marrón	***Tipo de muestra:***	CBR
Frente y localización:	Firavitoba, Boyacá		

Peso suelo seco antes de lavar, (g)	401
Peso suelo seco despues de lavar, (g)	125,61
PASANTE MALLA 4, (%)	**100**
PASANTE MALLA 200, (%)	**69**
Grava (%)	**0**
Arena (%)	**31**
Finos (%)	**69**

OBSERVACIONES:

No reporta

Aprobó
ING. JOHANA CAROLINA CARO
TP. 15202-320655 BYC

Nota: Este folio no se deberá reproducir de forma parcial o total sin la aprobación por escrito de López Hermanos Geotecnia y Aguas Subterráneas S.A.S
Los resultados mostrados en este informe corresponden únicamente a la(s) muestra(s) ensayada(s) tal como fueron recibida(s) del cliente.
Los resultados de este informe corresponde al instante y las condiciones en que se realizó el ensayo. El laboratorio no se hace responsable del uso inadecuado de la información.
El laboratorio no es responsable de la información suministrada por el cliente. Los ensayos fueron realizados en el laboratorio López Hermanos SAS sede Tunja

-Fin de informe-

LÓPEZ HERMANOS S.A.S GEOTECNIA Y AGUAS SUBTERRÁNEAS	Formato del Sistema de Gestión de Calidad	Este documento es propiedad intelectual de López Hermanos Geotecnia y Aguas Subterráneas S.A.S	
	EJECUCIÓN DE ENSAYOS DE LABORATORIO		
	INFORME DE ENSAYO: DETERMINACIÓN EN LABORATORIO DEL CONTENIDO DE AGUA (HUMEDAD) DE MUESTRAS DE SUELO, ROCA Y MEZCLAS DE SUELO-AGREGADO INV E-122-13	Versión No. 2	18/11/2024
		EL-INF-03	1 de 1

		Orden No.:	***42541***
Solicitado por:	CONSORCIO PEB-JI.	***Muestra No.:***	***144924 (16)***
NIT./C.C.:	901977234-8	***Fecha de ingreso:***	2/02/2026
Dirección:	CL 109 14 B 60 OF 204 BRR CHICO	***Fecha de ensayo:***	7/02/2026
Tel.:	3102778858	***Fecha de Informe:***	11/02/2026
Obra:	ES2602-1 FIRAVITOBA		
Finalidad:	Determinar calidad del material		
Fecha de muestreo:	29/01/2026		
Muestra tomada por:	López Hermanos (Geotecnia)		
Procedencia:	Firavitoba, Boyacá		
Barreno:	AP-1	***Tipo de muestra:***	CBR
Profundidad (m):	0,40-0,60 m		
Descripción de la muestra:	Arcilla arenoso con material vegetal(Raices), de color marrón		
Referencia interna:	ES26002-1 FIRAVITOBA-PUENTE FLANDES		
Frente y localización:	Firavitoba, Boyacá		

Método de Ensayo	A
Recipiente N°	2070
Masa del recipiente, (g)	37,7
Masa del recipiente + suelo húmedo, (g)	500
Masa del recipiente + suelo seco, (g)	438,1
Contenido de Humedad, %	**15,5**

OBSERVACIONES:

No reporta

Revisó y Aprobó
JOHANA CAROLINA CARO
TP. 15202-320655 BYC

Nota: Este folio no se deberá reproducir de forma parcial o total sin la aprobación por escrito de López Hermanos Geotecnia y Aguas subterráneas S.A.S
Los resultados mostrados en este informe corresponden unicamente a la(s) muestra(s) ensayada(s) tal como fueron recibida(s) del cliente.
Los resultados de este informe corresponde al instante y las condiciones en que se realizo el ensayo. El laboratorio no se hace responsable del uso inadecuado de la información.
El laboratorio no es responsable de la información suministrada por el cliente. Los ensayos fueron realizados en el laboratorio López Hermanos SAS sede Tunja

-Fin de informe-

LÓPEZ HERMANOS S.A.S GEOTECNIA Y AGUAS SUBTERRÁNEAS	Formato del Sistema de Gestión de Calidad	Este documento es propiedad intelectual de López Hermanos Geotecnia y Aguas Subterráneas S.A.S	
	EJECUCIÓN DE ENSAYOS DE LABORATORIO	Versión No. 2	27/12/2024
	ENSAYO DE CBR INALTERADO INV E-148-13	EL-INF-32	-

Cliente: CONSORCIO PEB-JI.

Teléfono: 3102778858

Dirección: CL 109 14 B 60 OF 204 BRR CHICO

NIT: 901977234-8

Obra : ES2602-1 FIRAVITOBA

Procedencia: Firavitoba, Boyacá

Frente y localización : Firavitoba, Boyacá

Barreno: AP-1

Profundidad (m): 0,4 m a 0,6m

Descripción: Arcilla arenoso con material vegetal(Raices), de color marrón

No. De Orden: ***42541***

No. Muestra: ***144924 (43)***

Fecha de muestreo: 2026/1/29

Fecha de ingreso: 2026/2/2

Fecha de ensayo: 2026/2/7

Fecha de informe: 11/02/2026 0:00

Tipo de ensayo	*No sumergido*			*Sumergido*		
Penetración	**Lectura celda**	**Carga Total**	**Carga Unitaria**	**Lectura celda**	**Carga Total**	**Carga Unitaria**
mm	lbf	N	MPa	lbf	N	MPa
0	0,0	0,0	0,0	0	0	0
0,64	106,00	472	0,24	20,00	88,964	0,05
1,27	162,00	721	0,37	31,00	137,89	0,07
1,91	180,00	801	0,41	34,00	151,24	0,08
2,54	195,00	867	**0,45**	39,00	173,48	**0,09**
3,18	206,00	916	0,47	43,00	191,27	0,10
3,81	219,00	974	0,50	47,00	209,07	0,11
4,45	234,00	1041	0,54	52,00	231,31	0,12
5,08	247,00	1099	**0,57**	56,00	249,1	**0,13**
7,62	303,00	1348	0,70	64,00	284,69	0,15
10,16	354,00	1575	0,81	75,00	333,62	0,17
12,70	401,00	1784	0,92	88,00	391,44	0,20

	No sumergido	Sumergido
Humedad de Penetración (%):	15,5%	19,9%
C.B.R. corregido a 2,54 mm :	6,5%	1,3%
C.B.R. corregido a 5,08 mm :	5,5%	1,2%

DENSIDAD MUESTRA

Molde N°	10B	
Volumen =	2123	cm³
Masa molde	5342	g
Masa molde+suelo=	8539	g
Densidad=	1510	kg/m³
Densidad=	*94*	*Lbs/pie³*
Densidad seca=	1310	kg/m³

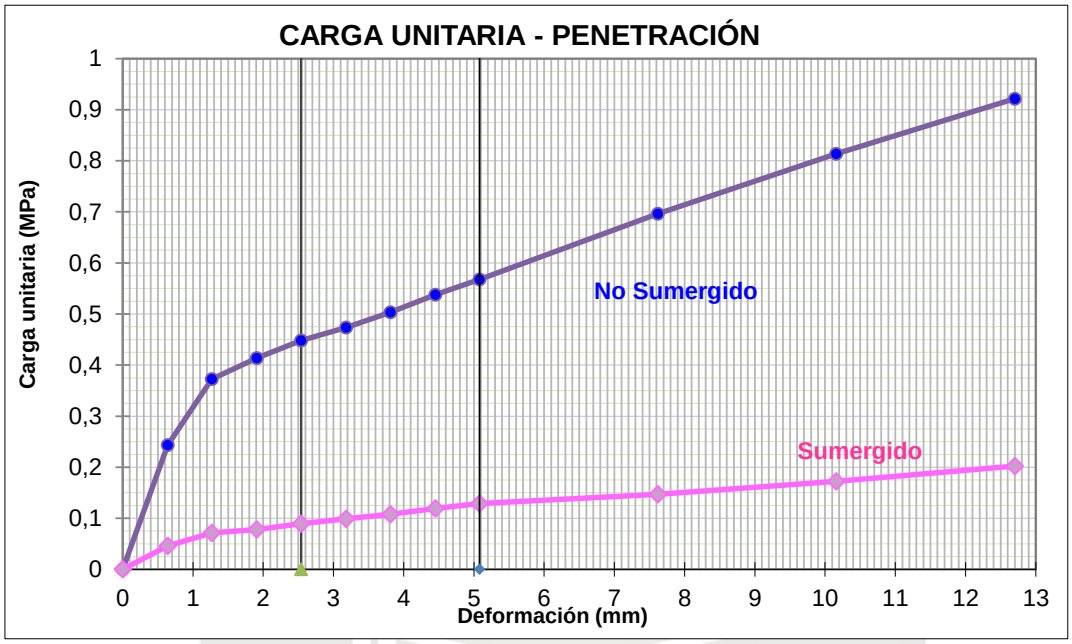
EXPANSION MUESTRA

Lec. Inicial :	482
1 dia	483
2 dia	483
3 dia	483
4 dia	483
Expansión=	**0,02%**

REVISÓ Y APROBÓ
JOHANA CAROLINA CARO
MP. 15202-320655 BYC

Nota: Este folio no se deberá reproducir de forma parcial o total sin la aprobación por escrito de López Hermanos Geotecnia y Aguas Subterráneas S.A.S
Los resultados mostrados en este informe corresponden unicamente a la(s) muestra(s) ensayada(s) tal como fueron recibida(s) del cliente.
Los resultados de este informe corresponde al instante y las condiciones en que se realizo el ensayo. El laboratorio no se hace responsable del uso inadecuado de la información.
El laboratorio no es responsable de la información suministrada por el cliente. Los ensayos fueron realizados en el laboratorio López Hermanos SAS sede Tunja

Cliente:	CONSORCIO PEB-JI.	***No. De Orden:***	***42541***
Teléfono:	3102778858	***No. Muestra:***	***144924 (43)***
Dirección:	CL 109 14 B 60 OF 204 BRR CHICO	**Fecha de muestreo:**	2026/1/29
NIT:	901977234-8	**Fecha de ingreso:**	2026/2/2
Obra :	ES2602-1 FIRAVITOBA	**Fecha de ensayo:**	2026/2/7
Procedencia:	Firavitoba, Boyacá	**Fecha de informe:**	11/02/2026 0:00
Frente y localización :	Firavitoba, Boyacá		
Barreno:	AP-1		
Profundidad (m):	0,4 m a 0,6m		
Descripción:	Arcilla arenoso con material vegetal(Raices), de color marrón		



	No sumergido	Sumergido
Humedad de Penetración (%):	15,5%	19,9%
C.B.R. corregido a 2,54 mm :	6,5%	1,3%
C.B.R. corregido a 5,08 mm :	5,5%	1,2%

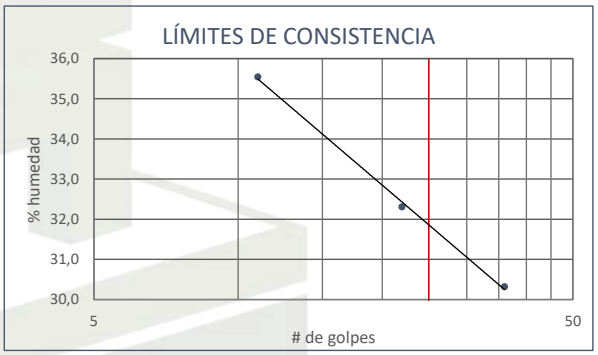
REVISÓ Y APROBÓ
JOHANA CAROLINA CARO
MP. 15202-320655 BYC

- Fin de informe-

LÓPEZ HERMANOS S.A.S GEOTECNIA Y AGUAS SUBTERRÁNEAS	Formato del Sistema de Gestión de Calidad	Este documento es propiedad intelectual de López Hermanos Geotecnia y Aguas Subterráneas S.A.S	
	EJECUCIÓN DE ENSAYOS DE LABORATORIO		
	INFORME DE ENSAYO: DETERMINACIÓN DE LÍMITE LÍQUIDO, LÍMITE PLÁSTICO E ÍNDICE DE PLASTICIDAD DE LOS SUELOS INV E-125-13 Y INV E-126-13	Versión No. 3	13/11/2024
		EL-INF-04	Página 1 de 1

		Muestra No.:	***144924 (5)***
Solicitado por:	CONSORCIO PEB-JI.	***Orden No.:***	***42541***
Dirección:	CL 109 14 B 60 OF 204 BRR CHICO	***Referencia Cliente:***	ES26002-1 FIRAVITOBA-PUENTE FLANDES
NIT./C.C.:	901977234-8	***Fecha de muestreo:***	29/01/2026
Tel.:	3102778858	***Fecha de ingreso de la muestra:***	2/02/2026
Obra:	ES2602-1 FIRAVITOBA	***Fecha de ensayo:***	7/02/2026
Finalidad:	Determinar calidad del material	***Fecha de Informe:***	11/02/2026 16:47
Muestra tomada por:	López Hermanos (Geotecnia)	***Barreno:***	AP-1
Procedencia:	Firavitoba, Boyacá	***Tipo de muestra:***	CBR
Profundidad:	0,4m/0,6m		
Descripción de la muestra:	Arcilla arenosa con material vegetal(Raices), de color marrón		
Frente y localización:	N/A		
Método de preparación de la muestra:	Método A		

	Recipiente No.	**A51**	**A30**	**A3**
Límite Líquido	Número de golpes	11	22	36
	Masa del recipiente, g	17,79	17,33	17,69
	Masa del recipiente más muestra húmeda, g	25,57	25,48	26,63
	Masa del recipiente más muestra seca,g	23,53	23,49	24,55
	Contenido de agua, %	**35,5**	**32,3**	**30,3**
	Límite líquido (LL)	**32**		



Procedimiento de ensayo de límite plástico: Manual

	Cápsula	D57	D28
Límite Plástico	Masa del recipiente (g)	7,29	6,52
	Masa del recipiente + suelo húmedo (g)	14,21	14,09
	Masa del recipiente + suelo seco (g)	13,12	12,89
	Contenido de agua, %	18,7	18,8
	Límite plástico (LP)	**19**	
	Índice de Plasticidad (IP):	**13**	

Clasificación SUCS finos : **CL**

OBSERVACIONES: No reporta

Revisó y Aprobó
ING. JOHANA CAROLINA CARO
TP. 15202-320655 BYC

Nota: Este folio no se deberá reproducir de forma parcial o total sin la aprobación por escrito de López Hermanos Geotecnia y Aguas Subterráneas S.A.S
Los resultados mostrados en este informe corresponden unicamente a la(s) muestra(s) ensayada(s) tal como fueron recibida(s) del cliente.
Los resultados de este informe corresponde al instante y las condiciones en que se realizo el ensayo. El laboratorio no se hace responsable del uso inadecuado de la información.
El laboratorio no es responsable de la información suministrada por el cliente. Los ensayos fueron realizados en el laboratorio López Hermanos SAS sede Tunja.

- Fin de informe-

		Orden No.:	***42541***
Solicitado por:	CONSORCIO PEB-JI.	***Muestra No.:***	***144925 (16)***
NIT./C.C.:	901977234-8	***Fecha de ingreso:***	2/02/2026
Dirección:	CL 109 14 B 60 OF 204 BRR CHICO	***Fecha de ensayo:***	7/02/2026
Tel.:	3102778858	***Fecha de Informe:***	11/02/2026
Obra:	ES2602-1 FIRAVITOBA		
Finalidad:	Determinar calidad del material		
Fecha de muestreo:	29/01/2026		
Muestra tomada por:	López Hermanos (Geotecnia)		
Procedencia:	Firavitoba, Boyacá		
Barreno:	AP-1	***Tipo de muestra:***	Shelby
Profundidad (m):	0,60-1,00 m		
Descripción de la muestra:	Arcilla-limo arenosa de color marrón		
Referencia interna:	ES26002-1 FIRAVITOBA-PUENTE FLANDES		
Frente y localización:	Firavitoba, Boyacá		

Método de Ensayo	B
Recipiente N°	A91
Masa del recipiente, (g)	19,11
Masa del recipiente + suelo húmedo, (g)	61,97
Masa del recipiente + suelo seco, (g)	54,74
Contenido de Humedad, %	**20,3**

OBSERVACIONES:

No reporta

Revisó y Aprobó
JOHANA CAROLINA CARO
TP. 15202-320655 BYC

Nota: Este folio no se deberá reproducir de forma parcial o total sin la aprobación por escrito de López Hermanos Geotecnia y Aguas subterráneas S.A.S
Los resultados mostrados en este informe corresponden unicamente a la(s) muestra(s) ensayada(s) tal como fueron recibida(s) del cliente.
Los resultados de este informe corresponde al instante y las condiciones en que se realizo el ensayo. El laboratorio no se hace responsable del uso inadecuado de la información.
El laboratorio no es responsable de la información suministrada por el cliente. Los ensayos fueron realizados en el laboratorio López Hermanos SAS sede Tunja

-Fin de informe-

		Número de muestra:	***144925 (27)***
Solicitado por:	CONSORCIO PEB-JI.	***No. De Orden:***	***42541***
Dirección:	CL 109 14 B 60 OF 204 BRR CHICO	***Fecha de muestreo:***	29/01/2026
Tel.:	*3102778858*	***Fecha de ingreso:***	2/02/2026
NIT./C.C.:	901977234-8	***Fecha de ensayo:***	7/02/2026
Obra:	ES2602-1 FIRAVITOBA	***Fecha de Informe:***	11/02/2026 17:11
Finalidad:	Determinar calidad del material	***Referencia Cliente:***	1 FIRAVITOBA-PUENTE I
Muestra tomada por:	López Hermanos (Geotecnia)	***Barreno:***	AP-1
Localización:	Firavitoba, Boyacá	***Profundidad (m):***	0,6-1
Descripción de la muestra:	Arcilla-limo arenosa de color marrón		

Muestra:	144925 (27)
Masa del especímen en el aire (g)	447
Promedio altura (cm)	9,81
Promedio diámetro (cm)	5,82
Densidad (g/cm^3)	**1,713**
Peso Unitario (kN/m^3)	**16,80**

Observaciones:

No reporta

Revisó y Aprobó
ING. JOHANA CAROLINA CARO
TP. 15202-320655 SCC

Nota: Este folio no se deberá reproducir de forma parcial o total sin la aprobación por escrito de López Hermanos Geotecnia y Aguas Subterráneas S.A.S
Los resultados mostrados en este informe corresponden unicamente a la(s) muestra(s) ensayada(s) tal como fueron recibida(s) del cliente.
Los resultados de este informe corresponde al instante y las condiciones en que se realizo el ensayo. El laboratorio no se hace responsable del uso inadecuado de la información.
El laboratorio no es responsable de la información suministrada por el cliente. Los ensayos fueron realizados en el laboratorio López Hermanos SAS sede Tunja

- Fin de informe-

LÓPEZ HERMANOS S.A.S GEOTECNIA Y AGUAS SUBTERRÁNEAS	Formato del Sistema de Gestión de Calidad	Este documento es propiedad intelectual de López Hermanos Geotecnia y Aguas Subterráneas S.A.S	
	EJECUCIÓN DE ENSAYOS DE LABORATORIO		
	INFORME DE ENSAYO: VELETA Y PENETRÓMETRO	Versión No. 2	26/12/2024
		EL-INF-36	1 DE 1

Número de muestra:	***144925 (28)***	***No de Orden:***	***42541***	
Solicitado por:	CONSORCIO PEB-JI.	***Fecha de muestreo:***	29/1/2026	
Dirección:	CL 109 14 B 60 OF 204 BRR CHICO	***Fecha de recepción:***	2/2/2026	
NIT./C.C.:	901977234-8	***Fecha de ensayo:***	7/2/2026	7:22:28
Tel.:	3102778858	***Fecha de Informe:***	11/02/2026 17:07	
Obra:	ES2602-1 FIRAVITOBA	***Tipo de muestreador:***	Shelby	
Finalidad:	Determinar calidad del material			
Muestra tomada por:	López Hermanos (Geotecnia)			
Procedencia:	Firavitoba, Boyacá			
Barreno:	**AP-1**			
Profundidad:	**0,60/1,00 m**			
Descripción de la muestra:	Arcilla-limo arenosa de color marrón			

Veleta de Mano kPa:	**88**
Penetrómetro de Bolsillo kPa:	**225**

Observaciones: ***No hay observaciones adicionales***

Revisó y Aprobó
JOHANA CAROLINA CARO
TP. 15202-320655 BYC

Nota: Este folio no se deberá reproducir de forma parcial o total sin la aprobación por escrito de López Hermanos Geotecnia y Aguas Subterráneas S.A.S

Los resultados mostrados en este informe corresponden unicamente a la(s) muestra(s) ensayada(s) tal como fueron recibida(s) del cliente.

Los resultados de este informe corresponden al instante y las condiciones en que se realizó el ensayo. El laboratorio no se hace responsable del uso inadecuado de la información.

laboratorio no es responsable de la información suministrada por el cliente. Los ensayos fueron realizados en el laboratorio López Hermanos SAS sede Tunja.

- Fin de informe-

LÓPEZ HERMANOS S.A.S GEOTECNIA Y AGUAS SUBTERRÁNEAS	Formato del Sistema de Gestión de Calidad	Este documento es propiedad intelectual de López Hermanos Geotecnia y Aguas Subterráneas S.A.S	
	EJECUCIÓN DE ENSAYOS DE LABORATORIO		
	DETERMINACIÓN DE LA CANTIDAD DE MATERIAL QUE PASA EL TAMIZ DE 75 µM (NO.200) EN LOS AGREGADOS PÉTREOS MEDIANTE LAVADO INV E – 214-13	Versión No. 3	19/12/2024
		EL-INF-05	Página 1 de 1

Solicitado por:	CONSORCIO PEB-JI.	***Muestra No:***	***144926 (11)***
Dirección:	CL 109 14 B 60 OF 204 BRR CHICO	***Orden No.:***	***42541***
NIT./C.C.:	901977234-8	***Referencia cliente:***	ES26002-1 FIRAVITOBA-PUENTE FLANDES
Tel.:	3102778858		
Obra:	ES2602-1 FIRAVITOBA	***Fecha de muestreo:***	29/01/2026
Finalidad:	Determinar calidad del material	***Fecha de ingreso de la muestra:***	2/02/2026
Muestra tomada por:	López Hermanos (Geotecnia)	***Fecha de ensayo:***	7/02/2026
Procedencia:	Firavitoba, Boyacá	***Fecha de Informe:***	11/02/2026 16:58
Profundidad (m):	1,70 - 2,00 m	***Barreno:***	AP-1
Descripción de la muestra:	Arena arcillolimosa con fragmentos de arenisca, de color marrón y gris	***Tipo de muestra:***	SPT
Frente y localización:	Firavitoba, Boyacá		

Peso suelo seco antes de lavar, (g)	336,13
Peso suelo seco despues de lavar, (g)	236,72
PASANTE MALLA 4, (%)	**65**
PASANTE MALLA 200, (%)	**30**
Grava (%)	**35**
Arena (%)	**35**
Finos (%)	**30**

OBSERVACIONES:

No reporta

Aprobó
ING. JOHANA CAROLINA CARO
TP. 15202-320655 BYC

Nota: Este folio no se deberá reproducir de forma parcial o total sin la aprobación por escrito de López Hermanos Geotecnia y Aguas Subterráneas S.A.S
Los resultados mostrados en este informe corresponden únicamente a la(s) muestra(s) ensayada(s) tal como fueron recibida(s) del cliente.
Los resultados de este informe corresponde al instante y las condiciones en que se realizó el ensayo. El laboratorio no se hace responsable del uso inadecuado de la información.
El laboratorio no es responsable de la información suministrada por el cliente. Los ensayos fueron realizados en el laboratorio López Hermanos SAS sede Tunja

-Fin de informe-

LÓPEZ HERMANOS S.A.S GEOTECNIA Y AGUAS SUBTERRÁNEAS	Formato del Sistema de Gestión de Calidad	Este documento es propiedad intelectual de López Hermanos Geotecnia y Aguas Subterráneas S.A.S	
	EJECUCIÓN DE ENSAYOS DE LABORATORIO		
	INFORME DE ENSAYO: DETERMINACIÓN EN LABORATORIO DEL CONTENIDO DE AGUA (HUMEDAD) DE MUESTRAS DE SUELO, ROCA Y MEZCLAS DE SUELO-AGREGADO INV E-122-13	Versión No. 2	18/11/2024
		EL-INF-03	1 de 1

		Orden No.:	***42541***
Solicitado por:	CONSORCIO PEB-JI.	***Muestra No.:***	***144926 (16)***
NIT./C.C.:	901977234-8	***Fecha de ingreso:***	2/02/2026
Dirección:	CL 109 14 B 60 OF 204 BRR CHICO	***Fecha de ensayo:***	7/02/2026
Tel.:	3102778858	***Fecha de Informe:***	11/02/2026
Obra:	ES2602-1 FIRAVITOBA		
Finalidad:	Determinar calidad del material		
Fecha de muestreo:	29/01/2026		
Muestra tomada por:	López Hermanos (Geotecnia)		
Procedencia:	Firavitoba, Boyacá		
Barreno:	AP-1	***Tipo de muestra:***	SPT
Profundidad (m):	1,70-2,00 m		
Descripción de la muestra:	Arena arcillolimosa con fragmentos de arenisca, de color marrón y gris		
Referencia interna:	ES26002-1 FIRAVITOBA-PUENTE FLANDES		
Frente y localización:	Firavitoba, Boyacá		

Método de Ensayo	A
Recipiente N°	P22
Masa del recipiente, (g)	40,47
Masa del recipiente + suelo húmedo, (g)	408,55
Masa del recipiente + suelo seco, (g)	376,6
Contenido de Humedad, %	**9,5**

OBSERVACIONES:

No reporta

Revisó y Aprobó
JOHANA CAROLINA CARO
TP. 15202-320655 BYC

Nota: Este folio no se deberá reproducir de forma parcial o total sin la aprobación por escrito de López Hermanos Geotecnia y Aguas subterráneas S.A.S
Los resultados mostrados en este informe corresponden unicamente a la(s) muestra(s) ensayada(s) tal como fueron recibida(s) del cliente.
Los resultados de este informe corresponde al instante y las condiciones en que se realizo el ensayo. El laboratorio no se hace responsable del uso inadecuado de la información.
El laboratorio no es responsable de la información suministrada por el cliente. Los ensayos fueron realizados en el laboratorio López Hermanos SAS sede Tunja

-Fin de informe-

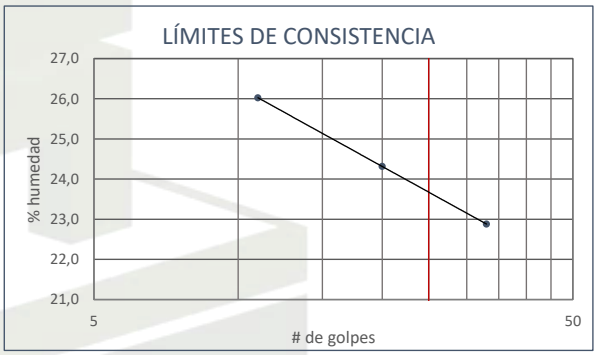
LÓPEZ HERMANOS S.A.S GEOTECNIA Y AGUAS SUBTERRÁNEAS	Formato del Sistema de Gestión de Calidad	Este documento es propiedad intelectual de López Hermanos Geotecnia y Aguas Subterráneas S.A.S	
	EJECUCIÓN DE ENSAYOS DE LABORATORIO		
	INFORME DE ENSAYO: DETERMINACIÓN DE LÍMITE LÍQUIDO, LÍMITE PLÁSTICO E ÍNDICE DE PLASTICIDAD DE LOS SUELOS INV E-125-13 Y INV E-126-13	Versión No. 3	13/11/2024
		EL-INF-04	Página 1 de 1

		Muestra No.:	***144926 (5)***
Solicitado por:	CONSORCIO PEB-JI.	***Orden No.:***	***42541***
Dirección:	CL 109 14 B 60 OF 204 BRR CHICO	***Referencia Cliente:***	ES26002-1 FIRAVITOBA-PUENTE FLANDES
NIT./C.C.:	901977234-8	***Fecha de muestreo:***	29/01/2026
Tel.:	3102778858	***Fecha de ingreso de la muestra:***	2/02/2026
Obra:	ES2602-1 FIRAVITOBA	***Fecha de ensayo:***	7/02/2026
Finalidad:	Determinar calidad del material	***Fecha de Informe:***	11/02/2026 17:00
Muestra tomada por:	López Hermanos (Geotecnia)	***Barreno:***	AP-1
Procedencia:	Firavitoba, Boyacá	***Tipo de muestra:***	SPT
Profundidad:	1,7m/2m		
Descripción de la muestra:	Arena arcillolimosa con fragmentos de arenisca, de color marrón y gris		
Frente y localización:	N/A		
Método de preparación de la muestra:	Método A		

	Recipiente No.	**A24**	**A38**	**A50**
Límite Líquido	Número de golpes	11	20	33
	Masa del recipiente, g	18,09	17,39	17,11
	Masa del recipiente más muestra húmeda, g	25,79	25,57	28,98
	Masa del recipiente más muestra seca,g	24,2	23,97	26,77
	Contenido de agua, %	**26,0**	**24,3**	**22,9**
	Límite líquido (LL)	**24**		

Procedimiento de ensayo de límite plástico: Manual

	Cápsula	D24	D36
Límite Plástico	Masa del recipiente (g)	6,29	6,4
	Masa del recipiente + suelo húmedo (g)	13,56	13,45
	Masa del recipiente + suelo seco (g)	12,48	12,38
	Contenido de agua, %	17,4	17,9
	Límite plástico (LP)	**18**	
	Índice de Plasticidad (IP):	**6**	



Clasificación SUCS finos : **CL**

OBSERVACIONES: No reporta

Revisó y Aprobó
ING. JOHANA CAROLINA CARO
TP. 15202-320655 BYC

Nota: Este folio no se deberá reproducir de forma parcial o total sin la aprobación por escrito de López Hermanos Geotecnia y Aguas Subterráneas S.A.S
Los resultados mostrados en este informe corresponden unicamente a la(s) muestra(s) ensayada(s) tal como fueron recibida(s) del cliente.
Los resultados de este informe corresponde al instante y las condiciones en que se realizo el ensayo. El laboratorio no se hace responsable del uso inadecuado de la información.
El laboratorio no es responsable de la información suministrada por el cliente. Los ensayos fueron realizados en el laboratorio López Hermanos SAS sede Tunja.

- Fin de informe-

LECHO DE RIO

Solicitado por:	CONSORCIO PEB-JI.	***Orden No.:***	**42541**
Dirección:	CL 109 14 B 60 OF 204 BRR CHICO	***Muestra No.:***	**144935 (2)**
NIT./C.C.:	901977234-8	***Fecha de muestreo:***	29/01/2026
Tel.:	3102778858	***Fecha de ingreso de muestra:***	2/02/2026
Obra:	ES2602-1 FIRAVITOBA	***Norma de ensayo:***	INV E 213-214-13
Finalidad:	Determinar calidad del material	***Fecha de ensayo:***	6/2/2026
Referencia Cliente:	ES26002-1 FIRAVITOBA-PUENTE FLANDES	***Fecha de Informe:***	12/02/2026
Procedencia:	Firavitoba, Boyacá	***Tipo de muestra:***	Lona
Profundidad (m):	0,00 _ 0,30		
Barreno:	LECHO DE RÍO-1		
Descripción de la muestra:	Material granular con sobretamaños en matriz arenosa de color marrón		
Frente y localización:	Firavitoba, Boyacá		

Masa seca Inicial de la muestra de ensayo (g):	8237
Masa seca despues del lavado sobre el Tamiz No. 200 (g):	8164

TAMIZ	Abertura (mm)	Peso Retenido (g)	Corrección (g)	Peso retenido corregido (g)	% Retenido	% Retenido Acumulado	% Pasa	ESPECIFICACIÓN NA	
								MIN	MAX
5"	127,0	0,0	0,0	0,0	0	0	100		
4"	101,6	2566,4	0,4	2566,8	31	31	69		
3"	76,2	972,3	0,2	972,5	12	12	57		
2 1/2"	63,5	358,4	0,1	358,5	4	16	53		
2"	50,8	303,6	0,1	303,7	4	20	49		
1 1/2"	38,1	572,0	0,1	572,1	7	27	42		
1"	25,4	119,8	0,0	119,8	1	28	41		
3/4"	19,1	147,9	0,0	147,9	2	30	39		
1/2"	12,7	375,3	0,1	375,4	5	35	34		
3/8"	9,5	211,7	0,0	211,7	3	37	32		
No. 4	4,8	548,4	0,1	548,5	7	44	25		
No. 8	2,4	418,9	0,1	419,0	5	49	20		
No. 10	2,00	110,3	0,0	110,3	1	50	19		
No. 16	1,19	323,6	0,1	323,7	4	54	15		
No. 20	0,84	267,0	0,0	267,0	3	57	11		
No. 30	0,60	244,0	0,0	244,0	3	60	8		
No. 40	0,41	259,3	0,0	259,3	3	64	5		
No. 50	0,30	196,3	0,0	196,3	2	66	3		
No. 60	0,24	29,2	0,0	29,2	0	66	3		
No. 100	0,15	90,5	0,0	90,5	1	67	1		
No. 200	0,074	44,5	0,0	44,5	0,5	67,9	0,9		
Fondo		3,2	0,0	3,2	0				

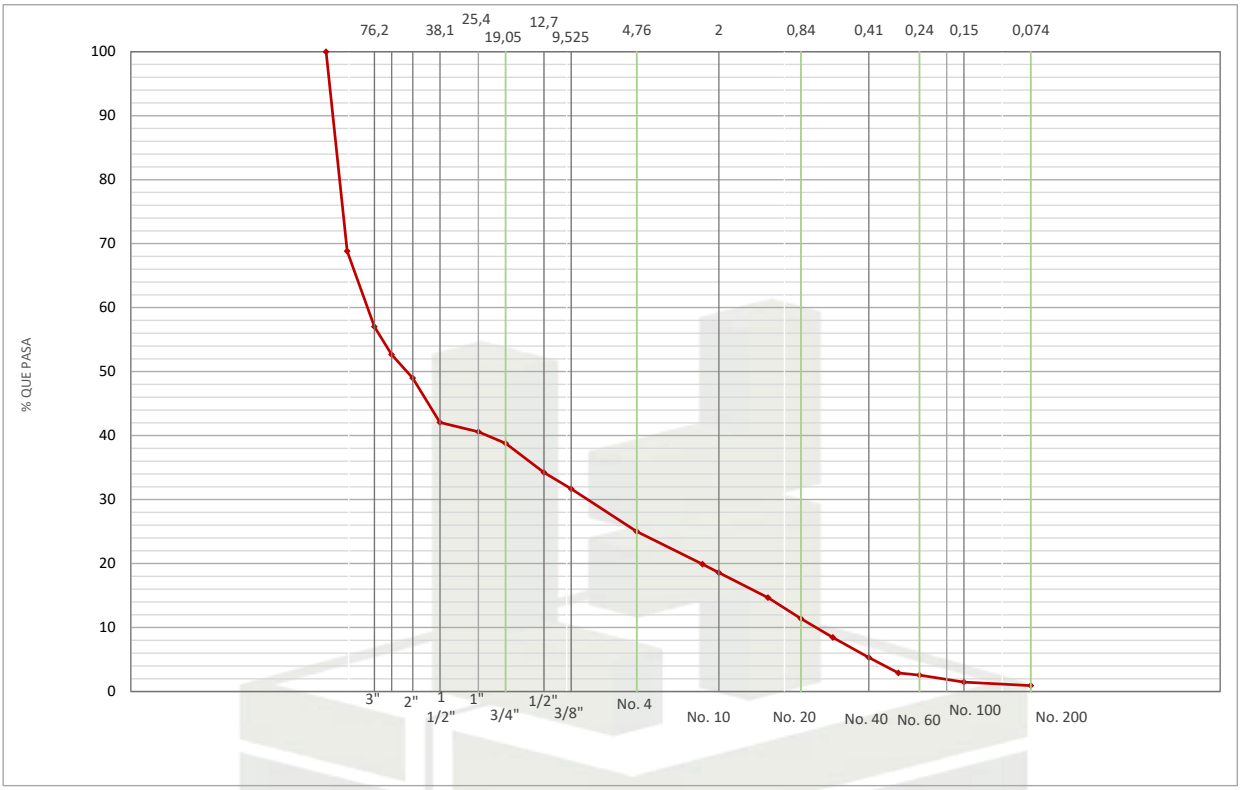
TAMAÑOS DE PARTÍCULAS						
% GRAVA 3" a No. 4	43,8	% ARENA No. 4 a No.200	24,1	% GRUESA No. 4 a No.10	% MEDIA No. 10 a No. 40	% FINA No. 40 a No.200
				6,4	13,3	4,4

Observaciones: E l peso del tamiz4" es de 2566.4

Revisó y Aprobó
JOHANA CAROLINA CARO
TP. 15202-320655 BYC

Nota: El laboratorio no es responsable de la información suministrada por el cliente.
Los ensayos fueron realizados en el laboratorio López Hermanos SAS sede Tunja.
Este folio no se deberá reproducir de forma parcial o total sin la aprobación por escrito de López Hermanos Geotecnia y Aguas subterráneas S.A.S
Los resultados mostrados en este informe corresponden unicamente a la(s) muestra(s) ensayada(s) tal como fueron recibida(s) del cliente.
Los resultados de este informe corresponden al instante y las condiciones en que se realizó el ensayo. El laboratorio no se hace responsable del uso indebido de la información.

Solicitado por:	CONSORCIO PEB-JI.	***Orden No.:***	**42541**
Dirección:	CL 109 14 B 60 OF 204 BRR CHICO	***Muestra No.:***	**144935 (2)**
NIT./C.C.:	901977234-8	***Fecha de muestreo:***	29/01/2026
Tel.:	3102778858	***Fecha de ingreso de muestra:***	2/02/2026
Obra:	ES2602-1 FIRAVITOBA	***Norma de ensayo:***	INV E 213-214-13
Finalidad:	Determinar calidad del material	***Fecha de ensayo:***	6/2/2026
Referencia Cliente:	ES26002-1 FIRAVITOBA-PUENTE FLANDES	***Fecha de Informe:***	12/02/2026
Procedencia:	Firavitoba, Boyacá	***Tipo de muestra:***	Lona
Profundidad (m):	0,00 _ 0,30		
Barreno:	LECHO DE RÍO-1		
Descripción de la muestra:	Material granular con sobretamaños en matriz arenosa de color marrón		
Frente y localización:	Firavitoba, Boyacá		



TAMAÑOS DE PARTÍCULAS						
% GRAVA 3" a No. 4	43,8	% ARENA No. 4 a No.200	24,1	% GRUESA No. 4 a No.10	% MEDIA No. 10 a No. 40	% FINA No. 40 a No.200
				6,4	13,3	4,4

Revisó y Aprobó
JOHANA CAROLINA CARO
TP. 15202-320655 BYC

Nota: El laboratorio no es responsable de la información suministrada por el cliente.
Los ensayos fueron realizados en el laboratorio López Hermanos SAS sede Tunja.
Este folio no se deberá reproducir de forma parcial o total sin la aprobación por escrito de López Hermanos Geotecnia y Aguas subterráneas S.A.S
Los resultados mostrados en este informe corresponden unicamente a la(s) muestra(s) ensayada(s) tal como fueron recibida(s) del cliente.
Los resultados de este informe corresponden al instante y las condiciones en que se realizó el ensayo. El laboratorio no se hace responsable del uso indebido de la información.

-Fin del informe-

INFORME TÉCNICO No.979

INFORME COMPONENTE HIDROLOGÍA, HIDRÁULICA Y SOCAVACIÓN

Diagnóstico y ejecución de obras de emergencia para mitigar el riesgo de daño y/o colapso de puentes ubicados en el departamento por la afectación causada por efecto de la ola invernal, declarada en virtud del decreto de calamidad pública No. 0522 de 24 de mayo de 2025. Contrato de obra No. 2833 de 2025

FECHA:	**24 DE ABRIL DE 2026 (Versión 1)**	
PROYECTO:	**PUENTE FLANDES** **MUNICIPIO DE FIRAVITOBA - BOYACÁ**	
PREPARADO POR:	**ALBERTO MOUTHON BELLO** **C.C. 73.137.740** **M.P. 13202-47445 BLV** **Especialista en Hidráulica**	**EHINER MONTIEL DIAZ** **C.C. 1.233.496.714** **M.P. 091037-0592674 CND** **Ingeniero Modelador**

1. PRESENTACIÓN

El presente documento corresponde al análisis hidrológico, hidráulico y de socavación del **Puente Flandes**, localizado en la vía que comunica al municipio de Firavitoba hacia Paipa, dentro del marco del Contrato de obra No. 2833 de 2025, ejecutado en desarrollo del Decreto de Calamidad Pública No. 0522 del 24 de mayo de 2025.

El propósito es diagnosticar el comportamiento hidráulico del cauce y las condiciones de estabilidad frente a procesos de socavación, a fin de sustentar técnicamente las medidas de mitigación que garanticen la funcionalidad y seguridad de la estructura.

Imagen 1. Localización general en el Departamento de Boyacá

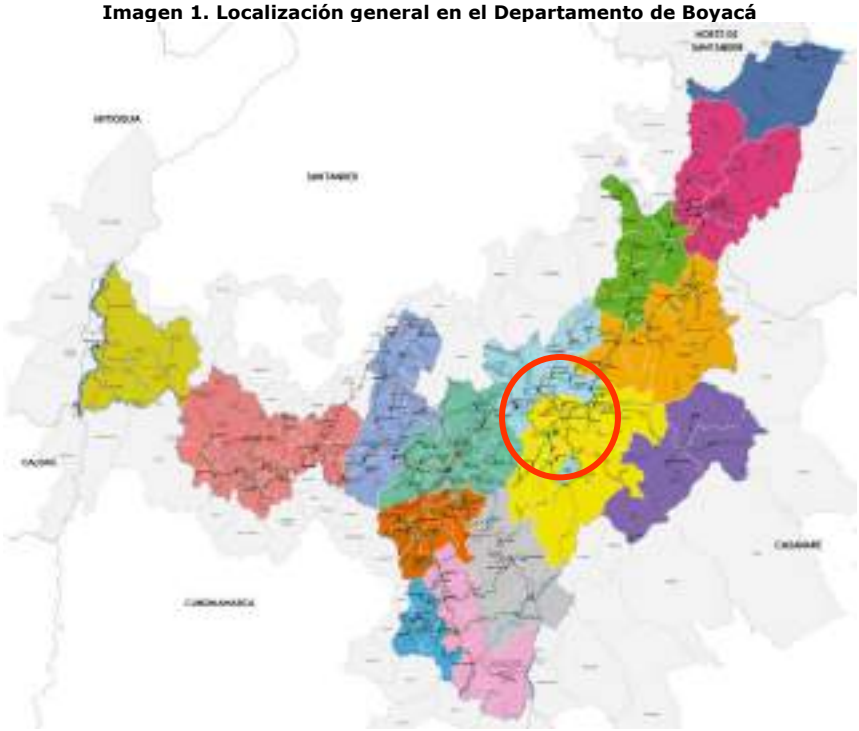


Imagen 2. Panorámica del sitio de implantación del puente



Tabla 1. Descripción general del puente

Ítem	Descripción
Vía / Tramo	municipio de Firavitoba hacia Paipa
Municipio / Departamento	Firavitoba/ Boyacá
Coordenadas (WGS84)	Lat [5°40'10.00"N] Long [72°59'47.00"O]
Cota aproximada (msnm)	1346
Cauce / Río	Rio Tota
Altura de gálibo (m)	4.0
Ancho de calzada (m)	8.0
Longitud total (m)	23.0
Número de luces	2
Número de apoyos	3
Material dominante	Concreto
Tipo estructural	Continuo

Tomado de informe de diagnóstico geotécnico, Consorcio PEB-JI

2. MORFOLOGÍA E INFORMACIÓN DE LA CUENCA

2.1. Geometría general de la cuenca

La cuenca aferente al Puente Flandes, ubicado sobre el río Tota en jurisdicción del municipio de Firavitoba (Boyacá), presenta un área de drenaje de 366,25 km², con una longitud máxima de cuenca de 24,72 km y una longitud del cauce principal de 28.818,51 m hasta el punto de cierre evaluado. Estos valores corresponden a una cuenca de escala regional, con capacidad importante

de generación y concentración de caudales hacia la estructura durante eventos intensos de precipitación.

El ancho medio estimado de la cuenca es 14,82 km, mientras que el perímetro alcanza 99,09 km. El factor de forma de 0,44 indica una cuenca de configuración intermedia, sin tendencia extrema hacia formas muy compactas ni excesivamente alargadas, lo que sugiere una respuesta hidrológica moderadamente distribuida en el tiempo.

Adicionalmente, el coeficiente de compacidad de 1,46 y el índice de alargamiento de 1,67 confirman una geometría relativamente equilibrada, con cierta elongación longitudinal, pero conservando una capacidad relevante de sincronización parcial de aportes provenientes de distintos sectores de la cuenca.

2.2. Relieve y pendiente

La cuenca presenta una elevación máxima de 3.500 m s.n.m. y una cota mínima de 2.500 m s.n.m., lo que representa un desnivel total aproximado de 1.000 m entre las zonas altas y el punto de análisis. Esta diferencia altitudinal evidencia un relieve montañoso moderado, característico de sistemas altoandinos con gradientes hidráulicos apreciables.

La pendiente media de la cuenca es 3,47 %, valor inferior al observado en cuencas torrenciales de montaña, pero suficiente para mantener un escurrimiento eficiente hacia el cauce principal. Esta condición favorece velocidades medias de tránsito hidráulico y una dinámica de creciente menos abrupta que en cuencas de mayor pendiente.

En el entorno inmediato del puente, y de acuerdo con la ficha geotécnica, predominan formas topográficas planas a suavemente onduladas asociadas a depósitos aluviales y llanuras de inundación, lo que sugiere un comportamiento hidráulico más controlado localmente y con menores gradientes que en los sectores altos de la cuenca.

2.3. Respuesta hidrológica de la cuenca

Los tiempos de concentración estimados mediante diferentes metodologías son los siguientes:

- Giandotti: 284,08 min
- Témez: 177,30 min
- CCP: 193,10 min
- Clark: 1.804,30 min
- Adoptado: 284,08 min

Con base en estos resultados, se adopta un tiempo de concentración de 284,08 minutos (aproximadamente 4,7 horas), correspondiente al método de Giandotti, valor consistente con el tamaño de la cuenca, su pendiente moderada y la longitud considerable del sistema de drenaje principal.

Este parámetro indica una respuesta hidrológica moderada, en la cual los eventos de lluvia intensa requieren varias horas para concentrar los aportes más representativos en el punto de cierre. En comparación con cuencas pequeñas y escarpadas, esto tiende a reducir la brusquedad del ascenso de la creciente, aunque pueden alcanzarse caudales significativos por el tamaño total de la cuenca.

Tabla 2. Parámetros morfométricos de la cuenca

ID		Nombre	Punto crítico
Longitud		(Km)	24,72
Longitud Cauce		(m)	28818,51
Área		(Km^2)	366,25
Ancho		(Km)	14,82
Perímetro		(Km)	99,09
Factor Form			0,44
Coeficiente de compasidad			1,46
Índice de alargamiento			1,67
Altura Máxima		(m)	3500
Altura Mínima		(m)	2500
Pendiente		%	3,47
Tiempo de concentración	Giandotti	min	284,08
	Témez	min	177,30
	CCP	min	193,10
	Clark	min	1.804,30
	Adoptado	min	284,08
Lag time		min	170,45
CN			66
Abstracción inicial		mm	26,33

2.4. Condición de suelos e infiltración

La estimación hidrológica de la cuenca aferente al Puente Flandes se desarrolló adoptando un Número de Curva CN = 66, valor que representa una condición de infiltración moderadamente favorable, asociada a coberturas vegetales relativamente conservadas, presencia de suelos con capacidad media a buena de almacenamiento y sectores donde el escurrimiento superficial no domina de manera inmediata.

Desde el punto de vista hidrológico, este valor indica que una fracción importante de la precipitación puede ser inicialmente retenida por el terreno mediante procesos de infiltración, almacenamiento superficial e intercepción vegetal, reduciendo parcialmente la escorrentía directa en eventos ordinarios de lluvia.

En concordancia con lo anterior, la abstracción inicial estimada es de 26,33 mm, parámetro que representa las pérdidas iniciales antes de que se genere escurrimiento efectivo hacia el cauce. Este valor confirma que la cuenca requiere una precipitación acumulada significativa para activar aportes superficiales relevantes al río principal.

De acuerdo con la ficha de diagnóstico geotécnico, en el entorno del puente se identifican depósitos aluviales y materiales granulares propios del cauce, combinados con sectores de finos y material de arrastre acumulado en zonas de menor velocidad. También se evidencian sedimentos recientes y acumulación localizada de material vegetal aguas abajo de la pila central, lo cual refleja una dinámica activa de transporte sólido y redeposición en el sector del puente. Estas condiciones son compatibles con suelos de permeabilidad variable, donde los materiales gruesos favorecen infiltración local, mientras que los finos y sedimentos compactados reducen la capacidad de percolación superficial.

Asimismo, la presencia de márgenes con cobertura vegetal y laderas naturales en el entorno inmediato sugiere que parte de la cuenca conserva condiciones favorables de retención hídrica y protección superficial del suelo, contribuyendo a moderar la generación rápida de escorrentía.

No obstante, la capacidad de infiltración no es uniforme en toda la cuenca. En sectores intervenidos, caminos rurales, áreas compactadas o zonas con menor cobertura vegetal, la respuesta hidrológica puede ser más rápida y con mayor aporte superficial hacia la red de drenaje.

En términos generales, la cuenca del Puente Flandes presenta una condición intermedia a favorable de infiltración, coherente con el valor adoptado de CN = 66, lo cual contribuye a amortiguar parcialmente los caudales pico y a producir una respuesta menos torrencial que la observada en cuencas altamente impermeabilizadas. Sin embargo, durante eventos prolongados o bajo condiciones de saturación antecedente elevada, la capacidad de infiltración disminuye y la escorrentía superficial puede incrementarse de forma importante.

2.5. Comportamiento hidrológico esperado

a combinación entre un área de 366,25 km², pendiente media de 3,47 %, tiempo de concentración de 284,08 min y geometría relativamente equilibrada permite prever un comportamiento hidrológico propio de una cuenca amplia de respuesta moderada, capaz de generar crecientes importantes, aunque con tiempos de concentración mayores que los observados en cuencas torrenciales pequeñas.

Durante eventos prolongados o lluvias regionales intensas, el sistema puede desarrollar caudales elevados sostenidos en el tiempo, con incrementos graduales del nivel del río Tota y capacidad relevante de transporte de sedimentos finos y medios.

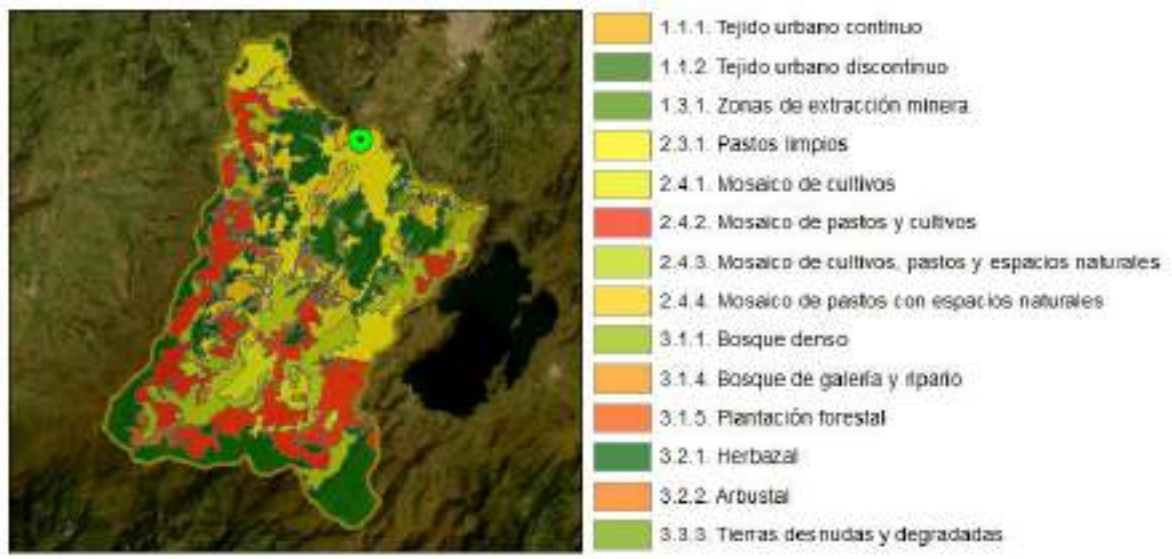
Desde la perspectiva del puente, la principal amenaza hidrológica no necesariamente corresponde a crecientes súbitas, sino a la acción combinada de caudales altos persistentes, redistribución del flujo en torno a apoyos, socavación localizada y procesos de deposición asociados a variaciones de energía dentro del cauce.

Por ello, la evaluación hidráulica detallada de la estructura y de la interacción del flujo con el apoyo central resulta fundamental para definir medidas de protección y conservación adecuadas.

Imagen 3. Cuenca aferente de la zona en estudio



Imagen 4. Definición de coberturas en la cuenca aferente de la zona en estudio



3. ANÁLISIS HIDROLÓGICO

3.1 Información base

Se utilizó información pluviográfica de la estación **Iza (código 24030230)** y las curvas IDF regionales del IDEAM (Región Andina R1) con parámetros:

a = 0.94, b = 0.18, c = 0.66, d = 0.83.

Ecuación general de la intensidad:

$$i(T_r, t) = \frac{a \cdot T_r^{b}}{(t + c)^{d}}$$

Donde:

i = intensidad (mm/h)
Tr = período de retorno (años)
t = duración de la lluvia (min)

A partir de la relación anterior se calcularon las intensidades para diferentes duraciones y períodos de retorno, construyendo los hietogramas de diseño mediante el método SCS.

Imagen 5. Características de la Estación Iza (código 24030230)

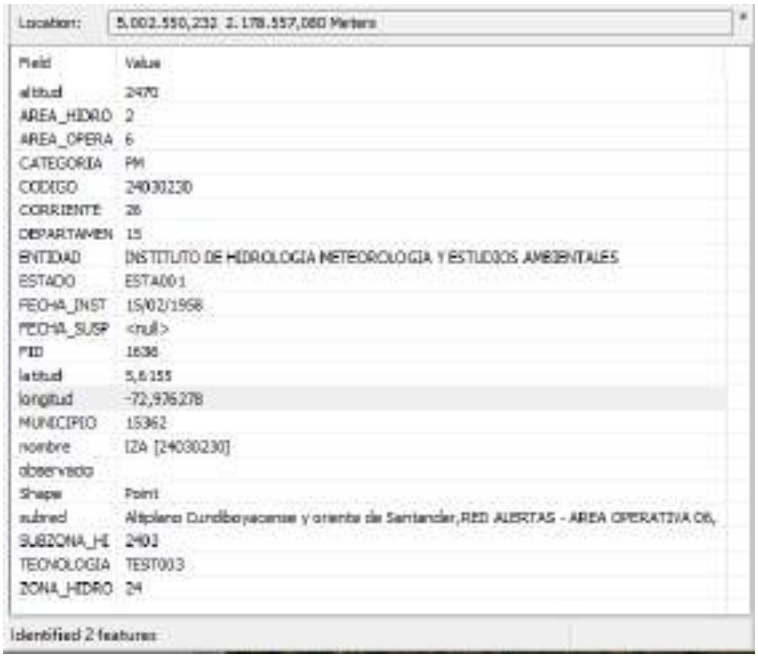


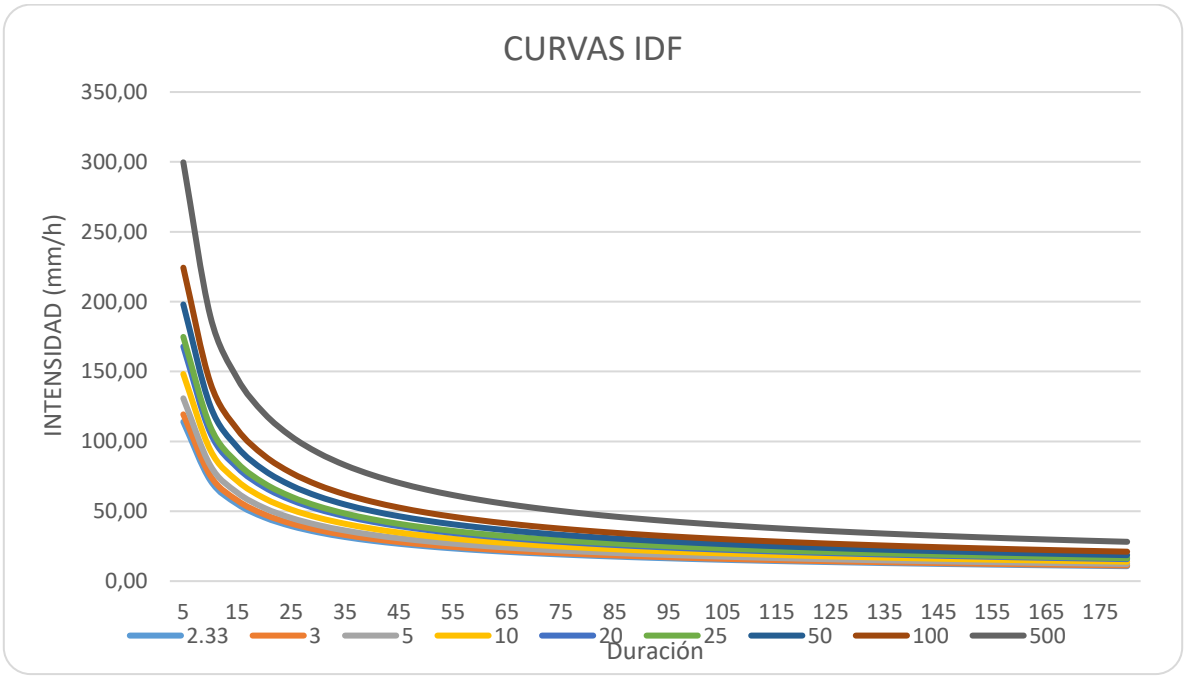
Tabla 3. Precipitaciones máximas en 24h. Estación Iza (código 24030230)

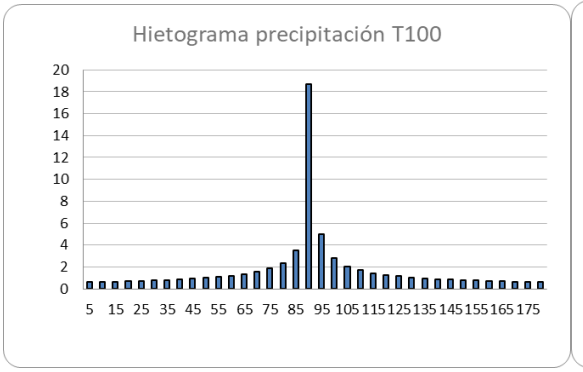
LOCALIZACIÓN:	Firavitoba, Boyacá								**DESCRIPCIÓN:**	Serie diaria máxima				
DATOS DE LA ESTACIÓN														
NOMBRE	IZA		**ENTIDAD**	IDEAM		**CORRIENTE**	NA		**ALTITUD**	2470				
CODIGO	24030230		**D/MENTO**	BOYACÁ		**NORTE**	5,6155		**ESTADO**	Activa				
CATEGORÍA	PM		**MUNICIPIO**	IZA		**ESTE**	-72,22976278							
Precipitación máxima 24 H														
Año	**Enero**	**Febrero**	**Marzo**	**Abril**	**Mayo**	**Junio**	**Julio**	**Agosto**	**Septiembr**	**Octubre**	**Noviembre**	**Diciembre**	**Promedio**	**Maximos**
2000	2,3	6	12	13	22	13,2	24,2	28,2	15,6	32	31	8	17,29	32,00
2001	17,8	6,6	21,3	0,2	16				9			23	13,41	23,00
2002	8	8			7,9	32	6,9	19,3	12	11	14	13	13,21	32,00
2003	0,8	1	23	13	12	13,2	8	2	10,5	40,7	12	21,7	13,16	40,70
2004	4,2	10,2	8	10,2	33,3	5	4	4	20	13	21	4,5	11,45	33,30
2005	11	2	11	20	35,8	30	4,5	10,5	10	16	8	2	13,40	35,80
2006	10	3,6	24	16	13,3	11	6,8	6	8,2	11	27,5	10	12,28	27,50
2007	2,4	0	3,6	25,3	17	10,3	6,6	13,5	15,5	40	16	3	12,77	40,00
2008	21	8,2	25	13,5	23,5	12,8	22,6	17,6	11	15	15,5	3,2	15,74	25,00
2009	8	3	10	32,7	33	23,2	5,7	7	9,2	24,5	7	0	13,61	33,00
2010	0	14,4	3,2	22,5	19,5	34,1	27	10	15,3	17,1	30	5,8	16,58	34,10
2011	6,5	25,8	28,5	30	44,5	17,5	10	7,5	31	26,3	34,1	15,2	23,08	44,50
2012	8,5	10	21,2	41	4	11,7	26,5	18,2	3,2	39,4	39,5	3,6	18,90	41,00
2013	0	11	16,3	44,3	28,2	6,8	23,3	9,5	20	21	26,1	6,4	17,74	44,30
2014	4,8	36,6	9,7	18,1	12,1	14	7,5	4,3	4,8	47	19,2	30	17,34	47,00
2015	23,8	27,5	14,5	8,2	15	28	20,5	15	15	15,6	13,8	4,6	16,79	28,00
2016	5,3	0,5	9,2	55,9	14,8	4,5	19	13,2	18,7	22,1	25,9	9,5	16,55	55,90
2017	8,2	15,4	28,2	24,3	30,5	16	7,2	11,9	9	10,9	32,1	21,3	17,92	32,10
2018	23,8	1,9	25,2	27	25,1	5,9	13,5	6,4	4,6	37	11	0	15,12	37,00
2019	12,8	4,7	27,5	25,4	26,3	5	13	25,2	20	30	24,7	34,6	20,77	34,60
2020	2	5,2	18	28	24	33,5	6,2	12,1	21,2	19,2	27,2	11,4	17,33	33,50
2021	4,2	19	29,5	37	23,9	11	6,4	18,3	12,3	13,5	23	5,9	17,00	37,00
2022	7,9	45	32,9	38,5	25,7	27,5	8	25	21	37	30	5,5	25,33	45,00
2023	32,4	28,3	25,9	25,4	27	26,6	18,5	14	16	46	19,2	6,6	23,83	46,00
2024	0	12	45,8	47	38,8	38,5	18,4	8,5	24,5	34,7	38,5	5	25,98	47,00
2025	5,3	26,1	43	18,6	39,5	20	18,5	20	24,2	20	35,8	32,8	25,32	43,00
	Enero	**Febrero**	**Marzo**	**Abril**	**Mayo**	**Junio**	**Julio**	**Agosto**	**Septiembr**	**Octubre**	**Noviembre**	**Diciembre**		
Medios	8,88	12,77	20,66	25,40	23,57	18,05	13,31	13,09	14,68	25,60	23,28	11,02		37,40
Maximos	32,4	45	45,8	55,9	44,5	38,5	27	28,2	31	47	39,5	34,6		
Minimos	0	0	3,2	0,2	4	4,5	4	2	3,2	10,9	7	0		

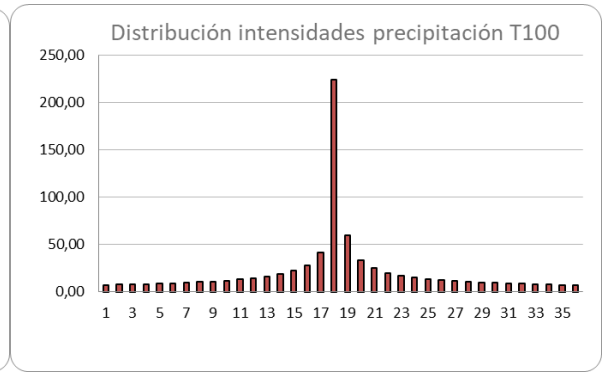
Tabla 4. Datos para construir Curvas IDF Iza (código 24030230)

	Periodo de retorno en Años								
T (min)	2,33	3	5	10	20	25	50	100	500
5	114,01	119,32	130,81	148,20	167,89	174,77	197,99	224,30	299,67
10	72,16	75,52	82,79	93,79	106,25	110,61	125,31	141,96	189,66
15	55,22	57,79	63,35	71,77	81,31	84,64	95,88	108,63	145,13
20	45,67	47,79	52,39	59,36	67,24	70,00	79,30	89,84	120,03
25	39,41	41,25	45,22	51,23	58,04	60,41	68,44	77,54	103,59
30	34,94	36,57	40,09	45,42	51,46	53,57	60,68	68,75	91,85
35	31,56	33,03	36,21	41,03	46,48	48,38	54,81	62,10	82,96
40	28,90	30,25	33,16	37,57	42,56	44,30	50,19	56,86	75,96
45	26,74	27,98	30,68	34,76	39,37	40,99	46,44	52,61	70,28
50	24,94	26,10	28,62	32,42	36,73	38,24	43,32	49,07	65,56
55	23,42	24,51	26,87	30,44	34,49	35,90	40,68	46,08	61,56
60	22,12	23,14	25,37	28,75	32,57	33,90	38,41	43,51	58,13
65	20,98	21,95	24,07	27,27	30,89	32,16	36,43	41,27	55,14
70	19,98	20,91	22,92	25,97	29,42	30,62	34,69	39,30	52,51
75	19,09	19,98	21,90	24,81	28,11	29,26	33,15	37,55	50,17
80	18,29	19,14	20,99	23,77	26,93	28,04	31,76	35,98	48,08
85	17,57	18,39	20,16	22,84	25,88	26,94	30,52	34,57	46,19
90	16,92	17,71	19,42	22,00	24,92	25,94	29,39	33,29	44,48
95	16,33	17,09	18,74	21,23	24,05	25,03	28,36	32,13	42,92
100	15,79	16,52	18,11	20,52	23,25	24,20	27,41	31,06	41,49
105	15,29	16,00	17,54	19,87	22,51	23,43	26,55	30,07	40,18
110	14,82	15,51	17,01	19,27	21,83	22,72	25,74	29,16	38,96
115	14,40	15,07	16,52	18,71	21,20	22,07	25,00	28,32	37,84
120	14,00	14,65	16,06	18,19	20,61	21,45	24,31	27,54	36,79
125	13,62	14,26	15,63	17,71	20,06	20,88	23,66	26,80	35,81
130	13,28	13,89	15,23	17,26	19,55	20,35	23,06	26,12	34,90
135	12,95	13,55	14,86	16,83	19,07	19,85	22,49	25,48	34,04
140	12,64	13,23	14,51	16,43	18,62	19,38	21,95	24,87	33,23
145	12,35	12,93	14,17	16,06	18,19	18,94	21,45	24,30	32,47
150	12,08	12,64	13,86	15,70	17,79	18,52	20,98	23,76	31,75
155	11,82	12,37	13,56	15,37	17,41	18,12	20,53	23,26	31,07
160	11,58	12,11	13,28	15,05	17,05	17,74	20,10	22,77	30,43
165	11,34	11,87	13,01	14,74	16,70	17,39	19,70	22,32	29,81
170	11,12	11,64	12,76	14,46	16,38	17,05	19,31	21,88	29,23
175	10,91	11,42	12,52	14,18	16,07	16,73	18,95	21,47	28,68
180	10,71	11,21	12,29	13,92	15,77	16,42	18,60	21,07	28,15

Imagen 6. Curvas IDF, hietograma y distribución de intensidades Estación Iza (código 24030230)







3.2 Cálculo de escorrentía efectiva (Método SCS-CN)

Con base en los parámetros de cobertura del suelo, se estimó la **curva número (CN)** correspondiente y se determinó el volumen de escorrentía.

Almacenamiento potencial:

$$S = \frac{25400}{CN} - 254$$

Abstracción inicial:

$$I_a = 0.2S$$

Lluvia efectiva:

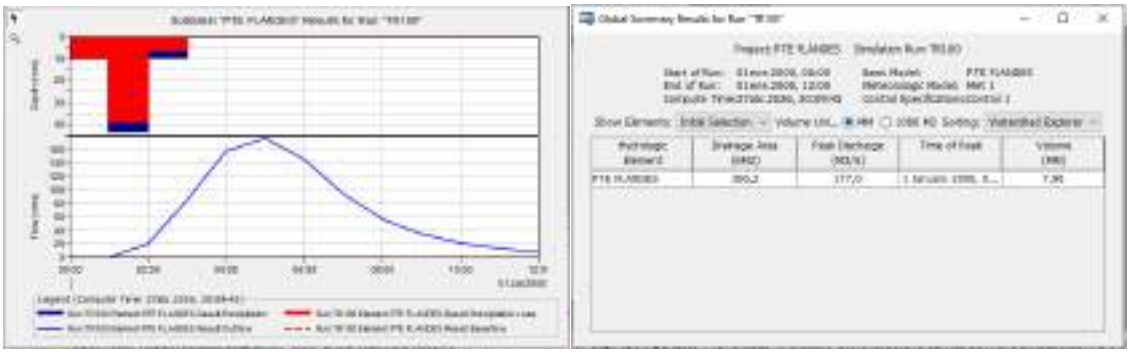
$$P_e = \frac{(P - I_a)^2}{P - I_a + S} \quad \text{para } P > I_a$$

3.3 Caudal de diseño

El caudal de validación fue estimado a partir de la modelación hidrológica con base en los parámetros de la cuenca del **Rio Tota**, aplicando el método SCS-CN y los hietogramas generados con la curva IDF.

El cálculo del tiempo de concentración (Tc) se realizó con base en la pendiente media y la longitud del cauce principal.

Imagen 7. Imagen de recorte de salida del HEC-HMS de cálculo del caudal pico



A partir de estos valores, el modelo determinó el caudal pico de diseño asociado al periodo de retorno de 100 años, empleado posteriormente para el análisis hidráulico y de socavación.

Este caudal representa la condición más crítica y sirve de referencia para evaluar la estabilidad del cauce y la magnitud de la socavación proyectada.

$$Q_{max} = 177.0\ m^3/s$$

4. ANÁLISIS HIDRÁULICO

4.1 Modelo Digital de Elevación (DEM)

El Modelo Digital de Elevación (DEM) se generó a partir de la información topográfica levantada en el área de influencia del puente.

El modelo permitió definir con precisión la geometría del cauce, las márgenes y los niveles de control aguas arriba y aguas abajo.
A partir de este DEM se extrajeron los perfiles longitudinales y transversales empleados en el modelo hidráulico, garantizando la adecuada representación del relieve y las condiciones locales del río.

Imagen 8. Imagen de recorte de salida del HEC-RAS del DEM

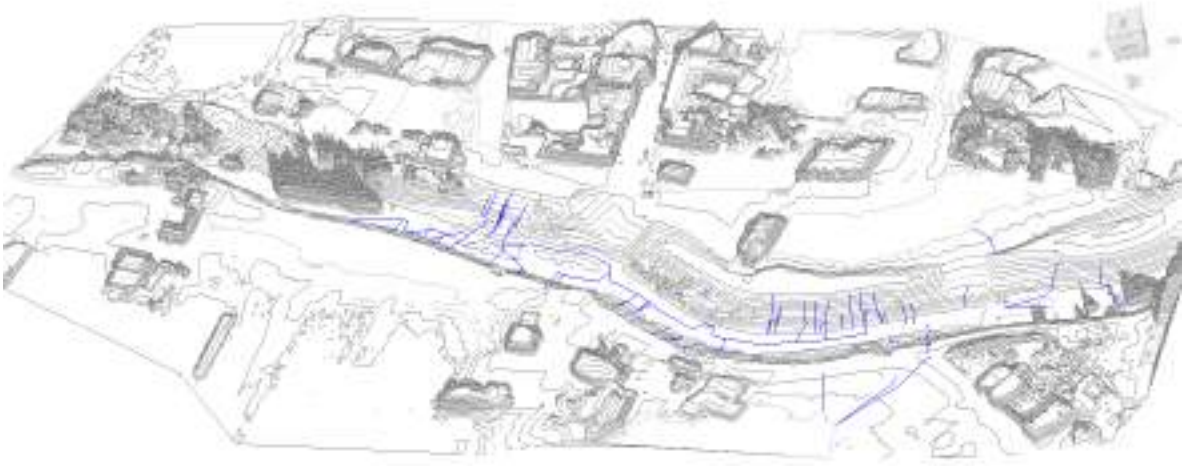
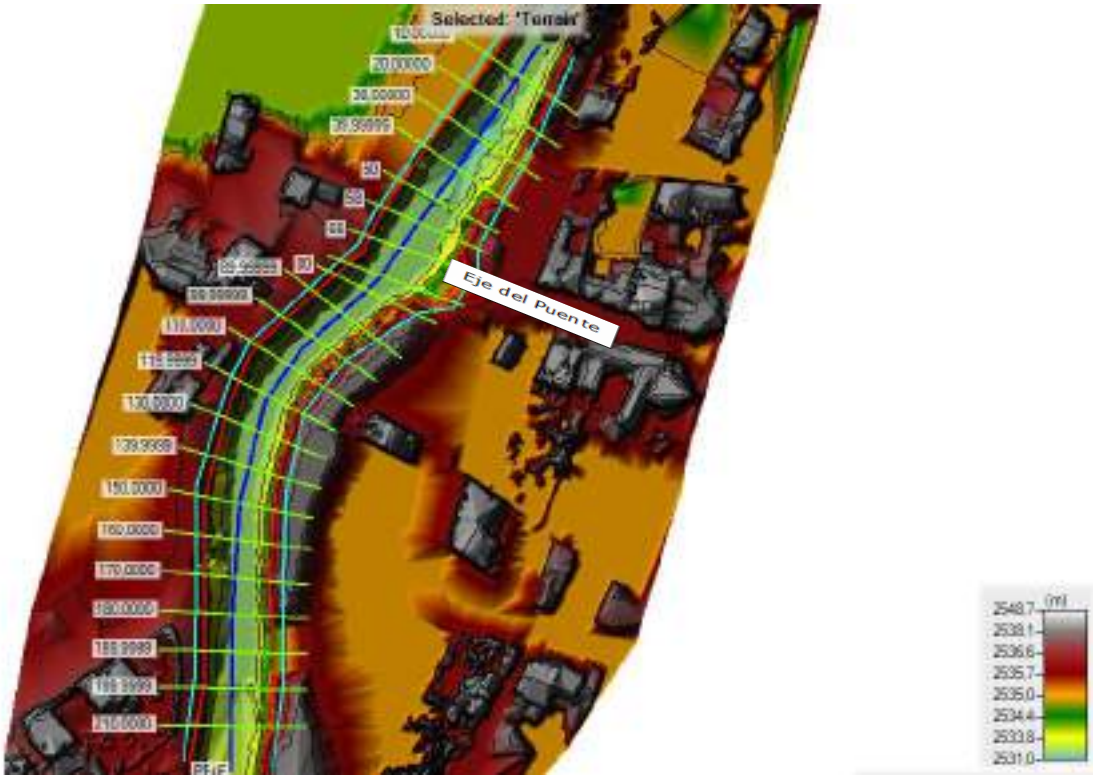
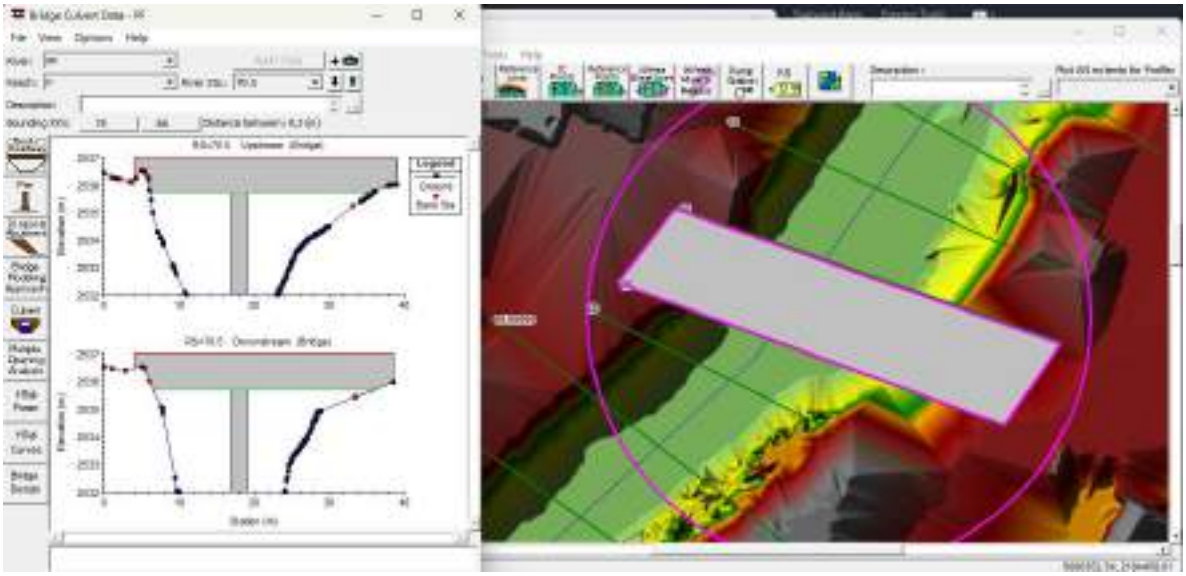


Imagen 9. Imagen de recorte de salida del HEC-RAS de definición del rio y condiciones de frontera y secciones de modelo





4.2 Asignación de parámetros

El comportamiento del flujo se analizó mediante la ecuación de Manning utilizando el software HEC-RAS.

$$Q = \frac{1}{n} A R^{2/3} S^{1/2}$$

Donde:

n = coeficiente de rugosidad de Manning (0.040 a 0.045)
A = área hídrica (m²)
R = radio hidráulico (m)
S = pendiente del cauce (m/m)

Los parámetros hidráulicos fueron definidos considerando las condiciones físicas del cauce y los materiales observados en campo.

El coeficiente de rugosidad de Manning (n) se asignó con base en el tipo de fondo (material granular y roca fracturada), vegetación y grado de sinuosidad.

Los límites del modelo incluyeron condiciones de frontera aguas arriba (flujo subcrítico) y aguas abajo (control de nivel), así como la configuración geométrica del cauce en las cercanías del puente.

Estos parámetros garantizan la representatividad del modelo respecto a las condiciones hidráulicas reales.

4.3 Resultados de la modelación

Los resultados hidráulicos muestran la distribución de niveles de agua, velocidades y energía específica para el caudal de diseño.

Imagen 10. Resultados de la modelación en términos de tirante hidráulico

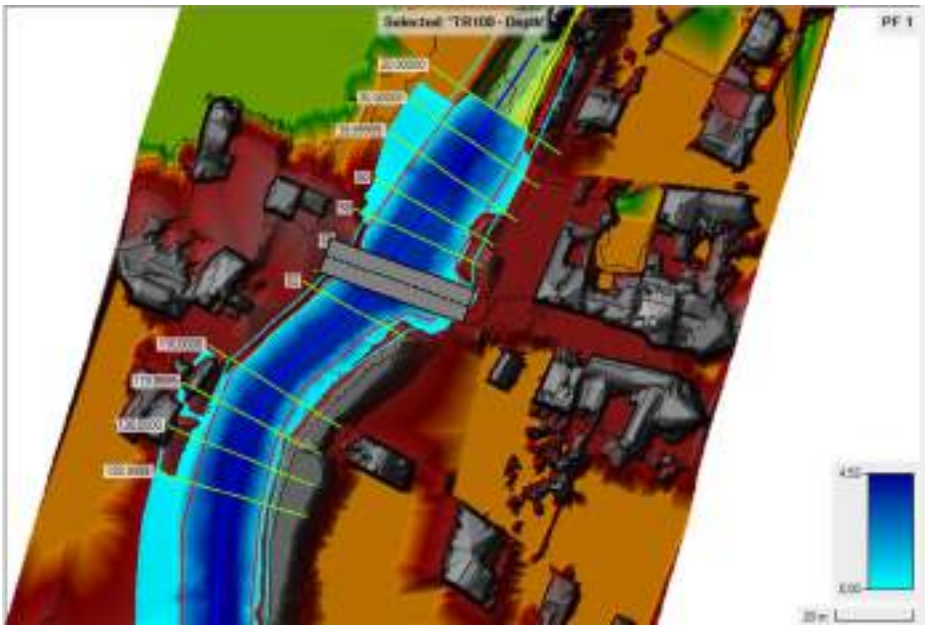


Imagen 11. Resultados de la modelación en términos de velocidad de flujo

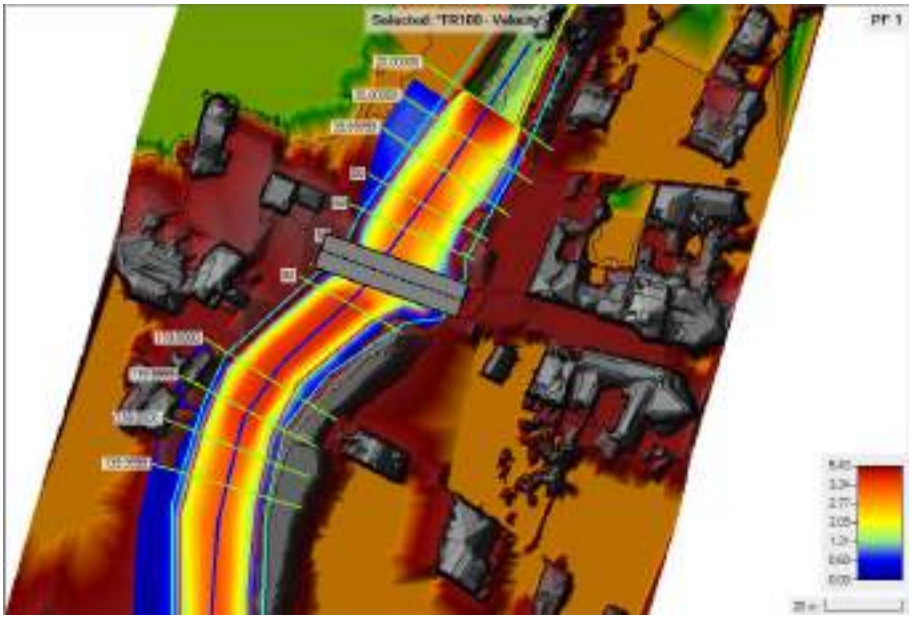
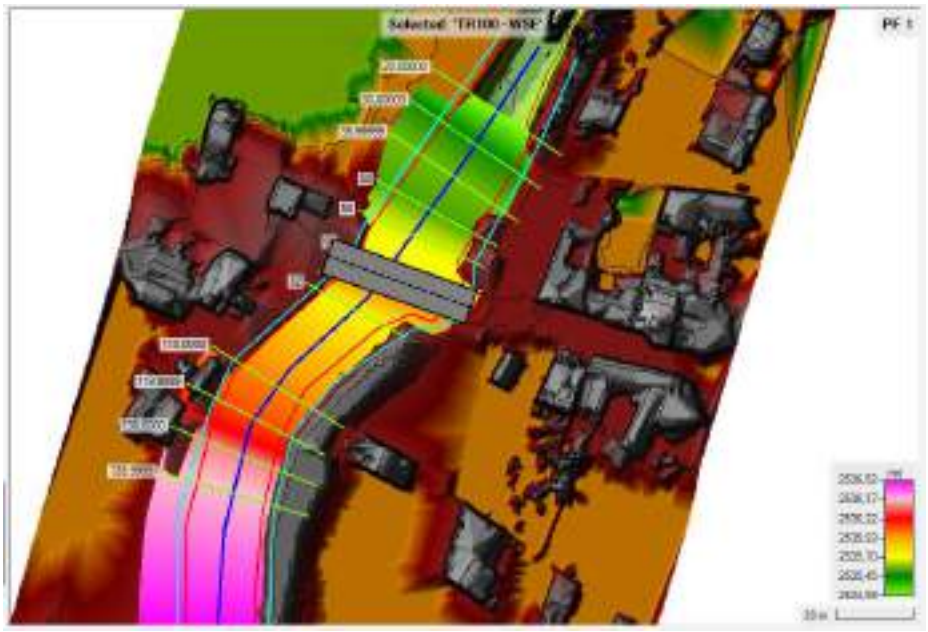


Imagen 12. Resultados de la modelación en términos de nivel de la superficie del agua



El flujo se mantiene confinado dentro del cauce principal, sin sobrepasar la rasante del tablero, lo que demuestra la capacidad hidráulica del sistema.

Sin embargo, se identifican zonas localizadas de aceleración de flujo en la salida del puente, con potencial erosivo elevado, lo cual se asocia a la pendiente y contracción del cauce.

4.4 Geometría hidráulica del cauce

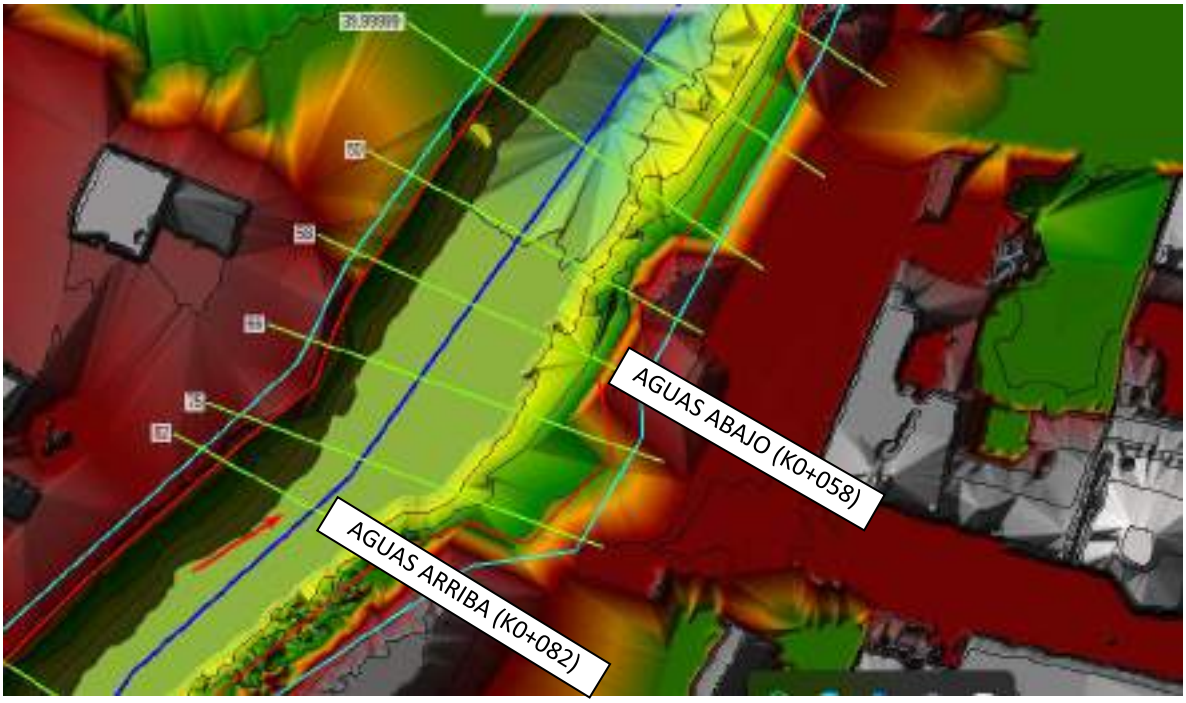
Se definieron tres secciones de control para la validación hidráulica y de socavación, con el fin de analizar el comportamiento del flujo, los esfuerzos hidráulicos y las condiciones del lecho en el entorno del **Puente Flandes**:

- **Aguas arriba:** corresponde a la sección de aproximación al puente, donde se analizan las condiciones de entrada del flujo, su distribución transversal, posibles zonas de expansión o contracción, y la influencia de los remansos o acumulaciones de energía que pueden modificar el perfil del tirante. Esta zona permite identificar si existe obstrucción o reducción de la sección efectiva que pueda inducir incremento de niveles o desviación de corrientes hacia los estribos.

- **Eje del puente:** representa la sección principal de control estructural e hidráulico, donde el flujo atraviesa el claro del puente. En esta sección se evalúan los parámetros de régimen (velocidad, número de Froude y profundidad hidráulica), la distribución del flujo entre márgenes y canal principal, y los esfuerzos cortantes sobre el lecho y las cimentaciones. Esta información es fundamental para la estimación de la socavación general y localizada, así como para verificar la estabilidad del sistema de drenaje y del lecho bajo el puente.

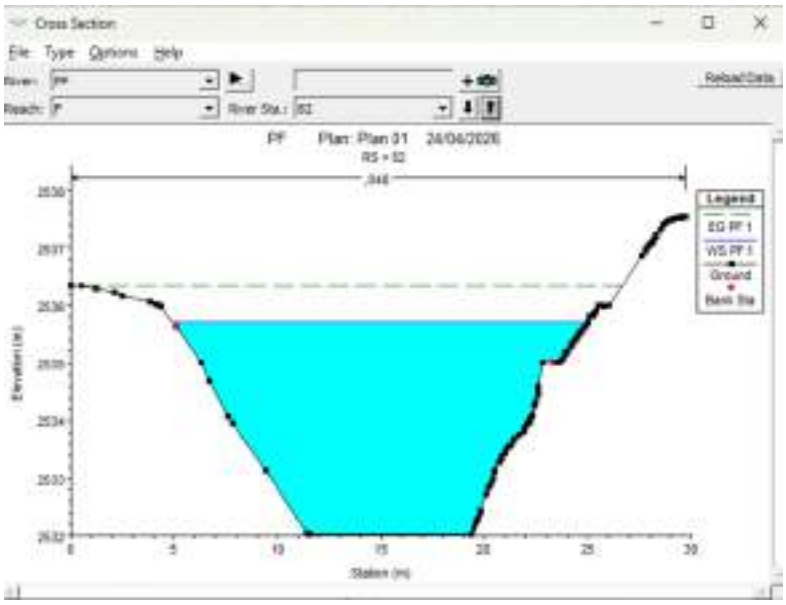
- **Aguas abajo:** corresponde a la sección de restitución, donde el flujo recupera su régimen natural. En este punto se analizan las condiciones de disipación de energía, la formación potencial de resaltos hidráulicos, y el impacto del chorro principal sobre el lecho y las márgenes del cauce. Esta sección es clave para determinar la necesidad de obras de disipación y protección (enrocados, losas o disipadores) que aseguren la estabilidad de la estructura y del cauce en el tramo de salida

Imagen 13. Secciones de control para la validación hidráulica y de socavación



Cada sección fue evaluada con base en las velocidades y tirantes obtenidos, determinando los niveles de energía y la profundidad efectiva del flujo durante la crecida de diseño.

Imagen 14. Resultados de la modelación sección aguas arriba del puente (K0+082)



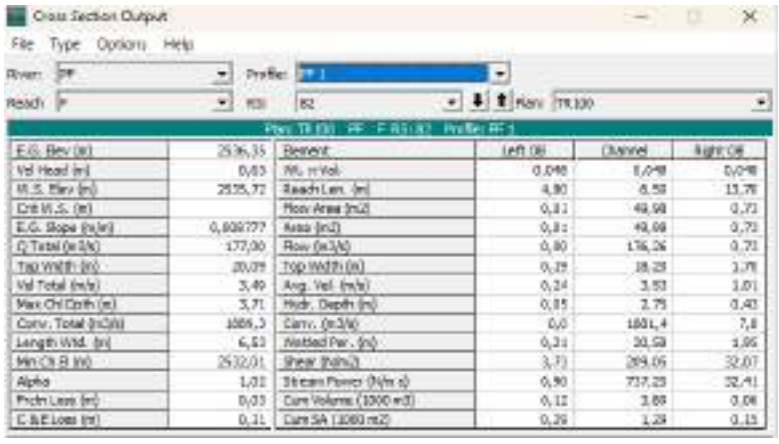
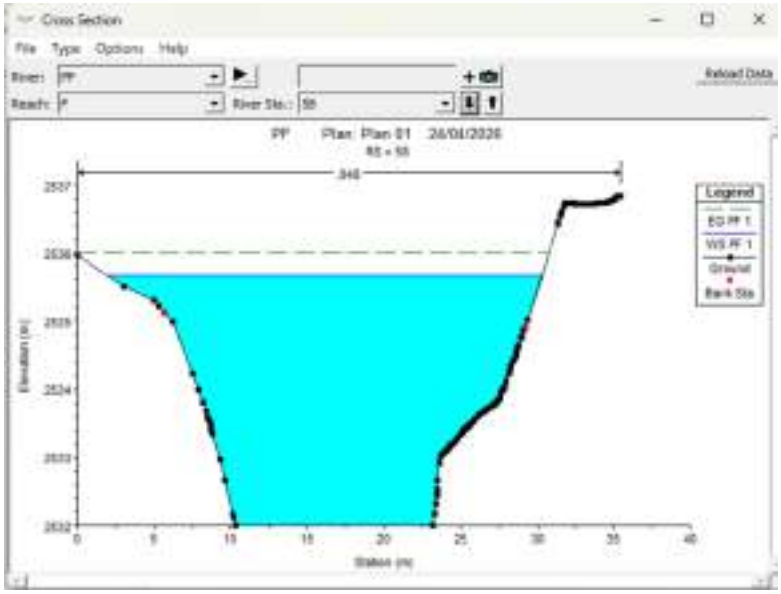


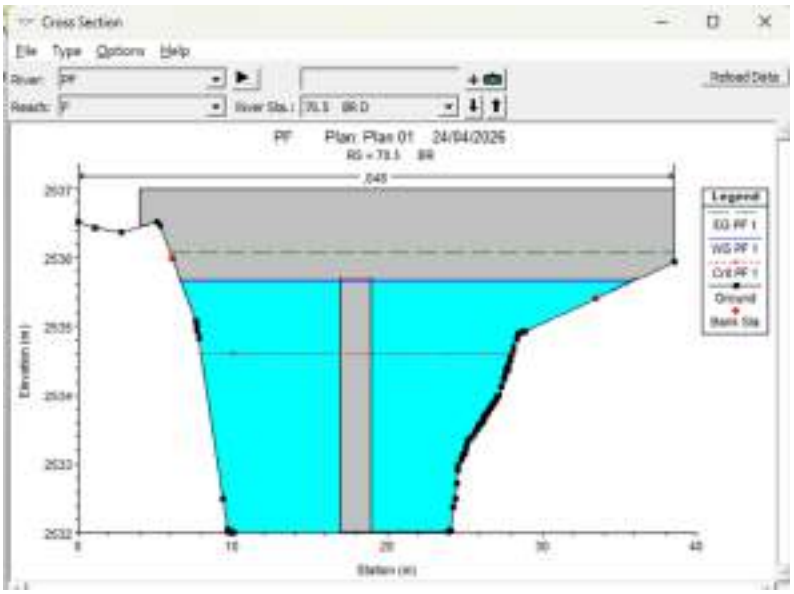
Imagen 15. Resultados de la modelación sección aguas abajo del puente (K0+058)





E.G. Elev (m)	2536,01	Element	Left OB	Channel	Right OB
Vel Head (m)	0,34	Wt. n-Val.	0,040	0,040	0,040
W.S. Elev (m)	2535,66	Reach Len. (m)	8,00	7,80	6,40
Crit W.S. (m)		Flow Area (m2)	0,93	67,94	0,42
E.G. Slope (m/m)	0,004374	Area (m2)	0,93	67,94	0,42
Q Total (m3/s)	177,00	Flow (m3/s)	0,50	176,24	0,27
Top Width (m)	28,25	Top Width (m)	3,75	23,50	1,00
Vel Total (m/s)	2,55	Avg. Vel. (m/s)	0,53	2,59	0,63
Max Ch Dpth (m)	3,66	Hydr. Depth (m)	0,25	2,89	0,39
Conv. Total (m3/s)	2907,3	Conv. (m3/s)	7,6	2898,6	4,1
Length Wtd. (m)	7,80	Wetted Per. (m)	3,79	25,85	1,34
Min Ch El (m)	2532,00	Shear (N/m2)	10,27	110,16	13,30
Alpha	1,03	Stream Power (N/m s)	5,48	285,75	8,43
Prctn Loss (m)	0,04	Cum Volume (1000 m3)	0,13	2,31	0,04
C & E Loss (m)	0,01	Cum SA (1000 m2)	0,28	0,81	0,08

Imagen 16. Resultados de la modelación sección eje del puente (K0+070.5)





E.G. Elev (m)	2536,08	Element	Left OB	Channel	Right OB
Vel Head (m)	0,43	Wt. n-Val.		0,046	0,046
W.S. Elev (m)	2535,65	Reach Len. (m)	0,15	0,15	0,15
Crit W.S. (m)	2534,91	Flow Area (m2)		60,98	0,28
E.G. Slope (m/m)	0,009350	Area (m2)		60,98	0,28
Q Total (m3/s)	177,00	Flow (m3/s)		176,87	0,14
Top Width (m)	27,36	Top Width (m)		24,81	2,31
Vel Total (m/s)	2,89	Avg. WS. (m/s)		2,90	0,49
Max Chl Dpth (m)	3,65	Hydr. Depth (m)		2,45	0,12
Conv. Total (m3/s)	1836,5	Conv. (m3/s)		1828,1	1,4
Length Wtd. (m)	0,15	Wetted Per. (m)		25,30	2,32
Min Ch El (m)	2532,00	Shear (N/m2)		198,40	10,84
Alpha	1,01	Stream Power (N/m s)		499,43	5,34
Frctn Loss (m)	0,00	Cum Volume (1000 m3)	0,12	2,90	0,04
C & E Loss (m)	0,01	Cum SA (1000 m2)	0,29	1,03	0,06

Imagen 17. Resultado general de la modelación.

HEC-RAS Plan: TR100 River: PF Reach: F Profile: PF 1

Reach	River Sta	Profile	Q Total	Min Ch El	W.S. Elev	Crit W.S.	E.G. Elev	E.G. Slope	Vel Chnl	Flow Area	Top Width	Froude # Chl
			(m3/s)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m/m)	(m/s)	(m2)	(m)	
F	210,0000	PF 1	177,00	2532,41	2536,71	2535,21	2537,07	0,003758	2,70	70,34	28,60	0,45
F	199,9999	PF 1	177,00	2532,03	2536,68		2537,03	0,003606	2,67	71,39	30,75	0,46
F	189,9999	PF 1	177,00	2532,00	2536,74		2536,96	0,002001	2,17	92,07	37,14	0,35
F	180,0000	PF 1	177,00	2532,00	2536,54		2536,92	0,003985	2,75	68,72	33,85	0,47
F	139,9999	PF 1	177,00	2532,00	2536,37		2536,76	0,003770	2,78	67,38	29,76	0,47
F	130,0000	PF 1	177,00	2532,00	2536,32		2536,72	0,003983	2,82	65,01	23,93	0,48
F	119,9999	PF 1	177,00	2532,00	2536,09		2536,65	0,007477	3,34	54,05	21,26	0,61
F	110,0000	PF 1	177,00	2532,00	2535,99		2536,58	0,007259	3,40	53,16	20,94	0,63
F	82	PF 1	177,00	2532,01	2535,72		2536,35	0,008777	3,53	50,72	20,09	0,68
F	75	PF 1	177,00	2532,00	2535,95	2534,50	2536,20	0,003054	2,22	80,87	31,55	0,41
F	70.5		Bridge									
F	66	PF 1	177,00	2532,00	2535,72		2536,05	0,004728	2,52	70,71	29,98	0,50
F	58	PF 1	177,00	2532,00	2535,66		2536,01	0,004274	2,59	69,30	28,35	0,49
F	50	PF 1	177,00	2531,95	2535,52		2535,96	0,005909	2,93	61,32	25,96	0,56
F	39,99999	PF 1	177,00	2531,22	2535,56		2535,87	0,003799	2,52	75,13	36,48	0,46
F	30,00000	PF 1	177,00	2531,00	2535,47		2535,83	0,004502	2,69	70,47	35,46	0,50
F	20,00000	PF 1	177,00	2531,54	2534,59	2534,59	2535,67	0,020054	4,61	38,38	17,71	1,00

El análisis hidráulico del Puente Flandes se desarrolló mediante modelación unidimensional en HEC-RAS, considerando el caudal de diseño actualizado de Qmax TR100 = 177,00 m³/s. Para la interpretación del comportamiento del flujo se analizaron tres secciones representativas: K0+082 aguas arriba, K0+070.5 en el eje del puente y K0+058 aguas abajo.

Sección aguas arriba – K0+082

En la sección K0+082, localizada aguas arriba del puente, el modelo reporta una lámina de agua de 2535,72 m, una elevación de energía de 2536,35 m, un tirante máximo de 3,71 m, un ancho superficial de 20,09 m y una velocidad media total de 3,49 m/s. En el canal principal, la velocidad media alcanza 3,53 m/s, con una profundidad hidráulica de 2,75 m.

Estos resultados muestran que el flujo llega al puente con una energía hidráulica importante, pero sin ocupar totalmente la sección disponible ni generar sobrepaso. La condición aguas arriba es compatible con un flujo contenido en el cauce, con velocidades moderadas a altas y capacidad de transporte apreciable.

Sección en el eje del puente – K0+070.5

En la sección K0+070.5, correspondiente al eje del puente, el modelo reporta una lámina de agua de 2535,65 m y una elevación de energía de 2536,08 m. El flujo se mantiene por debajo de la superestructura, como se observa en la sección transversal, por lo cual el puente trabaja con gálibo hidráulico libre para el caudal de diseño actualizado.

En esta sección se presenta una velocidad media total de 2,89 m/s y una velocidad media en el canal de 2,90 m/s, con una profundidad hidráulica de 2,45 m. El ancho hidráulico efectivo en el canal es de 24,85 m. La presencia de la pila central genera una división del flujo y una redistribución de velocidades alrededor del apoyo, aunque sin generar ahogamiento de la estructura para el escenario TR100.

Desde el punto de vista hidráulico, el eje del puente corresponde a la zona de mayor interacción flujo–estructura, debido a la presencia del apoyo central dentro del cauce. Aunque la capacidad hidráulica global resulta suficiente, la pila puede inducir aceleraciones locales en sus laterales, turbulencia y variaciones en el transporte de sedimentos.

Sección aguas abajo – K0+058

En la sección K0+058, localizada aguas abajo del puente, el modelo reporta una lámina de agua de 2535,66 m, una elevación de energía de 2536,01 m, un tirante máximo de 3,66 m, un ancho superficial de 28,35 m y una velocidad media total de 2,55 m/s. En el canal principal, la velocidad media es de 2,59 m/s, con una profundidad hidráulica de 2,89 m.

Estos resultados muestran una reducción de la velocidad respecto a la sección aguas arriba y una recuperación parcial de la sección hidráulica aguas abajo. El flujo continúa contenido dentro del cauce, con distribución relativamente amplia y sin evidencia de desbordamiento. Esta condición es coherente con una disipación parcial de energía después del paso por el puente.

Interpretación general

Con el caudal actualizado Qmax TR100 = 177,00 m³/s, el Puente Flandes presenta capacidad hidráulica suficiente para conducir el evento de diseño.

No obstante, la presencia de la pila central dentro del cauce genera una condición localizada de interacción hidráulica, con redistribución del flujo, posibles aceleraciones laterales y concentración de esfuerzos en torno al apoyo. Esta situación es consistente con las observaciones geotécnicas de campo, donde se reportan procesos localizados de interacción del flujo con la base del apoyo central y acumulación de material aguas abajo.

En consecuencia, la problemática hidráulica principal del Puente Flandes no corresponde a insuficiencia de capacidad global para el caudal TR100, sino a la interacción localizada entre el flujo y la pila central, por lo que las medidas de intervención deben orientarse a proteger la base del apoyo, recuperar la sección hidráulica aguas abajo y controlar procesos localizados de erosión y sedimentación.

4.5 Análisis del número de Froude

El número de Froude constituye un parámetro adimensional fundamental para clasificar el régimen del flujo en cauces a superficie libre y evaluar la relación entre las fuerzas inerciales y gravitacionales. Su expresión general corresponde a:

$$Fr = \frac{V}{\sqrt{g\,D_h}}$$

donde:

- V = velocidad media en el canal (dato de HEC-RAS),
- D_h = profundidad hidráulica del canal (Hydr. Depth),
- g = 9,81 m/s².

Cuando Fr < 1, el flujo se clasifica como subcrítico, con predominio de las fuerzas gravitacionales y mayor control hidráulico aguas abajo. Cuando Fr = 1, el flujo se encuentra en condición crítica, correspondiente a un estado de transición. Finalmente, cuando Fr > 1, el flujo es supercrítico, caracterizado por altas velocidades, menor profundidad relativa y mayor potencial erosivo.

Con base en el cuadro de resultados de HEC-RAS para el caudal de diseño Q = 177.0 m³/s, los valores reportados son:

- Sección K0+082 (aguas arriba) Fr≈ 0.68
- Sección K0+070.5 (eje del puente) Fr≈ 0.46
- Sección K0+058 (aguas abajo) Fr≈ 0.49

Aguas arriba – K0+082, Fr = 0,68

En la sección K0+082, localizada aguas arriba del puente, el valor de Fr = 0,68 indica que el flujo se desarrolla en régimen subcrítico. Esta condición refleja un flujo con tirantes relativamente altos, velocidades moderadas a importantes y predominio de las fuerzas gravitacionales sobre las fuerzas inerciales.

Desde el punto de vista hidráulico, esta sección representa una condición de aproximación estable hacia el puente, sin presencia de flujo torrencial ni cambios bruscos de régimen.

Eje del puente – K0+070.5, Fr ≈ 0,46

En el eje del puente, representado por la sección K0+070.5, se adopta un valor aproximado de Fr = 0,46, obtenido a partir del promedio de las secciones inmediatamente aguas arriba y aguas abajo del puente. Este valor confirma que el flujo se mantiene en régimen subcrítico durante el paso por la estructura.

Aunque el régimen global es subcrítico, la presencia de la pila central dentro del cauce genera una interacción hidráulica localizada, con redistribución del flujo hacia los laterales del apoyo, posibles zonas de aceleración puntual y variaciones en el transporte de sedimentos.

Aguas abajo – K0+058, Fr = 0,49

En la sección K0+058, localizada aguas abajo del puente, el valor de Fr = 0,49 indica que el flujo continúa en régimen subcrítico. Esta condición muestra que, luego de atravesar la estructura, el flujo mantiene tirantes relativamente altos y no presenta transición hacia régimen supercrítico.

No obstante, la reducción local de velocidades y la redistribución del flujo aguas abajo pueden favorecer procesos de sedimentación, especialmente en zonas próximas al apoyo central, tal como fue observado en campo.

Conclusión general del análisis del Froude

El análisis del número de Froude evidencia que el flujo en el entorno del Puente Flandes se mantiene en régimen subcrítico en las tres secciones analizadas, con valores de Fr = 0,68 aguas arriba, Fr ≈ 0,46 en el eje del puente y Fr = 0,49 aguas abajo.

En consecuencia, la condición hidráulica predominante no corresponde a un flujo torrencial ni supercrítico, sino a un régimen controlado por tirantes relativamente altos y velocidades moderadas. Sin embargo, la presencia de la pila central dentro del cauce introduce una condición localizada de interacción flujo–estructura, por lo cual las medidas de protección deben enfocarse

en la base del apoyo central, la recuperación de la sección hidráulica y el control de procesos puntuales de erosión y sedimentación.

4.6 Comportamiento del perfil de agua e implicaciones para el diseño de protección

El perfil longitudinal de la lámina de agua obtenido en la modelación hidráulica muestra que, para el caudal de diseño de 177,00 m³/s, el flujo se mantiene contenido dentro del cauce principal y atraviesa el **Puente Flandes** con gálibo hidráulico libre suficiente, sin evidenciar contacto entre la superficie del agua y la superestructura. En consecuencia, la estructura presenta capacidad hidráulica adecuada para el evento analizado.

En la sección K0+082, localizada aguas arriba del puente, la lámina de agua alcanza la cota 2535,72 m, con una condición de flujo subcrítico y velocidades moderadas. Esta sección representa la zona de aproximación hidráulica a la estructura, donde el flujo conserva una distribución relativamente uniforme dentro del cauce y sin señales de remanso severo.

En el eje del puente, correspondiente a la sección K0+070.5, la lámina de agua se ubica en la cota 2535,65 m, manteniéndose por debajo de la parte inferior del tablero. Aunque no se presenta ahogamiento de la estructura, sí se observa la influencia hidráulica de la pila central, la cual divide el flujo en dos pasos laterales y modifica la distribución de velocidades en el entorno inmediato del apoyo. Esta condición puede inducir turbulencia localizada, incremento de esfuerzos cortantes y cambios en la trayectoria de las líneas de corriente alrededor de la pila.

Aguas abajo, en la sección K0+058, la lámina de agua se ubica en la cota 2535,66 m, con una condición también subcrítica y velocidades ligeramente menores que en la aproximación. El flujo muestra una recuperación parcial de la sección hidráulica, acompañada de reducción gradual de energía. No obstante, la modificación local del flujo producida por la pila favorece zonas de menor velocidad donde pueden generarse procesos de deposición.

De acuerdo con la ficha de diagnóstico geotécnico, en el entorno del apoyo central se observaron acumulaciones de sedimento y residuos vegetales, así como deterioro del material de pega en sectores inferiores de la mampostería y evidencias de erosión localizada en sus costados. Estas observaciones son consistentes con el comportamiento hidráulico modelado, en el cual la pila central constituye el principal punto de interacción entre la estructura y la corriente.

Igualmente, la ficha geotécnica no reporta fallas generalizadas en estribos ni procesos severos de inestabilidad en las márgenes inmediatas, lo que coincide con el resultado hidráulico de flujo confinado y sin desbordamientos laterales significativos. Por tanto, la problemática principal del puente no corresponde a insuficiencia de capacidad hidráulica global, sino a afectaciones localizadas asociadas al apoyo central dentro del cauce.

Desde el punto de vista del diseño de protección, el comportamiento del perfil de agua indica que las medidas recomendadas deben concentrarse en la pila central y su zona de influencia, priorizando:

- protección perimetral de la base mediante enrocado pesado, concreto ciclópeo o solución equivalente;
- recalce o profundización de la cimentación, en caso de verificarse pérdida de soporte;
- reparación del mortero o material de unión en la mampostería deteriorada;
- retiro periódico de material vegetal, troncos y sedimentos atrapados en la pila;
- limpieza y reconformación localizada del cauce aguas abajo para mantener la sección hidráulica efectiva.

En síntesis, el perfil hidráulico modelado muestra que el Puente Flandes opera adecuadamente frente al caudal de diseño, manteniendo paso libre del flujo. Sin embargo, la presencia de la pila central dentro del cauce concentra las acciones hidráulicas más relevantes del sistema, por lo que las obras de protección deberán orientarse principalmente al control de socavación local, preservación estructural del apoyo y mantenimiento de la capacidad hidráulica en el entorno inmediato del puente.

5. ANÁLISIS DE SOCAVACIÓN

5.1 Socavación general

Se utilizó el método de Lischvan–Lebediev para suelos granulares – Socavación general. Este método proviene de estudios hidromorfológicos realizados en la antigua Unión Soviética y fue posteriormente compilada en manuales de hidráulica fluvial y diseño de obras hidráulicas. LISCHVAN, E.; LEBEDIEV, A. Scouring around hydraulic structures in alluvial beds. Moscú: Hydrometeoizdat, 1967.

$$Y_s = \left(\frac{\alpha \, Y_0^{5/3}}{0.68 \, \beta \, \mu \, \phi \, d_m^{0.28}} \right)^{\frac{1}{1+z}}$$

Y_s: Profundidad del flujo después de ocurrida la socavación. Se mide desde el nivel del agua cuando pasa la creciente, hasta el nivel del fondo del cauce erosionado, en metros (m).

Y_o: Profundidad inicial existente en una línea vertical predeterminada de la sección medida desde el nivel del agua cuando pasa la creciente, hasta el nivel del cauce antes del proceso de socavación, en metros (m).

α: Coeficiente de sección, definido como:

$$\alpha = \frac{Q_d}{Y_m^{5/3} \, B_e} \qquad [6.3]$$

Q_d: Caudal de diseño asociado al periodo de retorno, en metros cúbicos por segundo (m^3/s).

Y_m: Profundidad media, en metros (m), definida como:

$$Y_m = \frac{A}{B_e} \qquad [6.4]$$

A: Área hidráulica, en metros cuadrados (m^2).

B_e: Ancho efectivo de la superficie del agua en la sección transversal, en metros (m). Del ancho total se debe descontar el ancho de las pilas cuando el ángulo de incidencia de la corriente con respecto al eje de la pila es 0. En caso de que la corriente forme un ángulo con las pilas, este valor se debe ajustar. (Figura 6.2).

β: Coeficiente de frecuencia. Este coeficiente toma en cuenta el periodo de retorno T comprendido entre 15 y 1500 años. Para obtener su valor se propone la siguiente expresión (Referencia 6.4):

$$\beta = 0.7929 + 0.0973\ Ln(T) \qquad [6.5]$$

μ: Coeficiente de contracción. Este valor se toma de la Tabla 6.1 como una función de la velocidad media del flujo y de la distancia libre entre pilas cuando hay un puente.

ϕ: Coeficiente de corrección por el efecto de la densidad del agua durante la creciente. Para agua clara (clear water) este valor es igual a 1.0. Si la creciente transporta sedimentos en suspensión (lived – bed), este coeficiente se calcula como:

$$\phi = -0.54 + 1.5143\ \gamma_{ag} \qquad [6.6]$$

γ_{ag}: Peso específico del agua más sedimento, en toneladas por metro cúbico (T/m^3).

d_m: Diámetro medio de las partículas del material granular, en milímetros (mm). Se calcula como:

$$d_m = 0.01 \sum d_i P_i \qquad [6.7]$$

d_i: Diámetro en milímetros (mm) de una fracción de la curva granulométrica del material.

P_i: Peso de esa fracción expresado en porcentaje con respecto al total de la muestra (porcentaje retenido).

Z: Exponente variable que depende del diámetro medio de las partículas del material granular.

$$Z = 0.394557 - 0.0413 \log(d_m) - 0.00891\ \log^2 d_m \qquad [6.8]$$

Tabla 6.1. - Factor de corrección por contracción del cauce μ (Referencia 6.5)

V (m/s)	LONGITUD LIBRE ENTRE DOS PILAS O ESTRIBOS (m)												
	10	13	16	18	21	25	30	42	62	83	106	124	208
≤1.0	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
1.0	0.96	0.97	0.98	0.98	0.99	0.99	0.99	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
1.5	0.94	0.96	0.97	0.97	0.97	0.98	0.99	0.99	0.99	0.99	1.00	1.00	1.00
2.0	0.93	0.94	0.95	0.96	0.97	0.97	0.98	0.98	0.99	0.99	0.99	0.99	1.00
2.5	0.92	0.93	0.94	0.95	0.96	0.96	0.97	0.98	0.98	0.99	0.99	0.99	1.00
3.0	0.89	0.91	0.93	0.94	0.95	0.96	0.96	0.97	0.98	0.98	0.99	0.99	0.99
3.5	0.87	0.90	0.92	0.93	0.94	0.95	0.96	0.97	0.98	0.98	0.99	0.99	0.99
≥ 4.0	0.85	0.89	0.91	0.92	0.93	0.94	0.95	0.96	0.97	0.98	0.99	0.99	0.99

V = velocidad media en la sección transversal
μ = 1.0 si no hay obstáculos

5.2 Socavación local en estribos

Se utiliza el método de Froehlich (1989) desarrollado a partir de ensayos de laboratorio en el U.S. Geological Survey (USGS), y es uno de los más usados en el HEC-18 para la socavación en estribos bajo condiciones de lecho móvil (live-bed).

$$\frac{y_s}{y_a} = 2.27\,K_1\,K_2\left(\frac{L'}{y_a}\right)^{0.43} Fr^{0.61} + 1$$

Y_s: Profundidad de socavación, en metros (m).

Y_a: Profundidad media del flujo en la planicie de inundación en la sección de aproximación, en metros (m).

K_1: Factor de corrección por la forma del estribo. Figura 6.15 y Tabla 6.7.

K_2: Factor de corrección por el ángulo de ataque (θ) del flujo con el talud del estribo, Figura 6.16. Se calcula a partir de la siguiente expresión:

$$K_2 = (\theta/90^\circ)^{0.13} \qquad [6.35]$$

θ = 90 cuando los estribos son perpendiculares al flujo.

θ < 90 si el terraplén se orienta aguas abajo.

θ > 90 si el terraplén se orienta aguas arriba.

L': Longitud efectiva del estribo y del terraplén que obstruye el paso de la corriente, en metros (m).

Fr_1: Número de Froude de la planicie de inundación en la sección de aproximación, $F_r = V_a/(gY_a)^{1/2}$

V_a: Velocidad media en el flujo de aproximación, en metros por segundo (m/s). $V_a = Q_a/A_a$

Q_a: Caudal obstruido por el estribo y el terraplén en la sección de aproximación, en metros cúbicos por segundo (m^3/s).

A_a: Área de flujo de la sección de aproximación obstruido por el estribo y terraplén, en metros cuadrados (m^2).

Tabla 6.7. - Factor de corrección por forma de los estribos

DESCRIPCIÓN	K_1
Estribos de pared vertical	1.00
Estribos de pared vertical con aletas	0.82
Estribos con todas su caras inclinadas	0.55

5.3 Socavación local en pilas

Para la estimación de la socavación local se adopta la metodología propuesta por **Laursen y Toch (1956)**, aplicable a pilas alineadas con la dirección principal del flujo. La profundidad de socavación se expresa mediante:

$$Y_s = K_1 K_2 a$$

Donde:

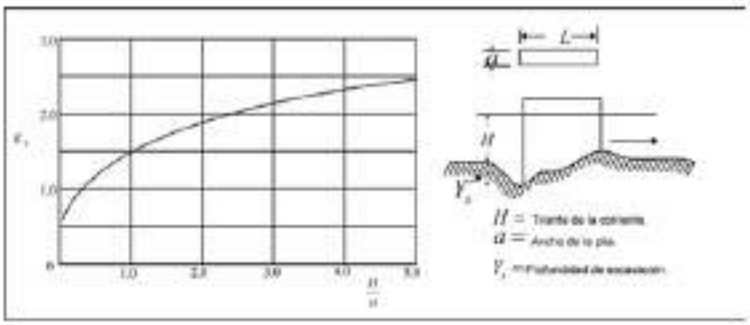
Ys = profundidad de socavación local medida desde el fondo existente (m)
K1 = coeficiente dependiente de la relación entre el tirante hidráulico y el ancho de la pila (H/a)
K2 = coeficiente dependiente de la forma de la nariz de la pila
a = ancho transversal de la pila normal al flujo (m)

El coeficiente **K1** se determina en función de la relación: H/a

Donde:

H = tirante hidráulico de la corriente (m)
a = ancho de la pila (m)

El valor correspondiente se obtiene a partir de la curva experimental desarrollada por Laursen y Toch (1956), que relaciona la profundidad relativa del flujo con la erosión relativa alrededor de la pila.

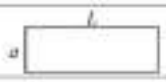
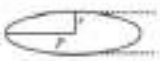


El coeficiente K2 depende de la geometría frontal de la pila, particularmente de la forma de la nariz del apoyo. Se utilizan los valores experimentales establecidos por Laursen y Toch (1956) para secciones rectangulares, semicirculares, elípticas, lenticulares o hidrodinámicas.

Una vez definidos los coeficientes K1 y K2, la socavación local se obtiene con:

$$Y_s = K_1 \cdot K_2 \cdot a$$

La profundidad calculada deberá considerarse conjuntamente con la socavación general del cauce para establecer la cota mínima de cimentación o las obras de protección requeridas.

FORMA DE LA NARIZ	COEFICIENTE K_f DE SCHNEIBLE
RECTANGULAR $L/a = 4$ 	1.00
SEMICIRCULAR 	0.90
ELIPTICA $\frac{P}{r}=\frac{2}{1}$ 	0.81
$\frac{P}{r}=\frac{3}{1}$	0.75
LENTICULAR $\frac{P}{r}=\frac{2}{1}$ 	0.81
$\frac{P}{r}=\frac{3}{1}$	0.69

FORMA DE LA NARIZ	SEGÚN TISON
BISELADA $L/a = 4$ 	0.78
PERFIL HIDRODINAMICO $L/a = 4$ 	0.75

5.4 Resultados

El análisis de socavación del **Puente Flandes** se efectuó mediante la aplicación de metodologías empíricas reconocidas en ingeniería hidráulica, ajustadas a las condiciones geomorfológicas, hidráulicas y estructurales observadas en el sitio. Para ello se consideraron los parámetros obtenidos en la modelación hidráulica, la geometría del cauce, las características del flujo para el caudal de diseño y la presencia de la pila central ubicada dentro del cauce activo.

Los resultados obtenidos permiten diferenciar la socavación general asociada al comportamiento global del cauce y la socavación local generada por la interacción directa del flujo con el apoyo central.

Socavación general

La socavación general corresponde al descenso potencial del lecho debido a procesos erosivos de carácter global en el tramo analizado, sin considerar aún la influencia puntual de la pila central. Los valores máximos estimados fueron:

- Socavación general máxima aguas arriba: 1,12 m
- Socavación general máxima aguas abajo: 0,69 m
- Socavación general máxima en el eje del puente: 0,32 m

Estos resultados indican que el mayor potencial de degradación general del cauce se localiza en el tramo de aproximación aguas arriba, donde el flujo mantiene mayores velocidades medias y capacidad de arrastre. En contraste, en el eje del puente la socavación general resulta menor, debido a que el fenómeno dominante en este sector corresponde a la acción localizada sobre la pila central.

Socavación local en pila central

La socavación local asociada a la pila central fue estimada considerando la concentración de líneas de corriente, formación de vórtices y aceleración del flujo alrededor del apoyo. El valor obtenido fue:

- Socavación local en pila central: 2,65 m

Este resultado confirma que la principal condición de vulnerabilidad hidráulica de la estructura se concentra en el apoyo central, donde la interacción flujo–estructura produce procesos erosivos considerablemente superiores a los estimados para la degradación general del cauce.

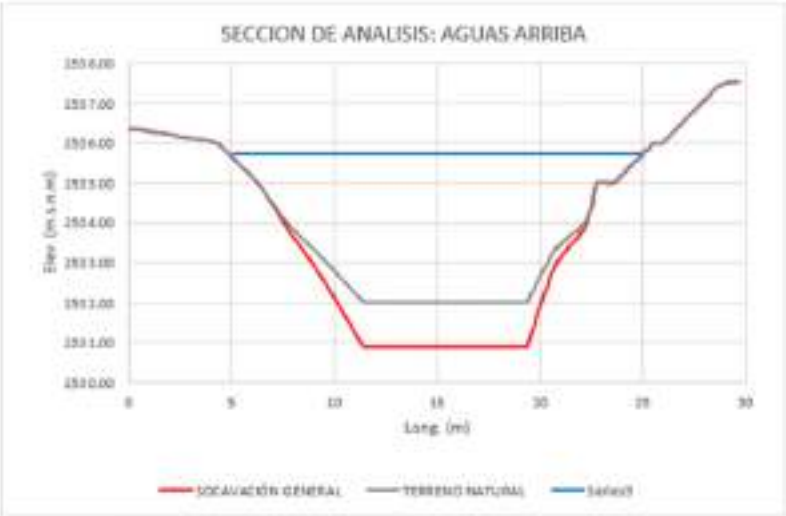
Socavación total en pila central

Para efectos de diseño y evaluación de estabilidad, se adopta como criterio conservador la envolvente entre la socavación general y la socavación local, obteniéndose la profundidad máxima potencial en la pila central:

- Socavación total en pila central: 2,97 m
- Empotramiento calculado: 4.45 m

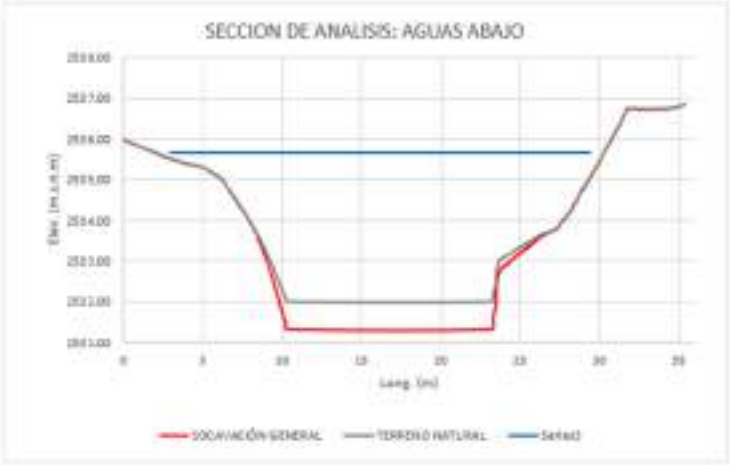
Este valor representa la condición más desfavorable para el apoyo central y deberá utilizarse como referencia para la verificación de cimentación existente, definición de empotramientos mínimos y diseño de obras de protección.

Imagen 18. Resultados de la modelación sección aguas arriba del puente (K0+082)



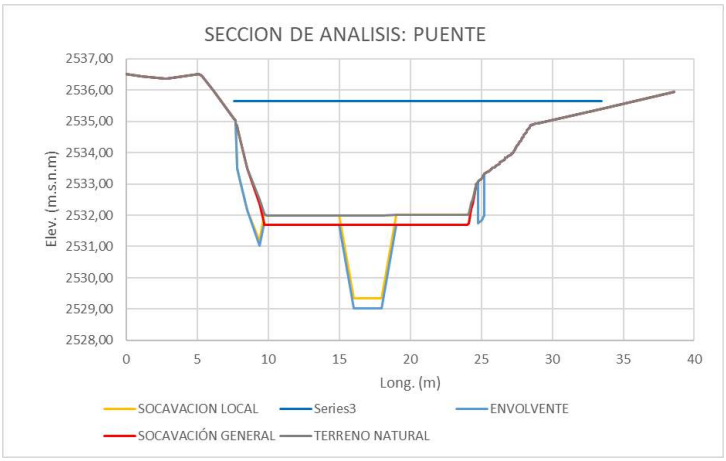
Socavación general	
Max (m)	1.12
Elev. (msnm)	2530.89
Empotramiento Recomendado	
Max (m)	1.68
Elev. (msnm)	2530.33

Imagen 19. Resultados de la modelación sección aguas abajo del puente (K0+204)



Socavación general	
Max (m)	0.60
Elev. (msnm)	2531.31
Empotramiento Recomendado	
Max (m)	1.03
Elev. (msnm)	2530.97

Imagen 20. Resultados de la modelación sección eje del puente (K0+214.5)



Interpretación general

Los resultados evidencian que, aunque el cauce presenta procesos moderados de socavación general en el entorno del puente, la condición crítica del Puente Flandes está claramente asociada a la pila central, donde la socavación total supera ampliamente los valores del resto del tramo.

Lo anterior es consistente con lo observado en la ficha geotécnica, donde se reportan deterioros localizados, lavado de material de pega y afectación puntual en el entorno del apoyo central. En consecuencia, las medidas de intervención deberán priorizar la estabilización hidráulica y estructural de dicho elemento, complementadas con mantenimiento del cauce y control de erosión localizada.

6. RECOMENDACIONES DE PROTECCIÓN

6.1 Dimensionamiento de protecciones necesarias

Las protecciones se definen en función del tirante de diseño Y_{100}, la socavación estimada Y_s y el régimen de flujo.

Para el diseño de las protecciones en el **Puente Zapote** se adoptará el criterio geométrico del *HEC-23 (2009, Fig. 6)*, en el cual la extensión horizontal de la protección se relaciona con el tirante de flujo de diseño (y_1), mientras que la profundidad de empotramiento y el espesor del manto se ajustarán en función de la socavación estimada (Y_s).

De esta manera, se garantiza que las protecciones cubran tanto la zona hidráulicamente activa (controlada por el flujo) como la zona potencialmente socavada (controlada por el proceso erosivo local).

Tabla 5. Recomendaciones para protección de fondo

PROTECCIÓN DE FONDO – APRON (SOLERA DE PROTECCIÓN)

Ubicación	Condición hidráulica	Velocidad (m/s)	Tirante (Y_{100}) (m)	Socavación (y_s) (m)	Longitud total (L) * (m)	Ancho lanzado (W_{sp}=2 Y_{100}) (m)	Empotramiento (E=1,5Y_s) (m)	Espesor (T) (m)
Aguas arriba (Est. 082)	Subcrítico Fr ≈ 0,68	3,53	3,60	1,12	5,4	7,20	1,7	0,80
Aguas abajo (Est. 058)	Subcrítico Fr ≈ 0,49	2,59	2,44	0,69	3,7	4,90	1,0	0,40
Eje Puente (**) (Est. 070,5)	Supercrítico Fr ≈ 0,46	2,89	3,21	2,97	4,8	6,40	4,5	0,70

*: Si el flujo es supercrítico L=3xY, si es subcrítido L=1,5xY
**: La Socavación en el eje del puente es la suma de la erosión general más la local.

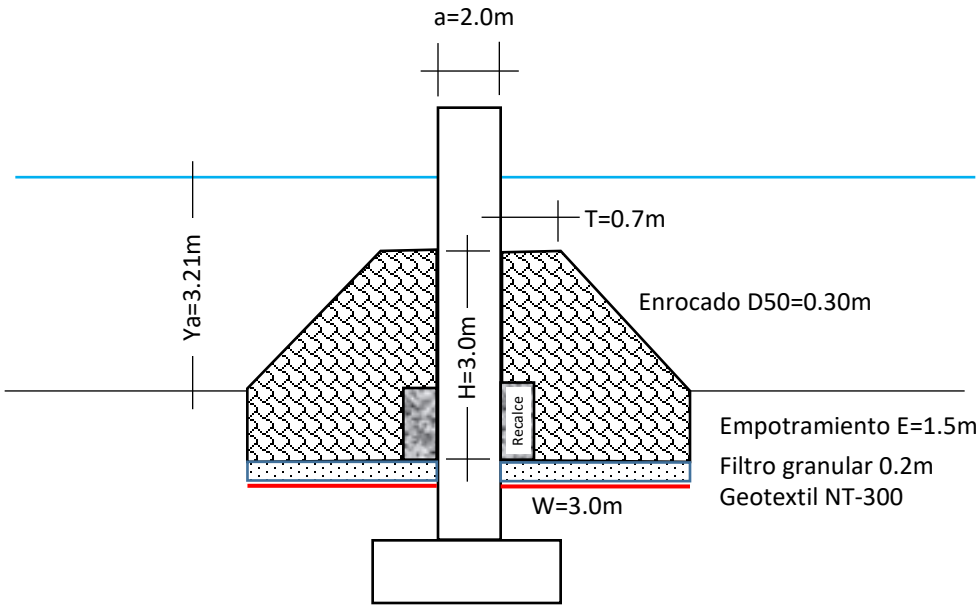
Tabla 6. Resumen de dimensiones mínimas de protección para la pila central

PROTECCIÓN DE PILA CENTRAL
(m)

Parámetros	Valores calculados	Valores recomendados
Ya =	3,21	3,21
Ys =	2,97	1,00
E = 1,5 x Ys	4,50	1,50
W = 2 x Ys	6,40	3,00
D50 =	0,30	0,30
T = 1,5 D50 a 2,0 D50	0,70	0,70
BL =	NA	NA
L= Perímetro pila	20,00	20,00

(*) Ver esquema en la imagen siguiente

Imagen 21. Detalle de protección perimetral de pila central del puente (Vista frontal)



Criterio técnico para ajuste del empotramiento en la pila central

El análisis de socavación desarrollado para el Puente Flandes permitió estimar una socavación máxima envolvente de 2,97 m en la pila central, valor obtenido a partir de la combinación conservadora entre la socavación general del cauce y la socavación local inducida por la presencia del apoyo dentro del flujo principal.

Si dicho resultado se incorpora de manera directa mediante el criterio simplificado:

$$E=1.5 \cdot Ys$$

se obtiene un empotramiento teórico de 4,45 m, profundidad que, aunque técnicamente conservadora desde el punto de vista hidráulico, puede resultar inconveniente para una estructura existente como la pila central del puente.

En efecto, una excavación de esa magnitud alrededor de la cimentación actual implicaría intervenir profundamente el terreno de apoyo, retirar confinamiento lateral natural y exponer temporalmente la pila a condiciones de descalce progresivo durante la construcción. Esta situación podría inducir inestabilidad local, asentamientos diferenciales, afectación del material de fundación existente o incluso deterioro adicional del apoyo durante la ejecución de las obras.

Debe considerarse además que el presente estudio se enmarca dentro de un proyecto de atención de emergencias y mitigación inmediata del riesgo, cuyo propósito principal es estabilizar la estructura actual, controlar los procesos erosivos activos y restablecer condiciones seguras de servicio. En consecuencia, no corresponde a un rediseño integral del puente ni a una reconstrucción total de la cimentación.

Bajo este enfoque, se considera técnicamente más apropiado adoptar una profundidad de intervención práctica, enfocada en mejorar el soporte efectivo de la pila, proteger la base frente a nuevos procesos de socavación y garantizar viabilidad constructiva sin generar excavaciones excesivas.

Empotramiento recomendado para intervención de emergencia

En consecuencia, se recomienda adoptar para la pila central un empotramiento de 1,50 m, medido desde el nivel actual del lecho o desde la cota reconformada del cauce, complementado con:

- recalce estructural sectorizado de la base de la pila;
- protección perimetral con enrocado pesado, bolsacreto o concreto ciclópeo;
- sello de cavidades y recuperación de juntas deterioradas;
- ejecución por etapas para evitar pérdida simultánea de soporte;
- seguimiento posterior durante temporadas de lluvia y crecientes.

Este valor representa una solución técnicamente equilibrada entre seguridad hidráulica, estabilidad estructural y factibilidad constructiva, adecuada para una intervención prioritaria de atención inmediata.

Recomendación complementaria

Para una solución definitiva de largo plazo, se recomienda desarrollar posteriormente un estudio estructural y geotécnico específico de cimentación, acompañado de inspección detallada de la pila y exploración del subsuelo, con el fin de establecer la necesidad de profundización adicional, micropilotes, encamisado estructural o eventual reemplazo del apoyo central.

6.2 Material de protección (Enrocado de protección)

Una fórmula muy reconocida para estimar el tamaño de roca (mediana o mediana ponderada) para enrocados de protección (riprap) en márgenes, estribos, es la del manual Hydraulic Design of Flood Control Channels del U.S. Army Corps of Engineers.

$$D_{50} = \frac{\tau_b}{(\rho_s - \rho) g \theta_c}$$

con

$$\tau_b = \rho g y S_f$$

donde:

- D_{50} = diámetro mediano de las rocas (m)
- τ_b = esfuerzo cortante en el lecho (N/m²)
- ρ = densidad del agua ≈ 1000 kg/m³
- ρ_s = densidad de la roca (ej. 2650 kg/m³ → $\rho_s - \rho \approx 1650$ kg/m³)
- g = gravedad = 9.81 m/s²
- y = tirante de flujo (m)
- S_f = pendiente de energía o fondo (adimensional)
- θ_c = parámetro crítico de Shields (usualmente entre 0.045 y 0.06 para roca)

De acuerdo con las guías internacionales de diseño —HEC-11 y HEC-23 (FHWA, 2009)— el espesor recomendado para mantos de enrocado corresponde a 1.5 D_{50} – 2.0 D_{50}.

Adicionalmente, el Manual EM 1110-2-1601 del U.S. Army Corps of Engineers propone incorporar un margen adicional de 0.15 m 0.30 m para compensar posibles asentamientos o irregularidades del lecho.

Tabla 7. Cálculo de tamaño de roca y espesor del manto de protección pila central (K0+070.5)

EJE DEL PUENTE		
PARÁMETROS		DESCRIPCIÓN
θc	0,047	parámetro crítico de Shields (usualmente entre 0.045 y 0.06 para roca)
Sf	0,00473	pendiente de energía o fondo (adimensional)
y	3,21	tirante de flujo (m)
g	9,81	gravedad ≈ 9.81 m/s²
ρs	2650	densidad de la roca (2650 kg/m³)
ρ	1000	densidad del agua ≈ 1000 kg/m³
T_0	149,075	esfuerzo cortante en el lecho (N/m²)
D50	0,20	diámetro mediano de las rocas (m)
	1,30	Factor de seguridad (Entre 1,1 y 1,3) para considerar turbulencias o flujo supercrítico
D50	0,30	diámetro mediano de las rocas recomendado (m)
		Chequeo del espesor del manto de protección
T	0,53	recomendación HEC-11 / HEC-23, Manto simple o doble capa.
T	0,70	recomendación USACE EM 1110-2-1601 Incluye margen de seguridad y asentamiento, mín:0,30m

En consecuencia, se adopta como espesor de diseño del manto de protección T = 0.70 m para la protección de la pila central con un D_{50} de 0.30 m, valores que satisfacen los requerimientos de estabilidad hidráulica frente a la socavación y garantizan una adecuada durabilidad estructural bajo las condiciones de flujo asociadas al período de retorno de 100 años.

6.3 Recomendación de protección

Con base en los resultados de la modelación hidráulica, los análisis de socavación desarrollados en el Capítulo 5 y las observaciones consignadas en la ficha de diagnóstico geotécnico, se concluye que la condición prioritaria de intervención en el Puente Flandes corresponde a la pila central ubicada dentro del cauce activo, elemento sobre el cual se concentran las mayores solicitaciones hidráulicas y los procesos erosivos más relevantes.

La modelación evidenció que, para el caudal de diseño, el flujo atraviesa la estructura con capacidad hidráulica suficiente; sin embargo, la pila central divide la corriente, redistribuye velocidades y genera turbulencia localizada en sus costados. Esta condición es consistente con lo observado en campo, donde se reportan cavidades, pérdida de material de junta, acumulación de sedimentos y residuos vegetales en el entorno inmediato del apoyo. Adicionalmente, el análisis de socavación estimó una socavación total envolvente de 2,97 m, lo que confirma la vulnerabilidad hidráulica localizada del elemento estructural.

En consecuencia, se recomienda ejecutar una intervención integral orientada a estabilizar la pila central, recuperar su integridad estructural y restablecer condiciones adecuadas de paso hidráulico.

1. Recalce estructural sectorizado de la base de la pila central

Se recomienda ejecutar el recalce estructural sectorizado de la base de la pila central, con el fin de restituir capacidad portante en los sectores actualmente expuestos o afectados por erosión localizada.

La intervención deberá desarrollarse por módulos o paños independientes, evitando la remoción simultánea del soporte alrededor de todo el apoyo. Como criterio de intervención de emergencia, se adopta un empotramiento práctico mínimo de 1,50 m respecto al nivel actual del lecho o respecto a la rasante reconformada del cauce.

El recalce podrá ejecutarse mediante concreto ciclópeo, concreto estructural o solución técnicamente equivalente, garantizando adecuada adherencia con la estructura existente y continuidad resistente entre el apoyo actual y la nueva base reforzada.

2. Sello de cavidades y recuperación de juntas deterioradas

De acuerdo con la ficha geotécnica, se identificaron vacíos, pérdida de material de pega y deterioro localizado en la parte inferior de la mampostería de la pila central. Por tanto, se recomienda efectuar el sello de cavidades, inyección o relleno de vacíos y recuperación de juntas deterioradas, con el fin de evitar infiltraciones, lavado progresivo de finos y pérdida adicional de integridad estructural.

Estas labores deberán realizarse una vez estabilizada la base del apoyo y utilizando materiales compatibles con la estructura existente, de alta durabilidad y resistencia a ambientes húmedos.

3. Protección perimetral con enrocado pesado, bolsacreto o concreto ciclópeo

Se recomienda conformar una protección perimetral alrededor de la pila central para reducir la socavación futura y disipar la energía del flujo en la zona de contacto con el apoyo.

La protección podrá ejecutarse mediante cualquiera de las siguientes alternativas, según disponibilidad de materiales y facilidad constructiva:

- Enrocado pesado, con material pétreo durable y angular.
- Bolsacreto, en disposición trabada y confinada.
- Concreto ciclópeo, vaciado en sitio y adecuadamente anclado.

Como criterio mínimo de referencia, la protección deberá considerar:

- D50 = 0,30 m (si se adopta enrocado),
- Espesor del manto T = 0,70 m,
- Filtro granular de 0,20 m con geotextil no tejido tipo NT-300,
- cobertura continua alrededor de la base expuesta, incluyendo aguas arriba, laterales y zona inmediata de salida.

La geometría final deberá ajustarse en obra según las dimensiones reales de la pila y el estado del lecho al momento de la intervención.

4. Recuperación de la sección hidráulica del cauce en la zona posterior al apoyo central

La ficha geotécnica reporta acumulación de sedimentos y material vegetal en la zona posterior a la pila central. En concordancia con ello, se recomienda realizar la limpieza y recuperación de la sección hidráulica del cauce aguas abajo del apoyo central, retirando depósitos recientes, obstrucciones y materiales atrapados que reduzcan la capacidad efectiva de paso.

Estas labores deberán orientarse a restablecer una transición hidráulica uniforme aguas abajo, mejorar la distribución del flujo y disminuir zonas muertas de baja velocidad donde continúe acumulándose material.

No se recomienda profundización excesiva del cauce ni alteraciones abruptas de la rasante natural.

5. Consideraciones generales

Las obras recomendadas deberán ejecutarse bajo un esquema constructivo controlado, teniendo en cuenta que se interviene una estructura existente dentro del cauce activo.

Se recomienda especialmente:

- ejecución por etapas, evitando la pérdida simultánea de soporte alrededor de la pila central;
- manejo temporal del flujo mediante ataguías parciales, desvíos locales o bombeo, según necesidad constructiva;
- control topográfico permanente de asentamientos o movimientos durante la obra;
- protección ambiental y retiro adecuado del material extraído del cauce;
- seguimiento posterior durante temporadas de lluvia y crecientes, verificando estabilidad del recalce, desempeño del enrocado o solución adoptada, evolución del lecho y ausencia de nuevas cavidades.

Imagen 22. Intervenciones recomendadas para Puente Flandes



7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

7.1 CONCLUSIONES

1. El análisis hidrológico efectuado para la cuenca aferente al Puente Flandes, sobre el río Tota en jurisdicción del municipio de Firavitoba, permitió estimar un caudal máximo de diseño para TR = 100 años de Q = 177,0 m³/s, valor adoptado para la evaluación hidráulica y de socavación de la estructura.
2. La modelación hidráulica desarrollada en HEC-RAS indica que, para el caudal analizado, el puente presenta capacidad hidráulica suficiente, manteniendo el flujo contenido dentro del cauce principal y con gálibo libre bajo la superestructura, sin evidencias de sobrepaso del tablero.
3. El régimen hidráulico en el entorno del puente corresponde a flujo subcrítico, con valores de número de Froude inferiores a la unidad en las secciones evaluadas, lo que evidencia un comportamiento relativamente estable desde el punto de vista global del cauce.
4. La condición crítica del puente no se relaciona con insuficiencia hidráulica general, sino con la interacción localizada entre la corriente y la pila central, elemento que divide el flujo, genera redistribución de velocidades, turbulencia lateral y concentración de esfuerzos hidráulicos en su base.
5. El análisis de socavación permitió estimar una socavación general máxima de 1,12 m aguas arriba, 0,69 m aguas abajo, 0,32 m en el eje del puente y una socavación local en la pila central de 2,65 m, obteniéndose una socavación total envolvente de 2,97 m como condición más desfavorable para dicho apoyo.
6. Las observaciones consignadas en la ficha geotécnica evidencian deterioro localizado en la pila central, pérdida de material de junta, cavidades y acumulación de sedimentos y residuos vegetales aguas abajo, aspectos consistentes con la dinámica hidráulica modelada.
7. En consecuencia, la vulnerabilidad principal del Puente Flandes se concentra en la estabilidad hidráulica y estructural de la pila central, por lo cual las obras prioritarias deben orientarse a su recalce, protección perimetral y recuperación del cauce inmediato.

7.2 RECOMENDACIONES

1. Ejecutar recalce estructural sectorizado de la pila central mediante concreto ciclópeo, concreto estructural o solución técnicamente equivalente, evitando excavaciones simultáneas alrededor de todo el apoyo.
2. Realizar sello de cavidades, resane estructural y recuperación de juntas deterioradas en la parte inferior de la pila central, utilizando materiales compatibles y resistentes a condiciones permanentes de humedad.
3. Construir protección perimetral de la pila central mediante enrocado pesado, bolsacreto o concreto ciclópeo, con parámetros mínimos de referencia: D50 = 0,30 m, espesor T = 0,70 m, filtro granular = 0,20 m y geotextil tipo NT-300, cubriendo aguas arriba, laterales y salida inmediata del apoyo.
4. Ejecutar limpieza y reconformación de la sección hidráulica aguas abajo de la pila central, retirando sedimentos, residuos vegetales y obstrucciones que reduzcan la capacidad efectiva del cauce.
5. Desarrollar la intervención por etapas constructivas, garantizando estabilidad temporal de la pila central, manejo controlado del flujo y supervisión técnica permanente durante la ejecución.
6. Implementar seguimiento periódico posterior a crecientes, verificando comportamiento del lecho, estabilidad del recalce, desempeño de la protección instalada y aparición de nuevas cavidades o procesos erosivos.

7. Para una solución definitiva de largo plazo, se recomienda adelantar un estudio estructural y geotécnico específico de cimentación, que permita verificar la condición real del apoyo central y definir intervenciones complementarias si fueran necesarias.

8. BIBLIOGRAFÍA

1.) FEDERAL HIGHWAY ADMINISTRATION – FHWA. Bridge Scour and Stream Stability Countermeasures (HEC-23, Third Edition). Washington D.C., USA: U.S. Department of Transportation, National Highway Institute, 2009. 285 p. (FHWA-NHI-09-111).

2.) FEDERAL HIGHWAY ADMINISTRATION – FHWA. Evaluating Scour at Bridges (HEC-18, Fifth Edition). Washington D.C., USA: U.S. Department of Transportation, National Highway Institute, 2012. 290 p. (FHWA-NHI-12-003).

3.) U.S. ARMY CORPS OF ENGINEERS – USACE. Hydraulic Design of Flood Control Channels (Engineering Manual EM 1110-2-1601). Washington D.C., USA: Department of the Army, 1994. 230 p.

4.) INSTITUTO DE HIDROLOGÍA, METEOROLOGÍA Y ESTUDIOS AMBIENTALES – IDEAM. Guía metodológica para la elaboración de mapas de inundación. Bogotá D.C., Colombia: IDEAM, 2017. 96 p.

5.) INSTITUTO DE HIDROLOGÍA, METEOROLOGÍA Y ESTUDIOS AMBIENTALES – IDEAM. Guía para el diseño hidráulico de obras de drenaje transversal en carreteras. Bogotá D.C.: IDEAM; Ministerio de Transporte, 2014.

6.) MINISTERIO DE OBRAS PÚBLICAS – MOP. Manual de diseño de obras fluviales. Santiago de Chile, Chile: MOP, Dirección de Obras Hidráulicas, 2015. 215 p.

7.) ESCARAMEIA, M. River and Channel Protection: Using Riprap and Other Methods. Londres, Reino Unido: Construction Industry Research and Information Association (CIRIA), Report C683, 1998. 380 p.

8.) MELVILLE, B. W.; COLEMAN, S. E. Bridge Scour. Colorado, USA: Water Resources Publications, 2000. 550 p.

9.) INSTITUTO NACIONAL DE VÍAS – INVIAS. Manual de Drenaje para Carreteras, Segunda Edición. Bogotá D.C., Colombia: Ministerio de Transporte, 2018. 480 p.

10.) INSTITUTO DE HIDROLOGÍA, METEOROLOGÍA Y ESTUDIOS AMBIENTALES – IDEAM. Guía Nacional de Modelación del Recurso Hídrico para Aguas Superficiales Continentales. Bogotá D.C., Colombia: IDEAM, 2016. 124 p.

11.) LAURSEN, E. M. Scour at Bridge Crossings. Journal of the Hydraulics Division, ASCE, Vol. 84, No. HY1, 1958, pp. 1–14.

12.) LISCHVAN, E.; LEBEDIEV, A. Scouring around hydraulic structures in alluvial beds. Moscú: Hydrometeoizdat, 1967.

13.) COLORADO STATE UNIVERSITY (CSU). Method for Local Scour at Bridge Piers. Fort Collins, Colorado, USA, 1963.

14.) FROEHLICH, D. C. Analysis of Onsite Measurements of Scour at Bridge Piers. Journal of Hydraulic Engineering, ASCE, Vol. 114, No. 6, 1989, pp. 715–736.

15.) LAURSEN, E. M., & TOCH, A. (1956). Scour around bridge piers and abutments. Bulletin No. 4, Iowa Highway Research Board, Ames, Iowa.

-- FIN DEL INFORME TÉCNICO –

