Montería, 12 de agosto del 2024

**CPC-TIERRALTA-189-2024**

**INGENIERO**
**JUAN E. VILLALOBOS**
**Director de interventoría**
**CONSORCIO VIAL NACIONAL**

**REF.** CONTRATO DE OBRA PÚBLICA NO LP-NO.013-2022 - CONSTRUCCIÓN DE UN PUENTE VEHICULAR SOBRE LA QUEBRADA SEVERINERA EN LA VÍA QUE COMUNICA A LOS MUNICIPIOS DE PLANETA RICA Y TIERRALTA, DEPARTAMENTO DE CÓRDOBA, EN EL MARCO DEL CONVENIO INTERADMINISTRATIVO NO. 1961 DE FECHA 12 DE NOVIEMBRE DE 2021.

**ASUNTO:** ITEM NO PREVISTO NP2 – NP3 – NP4 Y NP5, BALANCE No 3 y REPROGRAMACION

Apreciado Ingeniero Villalobos, reciba un cordial saludo.

Por medio de la presente, muy respetuosamente le solicito revisión y aprobación de:

- Item no previsto NP2 Suministro e instalación de tubo geotexil hydrotube ensamblado con geotextil hydrotex 150, perímetro 9,0 m, altura máxima 1,60 m
- Item no previsto NP3 Suministro e instalación de formaleta textil colchacreto articulado 1300
- Item no previsto NP4 Suministro e instalación de manto antisocavación en hydrotex 95
- Item no previsto NP5 Pavimento de concreto hidraulico MR 40
- Formato MEPI-MN1-IN-6-FR-1 PROG INVERS O REPROG PROG INV
- Crornograma de obra semanal

Sin otro particular.

Cordialmente,

**Mario Alberto Petro Reyes**
**C. C. 73.203.584**
**Representante Legal**
**Consorcio Puentes de Córdoba**

# ACTA DE COMPARACION Y FIJACION DE PRECIOS

| | | | |
|---|---|---|---|
| | **INSTITUTO NACIONAL DE VÍAS**<br>**PROCESO MISIONAL EJECUCIÓN DE PROYECTOS DE INFRAESTRUCTURA DE TRANSPORTE**<br>**MANUAL DE INTERVENTORÍA OBRA PÚBLICA**<br>**COMPARACIÓN DE PRECIOS UNITARIOS DE ÍTEMS NO PREVISTOS** | CÓDIGO | MEPI-MN1-IN-10-FR-2 |
| | | VERSIÓN | 1 |
| | | PÁGINA | |

FECHA: 2/08/2024 (Día / Mes / Año)

**ITEMS NO PREVISTOS** |✓|

**UNIDAD EJECUTORA:** SUBDIRECCION VIAS REGIONALES **DIRECCIÓN TERRITORIAL:** CORDOBA

**CONTRATO No.** LP-NO.013-2022 (Indicar número de contrato y año)

**OBJETO DEL CONTRATO:** CONSTRUCCIÓN DE UN PUENTE VEHICULAR SOBRE LA QUEBRADA SEVERINERA EN LA VÍA QUE COMUNICA A LOS MUNICIPIOS DE PLANETA RICA Y TIERRALTA, DEPARTAMENTO DE CÓRDOBA, EN EL MARCO DEL CONVENIO INTERADMINISTRATIVO NO. 1961 DE FECHA 12 DE NOVIEMBRE DE 2021

**PROYECTO:** CONSTRUCCIÓN DE UN PUENTE VEHICULAR SOBRE LA QUEBRADA SEVERINERA EN LA VÍA QUE COMUNICA A LOS MUNICIPIOS DE PLANETA RICA Y TIERRALTA, DEPARTAMENTO DE CÓRDOBA, EN EL MARCO DEL CONVENIO INTERADMINISTRATIVO NO. 1961 DE FECHA 12 DE NOVIEMBRE DE 2021

**CONTRATISTA:** CONSORCIO PUENTES DE CORDOBA

**INTERVENTOR:** CONSORCIO VIAL NACIONAL **CONTRATO No.** 979 de 2022 (Indicar número de contrato y año)

**FECHA DE INICIO:** 19/09/2022 (Día) (Mes) (Año) **VALOR INICIAL:** $ 5.384.604.822,00

**FECHA DE VENCIMIENTO:** 15/09/2023 (Día) (Mes) (Año) **VALOR ACUMULADO:** $ 7.384.604.822,00

**DATOS ESPECÍFICOS**

| ÍTEM | DESCRIPCIÓN DEL ÍTEM | UNIDAD | CANTIDAD | PRECIO UNITARIO | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | Contratista | Interventoría | Precio Acordado |
| NP2 | SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE TUBO GEOTEXIL HYDROTUBE ENSAMBLADO CON GEOTEXTIL HYDROTEX 150, PERÍMETRO 9,0 M, ALTURA MÁXIMA 1,60 M | ML | 320 | $ 754.850 | $ 675.678 | $ 675.678 |
| NP3 | SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE FORMALETA TEXTIL COLCHACRETO ARTICULADO 1300 | M2 | 3230 | $ 225.611 | $ 202.935 | $ 202.935 |
| NP4 | SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE MANTO ANTISOCAVACIÓN EN HYDROTEX 95 | M2 | 3790 | $ 45.074 | $ 41.734 | $ 41.734 |
| NP5 | PAVIMENTO DE CONCRETO HIDRAULICO MR40 | M3 | 169,60 | $ 1.326.412 | $ 1.326.412 | $ 1.326.412 |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |

**OBSERVACIONES:**

**NOTAS:**

1. El Interventor certifica que realizó un análisis comparativo de los análisis de precios no previstos presentados por el Contratista.
2. El Interventor es el responsable de la revisión, análisis y aprobación del análisis o los análisis de precios no previstos mediante los cuales se acuerda el precio o los precios entre el Contratista y el Interventor.
3. El Contratista y el Interventor certifican que los precios unitarios del ítem o de los ítems no previstos corresponden a los precios del mercado.
4. En la casilla de "Observaciones" el Interventor debe consignar si es del caso las aclaraciones a que haya lugar del precio o de los precios que se acordaron.

Firma
Nombre: MARIO ALBERTO PETRO REYES
Representante Legal o su Apoderado
Matrícula Profesional No.:22202-152753 COR

Firma
Nombre: JUAN E VILLALOBOS
Representante Legal o su Apoderado
Matrícula Profesional No.:

Original: Archivo de Gestión del INVIAS.
Copias: Unidad Ejecutora, Contratista, Interventor y Dirección Territorial

| | INSTITUTO NACIONAL DE VÍAS<br>PROCESO MISIONAL EJECUCIÓN DE PROYECTOS DE INFRAESTRUCTURA DE TRANSPORTE<br>MANUAL DE INTERVENTORÍA OBRA PUBLICA<br>ACTA DE FIJACIÓN DE ÍTEMS NO PREVISTOS | CÓDIGO | MEPI-MN1-IN-10-FR-4 |
|---|---|---|---|
| | | VERSIÓN | 1 |
| | | PÁGINA | |

FECHA: 2/08/2024 (Día / Mes / Año)

UNIDAD EJECUTORA: SUBDIRECCION VIAS REGIONALES DIRECCIÓN TERRITORIAL: CORDOBA ACTA No: 2

CONTRATO No. LP 013 2022
(Indicar número de contrato y año)

OBJETO DEL CONTRATO:
"CONSTRUCCION DE UN PUENTE VEHICULAR SOBRE LA QUEBRADA SEVERINERA EN LA VIA QUE COMUNICA A LOS MUNICIPIOS DE PLANETA RICA Y TIERRALTA, DEPARTAMENTO DE CORDOBA, EN EL MARCO DEL CONVENIO INTERADMINISTRATIVO No. 1961 DE FECHA 12 DE NOVIEMBRE DE 2021".

PROYECTO:"CONSTRUCCION DE UN PUENTE VEHICULAR SOBRE LA QUEBRADA SEVERINERA EN LA VIA QUE COMUNICA A LOS MUNICIPIOS DE PLANETA RICA Y TIERRALTA, DEPARTAMENTO DE CORDOBA, EN EL MARCO DEL CONVENIO INTERADMINISTRATIVO No. 1961 DE FECHA 12 DE NOVIEMBRE DE 2021".

CONTRATISTA: CONOSRCIO PUENTES DE CORDOBA

INTERVENTOR: CONSORCIO VIAL NACIONAL CONTRATO No. 979 de 2022
(Indicar número de contrato y año)

FECHA CIERRE PROCESO DE SELECCIÓN CONTRATO DE OBRA: (Día) (Mes) (Año)

FECHA DE INICIO: 19/09/2022 (Día) (Mes) (Año)

FECHA DE SUSPENSIÓN: 22/03/2024 (Día) (Mes) (Año) VALOR INICIAL: $ 5.384.604.822

FECHA DE REANUDACIÓN: 4/04/2024 (Día) (Mes) (Año) VALOR ACUMULADO: $ 7.384.604.822

FECHA DE VENCIMIENTO: 15/09/2024 (Día) (Mes) (Año)

A.I.U : 30 % A 20 % I 5 % U 5 %

Se establecen los precios que se resumen a continuación:

| ITEM | GRUPO DE AJUSTE | DESCRIPCIÓN | UNIDAD | CANTIDAD | PRECIO UNITARIO | VALOR TOTAL |
|---|---|---|---|---|---|---|
| NP2 | | SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE TUBO GEOTEXIL HYDROTUBE ENSAMBLADO CON GEOTEXTIL HYDROTEX 150, PERÍMETRO 9,0 M, ALTURA MÁXIMA 1,60 M | ML | 320 | $ 675.678,00 | $ 216.216.960,00 |
| NP3 | | SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE FORMALETA TEXTIL COLCHACRETO ARTICULADO 1300 | M2 | 3230 | $ 202.935,00 | $ 655.480.050,00 |
| NP4 | | SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE MANTO ANTISOCAVACIÓN EN HYDROTEX 95 | M2 | 3790 | $ 41.734,00 | $ 158.171.860,00 |
| NP5 | | PAVIMENTO DE CONCRETO HIDRAULICO MR 40 | M3 | 169,60 | $ 1.326.412,00 | $ 224.955.230,68 |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |

NOTAS:
1. Para los contratos pactados con ajustes, los precios unitarios correspondientes a los ítems no previstos están referidos al origen del contrato (Io) y se han fijado tomando como base los costos vigentes en el mercado.
2. Para los contratos pactados sin ajustes, se tomarán los costos vigentes en el mercado al momento del estudio de la solicitud.
3. Hacen parte de la presente Acta de Fijación de precios no previstos los documentos relacionados en el instructivo MEPI-MN1-IN-10 del presente formato.
4. Es responsabilidad del Contratista la presentación de los ítems no previstos, con los documentos anexos que permitan verificar su utilización y justificación, manteniendo los precios aprobados en desarrollo del contrato.
5. Es reponsabilidad de la Interventoría la aprobación del análisis del precio unitario, la especificación particular, la cantidad y presentar la justificación técnica, económica y jurídica al Instituto de la fijacion de ítems no previstos.
6. La presente Acta se suscribe por parte del Instituto, con base en el concepto de aprobación emitido por la Interventoría.

OBSERVACIONES:

Firma
Nombre MARIO ALBERTO PETRO REYES
Representante Legal o su Apoderado
Contratista
Matrícula Profesional No.: 22202-152753 COR

Firma
Nombre: JUAN [illegible] LOBOS
Representante Legal o su Apoderado
Interventoría
Matrícula Profesional No.:

Firma:
Nombre:
Titular Gerencia:
Matrícula Profesional No.:

Firma
Nombre: JORGE ELIECER MUNOZ CASTILLO
Supervisor de obra - Municipio de Tierralta

Revisión:

Supervisor del Contrato de Interventoría — Nombre: — Firma (Suscribe según su competencia)

Director Territorial — Nombre: — Firma (Suscribe según su competencia funcional)

Gestor Técnico de Proyecto — Nombre: — Firma (Suscribe según su competencia)

Original: Archivo Gestión del INVIAS
Copia: Unidad Ejecutora, Contratista, Interventor, Dirección Territorial y Subdirección de Reglamentación Técnica e Innovación

# ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS – ITEM NO PREVISTOS NP2-NP3-NP4-NP5

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| **INSTITUTO NACIONAL DE VIAS**<br>**PROCESO GESTIÓN DE LA INFRAESTRUCTURA VIAL**<br>**MANUAL DE INTERVENTORÍA OBRA PÚBLICA**<br>**ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS** | CÓDIGO | MINFRA-MN-IN-10-FR-1 | | |
| | VERSIÓN | 1 | | |
| | PÁGINA | | DE | |

| | | | |
|---|---|---|---|
| FECHA | 2 | 8 | 2024 |
| | (Día) | (Mes) | (Año) |

**ITEMS DE LA PROPUESTA ECONÓMICA** **ITEMS NO PREVISTOS** NP2

**UNIDAD EJECUTORA:** SUBDIRECCIÓN VIAS REGIONALES **DIRECCIÓN TERRITORIAL:** CÓRDOBA

**OBJETO DEL CONTRATO:** CONTRATO DE OBRA PUBLICA No LP-No.013-2022 - CONSTRUCCION DE UN PUENTE VEHICULAR SOBRE LA QUEBRADA SEVERINERA EN LA VIA QUE COMUNICA A LOS MUNICIPIOS DE PLANETA RICA Y TIERRALTA, DEPARTAMENTO DE CORDOBA, EN EL MARCO DEL CONVENIO INTERADMINISTRATIVO No. 1961 DE FECHA 12 DE NOVIEMBRE DE 2021

**CARRETERA:** VIA QUE COMUNICA A LOS MUNICIPIOS DE PLANETA RICA Y TIERRALTA, DEPARTAMENTO DE CORDOBA **SECTOR:** PUENTE SOBRE LA QUEBRADA SEVERINERA

**CONTRATISTA: CONSORCIO PUENTES DE CORDOBA R.L MARIO ALBERTO PETRO REYES**

**FECHA CIERRE PROCESO DE SELECCIÓN CONTRATO DE OBRA:** 3 (Día) 8 (Mes) 2022 (Año)

## DATOS ESPECÍFICOS

| ITEM | DESCRIPCIÓN | GRUPO DE AJUSTE | UNIDAD | CANTIDAD |
|---|---|---|---|---|
| NP2 | **SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE TUBO GEOTEXIL HYDROTUBE ENSAMBLADO CON GEOTEXTIL HYDROTEX 150, PERÍMETRO 9,0 M, ALTURA MÁXIMA 1,60 M** | | ML | |

### I. EQUIPO

| DESCRIPCIÓN | TIPO | TARIFA/HORA | RENDIMIENTO | Vr. UNITARIO |
|---|---|---|---|---|
| Retroexcavadora sobre oruga, potencia 138 HP, balde de 1,5 m3. | | $ 173.093,00 | 5,00 | $ 34.619,00 |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | **SUBTOTAL $** | $ 34.619,00 |

### II. MATERIALES

| DESCRIPCIÓN | UNIDAD | CANTIDAD | PRECIO UNIT. | Vr. UNITARIO |
|---|---|---|---|---|
| HYDROTUBE EN HYDROTEX 150 (INCLUYE PUERTOS DE LLENADO Y GEOCABLE PARA AMARRE DE CIERRE) P=9 | M3 | 1,00 | $ 298.047,40 | $ 298.047,40 |
| Material de Terraplén | M3 | 6,09 | $ 13.000,00 | $ 79.170,00 |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | **SUBTOTAL $** | $ 377.217,40 |

### III. TRANSPORTES

| MATERIAL | UNIDAD | CANTIDAD (1) | DISTANCIA (2) | (1) * (2) | TARIFA | Vr. UNITARIO |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | |
| | | | | | **SUBTOTAL $** | $ - |

### IV. MANO DE OBRA

| TRABAJADOR | JORNAL | PRESTACIONES (%) | JORNAL TOTAL | RENDIMIENTO | Vr. UNITARIO |
|---|---|---|---|---|---|
| Oficial (1) | $ 66.666,00 | 1,85 | $ 123.332,10 | 4,00 | $ 30.833,03 |
| Obrero (5) | $ 33.333,00 | 1,85 | $ 308.330,25 | 4,00 | $ 77.082,56 |
| | | | | **SUBTOTAL $** | 107.915,59 |
| | | | **TOTAL COSTO DIRECTO $** | | $ 519.751,99 |

### V. COSTOS INDIRECTOS

| Descripción | Porcentaje | Valor Total | |
|---|---|---|---|
| **ADMINISTRACION** | 20% | $ 103.950,40 | |
| **IMPREVISTOS** | 5% | $ 25.987,60 | |
| **UTILIDAD** | 5% | $ 25.987,60 | |
| | | **SUBTOTAL $** | $ 155.925,60 |
| | | **Precio Unitario Total Aproximado al Peso $** | **$ 675.678,00** |

Firma

Nombre: MARIO ALBERTO PETRO REYES
Representante Legal CONSORCIO PUENTES DE CORDOBA
Matricula No. : 22202152753 COR

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| | **INSTITUTO NACIONAL DE VIAS**<br>**PROCESO GESTIÓN DE LA INFRAESTRUCTURA VIAL**<br>**MANUAL DE INTERVENTORÍA OBRA PÚBLICA**<br>**ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS** | CÓDIGO | MINFRA-MN-IN-10-FR-1 | |
| | | VERSIÓN | 1 | |
| | | PÁGINA | | DE |

| | | | |
|---|---|---|---|
| FECHA | 2 | 8 | 2024 |
| | (Día) | (Mes) | (Año) |

**ITEMS DE LA PROPUESTA ECONÓMICA** **ITEMS NO PREVISTOS** NP3

**UNIDAD EJECUTORA:** SUBDIRECCIÓN VIAS REGIONALES **DIRECCIÓN TERRITORIAL:** CÓRDOBA

**OBJETO DEL CONTRATO:** CONTRATO DE OBRA PUBLICA No LP-No.013-2022 - CONSTRUCCION DE UN PUENTE VEHICULAR SOBRE LA QUEBRADA SEVERINERA EN LA VIA QUE COMUNICA A LOS MUNICIPIOS DE PLANETA RICA Y TIERRALTA, DEPARTAMENTO DE CORDOBA, EN EL MARCO DEL CONVENIO INTERADMINISTRATIVO No. 1961 DE FECHA 12 DE NOVIEMBRE DE 2021

**CARRETERA:** VIA QUE COMUNICA A LOS MUNICIPIOS DE PLANETA RICA Y TIERRALTA, DEPARTAMENTO DE CORDOBA **SECTOR:** PUENTE SOBRE LA QUEBRADA SEVERINERA

**CONTRATISTA:** CONSORCIO PUENTES DE CORDOBA

**FECHA CIERRE PROCESO DE SELECCIÓN CONTRATO DE OBRA:** 3 (Día) 8 (Mes) 2022 (Año)

## DATOS ESPECÍFICOS

| ITEM | DESCRIPCIÓN | GRUPO DE AJUSTE | UNIDAD | CANTIDAD |
|---|---|---|---|---|
| NP3 | SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE FORMALETA TEXTIL COLCHACRETO ARTICULADO 1300 | | M2 | |

### I. EQUIPO

| DESCRIPCIÓN | TIPO | TARIFA/HORA | RENDIMIENTO | Vr. UNITARIO |
|---|---|---|---|---|
| MOTOBOMBA DE CONCRETO | | $ 81.512,00 | 25,00 | $ 3.260,00 |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | **SUBTOTAL $** | $ 3.260,00 |

### II. MATERIALES

| DESCRIPCIÓN | UNIDAD | CANTIDAD | PRECIO UNIT. | Vr. UNITARIO |
|---|---|---|---|---|
| FORMALETA TEXTIL COLCHACRETO ARTICULADO 1300 | M2 | 1,05 | $ 45.815,00 | $ 48.105,75 |
| CONCRETO CLASE F | M3 | 0,10 | $ 507.803,85 | $ 50.780,39 |
| | | | | |
| | | | **SUBTOTAL $** | $ 98.886,14 |

### III. TRANSPORTES

| MATERIAL | UNIDAD | CANTIDAD (1) | DISTANCIA (2) | (1) * (2) | TARIFA | Vr. UNITARIO |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | **SUBTOTAL $** | |

### IV. MANO DE OBRA

| TRABAJADOR | JORNAL | PRESTACIONES (%) | JORNAL TOTAL | RENDIMIENTO | Vr. UNITARIO |
|---|---|---|---|---|---|
| Oficial (1) | $ 66.666,00 | 1,85 | $ 123.332,10 | 8,00 | $ 15.416,51 |
| Obrero (5) | $ 33.333,00 | 1,85 | $ 308.330,25 | 8,00 | $ 38.541,28 |
| | | | | **SUBTOTAL $** | 53.957,79 |
| | | | | **TOTAL COSTO DIRECTO $** | $ 156.103,93 |

### V. COSTOS INDIRECTOS

| Descripción | Porcentaje | Valor Total | |
|---|---|---|---|
| **ADMINISTRACION** | 20% | $ 31.220,79 | |
| **IMPREVISTOS** | 5% | $ 7.805,20 | |
| **UTILIDAD** | 5% | $ 7.805,20 | |
| | | **SUBTOTAL $** | $ 46.831,19 |
| | | **Precio Unitario Total Aproximado al Peso $** | **$ 202.935,00** |

Firma

Nombre: MARIO ALBERTO PETRO REYES
Representante Legal CONSORCIO PUENTES DE CORDOBA
Matricula No. : 22202152753 COR

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| | **INSTITUTO NACIONAL DE VIAS**<br>**PROCESO GESTIÓN DE LA INFRAESTRUCTURA VIAL**<br>**MANUAL DE INTERVENTORÍA OBRA PÚBLICA**<br>**ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS** | CÓDIGO | MINFRA-MN-IN-10-FR-1 | |
| | | VERSIÓN | 1 | |
| | | PÁGINA | | DE |

| | | | |
|---|---|---|---|
| FECHA | 2 | 8 | 2024 |
| | (Día) | (Mes) | (Año) |

**ITEMS DE LA PROPUESTA ECONÓMICA** **ITEMS NO PREVISTOS**

**UNIDAD EJECUTORA:** SUBDIRECCIÓN VIAS REGIONALES **DIRECCIÓN TERRITORIAL:** CÓRDOBA

**OBJETO DEL CONTRATO:** CONTRATO DE OBRA PUBLICA No LP-No.013-2022 - CONSTRUCCION DE UN PUENTE VEHICULAR SOBRE LA QUEBRADA SEVERINERA EN LA VIA QUE COMUNICA A LOS MUNICIPIOS DE PLANETA RICA Y TIERRALTA, DEPARTAMENTO DE CORDOBA, EN EL MARCO DEL CONVENIO INTERADMINISTRATIVO No. 1961 DE FECHA 12 DE NOVIEMBRE DE 2021

**CARRETERA:** VIA QUE COMUNICA A LOS MUNICIPIOS DE PLANETA RICA Y TIERRALTA, DEPARTAMENTO DE CORDOBA **SECTOR:** PUENTE SOBRE LA QUEBRADA SEVERINERA

**CONTRATISTA:** **CONSORCIO PUENTES DE CORDOBA R.L MARIO ALBERTO PETRO REYES**

**FECHA CIERRE PROCESO DE SELECCIÓN CONTRATO DE OBRA:** **03** 3 8 2022
(Día) (Mes) (Año)

## DATOS ESPECÍFICOS

| ITEM | DESCRIPCIÓN | GRUPO DE AJUSTE | UNIDAD | CANTIDAD |
|---|---|---|---|---|
| NP4 | SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE MANTO ANTISOCAVACIÓN EN HYDROTEX 95 | | M2 | |

### I. EQUIPO

| DESCRIPCIÓN | TIPO | TARIFA/HORA | RENDIMIENTO | Vr. UNITARIO |
|---|---|---|---|---|
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | **SUBTOTAL $** | $ - |

### II. MATERIALES

| DESCRIPCIÓN | UNIDAD | CANTIDAD | PRECIO UNIT. | Vr. UNITARIO |
|---|---|---|---|---|
| MANTO ANTISOCAVACIÓN EN HYDROTEX 95 | M2 | 1,00 | $ 24.395,00 | $ 24.395,00 |
| | | | | $ - |
| | | | | |
| | | | **SUBTOTAL $** | $ 24.395,00 |

### III. TRANSPORTES

| MATERIAL | UNIDAD | CANTIDAD (1) | DISTANCIA (2) | (1) * (2) | TARIFA | Vr. UNITARIO |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | |
| | | | | | **SUBTOTAL $** | $ - |

### IV. MANO DE OBRA

| TRABAJADOR | JORNAL | PRESTACIONES (%) | JORNAL TOTAL | RENDIMIENTO | Vr. UNITARIO |
|---|---|---|---|---|---|
| Oficial (1) | $ 66.666,00 | 1,85 | $ 123.332,10 | 40,00 | $ 3.083,30 |
| Obrero (3) | $ 33.333,00 | 1,85 | $ 184.998,15 | 40,00 | $ 4.624,95 |
| | | | | **SUBTOTAL $** | 7.708,25 |
| | | | | **TOTAL COSTO DIRECTO $** | $ 32.103,25 |

### V. COSTOS INDIRECTOS

| Descripción | Porcentaje | Valor Total | |
|---|---|---|---|
| **ADMINISTRACION** | 20% | $ 6.420,65 | |
| **IMPREVISTOS** | 5% | $ 1.605,16 | |
| **UTILIDAD** | 5% | $ 1.605,16 | |
| | | **SUBTOTAL $** | $ 9.630,97 |
| | | **Precio Unitario Total Aproximado al Peso $** | **$ 41.734,00** |

Firma

Nombre: MARIO ALBERTO PETRO REYES
Representante Legal CONSORCIO PUENTES DE CORDOBA
Matricula No. : 22202152753 COR

| INSTITUTO NACIONAL DE VIAS<br>PROCESO GESTIÓN DE LA INFRAESTRUCTURA VIAL<br>MANUAL DE INTERVENTORÍA OBRA PÚBLICA<br>ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS | CÓDIGO | MINFRA-MN-IN-10-FR-1 | | |
|---|---|---|---|---|
| | VERSIÓN | 1 | | |
| | PÁGINA | | DE | |

| | | | |
|---|---|---|---|
| FECHA | 2 | 8 | 2024 |
| | (Día) | (Mes) | (Año) |

**ITEMS DE LA PROPUESTA ECONÓMICA** **ITEMS NO PREVISTOS**

**UNIDAD EJECUTORA:** SUBDIRECCIÓN VIAS REGIONALES **DIRECCIÓN TERRITORIAL:** CÓRDOBA

**OBJETO DEL CONTRATO:** CONTRATO DE OBRA PUBLICA No LP-No.013-2022 - CONSTRUCCION DE UN PUENTE VEHICULAR SOBRE LA QUEBRADA SEVERINERA EN LA VIA QUE COMUNICA A LOS MUNICIPIOS DE PLANETA RICA Y TIERRALTA, DEPARTAMENTO DE CORDOBA, EN EL MARCO DEL CONVENIO INTERADMINISTRATIVO No. 1961 DE FECHA 12 DE NOVIEMBRE DE 2021

**CARRETERA:** VIA QUE COMUNICA A LOS MUNICIPIOS DE PLANETA RICA Y TIERRALTA, DEPARTAMENTO DE CORDOBA **SECTOR:** PUENTE SOBRE LA QUEBRADA SEVERINERA

**CONTRATISTA:** CONSORCIO PUENTES DE CORDOBA

**FECHA CIERRE PROCESO DE SELECCIÓN CONTRATO DE OBRA:** 3 (Día) 8 (Mes) 2022 (Año)

**DATOS ESPECÍFICOS**

| ITEM | DESCRIPCIÓN | GRUPO DE AJUSTE | UNIDAD | CANTIDAD |
|---|---|---|---|---|
| 500.1 | PAVIMENTO DE CONCRETO HIDRAULICO MR40 | | M3 | |

**I. EQUIPO**

| DESCRIPCIÓN | TIPO | TARIFA/HORA | RENDIMIENTO | Vr. UNITARIO |
|---|---|---|---|---|
| Aspersor manual | | $ 2.432,00 | 6,25 | $ 389,12 |
| Compresor ( barrido y soplado) | | $ 75.213,00 | 34,66 | $ 2.169,72 |
| Vibrador de Concreto | | $ 9.685,00 | 1,5 | $ 6.456,67 |
| Formaleta metalica ( concreto hidraulico) | | $ 3.336,00 | 6,25 | $ 533,76 |
| Regla vibratoria, de longitud de 3 a 5 m, motor de 3600 rpm, potencia 6 HP | | $ 7.367,00 | 6,3 | $ 1.169,37 |
| Cortadora de pavimento, Máxima profundidad de corte: 90 mm | | $ 20.606,00 | 7,5 | $ 2.747,47 |
| Herramienta Menor (%) | | | 5% | $ 8.087,35 |
| | | | **SUBTOTAL $** | $ 21.553,45 |

**II. MATERIALES**

| DESCRIPCIÓN | UNIDAD | CANTIDAD | PRECIO UNIT. | Vr. UNITARIO |
|---|---|---|---|---|
| Concreto hidráulico para pavimento MR-40 | M3 | 1,03 | $ 701.819,00 | $ 722.873,57 |
| Cintilla De Poliuretano (Sikarod) (Pavimentos De Concreto Hidráulico) | M | 2,57 | $ 1.033,00 | $ 2.654,81 |
| Sello de silicona o sellador autonivelante | M | 2,57 | $ 773,00 | $ 1.986,61 |
| Antisol blanco (presentación 20 kg) | KG | 1,00 | $ 5.121,00 | $ 5.121,00 |
| | | | **SUBTOTAL $** | $ 732.635,99 |

**III. TRANSPORTES**

| MATERIAL | UNIDAD | CANTIDAD (1) | DISTANCIA (2) | (1) * (2) | TARIFA | Vr. UNITARIO |
|---|---|---|---|---|---|---|
| CONCRETO MR 40 | m3/km | 1,03 | 90,0 | 92,70 | $ 1.126,00 | $ 104.380,20 |
| | | | | | | |
| | | | | | **SUBTOTAL $** | $ 104.380,20 |

**IV. MANO DE OBRA**

| TRABAJADOR | JORNAL | PRESTACIONES (%) | JORNAL TOTAL | RENDIMIENTO | Vr. UNITARIO |
|---|---|---|---|---|---|
| Oficial (2) | $ 66.666,00 | 1,85 | $ 246.664,20 | 6,10 | $ 40.436,75 |
| Obrero (12) | $ 33.333,00 | 1,85 | $ 739.992,60 | 6,10 | $ 121.310,26 |
| | | | | **SUBTOTAL $** | 161.747,01 |
| | | | | **TOTAL COSTO DIRECTO $** | $ 1.020.316,65 |

**V. COSTOS INDIRECTOS**

| Descripción | Porcentaje | Valor Total | |
|---|---|---|---|
| **ADMINISTRACION** | 20% | $ 204.063,33 | |
| **IMPREVISTOS** | 5% | $ 51.015,83 | |
| **UTILIDAD** | 5% | $ 51.015,83 | |
| | | **SUBTOTAL $** | $ 306.094,99 |
| | | **Precio Unitario Total Aproximado al Peso $** | **$ 1.326.412,00** |

Firma

Nombre: MARIO ALBERTO PETRO REYES

Representante Legal CONSORCIO PUENTES DE CORDOBA

Matricula No. : 22202152753 COR

# ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS CONTRACTUALES

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | **INSTITUTO NACIONAL DE VIAS**<br>**PROCESO GESTIÓN DE LA INFRAESTRUCTURA VIAL**<br>**MANUAL DE INTERVENTORÍA OBRA PÚBLICA**<br>**ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS** | CÓDIGO | MINFRA-MN-IN-10-FR-1 | | |
| | | VERSIÓN | 1 | | |
| | | PÁGINA | | DE | |

| | | | |
|---|---|---|---|
| FECHA | 5 | 1 | 2022 |
| | (Día) | (Mes) | (Año) |

**ITEMS DE LA PROPUESTA ECONÓMICA** **ITEMS NO PREVISTOS**

**UNIDAD EJECUTORA:** SUBDIRECCIÓN VIAS REGIONALES **DIRECCIÓN TERRITORIAL:** CÓRDOBA

**OBJETO DEL CONTRATO:** CONTRATO DE OBRA PUBLICA No LP-No.013-2022 - CONSTRUCCION DE UN PUENTE VEHICULAR SOBRE LA QUEBRADA SEVERINERA EN LA VIA QUE COMUNICA A LOS MUNICIPIOS DE PLANETA RICA Y TIERRALTA, DEPARTAMENTO DE CORDOBA, EN EL MARCO DEL CONVENIO INTERADMINISTRATIVO No. 1961 DE FECHA 12 DE NOVIEMBRE DE 2021

**CARRETERA:** VIA QUE COMUNICA A LOS MUNICIPIOS DE PLANETA RICA Y TIERRALTA, DEPARTAMENTO DE CORDOBA **SECTOR:** PUENTE SOBRE LA QUEBRADA SEVERINERA

**CONTRATISTA:** **CONSORCIO PUENTES DE CORDOBA R.L MARIO ALBERTO PETRO REYES**

**FECHA CIERRE PROCESO DE SELECCIÓN CONTRATO DE OBRA:** **03 - 08 - 2022**
(Día) (Mes) (Año)

**DATOS ESPECÍFICOS**

| ITEM | DESCRIPCIÓN | GRUPO DE AJUSTE | UNIDAD | CANTIDAD |
|---|---|---|---|---|
| **500.1** | **PAVIMENTO DE CONCRETO HIDRAULICO** | | **M3** | |

**I. EQUIPO**

| DESCRIPCIÓN | TIPO | TARIFA/HORA | RENDIMIENTO | Vr. UNITARIO |
|---|---|---|---|---|
| Aspersor manual | | $ 2.432,00 | 6,25 | $ 389,12 |
| Compresor ( barrido y soplado) | | $ 75.213,00 | 34,66 | $ 2.169,72 |
| Vibrador de Concreto | | $ 9.685,00 | 1,5 | $ 6.456,67 |
| Formaleta metalica ( concreto hidraulico) | | $ 3.336,00 | 6,25 | $ 533,76 |
| Regla vibratoria, de longitud de 3 a 5 m, motor de 3600 rpm, potencia 6 HP | | $ 7.367,00 | 6,3 | $ 1.169,37 |
| Cortadora de pavimento, Máxima profundidad de corte: 90 mm | | $ 20.606,00 | 7,5 | $ 2.747,47 |
| Herramienta Menor (%) | | | 5% | $ 8.087,35 |
| | | | **SUBTOTAL $** | $ 21.553,45 |

**II. MATERIALES**

| DESCRIPCIÓN | UNIDAD | CANTIDAD | PRECIO UNIT. | Vr. UNITARIO |
|---|---|---|---|---|
| Concreto hidráulico para pavimento MR-38 | M3 | 1,03 | $ 410.000,00 | $ 422.300,00 |
| Cintilla De Poliuretano (Sikarod) (Pavimentos De Concreto Hidráulico) | M | 2,57 | $ 1.033,00 | $ 2.654,81 |
| Sello de silicona o sellador autonivelante | M | 2,57 | $ 773,00 | $ 1.986,61 |
| Antisol blanco (presentación 20 kg) | KG | 1,00 | $ 5.121,00 | $ 5.121,00 |
| | | | **SUBTOTAL $** | $ 432.062,42 |

**III. TRANSPORTES**

| MATERIAL | UNIDAD | CANTIDAD (1) | DISTANCIA (2) | (1) * (2) | TARIFA | Vr. UNITARIO |
|---|---|---|---|---|---|---|
| CONCRETO MR 38 | m3/km | 1,03 | 90,0 | 92,70 | $ 1.126,00 | $ 104.380,20 |
| | | | | | | |
| | | | | | **SUBTOTAL $** | $ 104.380,20 |

**IV. MANO DE OBRA**

| TRABAJADOR | JORNAL | PRESTACIONES (%) | JORNAL TOTAL | RENDIMIENTO | Vr. UNITARIO |
|---|---|---|---|---|---|
| Oficial (2) | $ 66.666,00 | 1,85 | $ 246.664,20 | 6,10 | $ 40.436,75 |
| Obrero (12) | $ 33.333,00 | 1,85 | $ 739.992,60 | 6,10 | $ 121.310,26 |
| | | | | **SUBTOTAL $** | 161.747,01 |
| | | | | **TOTAL COSTO DIRECTO $** | $ 719.743,08 |

**V. COSTOS INDIRECTOS**

| Descripción | Porcentaje | Valor Total | |
|---|---|---|---|
| **ADMINISTRACION** | 20% | $ 143.948,62 | |
| **IMPREVISTOS** | 5% | $ 35.987,15 | |
| **UTILIDAD** | 5% | $ 35.987,15 | |
| | | **SUBTOTAL $** | $ 215.922,92 |
| | | **Precio Unitario Total Aproximado al Peso $** | **$ 935.666,00** |



Firma
Nombre: MARIO ALBERTO PETRO REYES
Representante Legal CONSORCIO PUENTES DE CORDOBA
Matricula No. : 22202152753 COR

# NP2- SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE TUBO GEOTEXIL HYDROTUBE ENSAMBLADO CON GEOTEXTIL HYDROTEX 150, PERÍMETRO 9,0 M, ALTURA MÁXIMA 1,60 M

Montería, 02 de agosto del 2023

**INGENIERO**
**JUAN E. VILLALOBOS**
**Director de interventoría**
**CONSORCIO VIAL NACIONAL**

**REF.** CONTRATO DE OBRA PÚBLICA NO LP-NO.013-2022 - CONSTRUCCIÓN DE UN PUENTE VEHICULAR SOBRE LA QUEBRADA SEVERINERA EN LA VÍA QUE COMUNICA A LOS MUNICIPIOS DE PLANETA RICA Y TIERRALTA, DEPARTAMENTO DE CÓRDOBA, EN EL MARCO DEL CONVENIO INTERADMINISTRATIVO NO. 1961 DE FECHA 12 DE NOVIEMBRE DE 2021.

**ASUNTO:** JUSTIFICACION SOLICITUD ITEM NO PREVISTO – NP2- SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE TUBO GEOTEXIL HYDROTUBE ENSAMBLADO CON GEOTEXTIL HYDROTEX 150, PERÍMETRO 9,0 M, ALTURA MÁXIMA 1,60 M

**JUSTIFICACION TECNICA**

1. De acuerdo al diseño hidráulico y geotécnico aprobado mediante oficio No CVN-922-2022 del 25 de abril del 2024 y No CVN-959-2022 del 20 de mayo del 2024 respectivamente, la interventoría da el aval de cumplimiento a la revisión de estudio y diseño de las obras de protección , el cual contempla la construcción de 170 ml de obras de protección (k0+280 a k0+320 margen izquierda y k0+280 a k0+410 margen derecha), de los cuales 80 ml (k0+280 a k0+320 margen izquierda y k0+370 a k0+410 margen derecha) corresponden a puntos críticos y es necesario implementar el suministro e instalación de tubo geotextil hydrotube.

**JUSTIFICACION JURIDICA**

1. El dia 2 de abril del 2024, se realiza ADICIONAL EN VALOR Y PLAZO No. 1 AL CONTRATO DE OBRA PÚBLICA No. LP-013-2022QUE TIENE POR OBJETO: CONSTRUCCION DE UN PUENTE VEHICULAR SOBRE LA QUEBRADA SEVERINERA EN LA VIA QUE COMUNICA A LOS MUNICIPIOS DE PLANETA RICA Y TIERRALTA, DEPARTAMENTO DE CORDOBA EN EL MARCO DEL CONVENIO INTERADMINISTRATIVO No. 1961 DE FECHA 12 DE NOVIEMBRE DE 2021.

2. El adicional nace de la las siguientes necesidades:
   2.1 En la epata 1 del proyecto, correspondiente a revisión de estudios y diseños se presentaron las siguientes recomendaciones:
   ESTUDIO HIDROLÓGICO E HIDRÁULICO

- Se recomienda la construcción de un revestimiento como mecanismo de protección del fondo y de la ribera del puente, este apartado deberá ser desarrollado en el estudio geotécnico para la construcción del puente.

**Pag. 101**

INFORME GEOTECNICO.

- En el caso de la existencia del fenómeno de socavación en la zona de implantación de cada de la estructura tipo puente analizados, se hará necesario el establecimiento de una estructura de protección del puente y sus zonas adyacentes (aguas arriba y aguas abajo), con el fin de evitar daños en esta, y así garantizar un óptimo funcionamiento en su periodo de diseño. Todo esto, debe ser evaluado y analizado en los estudio hidrológico e hidráulico.

**Pag. 148**

2.2 El día 18 de julio del 2023 y el 30 de octubre del 2023, se aprueba balance No 1 y No 2, respectivamente, en estos, de acuerdo a las necesidades prioritarias del proyecto, no fue posible mantener la meta física inicialmente programada en el proyecto, como fueron las obras correspondientes al capitulo IV, pavimento en concreto hidráulico. Asociado a esto los recursos no fueron suficiente para atender las recomendaciones dadas en el estudio hidráulico y geotécnico, en el que se informan que es necesario realizar protecciones en las zonas adyacentes al puente (aguas arriba y aguas abajo), con el fin de garantizar el óptimo funcionamiento del puente en su periodo de diseño.

2. Dentro de la etapa de estudios y diseños del adicional No 1, se contempló implementar el suministro e instalación de tubo geotextil hydrotube.
3. Dentro del presupuesto del adicional No 1, no se tiene contemplada la actividad suministro e instalación de tubo geotextil hydrotube (ver imagen).

| COLOMBIA RURAL | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| MUNICIPIO | | | | VIA | Long (Km) | PR Inicial | PR Final |
| Tierralta | | | | Vía Tierralta -planeta Rica | 0,43 | Construcción de puente | |

## ADICIONAL No 1

**SECCIÓN 2 - ITEMS DE OBRA CONSTRUCCIÓN PUENTE SOBRE ALA QUEBRADA SEVERINERA DE LA VÍA QUE COMUNICA A LOS MUNICIPIO DE TIERRALTA Y PLANETA RICA**

| No | ITEM DE PAGO | ESPECIFICACIONES | | DESCRIPCION | UNID | CANTIDAD | VALOR UNITARIO | VALOR TOTAL |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | GENERAL 2018 | PARTICULAR | | | | | |
| I.PAVIMENTO EN | | | | | | | | |
| 1 | 320.3 | 320 | | Subbase Granular Clase C. | m3 | 440,00 | $ 296.822,00 | $ 130.601.680,00 |
| 2 | 311.1 | 311 | | Afirmado (Material para mejoramiento ) | m3 | 330,00 | $ 213.578,00 | $ 70.480.740,00 |
| 3 | 500.1 | 500 | | PAVIMENTO DE CONCRETO HIDRAULICO | m3 | 400,00 | $ 935.666,00 | $ 374.266.400,00 |
| 4 | 630.4 | 630 | | Concreto clase D (210 kg/cm2 ó 3000 PSI) - CUNETAS | m3 | 120,00 | $ 770.236,00 | $ 92.428.320,00 |
| 5 | 640.1 | 640 | | Acero de refuerzo de FY = 4.200 Kg/cm 2 (60.000 PSI). | kg | 6000,00 | $ 8.638,00 | $ 51.828.000,00 |
| **Subtotal** | | | | | | | | **$ 719.605.140,00** |
| II. OBRAS DE | | | | | | | | |
| OBRAS | | DE | PROTECCION | | | | | |
| 6 | 630.7P | 630 | PART | Revestimiento en piedra pegada para protección de talud y fondo | m3 | 544,00 | $ 770.531,00 | $ 419.168.864,00 |
| 7 | 600.2.4 | 600 | | Excavaciones varias en material común bajo agua. | m3 | 1208,00 | $ 79.452,00 | $ 95.978.016,00 |
| 8 | 600.2.3 | 600 | | Excavaciones varias en material común en seco . | m3 | 1712,00 | $ 74.410,00 | $ 127.389.920,00 |
| 9 | 220.1 | 220 | | Terraplenes | m3 | 3100,00 | $ 32.020,00 | $ 99.262.000,00 |
| 10 | 900.2 | 900 | | Transporte de materiales provenientes de la excavación de la explanación, canales y préstamos para distancias mayores de mil metros (1.000 m) medidos a partir de cien metros (100 m). | m3 | 279000,00 | $ 1.807,00 | $ 504.153.000,00 |
| | | | | | | | | **$ 1.245.951.800,00** |
| **BASICO TOTAL DE OBRA** | | | | | | | | **$ 1.965.556.940,00** |
| REVISIÓN Y/O AJUSTES A ESTUDIOS Y DISEÑOS (Placa Huella, Pavimento y Estructuras de Drenaje) | | | | | | | | $ 28.943.747,90 |
| IVA * | | | | | | | | $ 5.499.312,10 |
| TOTAL ESTUDI | | | | | | | | **$ 34.443.060,00** |
| **VALOR TOTAL ADICIONAL** | | | | | | | | **$ 2.000.000.000,00** |

## JUSTIFICACION FINANCIERA.

Se realizo balance de mayores y menores cantidades, con el fin de determinar la disponibilidad del recurso de acuerdo a las condiciones contractuales actualizadas. En el mismo se determinó que la implementación del ítem no previsto NP2, no afecta el presupuesto del contrato es decir no se requiere adición financiera al contrato.

El análisis financiero para determinar el valor unitario del SUMINISTRO DE TUBO GEOTEXIL HYDROTUBE ENSAMBLADO CON GEOTEXTIL HYDROTEX 150, PERÍMETRO 9,0 M, ALTURA MÁXIMA 1,60 M, se realizó teniendo en cuenta cotizaciones (ver anexo), con tres empresas que contaran con disponibilidad de suministro del material en la zona.

Las cotizaciones fueron las siguientes:

| Empresa | Valor cotización |
|---|---|
| SERTEC | $ 319.860 |
| GEOMATRIX | $298.047 |
| TRECK | $447.071 |

**JUSTIFICACION AMBIENTAL.**

La implementación del item no previsto NP2 SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE TUBO GEOTEXIL HYDROTUBE ENSAMBLADO CON GEOTEXTIL HYDROTEX 150, PERÍMETRO 9,0 M, ALTURA MÁXIMA 1,60 M no afecta el componente ambiental.

**JUSTIFICACION SOCIAL.**

La implementación del item no previsto NP2 SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE TUBO GEOTEXIL HYDROTUBE ENSAMBLADO CON GEOTEXTIL HYDROTEX 150, PERÍMETRO 9,0 M, ALTURA MÁXIMA 1,60 M

Sin otro particular.

Cordialmente,

**Mario Alberto Petro Reyes**
**C. C. 73.203.584**
**Representante Legal**
**Consorcio Puentes de Córdoba**

Montería, 2 de agosto del 2024

**INGENIERO**
**JUAN E. VILLALOBOS**
**Director de interventoría**
**CONSORCIO VIAL NACIONAL**

**REF.** CONTRATO DE OBRA PÚBLICA NO LP-NO.013-2022 - CONSTRUCCIÓN DE UN PUENTE VEHICULAR SOBRE LA QUEBRADA SEVERINERA EN LA VÍA QUE COMUNICA A LOS MUNICIPIOS DE PLANETA RICA Y TIERRALTA, DEPARTAMENTO DE CÓRDOBA, EN EL MARCO DEL CONVENIO INTERADMINISTRATIVO NO. 1961 DE FECHA 12 DE NOVIEMBRE DE 2021.

**ASUNTO:** JUSTIFICACION TECNICA ITEM NO PREVISTO NP2 - SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE TUBO GEOTEXIL HYDROTUBE ENSAMBLADO CON GEOTEXTIL HYDROTEX 150, PERÍMETRO 9,0 M, ALTURA MÁXIMA 1,60 M

Apreciado Ingeniero Villalobos, reciba un cordial saludo.

Por medio de la presente informo que, de acuerdo al diseño hidráulico de las obras de protección, el diseñador estiplulo lo siguiente, dice textual:

*Se selecciona una alternativa combinada (mano anti-socavación + hydrotube + colchacreto) la cual ofrece mayor resistencia y durabilidad en el tiempo, dado que una vez degrada la formaleta del Colchacreto, el mismo queda como recubrimiento de los Hydrotube. Se presentan las justificaciones de selección.*

*• Colchacreto y Hydrotube ofrecen una mayor flexibilidad y adaptabilidad a las irregularidades del terreno y a las fluctuaciones hidráulicas del río. Esto es especialmente importante en entornos fluviales donde el terreno puede ser variado y las condiciones hidráulicas pueden cambiar con el tiempo.*

*• A menudo, la instalación de gaviones implica la extracción y transporte de grandes cantidades de roca, lo que puede tener un impacto ambiental significativo. Por otro lado, Colchacreto y Hydrotube suelen requerir menos material de relleno y pueden ser instalados con menos perturbación del entorno natural.*

*• Colchacreto y Hydrotube ofrecen una mayor resistencia a la erosión que los gaviones. La combinación de concreto proyectado y geotextiles en Colchacreto y la estructura tubular flexible de Hydrotube proporcionan una protección más efectiva contra el desgaste causado por la acción del agua y los sedimentos. Hidráulicamente disminuye en mayor porcentaje la velocidad del golpe sobre la orilla en mención comparado con los gaviones tradicionales.*

*• Debido a su mayor resistencia a la erosión y su capacidad para adaptarse a las condiciones cambiantes del río, Colchacreto y Hydrotube suelen requerir menos mantenimiento a largo plazo en comparación con los gaviones. Esto puede resultar en ahorros significativos en costos y esfuerzos de mantenimiento a lo largo de la vida útil de la estructura de protección de la ladera.*

*• Colchacreto y Hydrotube ofrecen opciones de diseño más flexibles y pueden integrarse más fácilmente en el entorno natural, lo que puede ser especialmente importante en áreas del paisaje fluvial.*

*• El manto anti-socavación es necesario para disminuir los efectos de arrastre de solidos o material granular del fondo o de la talud por el mismo tránsito del caudal, siendo esta una geomembrana que impide el paso del agua y el contacto de esta sobre el material de terreno natural, de igual forma se garantiza la estabilidad del talud o ladera donde se situaran las estructuras de defensa ribereña como el Colchacreto y el Hydrotube.*

*En resumen, la elección de Colchacreto y Hydrotube sobre los gaviones en roca para la protección de laderas en ríos se basa en su mayor flexibilidad, menor impacto ambiental, mayor resistencia a la erosión, menor necesidad de mantenimiento a largo plazo. Estos aspectos hacen que estas soluciones sean más efectivas y sostenibles en muchos contextos fluviales. Es de aclarar que las soluciones antes mencionadas funcionan en conjunto, es decir la suma de las 3 garantiza disminución de la velocidad, de la erosión y de la socavación.*

inmersión del ítem no previsto NP2, no afecta las condiciones financiaras actuales del proyecto, es decir no es necesario solicitar adicional económico al contrato, por lo tanto, no existiría modificación o adición al valor inicial del contrato.

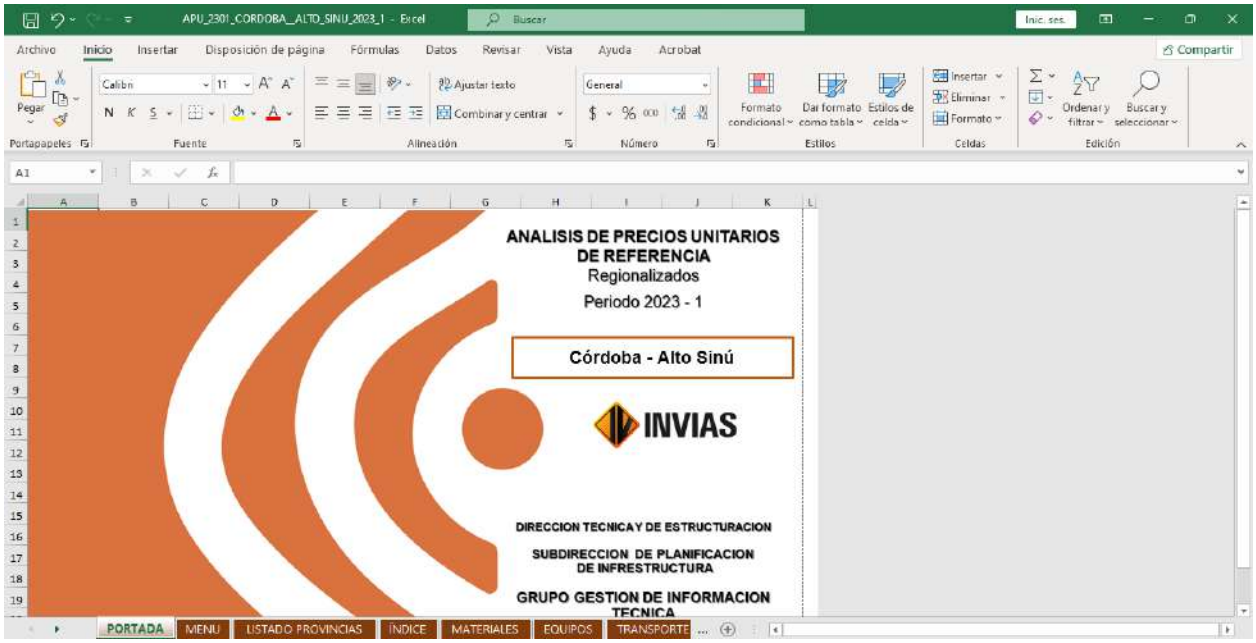
Sin otro particular.

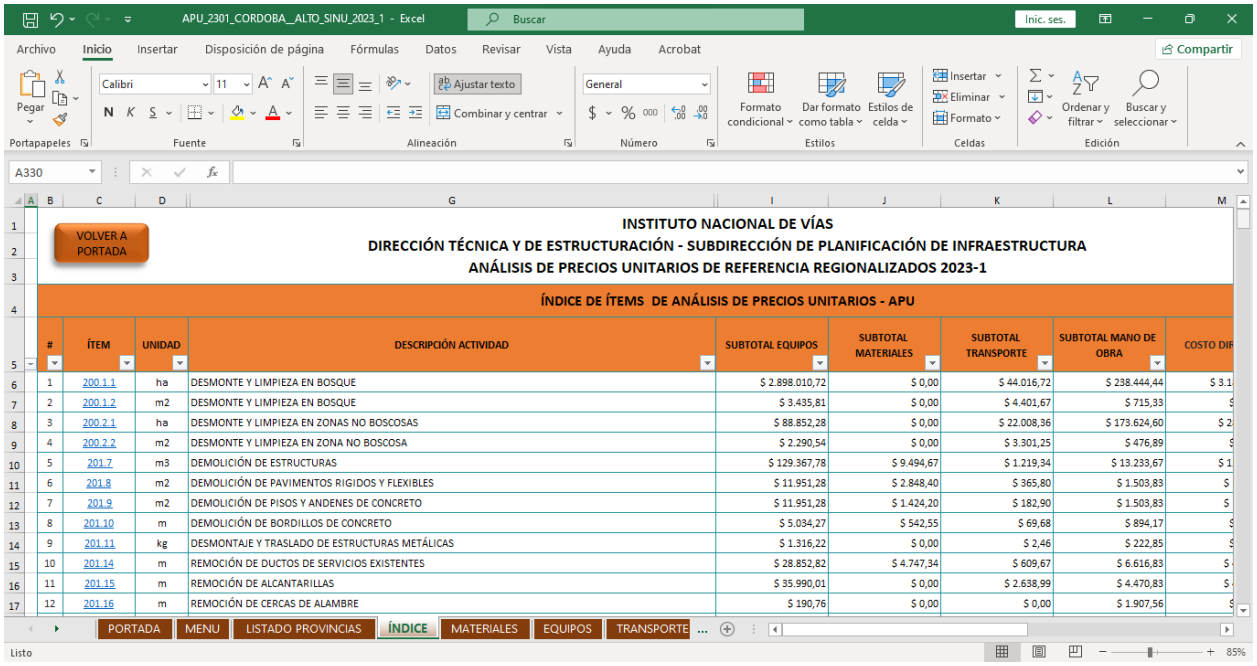
Cordialmente,

**Aylen Carrascal**
**C. C. 26.2033117**
**Directora de Obra**
**Consorcio Puentes de Córdoba**

# COPIA DE LA CONSULTA DEL PRECIO DE LOS ÍTEMS NO PREVISTOS, EN LA PÁGINA WEB DEL INVIAS Y EN LAS BASES DE DATOS EXISTENTES EN LA ENTIDAD.

Dentro de la última actualización de la consulta de los Análisis de Precios Unitarios -APU, del Instituto Nacional de Vias -INVIAS, no se evidencio dentro del índice APU el suministro e instalación de tubo geotexil hydrotube ensamblado con geotextil hydrotex 150, perímetro 9,0 m, altura máxima 1,60 m (se anexa APU)






| # | ÍTEM | UNIDAD | DESCRIPCIÓN ACTIVIDAD |
|---|---|---|---|
| 1 | 200.1.1 | ha | DESMONTE Y LIMPIEZA EN BOSQUE |
| 2 | 200.1.2 | m2 | DESMONTE Y LIMPIEZA EN BOSQUE |
| 3 | 200.2.1 | ha | DESMONTE Y LIMPIEZA EN ZONAS NO BOSCOSAS |
| 4 | 200.2.2 | m2 | DESMONTE Y LIMPIEZA EN ZONA NO BOSCOSA |
| 5 | 201.7 | m3 | DEMOLICIÓN DE ESTRUCTURAS |
| 6 | 201.8 | m2 | DEMOLICIÓN DE PAVIMENTOS RIGIDOS Y FLEXIBLES |
| 7 | 201.9 | m2 | DEMOLICIÓN DE PISOS Y ANDENES DE CONCRETO |
| 8 | 201.10 | m | DEMOLICIÓN DE BORDILLOS DE CONCRETO |
| 9 | 201.11 | kg | DESMONTAJE Y TRASLADO DE ESTRUCTURAS METÁLICAS |
| 10 | 201.14 | m | REMOCIÓN DE DUCTOS DE SERVICIOS EXISTENTES |
| 11 | 201.15 | m | REMOCIÓN DE ALCANTARILLAS |
| 12 | 201.16 | m | REMOCIÓN DE CERCAS DE ALAMBRE |

| | | | |
|---|---|---|---|
| 13 | 201.19 | m | REMOCIÓN DE RIELES |
| 14 | 201.20 | m | REMOCIÓN DE DEFENSAS METÁLICAS |
| 15 | 201.21 | m | REMOCIÓN DE BARRERAS DE SEGURIDAD |
| 16 | 203.1 | u | TRANSPLANTE DE ARBOLES TIPO I TRASLADO CORTO |
| 17 | 203.2 | u | TRANSPLANTE DE ARBOLES TIPO I TRASLADO LARGO |
| 18 | 203.3 | u | TRANSPLANTE DE ARBOLES TIPO I TRASLADO ESPECIAL |
| 19 | 203.4 | u | TRANSPLANTE DE ARBOLES TIPO II TRASLADO CORTO |
| 20 | 203.5 | u | TRANSPLANTE DE ARBOLES TIPO II. TRASLADO LARGO |
| 21 | 203.6 | u | TRANSPLANTE DE ARBOLES TIPO II TRASLADO ESPECIAL |
| 22 | 203.7 | u | TRANSPLANTE DE ARBOLES TIPO III TRASLADO CORTO |
| 23 | 203.8 | u | TRANSPLANTE DE ARBOLE TIPO III TRASLADO LARGO |
| 24 | 203.9 | u | TRANSPLANTE DE ARBOLES TIPO III TRASLADO ESPECIAL |
| 25 | 203.10 | u | TRANSPLANTE DE ARBOLES TIPO IV TRASLADO CORTO |
| 26 | 203.11 | u | TRANSPLANTE DE ARBOLES TIPO IV TRASLADO LARGO |
| 27 | 203.12 | u | TRANSPLANTE DE ARBOLES TIPO IV TRASLADO ESPECIAL |
| 28 | 210.1.1 | m3 | EXCAVACIÓN SIN CLASIFICAR DE LA EXPLANACIÓN Y CANALES |
| 29 | 210.1.2 | m3 | EXCAVACION SIN CLASIFICAR DE PRESTAMOS |
| 30 | 210.2.1 | m3 | EXCAVACIÓN EN ROCA DE LA EXPLANACIÓN Y CANALES |
| 31 | 210.2.2 | m3 | EXCAVACIÓN EN MATERIAL COMÚN DE LA EXPLANACIÓN Y CANALES |
| 32 | 210.2.3 | m3 | EXCAVACIÓN EN ROCA DE PRÉSTAMOS |
| 33 | 210.2.4 | m3 | EXCAVACIÓN EN MATERIAL COMÚN DE PRÉSTAMOS |
| 34 | 211.1 | m3 | REMOCIÓN DE DERRUMBES |
| 35 | 220.1 | m3 | TERRAPLENES |
| 36 | 221.1 | m3 | PEDRAPLÉN COMPACTO |
| 37 | 221.2 | m3 | PEDRAPLÉN SUELTO |
| 38 | 223.1 | m2 | GEOTEXTIL DE REFUERZO TIPO ____ PARA TERRAPLENES REFORZADOS CON GEOSINTÉTICOS. (Analizado para un Geotextil tipo TEJIDO). |

| | | | |
|---|---|---|---|
| 39 | 223.2 | m2 | GEOMALLA DE REFUERZO TIPO ____ PARA TERRAPLENES REFORZADOS CON GEOSINTÉTICOS. (Analizado para una Geomalla tipo UNIAXIAL). |
| 40 | 223.3.1 | m3 | RELLENO TIPO _____ PARA TERRAPLENES REFORZADOS CON GEOSINTÉTICOS (Analizado para un relleno tipo recebo) |
| 41 | 223.3.2.1 | m3 | RELLENO TIPO _____ PARA TERRAPLENES REFORZADOS CON GEOSINTÉTICOS (Analizado para un relleno tipo SBG 50 clase C) |
| 42 | 223.3.2.2 | m3 | RELLENO TIPO _____ PARA TERRAPLENES REFORZADOS CON GEOSINTÉTICOS (Analizado para un relleno tipo SBG 38 clase C) |
| 43 | 223.3.2.3 | m3 | RELLENO TIPO _____ PARA TERRAPLENES REFORZADOS CON GEOSINTÉTICOS (Analizado para un relleno tipo SBG 20 clase C) |
| 44 | 223.3.3 | m3 | RELLENO TIPO _____ PARA TERRAPLENES REFORZADOS CON GEOSINTÉTICOS (Analizado para una BG25 clase C) |
| 45 | 230.1 | m2 | MEJORAMIENTO DE LA SUBRASANTE CON ADICION DE MATERIALES |
| 46 | 231.1.1 | m2 | GEOTEXTIL TEJIDO PARA SEPARACIÓN DE SUELOS DE SUBRASANTE Y CAPAS GRANULARES (Analizado para geotextil tipo tejido) |
| 47 | 231.1.2 | m2 | GEOTEXTIL NO TEJIDO PARA SEPARACIÓN DE SUELOS DE SUBRASANTE Y CAPAS GRANULARES (Analizado para geotextil no tejido) |
| 48 | 232.1 | m2 | GEOTEXTIL PARA ESTABILIZACIÓN DE LA SUBRASANTE |
| 49 | 233.1 | m2 | GEOMALLA PARA ESTABILIZACION DE SUELOS DE SUBRASANTE (Analizado para geomalla biaxial) |
| 50 | 233.10 | m2 | GEOMALLA PARA REFUERZO DE CAPAS GRANULARES (Analizado para geomalla biaxial) |
| 51 | 234.1 | m2 | CONFORMACIÓN DE TALUDES EXISTENTES |
| 52 | 235.1 | m3 | SUBRASANTE ESTABILIZADA CON CEMENTO (Incluye suministro de cemento) |
| 53 | 235.10 | m3 | SUBRASANTE ESTABILIZADA CON CEMENTO (No incluye suministro del cemento) |
| 54 | 235.11 | kg | CEMENTO PARA ESTABILIZACIÓN DE SUELO |
| 55 | 236.1 | m3 | SUELO DE SUBRASANTE ESTABILIZADO CON CAL (Incluye suminisitro de la Cal) |
| 56 | 236.10 | m3 | SUELO DE SUBRASANTE ESTABILIZADA CON CAL (No incluye suministro de la Cal) |

| | | | |
|---|---|---|---|
| 57 | 236.11 | kg | CAL PARA ESTABILIZACION DE SUELOS |
| 58 | 237.1.1 | m3 | CAPA ESTABILIZADA CON PRODUCTOS QUÍMICOS NO TRADICIONALES (INCLUYE EL SUMINISTRO DEL PRODUCTO ESTABILIZADOR) (Analizada para producto químico del TIPO 1 - emulsiones enzimáticas y suelo in situ) |
| 59 | 237.1.2.1 | m3 | CAPA ESTABILIZADA CON PRODUCTOS QUÍMICOS NO TRADICIONALES (INCLUYE EL SUMINISTRO DEL PRODUCTO ESTABILIZADOR) (Analizada para producto químico del TIPO 2 - materiales puzolánicos y suelo in situ) |
| 60 | 237.1.2.2 | m3 | CAPA ESTABILIZADA CON PRODUCTOS QUÍMICOS NO TRADICIONALES (INCLUYE EL SUMINISTRO DEL PRODUCTO ESTABILIZADOR) (Analizada para producto químico del TIPO 2 - materiales puzolánicos y suelo in situ) |
| 61 | 237.1.3.1 | m3 | CAPA ESTABILIZADA CON PRODUCTOS QUÍMICOS NO TRADICIONALES (INCLUYE EL SUMINISTRO DEL PRODUCTO ESTABILIZADOR) (Analizada para producto químico del TIPO 3 - polímeros y organosilanos y suelo in situ) |
| 62 | 237.1.3.2 | m3 | CAPA ESTABILIZADA CON PRODUCTOS QUÍMICOS NO TRADICIONALES (INCLUYE EL SUMINISTRO DEL PRODUCTO ESTABILIZADOR) (Analizada para producto químico del TIPO 3 - polímeros y organosilanos y suelo in situ) |
| 63 | 237.1.3.3 | m3 | CAPA ESTABILIZADA CON PRODUCTOS QUÍMICOS NO TRADICIONALES (INCLUYE EL SUMINISTRO DEL PRODUCTO ESTABILIZADOR) (Analizada para producto químico del TIPO 3 - polímeros y organosilanos y suelo in situ) |
| 64 | 237.1.3.4 | m3 | CAPA ESTABILIZADA CON PRODUCTOS QUÍMICOS NO TRADICIONALES (INCLUYE EL SUMINISTRO DEL PRODUCTO ESTABILIZADOR) (Analizada para producto químico del TIPO 3 - polímeros y organosilanos y suelo in situ) |
| 65 | 237.1.4.1 | m3 | CAPA ESTABILIZADA CON PRODUCTOS QUÍMICOS NO TRADICIONALES (INCLUYE EL SUMINISTRO DEL PRODUCTO ESTABILIZADOR) (Analizada para producto químico del TIPO 4 - sales inorgánicas y suelo in situ) |

| | | | |
|---|---|---|---|
| 66 | 237.1.4.2 | m3 | CAPA ESTABILIZADA CON PRODUCTOS QUÍMICOS NO TRADICIONALES (INCLUYE EL SUMINISTRO DEL PRODUCTO ESTABILIZADOR)<br>(Analizada para producto químico del TIPO 4 - sales inorgánicas y suelo in situ) |
| 67 | 237.1.5.1 | m3 | CAPA ESTABILIZADA CON PRODUCTOS QUÍMICOS NO TRADICIONALES (INCLUYE EL SUMINISTRO DEL PRODUCTO ESTABILIZADOR)<br>(Analizada para producto químico del TIPO 5 – aceites sulfonados - sales orgánicas y suelo in situ) |
| 68 | 237.1.5.2 | m3 | CAPA ESTABILIZADA CON PRODUCTOS QUÍMICOS NO TRADICIONALES (INCLUYE EL SUMINISTRO DEL PRODUCTO ESTABILIZADOR)<br>(Analizada para producto químico del TIPO 5 – aceites sulfonados - sales orgánicas y suelo in situ) |
| 69 | 237.1.5.3 | m3 | CAPA ESTABILIZADA CON PRODUCTOS QUÍMICOS NO TRADICIONALES (INCLUYE EL SUMINISTRO DEL PRODUCTO ESTABILIZADOR)<br>(Analizada para producto químico del TIPO 5 – aceites sulfonados - sales orgánicas y suelo in situ) |
| 70 | 237.1.5.4 | m3 | CAPA ESTABILIZADA CON PRODUCTOS QUÍMICOS NO TRADICIONALES (INCLUYE EL SUMINISTRO DEL PRODUCTO ESTABILIZADOR)<br>(Analizada para producto químico del TIPO 5 – aceites sulfonados - sales orgánicas y suelo in situ) |
| 71 | 310.1 | m2 | CONFORMACIÓN DE LA CALZADA EXISTENTE |
| 72 | 311.1 | m3 | AFIRMADO |
| 73 | 312.1 | kg | TRATAMIENTO PALIATIVO DE POLVO APLICADO EN FORMA SÓLIDA EN HOJUELAS |
| 74 | 312.2 | kg | TRATAMIENTO PALIATIVO DE POLVO APLICADO EN FORMA SÓLIDA EN ESFERAS |
| 75 | 312.3 | L | TRATAMIENTO PALIATIVO DE POLVO APLICADO EN FORMA LÍQUIDA |
| 76 | 312.4 | m3 | MATERIAL GRANULAR DE ADICIÓN |
| 77 | 320.1.1 | m3 | SUB-BASE GRANULAR CLASE A<br>(Analizada para tipo de gradacion SGB-50 clase A) |
| 78 | 320.1.2 | m3 | SUB-BASE GRANULAR CLASE A<br>(Analizada para tipo de gradacion SBG-38 clase A) |
| 79 | 320.2.1 | m3 | SUB-BASE GRANULAR CLASE B<br>(Analizada para tipo de gradacion SGB-50, clase B) |

| | | | |
|---|---|---|---|
| 80 | 320.2.2 | m3 | SUB-BASE GRANULAR CLASE B<br>(Analizada para tipo de gradacion SBG-38, clase B) |
| 81 | 320.3.1 | m3 | SUBBASE GRANULAR CLASE C<br>(Analizada para tipo de gradacion SGB-50, clase C) |
| 82 | 320.3.2 | m3 | SUBBASE GRANULAR CLASE C<br>(Analizada para tipo de gradacion SBG-38, clase C) |
| 83 | 320.4.1 | m3 | SUB-BASE GRANULAR PARA BACHEO CLASE A<br>(Analizada para tipo de gradacion SGB-50, clase A) |
| 84 | 320.4.2 | m3 | SUB-BASE GRANULAR PARA BACHEO CLASE A<br>(Analizada para tipo de gradacion SBG-38, clase A) |
| 85 | 320.5.1 | m3 | SUB-BASE GRANULAR PARA BACHEO CLASE B<br>(Analizada para tipo de gradacion SGB-50, clase B) |
| 86 | 320.5.2 | m3 | SUB-BASE GRANULAR PARA BACHEO CLASE B<br>(Analizada para tipo de gradacion SBG-38, clase B) |
| 87 | 320.6.1 | m3 | SUB-BASE GRANULAR PARA BACHEO CLASE C<br>(Analizada para tipo de gradacion SGB-50, Clase C) |
| 88 | 320.6.2 | m3 | SUB-BASE GRANULAR PARA BACHEO CLASE C<br>(Analizada para tipo de gradacion SBG-38, Clase C). |
| 89 | 321.1 | m3 | SUBBASE ESTABILIZADA CON MEZCLA ASFÁLTICA NATURAL TIPO SBEMAN-50<br>(Analizada para tipo de gradación SGB-50, NT3, clase A) |
| 90 | 321.2 | m3 | SUBBASE ESTABILIZADA CON MEZCLA ASFÁLTICA NATURAL TIPO SBEMAN-38<br>(Analizada para tipo de gradación SGB-38, NT2, clase B) |
| 91 | 323.1 | m3 | SUBBASE GRANULAR CON AGREGADO SIDERÚRGICO CLASE A<br>(Analizada para un tránsito NT3 y una gradación SBG-50) |
| 92 | 323.2.1 | m3 | SUBBASE GRANULAR CON AGREGADO SIDERÚRGICO CLASE B<br>(Analizada para un tránsito NT2 y una gradación SBG-50) |
| 93 | 323.2.2 | m3 | SUBBASE GRANULAR CON AGREGADO SIDERÚRGICO CLASE B<br>(Analizada para un tránsito NT2 y una gradación SBD-38) |

| | | | |
|---|---|---|---|
| 94 | 323.3.1 | m3 | SUBBASE GRANULAR CON AGREGADO SIDERÚRGICO CLASE C<br>(Analizada para un tránsito NT1 y una gradación SBG-50) |
| 95 | 323.3.2 | m3 | SUBBASE GRANULAR CON AGREGADO SIDERÚRGICO CLASE A<br>(Analizada para un tránsito NT3 y una gradación SBG-50) |
| 96 | 323.4 | m3 | SUBBASE GRANULAR CON AGREGADO SIDERÚRGICO PARA BACHEO CLASE A<br>(Analizada para un tránsito NT3 y una gradación SBG-50) |
| 97 | 323.5.1 | m3 | SUBBASE GRANULAR CON AGREGADO SIDERÚRGICO PARA BACHEO CLASE B<br>(Analizada para un tránsito NT2 y una gradación SBG-50) |
| 98 | 323.5.2 | m3 | SUBBASE GRANULAR CON AGREGADO SIDERÚRGICO PARA BACHEO CLASE B<br>(Analizada para un tránsito NT2 y una gradación SBD-38) |
| 99 | 323.6.1 | m3 | SUBBASE GRANULAR CON AGREGADO SIDERÚRGICO PARA BACHEO CLASE C<br>(Analizada para un tránsito NT1 y una gradación SBG-50) |
| 100 | 323.6.2 | m3 | SUBBASE GRANULAR CON AGREGADO SIDERÚRGICO PARA BACHEO CLASE C<br>(Analizada para un tránsito NT1 y una gradación SBD-38) |
| 101 | 330.1.1 | m3 | BASE GRANULAR CLASE A<br>(Analizada para NT3, tipo de gradacion BG 38, clase A) |
| 102 | 330.1.2 | m3 | BASE GRANULAR CLASE A<br>(Analizada para NT3, tipo de gradacion BG 40, clase A.) |
| 103 | 330.2.1 | m3 | BASE GRANULAR CLASE B<br>(Analizada para tipo NT2, de gradacion BG 38, clase B) |
| 104 | 330.2.2 | m3 | BASE GRANULAR CLASE B<br>(Analizada para tipo NT2, de gradacion BG 40, clase B) |
| 105 | 330.3.1 | m3 | BASE GRANULAR CLASE C<br>(Analizada para tipo NT1, de gradacion BG 25, clase C) |
| 106 | 330.3.2 | m3 | BASE GRANULAR CLASE C<br>(Analizada para tipo NT1, de gradacion BG 27, clase C) |

| | | | |
|---|---|---|---|
| 107 | 330.4.1 | m3 | BASE GRANULAR PARA BACHEO CLASE A<br>(Analizada para tipo NT3, de gradacion BG 38, clase A) |
| 108 | 330.4.2 | m3 | BASE GRANULAR PARA BACHEO CLASE A<br>(Analizada para tipo NT3, de gradacion BG 40, clase A) |
| 109 | 330.5.1 | m3 | BASE GRANULAR PARA BACHEO CLASE B<br>(Analizada para tipo NT2, de gradacion BG 38, clase B) |
| 110 | 330.5.2 | m3 | BASE GRANULAR PARA BACHEO CLASE B<br>(Analizada para tipo NT2, de gradacion BG 40, clase B) |
| 111 | 330.6.1 | m3 | BASE GRANULAR PARA BACHEO CLASE C<br>(Analizada para tipo NT1, de gradacion BG 25, clase C) |
| 112 | 330.6.2 | m3 | BASE GRANULAR PARA BACHEO CLASE C<br>(Analizada para tipo NT1, de gradacion BG 27, clase C) |
| 113 | 340.1 | m3 | BASE ESTABILIZADA CON EMULSIÓN ASFÁLTICA TIPO BEE-38 |
| 114 | 340.2 | m3 | BASE ESTABILIZADA CON EMULSIÓN ASFÁLTICA TIPO BEE-25 |
| 115 | 340.3 | m3 | BASE ESTABILIZADA CON EMULSIÓN ASFÁLTICA TIPO BEE-5 |
| 116 | 341.1 | m3 | BASE ESTABILIZADA CON MEZCLA ASFÁLTICA NATURAL TIPO BEMAN-38<br>(Analizada para NT3, tipo de gradación BG 38, clase A) |
| 117 | 341.2 | m3 | SUBBASE ESTABILIZADA CON MEZCLA ASFÁLTICA NATURAL TIPO SBEMAN-25<br>(Analizada para NT1, tipo de gradación BG 25, clase C) |
| 118 | 350.1 | m3 | MATERIAL GRANULAR TRATADO CON CEMENTO (MGTC) CLASE 1<br>(no incluye suministro del cemento)<br>Analizado para Material fino o granular clase 1, NT1 |
| 119 | 350.2 | m3 | MATERIAL GRANULAR TRATADO CON CEMENTO (MGTC) CLASE 2<br>(no incluye suministro del cemento)<br>Analizado para Material fino o granular clase 2, NT1 |
| 120 | 350.3 | m3 | MATERIAL GRANULAR TRATADO CON CEMENTO (MGTC) CLASE 3, GRADACION TIPO MGTC-25<br>(no incluye suministro del cemento)<br>Analizado para Material Correlacion BG -25 CLASE B, NT2 |
| 121 | 350.4 | m3 | MATERIAL GRANULAR TRATADO CON CEMENTO (MGTC) CLASE 3, GRADACION TIPO MGTC-38<br>(no incluye suministro del cemento)<br>Analizado para Material Correlacion BG -38 CLASE B, NT2 |

| | | | |
|---|---|---|---|
| 122 | 350.5 | m3 | MATERIAL GRANULAR TRATADO CON CEMENTO (MGTC) CLASE 3, GRADACION TIPO MGTC-50 (no incluye suministro del cemento) Analizado para Material Correlacion BG -40 CLASE B, NT2 |
| 123 | 350.6 | m3 | MATERIAL GRANULAR TRATADO CON CEMENTO (MGTC) CLASE 4, GRADACION TIPO MGTC-25 (no incluye suministro del cemento) Analizado para Material Correlacion BG -25 CLASE A, NT3 |
| 124 | 350.7 | m3 | MATERIAL GRANULAR TRATADO CON CEMENTO (MGTC) CLASE 4, GRADACION TIPO MGTC-38 (no incluye suministro del cemento) Analizado para Material Correlacion BG -38 CLASE A, NT3 |
| 125 | 350.8 | m3 | "MATERIAL GRANULAR TRATADO CON CEMENTO (MGTC) CLASE 4, GRADACION TIPO MGTC-50 (no incluye suministro del cemento) Analizado para Material Correlacion BG -50 CLASE A, NT3" |
| 126 | 350.9 | Kg | CEMENTO HIDRÁULICO PARA CAPA TRATADA CON CEMENTO |
| 127 | 410.1 | kg | CEMENTO ASFÁLTICO DE PENETRACIÓN 40-50 (Analizado sin transporte) |
| 128 | 410.2 | kg | SUMINISTRO DE CEMENTO ASFÁLTICO DE PENETRACIÓN 60-70 (Analizado sin transporte) |
| 129 | 410.3 | kg | CEMENTO ASFÁLTICO DE PENETRACIÓN 80-100 (Analizado sin transporte) |
| 130 | 411.1 | L | EMULSIÓN ASFÁLTICA DE ROTURA MEDIA CRM-65 |
| 131 | 411.2 | L | EMULSIÓN ASFÁLTICA DE ROTURA LENTA CRL-40 (Analizado para una base de cemento asfaltico ARD) |
| 132 | 411.3 | L | EMULSIÓN ASFÁLTICA DE ROTURA LENTA CRL-57 (Analizado para una base de cemento asfáltica ARD) |
| 133 | 411.4 | L | EMULSIÓN ASFÁLTICA DE ROTURA LENTA CRL-57h |
| 134 | 411.5 | L | EMULSIÓN ASFÁLTICA DE ROTURA RAPIDA CRR-60 |
| 135 | 411.6 | L | EMULSIÓN ASFÁLTICA DE ROTURA RAPIDA CRR-65 |
| 136 | 413.1 | kg | CEMENTO ASFÁLTICO MODIFICADO CON GRANO DE CAUCHO RECICLADO (GCR) TIPO I |

| | | | |
|---|---|---|---|
| 137 | 413.2 | kg | CEMENTO ASFÁLTICO MODIFICADO CON GRANO DE CAUCHO (GCR) RECICLADO TIPO II |
| 138 | 413.3 | kg | CEMENTO ASFÁLTICO MODIFICADO CON GRANO DE CAUCHO RECICLADO (GCR) TIPO III |
| 139 | 414.1 | kg | CEMENTO ASFÁLTICO MODIFICADO CON POLIMEROS TIPO CAM-4 |
| 140 | 414.2 | kg | CEMENTO ASFALTICO MODIFICADO CON POLIMEROS TIPO CAM-2 |
| 141 | 414.3 | kg | CEMENTO ASFALTICO MODIFIFCADO CON POLIMEROS TIPO CAM-3 |
| 142 | 414.4 | kg | CEMENTO ASFALTICO MODIFICADO CON POLIMEROS TIPO CAM-5 |
| 143 | 414.5 | kg | CEMENTO ASFALTICO MODIFICADO CON POLIMEROS TIPO CAM-6 |
| 144 | 414.6 | kg | CEMENTO ASFALTICO MODIFICADO CON POLIMEROS TIPO CAM-1 |
| 145 | 415.1 | L | EMULSIÓN ASFÁLTICA DE ROTURA MEDIA MODIFICADA CON POLIMEROS, CRM-60m |
| 146 | 415.2 | L | EMULSIÓN ASFÁLTICA DE ROTURA RÁPIDA MODIFICADA CON POLÍMEROS, CRR-60m |
| 147 | 415.3 | L | EMULSIÓN ASFÁLTICA DE ROTURA RÁPIDA MODIFICADA CON POLÍMEROS, CRR-65m |
| 148 | 415.4 | L | EMULSIÓN ASFÁLTICA DE ROTURA LENTA MODIFICADA CON POLÍMEROS, CRL-57hm |
| 149 | 418.1 | kg | FIBRAS SINTÉTICAS DE ARAMIDA Y POLIOLEFINA (Para adición a mezclas asfáltica - método de vía seca) |
| 150 | 420.1 | m2 | RIEGO DE IMPRIMACIÓN CON EMULSIÓN ASFÁLTICA CRL-40 |
| 151 | 420.2 | m2 | RIEGO DE IMPRIMACIÓN CON EMULSIÓN ASFÁLTICA CRL-57 |
| 152 | 420.3 | m2 | RIEGO DE IMPRIMACIÓN CON ASFALTO LIQUIDO MC-30 |
| 153 | 421.1 | m2 | RIEGO DE LIGA CON EMULSIÓN ASFÁLTICA CRR-60 |
| 154 | 421.2 | m2 | RIEGO DE LIGA CON EMULSION ASFALTICA CRR-65 |
| 155 | 421.3 | m2 | RIEGO DE LIGA CON EMULSIÓN MODIFICADA CON POLIMEROS CRR-60m |
| 156 | 421.4 | m2 | RIEGO DE LIGA CON EMULSIÓN MODIFICADA CON POLIMEROS CRR-65m |
| 157 | 430.1.1 | m2 | TRATAMIENTO SUPERFICIAL SIMPLE CON EMULSIÓN CRR-65 (Analizado para Agregado para tratamiento superficial tipo TSS-19/TSD-19) |

| | | | |
|---|---|---|---|
| 158 | 430.1.2 | m2 | TRATAMIENTO SUPERFICIAL SIMPLE CON EMULSIÓN CRR-65<br>(Analizado para Agregado para tratamiento superficial tipo TSS-13/TSD-13) |
| 159 | 430.2.1 | m2 | TRATAMIENTO SUPERFICIAL SIMPLE CON EMULSIÓN CRR-65m<br>(Analizado para Agregado para tratamiento superficial tipo TSS-19/TSD-19) |
| 160 | 430.2.2 | m2 | TRATAMIENTO SUPERFICIAL SIMPLE CON EMULSIÓN CRR-65m<br>(Analizado para Agregado para tratamiento superficial tipo TSS-13/TSD-13) |
| 161 | 430.3.1 | m2 | TRATAMIENTO SUPERFICIAL DOBLE CON EMULSIÓN CRR-65 TIPO 3<br>(Analizado para Agregado para un tratamiento superficial tipo 3) |
| 162 | 430.3.2 | m2 | TRATAMIENTO SUPERFICIAL DOBLE CON EMULSIÓN CRR-65 TIPO 4<br>(Analizado para Agregado para tratamiento superficial tipo 4) |
| 163 | 430.4.1 | m2 | TRATAMIENTO SUPERFICIAL DOBLE CON EMULSIÓN CRR-65m<br>(Analizado para Agregado para tratamiento superficial tipo 3) |
| 164 | 430.4.2 | m2 | TRATAMIENTO SUPERFICIAL DOBLE CON EMULSIÓN CRR-65m<br>(Analizado para Agregado para tratamiento superficial tipo 4) |
| 165 | 432.1 | m2 | SELLO DE ARENA-ASFALTO CON EMULSION CRR-65 |
| 166 | 432.2 | m2 | SELLO DE ARENA-ASFALTO CON EMULSION CRR-65m |
| 167 | 433.1 | m2 | LECHADA ASFÁLTICA CON EMULSIÓN CRL-57h, TIPO LA-13 |
| 168 | 433.2 | m2 | LECHADA ASFÁLTICA CON EMULSIÓN CRL-57h, TIPO LA-10 |
| 169 | 433.3 | m2 | LECHADA ASFÁLTICA CON EMULSIÓN CRL-57h, TIPO LA-5 |
| 170 | 433.4 | m2 | LECHADA ASFÁLTICA CON EMULSIÓN CRL-57h, TIPO LA-3 |
| 171 | 433.5 | m2 | LECHADA ASFÁLTICA CON EMULSIÓN CRL-57hm, TIPO LA-13 |
| 172 | 433.6 | m2 | LECHADA ASFÁLTICA CON EMULSIÓN CRL-57hm, TIPO LA-10 |

| | | | |
|---|---|---|---|
| 173 | 433.7 | m2 | LECHADA ASFÁLTICA CON EMULSIÓN CRL-57hm, TIPO LA-5 |
| 174 | 433.8 | m2 | LECHADA ASFÁLTICA CON EMULSIÓN CRL-57hm, TIPO LA-3 |
| 175 | 440.1 | m3 | MEZCLA DENSA EN FRÍO TIPO MDF-38 |
| 176 | 440.2 | m3 | MEZCLA DENSA EN FRÍO TIPO MDF-25 |
| 177 | 440.3 | m3 | MEZCLA DENSA EN FRÍO TIPO MDF-19 |
| 178 | 440.4.1 | m3 | MEZCLA DENSA EN FRÍO PARA BACHEO (Analizado para tipo MDF-19) |
| 179 | 440.4.2 | m3 | MEZCLA DENSA EN FRÍO PARA BACHEO TIPO MDF-25 |
| 180 | 440.5 | m3 | MEZCLA ABIERTA EN FRIO TIPO MAF-19 |
| 181 | 440.6 | m3 | MEZCLA ABIERTA EN FRIO TIPO MAF-25 |
| 182 | 440.7 | m3 | MEZCLA ABIERTA EN FRIO TIPO MAF-38 |
| 183 | 440.8 | m3 | MEZCLA ABIERTA EN FRÍO TIPO MAF- 38 PARA BACHEO |
| 184 | 442.1 | m3 | MEZCLA ASFÁLTICA NATURAL TIPO MAN-38 |
| 185 | 442.2 | m3 | MEZCLA ASFÁLTICA NATURAL TIPO MAN-25 |
| 186 | 442.3 | m3 | MEZCLA ASFÁLTICA NATURAL TIPO MAN-19 |
| 187 | 442.4 | m3 | MEZCLA ASFÁLTICA NATURAL PARA BACHEO (Analizada con una mezcla mezcla asfáltica natural tipo MAN-25) |
| 188 | 450.1 | m3 | MEZCLA DENSA EN CALIENTE TIPO MDC-25 (Mezcla in situ) |
| 189 | 450.1P | m3 | MEZCLA DENSA EN CALIENTE TIPO MDC-25 (Compra de mezcla) |
| 190 | 450.2 | m3 | MEZCLA DENSA EN CALIENTE TIPO MDC-19 (Mezcla in situ) |
| 191 | 450.2P | m3 | MEZCLA DENSA EN CALIENTE TIPO MDC-19 (Compra de mezcla) |
| 192 | 450.3 | m3 | MEZCLA DENSA EN CALIENTE TIPO MDC-10 (Mezcla in situ) |
| 193 | 450.3P | m3 | MEZCLA DENSA EN CALIENTE TIPO MDC-10 (Compra de mezcla) |

| | | | |
|---|---|---|---|
| 194 | 450.4 | m3 | MEZCLA SEMIDENSA EN CALIENTE TIPO MSC-25 (Mezcla in situ) |
| 195 | 450.4P | m3 | MEZCLA SEMIDENSA EN CALIENTE TIPO MSC-25 (Compra de mezcla) |
| 196 | 450.5 | m3 | MEZCLA SEMIDENSA EN CALIENTE TIPO MSC-19 (Mezcla in situ) |
| 197 | 450.5P | m3 | MEZCLA SEMIDENSA EN CALIENTE TIPO MSC-19 (Compra de mezcla) |
| 198 | 450.6 | m3 | MEZCLA GRUESA EN CALIENTE TIPO MGC-38 (Mezcla in situ) |
| 199 | 450.6P | m3 | MEZCLA GRUESA EN CALIENTE TIPO MGC-38 (Compra de mezcla) |
| 200 | 450.7 | m3 | MEZCLA GRUESA EN CALIENTE TIPO MGC-25 (Mezcla in situ) |
| 201 | 450.7P | m3 | MEZCLA GRUESA EN CALIENTE TIPO MGC-25 (Compra de mezcla) |
| 202 | 450.8 | m3 | MEZCLA DE ALTO MÓDULO MAM-25 (Compra de Mezcla) |
| 203 | 450.10 | m3 | MEZCLA EN CALIENTE PARA BACHEO MSC-25 (Compra de Mezcla) |
| 204 | 450.11 | m3 | MEZCLA EN CALIENTE PARA BACHEO MGC-25 (Compra de Mezcla) |
| 205 | 450.12 | m3 | MEZCLA EN CALIENTE PARA BACHEO MGC-38 (Compra de Mezcla) |
| 206 | 450.13 | m3 | MEZCLA DE ALTO MÓDULO MAM-19 (Compra de Mezcla) |
| 207 | 451.1 | m3 | MEZCLA ABIERTA EN CALIENTE TIPO MAC-75 (Mezcla in situ) |
| 208 | 451.1P | m3 | MEZCLA ABIERTA EN CALIENTE TIPO MAC-75 (Compra de mezcla) |
| 209 | 451.2 | m3 | MEZCLA ABIERTA EN CALIENTE TIPO MAC-63 (Mezcla in situ) |
| 210 | 451.2P | m3 | MEZCLA ABIERTA EN CALIENTE TIPO MAC-63 (Compra de mezcla) |

| | | | |
|---|---|---|---|
| 211 | 451.3 | m3 | MEZCLA ABIERTA EN CALIENTE TIPO MAC-50<br>(Mezcla in situ) |
| 212 | 451.3P | m3 | MEZCLA ABIERTA EN CALIENTE TIPO MAC-50<br>(Compra de mezcla) |
| 213 | 451.4 | m3 | MEZCLA ABIERTA EN CALIENTE TIPO MAC-50 PARA BACHEO<br>(Compra de mezcla) |
| 214 | 452.1 | m3 | MEZCLA DISCONTINUA EN CALIENTE TIPO M-13<br>(Mezcla in situ) |
| 215 | 452.1P | m3 | MEZCLA DISCONTINUA EN CALIENTE TIPO M-13<br>(Compra de mezcla) |
| 216 | 452.2 | m3 | MEZCLA DISCONTINUA EN CALIENTE TIPO M-10<br>(Mezcla in situ) |
| 217 | 452.2P | m3 | MEZCLA DISCONTINUA EN CALIENTE TIPO M-10<br>(Compra de mezcla) |
| 218 | 452.3 | m3 | MEZCLA DISCONTINUA EN CALIENTE TIPO F-13<br>(Mezcla in situ) |
| 219 | 452.3P | m3 | MEZCLA DISCONTINUA EN CALIENTE TIPO F-13<br>(Compra de mezcla) |
| 220 | 452.4 | m3 | MEZCLA DISCONTINUA EN CALIENTE TIPO F-10<br>(Mezcla in situ) |
| 221 | 452.4P | m3 | MEZCLA DISCONTINUA EN CALIENTE TIPO F-10<br>(Compra de mezcla) |
| 222 | 453.1 | m3 | MEZCLA DRENANTE<br>(Mezcla in situ) |
| 223 | 453.1P | m3 | MEZCLA DRENANTE<br>(Compra de mezcla) |
| 224 | 457.1 | m3 | MEZCLA PREFABRICADA ALMACENADA MP-25 PARA PARCHEO EN PAVIMENTO FLEXIBLE<br>(Fabricada en planta) |
| 225 | 457.2 | m3 | MEZCLA PREFABRICADA ALMACENADA MP-19 PARA PARCHEO EN PAVIMENTO FLEXIBLE<br>(Fabricada en planta) |
| 226 | 457.3 | m3 | MEZCLA PREFABRICADA ALMACENADA MP-12 PARA PARCHEO EN PAVIMENTO FLEXIBLE<br>(Fabricada en planta) |

| | | | |
|---|---|---|---|
| 227 | 460.1.1 | m2 | FRESADO DE PAVIMENTO ASFÁLTICO _____cm<br>( Analizado para espesor de 10 cm) |
| 228 | 460.1.2 | m2 | FRESADO DE PAVIMENTO ASFÁLTICO _____cm<br>( Analizado para espesor de 5 cm) |
| 229 | 461.1 | m3 | PAVIMENTO RECICLADO IN SITU CON EMULSIÓN ASFÁLTICA |
| 230 | 461.2 | m3 | PAVIMENTO RECICLADO IN SITU CON ASFALTO ESPUMADO |
| 231 | 462.1.1 | m3 | MEZCLA ASFÁLTICA RECICLADA EN CALIENTE DEL TIPO _____<br>(Analizado para el tipo MDC-19) |
| 232 | 462.1.2 | m3 | MEZCLA ASFÁLTICA RECICLADA EN CALIENTE DEL TIPO _____<br>(Analizado para el tipo MDC-25) |
| 233 | 462.2.1 | m3 | MEZCLA ASFÁLTICA RECICLADA EN CALIENTE DEL TIPO _____ PARA BACHEO<br>(Analizado para el tipo MDC-19) |
| 234 | 462.2.2 | m3 | MEZCLA ASFÁLTICA RECICLADA EN CALIENTE DEL TIPO _____ PARA BACHEO<br>(Analizado para el tipo MDC-25) |
| 235 | 464.1.1 | m2 | GEOTEXTIL PARA REPAVIMENTACIÓN<br>(Analizado para un Geotextil NT con resist. a la tensión Grab mín. de 450 N y una Emulsión asf. CRR-60) |
| 236 | 464.1.2 | m2 | GEOTEXTIL PARA REPAVIMENTACIÓN<br>(Analizado para un Geotextil NT con resist. a la tensión Grab mín. de 450 N y una Emulsión Asf. Modificada CRR-60) |
| 237 | 465.1 | m3 | EXCAVACIÓN PARA REPARACIÓN DE PAVIMENTO ASFÁLTICO EXISTENTE INCLUYENDO EL CORTE Y LA REMOCIÓN DE LAS CAPAS ASFÁLTICAS Y DE LAS SUBYACENTES |
| 238 | 465.2 | m3 | EXCAVACIÓN PARA LA REPARACIÓN DE PAVIMENTO ASFÁLTICO EXISTENTE EXCLUYENDO EL CORTE Y LA REMOCIÓN DE LAS CAPAS ASFÁLTICAS Y DE LAS SUBYACENTES |
| 239 | 466.1 | m | SELLO DE GRIETAS EN PAVIMENTO ASFÁLTICO SIN RUTEO |
| 240 | 466.2 | m | SELLO DE GRIETAS EN PAVIMENTO ASFÁLTICO CON RUTEO |
| 241 | 467.1 | m3 | MEZCLA ASFÁLTICA CON ASFALTO MODIFICADO CON GCR (M-GCR-25) |

| | | | |
|---|---|---|---|
| 242 | 467.2 | m3 | MEZCLA ASFÁLTICA CON ASFALTO MODIFICADO CON GCR (M-GCR-19) |
| 243 | 467.3 | m3 | MEZCLA ASFÁLTICA CON ASFALTO MODIFICADO CON GCR (M-GCR-12) |
| 244 | 500.1.1 | m3 | PAVIMENTO DE CONCRETO HIDRÁULICO (Analizado para un tránsito NT3) |
| 245 | 500.1.2 | m3 | PAVIMENTO DE CONCRETO HIDRÁULICO (Analizado para un tránsito NT2) |
| 246 | 500.2 | m3 | PAVIMENTO DE CONCRETO HIDRÁULICO DE FRAGUADO RÁPIDO (FAST TRACK) |
| 247 | 501.1 | kg | CEMENTO PORTLAND, NORMA ASTM C150, TIPO ___ (Analizado para cemento hidraúlico TIPO I) |
| 248 | 501.10 | kg | CEMENTO HIDRÁULICO ADICIONADO, NORMA ASTM C595, TIPO ___ (Analizado para cemento hidraúlico TIPO IP) |
| 249 | 501.20 | kg | CEMENTO HIDRÁULICO ESPECIFICADO POR DESEMPEÑO, NORMA NTC 121, TIPO __ (Analizado para cemento hidraúlico TIPO UG) |
| 250 | 505.1 | m3 | BASE DE CONCRETO HIDRAULICO (Analizado para un tránsito NT2) |
| 251 | 510.1 | m2 | PAVIMENTO DE ADOQUINES DE CONCRETO |
| 252 | 600.1.1 | m3 | EXCAVACIONES VARIAS SIN CLASIFICAR |
| 253 | 600.2.1 | m3 | EXCAVACIONES VARIAS EN ROCA EN SECO |
| 254 | 600.2.2 | m3 | EXCAVACIONES VARIAS EN ROCA BAJO AGUA |
| 255 | 600.2.3 | m3 | EXCAVACIONES VARIAS EN MATERIAL COMUN EN SECO |
| 256 | 600.2.4 | m3 | EXCAVACIONES VARIAS EN MATERIAL COMÚN BAJO AGUA |
| 257 | 610.1 | m3 | RELLENOS PARA ESTRUCTURAS CON SUELO (analizado sin preparacion de la superficie base del relleno) |
| 258 | 610.2 | m3 | RELLENOS PARA ESTRUCTURAS CON RECEBO (Analizado sin preparacion de superficie base del relleno) |
| 259 | 610.3 | m3 | RELLENOS PARA ESTRUCTURA CON MATERIAL GRANULAR TIPO SBG-50 (Analizado sin preparación de la superficie base del relleno) |

| | | | |
|---|---|---|---|
| 260 | 610.4 | m3 | RELLENOS PARA ESTRUCTURAS CON MATERIAL GRANULAR TIPO SBG-38<br>(Analizado sin preparación de la superficie base del relleno) |
| 261 | 610.5 | m3 | RELLENOS PARA ESTRUCTURAS CON MATERIAL GRANULAR TIPO SBG-20<br>(Analizado sin preparación de la superficie base del relleno) |
| 262 | 610.6 | m3 | RELLENOS PARA ESTRUCTURAS CON MATERIAL GRANULAR TIPO BG 38<br>(Analizado sin preparación de la superficie base del relleno) |
| 263 | 610.7 | m3 | RELLENOS PARA ESTRUCTURAS CON MATERIAL GRANULAR TIPO BG 25<br>(Analizado sin preparación de la superficie base del relleno) |
| 264 | 610.8 | m3 | RELLENOS CON MATERIAL FILTRANTE<br>(Analizado sin preparación de la superficie base del relleno) |
| 265 | 610.9 | m3 | RELLENOS CON GRAVILLA<br>(Analizado sin preparación de la superficie base del relleno) |
| 266 | 610.10 | m3 | RELLENOS CON ARENA<br>(Analizado sin preparación de la superficie base del relleno) |
| 267 | 611.1.1 | m3 | CONCRETO CELULAR PARA RELLENO ____ DENSIDAD _____kg/m3, RESISTENCIA ____MPa<br>(Analizado para concreto celular para relleno clase I, Densidad 385 kg/m3, Resistencia 0,07 Mpa) |
| 268 | 611.1.2 | m3 | CONCRETO CELULAR PARA RELLENO ____ DENSIDAD _____kg/m3, RESISTENCIA ____MPa<br>(Analizado para concreto celular para relleno clase II, Densidad 480 kg/m3, Resistencia 0,28 Mpa) |
| 269 | 611.1.3 | m3 | CONCRETO CELULAR PARA RELLENO ____ DENSIDAD _____kg/m3, RESISTENCIA ____MPa<br>(Analizado para concreto celular para relleno clase III, Densidad 575 kg/m3, Resistencia 0,55 Mpa) |
| 270 | 611.1.4 | m3 | CONCRETO CELULAR PARA RELLENO ____ DENSIDAD _____kg/m3, RESISTENCIA ____MPa<br>(Analizado para concreto celular para relleno clase IV, Densidad 670 kg/m3, Resistencia 0,83 Mpa) |
| 271 | 620.1 | m | PILOTES PREFABRICADOS DE CONCRETO, DE SECCION _____ |

| | | | |
|---|---|---|---|
| | | | (Analizado para pilote prefabricado concreto 28 Mpa sección circular Diam. Ext. = 0,40 m) |
| 272 | 620.2 | m | EXTENSIÓN DE PILOTES DE SECCION_____ (Analizado para pilote INSITU tipo seccion circular Diam. = 0,40 m) |
| 273 | 620.3 | u | PRUEBA DE CARGA TIPO _____ |
| 274 | 621.1.1 | m | PILOTE DE CONCRETO VACIADO IN SITU DE DIÁMETRO_____ (analizado para pilote de concreto 28 Mpa IN SITU seccion circular diametro 1 m ) |
| 275 | 621.1.2 | m | PILOTE DE CONCRETO VACIADO IN SITU, DE DIÁMETRO _____ (Analizado para pilote de concreto 28 Mpa IN SITU seccion circular diametro 1,2 m ) |
| 276 | 621.2 | m3 | BASE ACAMPANADA |
| 277 | 621.3 | m | PERFORACION DE PRUEBA PARA PILOTE, DE DIÁMETRO _____ |
| 278 | 621.4 | m3 | PERFORACION DE PRUEBA PARA BASE ACAMPANADA |
| 279 | 621.5 | m | CAMISA PERMANENTE DE DIÁMETRO EXTERIOR _____ (Analizado para una camisa metálica de diam. ext. = 1,0 m) |
| 280 | 621.5P | m | CAMISA PERMANENTE DE DIÁMETRO EXTERIOR _____ (Analizado para una camisa en concreto de diam. ext. = 1,50 m) |
| 281 | 621.6 | u | PRUEBA DE CARGA TIPO _____ (Analizado para PRUEBA TIPO ESTATICA BIDIRECCIONAL (axial - lateral)) |
| 282 | 621.7 | u | PRUEBA DE INTEGRIDAD TIPO ____ (Analizado para prueba tipo de baja deformacion por impacto) |
| 283 | 621.8 | m3 | DESCABECE DE PILOTES (Analizado para un pilote de diametro exterior = 1 m) |
| 284 | 622.1 | m2 | TABLESTACADO DE MADERA |
| 285 | 622.2 | m2 | TABLESTACADO METÁLICO |
| 286 | 622.3 | m2 | TABLESTACADO DE CONCRETO REFORZADO |
| 287 | 622.4 | m2 | TABLESTACADO DE CONCRETO PREESFORZADO |

| | | | |
|---|---|---|---|
| 288 | 622.5 | m | CORTE DEL EXTREMO SUPERIOR DEL ELEMENTO |
| 289 | 623.1 | m | ANCLAJE TIPO _____ (ROCA) |
| 290 | 623.2 | u | PRUEBA DE CARGA |
| 291 | 630.1.1 | m3 | TIPO DE CONCRETO_____<br>(Analizado para concreto pretensado, postensado o reforzado, con<br>resistencia 35 Mpa, compra de mezcla) |
| 292 | 630.1.2 | m3 | TIPO DE CONCRETO _____<br>(Analizado concreto pretensado, postensado o reforzado, con<br>resistencia resitencia 32 Mpa, compra de mezcla) |
| 293 | 630.1.3.1 | m3 | TIPO DE CONCRETO_____<br>(Analizado para concreto pretensado, postensado o reforzado, con<br>resistencia resistencia 28 Mpa, mezcla in situ) |
| 294 | 630.1.3.2 | m3 | TIPO DE CONCRETO_____<br>(Analizado para concreto reforzado resistencia 28 Mpa, compra de mezcla) |
| 295 | 630.1.4.1 | m3 | TIPO DE CONCRETO<br>(Analizado para concreto reforzado resistencia 21 Mpa, mezcla in situ) |
| 296 | 630.1.4.2 | m3 | TIPO DE CONCRETO_____<br>(Analizado para concreto reforzado de resistencia 21 Mpa, compra de mezcla) |
| 297 | 630.1.5.1 | m3 | TIPO DE CONCRETO_____<br>(Analizado para concreto simple con resistencia 17 Mpa, mezcla in situ) |
| 298 | 630.1.6 | m3 | TIPO DE CONCRETO_____<br>(Analizado para concreto liviano resistencia 14 Mpa, mezcla in situ) |
| 299 | 630.1.7 | m3 | TIPO DE CONCRETO_____<br>(Analizado para concreto ciclopeo con resistencia 17 Mpa) |
| 300 | 632.1.1 | m | BARANDA DE CONCRETO<br>(Analizado para baranda de concreto de resistencia 21mpa (d) sin incluir acero de refuerzo) |
| 301 | 632.1.2 | m | BARANDA DE CONCRETO<br>(Analizado para baranda de concreto de resistencia 28 mpa sin incluir acero de refuerzo) |
| 302 | 640.1 | kg | ACERO DE REFUERZO fy = _____ MPa<br>(Analizado para acero de refuerzo de Fy 4200 Mpa) |

| | | | |
|---|---|---|---|
| 303 | 640.2 | kg | MALLA DE REFUERZO fy = ____ MPa<br>(Analizado para malla de refuerzo Fy = 420 Mpa) |
| 304 | 641.1 | tf-m | ACERO DE PREESFUERZO |
| 305 | 642.1 | u | APOYO ELASTOMÉRICO<br>(Analizado para apoyo elastomerico reforzado dureza 60) |
| 306 | 642.2.1 | m | SELLO PARA JUNTAS DE PUENTES<br>(analizado paara sello PVC CINTA) |
| 307 | 642.2.2 | m | SELLO PARA JUNTAS DE PUENTES<br>(analizado para sello de compresion) |
| 308 | 650.2 | kg | FABRICACIÓN DE LA ESTRUCTURA METÁLICA |
| 309 | 650.3 | kg | TRANSPORTE DE ESTRUCTURA METÁLICA |
| 310 | 650.4 | kg | MONTAJE Y PINTURA DE ESTRUCTURA METÁLICA |
| 311 | 660.1.1 | m | TUBERÍA DE CONCRETO SIMPLE CLASE _____ DE _____ MM DE DIAMETRO INTERIOR<br>(Analizado para tubería concreto simple clase II de 450mm de diámetro interior) |
| 312 | 660.1.2 | m | TUBERÍA DE CONCRETO SIMPLE CLASE _____ DE _____ MM DE DIAMETRO INTERIOR<br>(Analizado para tubería concreto simple clase II de 500mm de diámetro interior)) |
| 313 | 660.1.3 | m | TUBERÍA DE CONCRETO SIMPLE CLASE _____ DE _____ MM DE DIAMETRO INTERIOR<br>(Analizado para tubería concreto simple clase III de 500mm de diámetro interior) |
| 314 | 660.1.4 | m | TUBERÍA DE CONCRETO SIMPLE CLASE _____ DE _____ MM DE DIAMETRO INTERIOR<br>(Analizado para tubería concreto simple clase III de 600mm de diámetro interior) |
| 315 | 661.1.1 | m | TUBERÍA DE CONCRETO REFORZADO CLASE _____ DE _____ MM DE DIAMETRO INTERIOR<br>(Analizado para TCR, clase II de 600mm de diámetro interior) |
| 316 | 661.1.2 | m | TUBERÍA DE CONCRETO REFORZADO, CLASE ___ DE ___ MM DE DIÁMETRO INTERIOR.<br>(Analizado para TCR clase II de 900 mm de Diam. int.) |
| 317 | 661.1.3 | m | TUBERÍA DE CONCRETO REFORZADO CLASE _____ DE _____ MM DE DIAMETRO INTERIOR<br>(Analizado para TRC, clase III de 900mm de diámetro interior) |

| | | | |
|---|---|---|---|
| 318 | 662.1 | m | TUBERÍA CORRUGADA DE ACERO GALVANIZADO, DE LÁMINA CALIBRE _____ Y DIÁMETRO NOMINAL _____ (mm)<br>(Analizado para tubería corrugada de acero galvanizado lámina calibre 12 y diámetro 600mm) |
| 319 | 662.2 | m | TUBERÍA CORRUGADA DE ACERO CON RECUBRIMIENTO ASFÁLTICO (BITUMINOSO), DE LÁMINA CALIBRE ____ Y DIÁMETRO NOMINAL_____ (mm)<br>(Analizado para tubería corrugada de acero con recubrimiento bituminoso, de lámina calibre 12 y diámetro 600mm) |
| 320 | 663.1 | m | TUBERÍA DE PLÁSTICO TIPO ____, NORMA___, DE DIÁMETRO INTERNO___ mm<br>(Analizado para tubería de plastico tipo pvc norma ntc-5055 de diámetro interno 900 mm) |
| 321 | 670.1 | m3 | DISIPADORES DE ENERGÍA Y SEDIMENTADORES EN GAVIONES DE ALAMBRE DE ACERO ENTRELAZADO CLASE 1: RECUBRIMIENTO DE ZINC (GALVANIZADO) |
| 322 | 670.2 | m3 | DISIPADORES DE ENERGÍA Y SEDIMENTADORES EN GAVIONES DE ALAMBRE DE ACERO ENTRELAZADO CLASE 2: RECUBRIMIENTO DE ALEACION ZN-5A1-MM |
| 323 | 670.3 | m3 | DISIPADORES DE ENERGÍA Y SEDIMENTADORES EN GAVIONES DE ALAMBRE DE ACERO ENTRELAZADO CLASE 3: RECUBRIMIENTO DE ZINC (GALVANIZADO) Y PVC |
| 324 | 670.5 | m3 | DISIPADORES DE ENERGIA Y SEDIMENTADORES DE CONCRETO CICLOPEO |
| 325 | 670.5P | m3 | DISIPADORES DE ENERGIA Y SEDIMENTADORES DE CONCRETO 17 Mpa |
| 326 | 671.1 | m3 | CUNETA DE CONCRETO VACIADA IN SITU; NO INCLUYE LA CONFORMACION DE LA SUPERFICIE DE APOYO |
| 327 | 671.2 | m | CUNETA DE PIEZAS PREFABRICADAS DE CONCRETO; NO INCLUYE LA CONFORMACIÓN DE LA SUPERFICIE DE APOYO |
| 328 | 671.3 | m3 | CUNETA DE CONCRETO VACIADA IN SITU; INCLUYE LA CONFORMACIÓN DE LA SUPERFICIE DE APOYO |
| 329 | 671.4 | m | CUNETA DE PIEZAS PREFABRICADAS DE CONCRETO; INCLUYE LA CONFORMACIÓN DE LA SUPERFICIE DE APOYO |
| 330 | 672.1 | m | BORDILLO DE CONCRETO VACIADO IN SITU; NO INCLUYE LA PREPARACION DE LA SUPERFICIE DE APOYO |

| | | | |
|---|---|---|---|
| 331 | 672.2 | m | BORDILLO DE PIEZA PREFABRICADA DE CONCRETO; NO INCLUYE LA PREPARACION DE LA SUPERFICIE DE APOYO.<br>(Analizado para bordillos prefabricados en concreto dimensiones 0,20 x 0,35 x 0,80 m) |
| 332 | 672.3 | m | BORDILLO EN CONCRETO VACIADO IN SITU; INCLUYE LA PREPARACION DE LA SUPERFICIE DE APOYO |
| 333 | 672.4 | m | BORDILLO DE PIEZAS PREFABRICADAS DE CONCRETO; INCLUYE LA PREPARACION DE LA SUPERFICIE DE APOYO<br>(Analizado para bordillos prefabricados en concreto dimensiones 0,20 x 0,35 x 0,80) |
| 334 | 673.1.1 | m2 | GEOTEXTIL TIPO _____<br>(Analizado para geotextil tipo no tejido con resistencia a la tensión grab mínima de 700 n ) |
| 335 | 673.1.2 | m2 | GEOTEXTIL TIPO _____<br>(Analizado para geotextil tipo tejido con resistencia a la tensión grab mínima de 1400 N ) |
| 336 | 673.2 | m3 | MATERIAL GRANULAR DRENANTE |
| 337 | 673.3.1 | m3 | MATERIAL DE COBERTURA TIPO _____<br>(Analizada para material cobertura tipo sub- base clase c sbg-50) |
| 338 | 673.3.2 | m3 | MATERIAL DE COBERTURA TIPO _____<br>(Analizada para material de cobertura tipo sub- base clase c sbg-38) |
| 339 | 673.3.3 | m3 | MATERIAL DE COBERTURA TIPO _____<br>(Analizada para material de cobertura tipo sub- base clase c sbg-20) |
| 340 | 674.1 | m | DREN HORIZONTAL DE LONGITUD MENOR O IGUAL A VEINTE METROS (20 m) |
| 341 | 674.2 | m | DREN HORIZONTAL DE LONGITUD MAYOR A VEINTE (20) METROS |
| 342 | 680.1 | m2 | PANELES DE CONCRETO |
| 343 | 680.2 | m | ARMADURA GALVANIZADA |
| 344 | 680.3 | m3 | RELLENO GRANULAR PARA TIERRA MECANICAMENTE ESTABILIZADA CON PÁNELES DE CONCRETO |
| 345 | 681.1 | m3 | GAVIONES O COLCHOGAVIONES DE MALLA DE ALAMBRE DE ACERO ENTRELAZADO ESTILO 1: RECUBRIMIENTO DE ZINC (GALVANIZADO)<br>(analizado para gavion de vol 2m3 (2 modulo de celda de 1 mt x 1mt x 1mt)) |

| | | | |
|---|---|---|---|
| 346 | 681.2 | m3 | GAVIONES O COLCHOGAVIONES DE MALLA DE ALAMBRE DE ACERO ENTRELAZADO ESTILO 2: RECUBRIMIENTO DE ALEACIÓN Zn-5A1-MM (analizado para gavion de vol 2m3 (2 modulo de celda de 1 mt x 1mt x 1mt)) |
| 347 | 681.3 | m3 | GAVIONES O COLCHOGAVIONES DE MALLA DE ALAMBRE ACERO ENTRELAZADO ESTILO 3: RECUBRIMIENTO DE ZINC (GALVANIZADO) Y PVC (analizado para gavion de vol 2m3 (2 modulo de celda de 1 mt x 1mt x 1mt)) |
| 348 | 681.4 | m3 | GAVIONES O COLCHOGAVIONES DE MALLA DE ALAMBRE DE ACERO ENTRELAZADO ESTILO 4: RECUBRIMIENTO DE ALUMINIO (aluminizado) (analizado para gavion de vol 2m3 (2 modulo de celda de 1 mt x 1mt x 1mt)) |
| 349 | 681.5 | m3 | GAVIÓNES O COLCHOGAVIONES DE MALLA DE ALAMBRE DE ACERO ENTRELAZADO ESTILO 5: RECUBRIMIENTO DE ALEACIÓN Zn-5A1-MM Y PVC (analizado para gavion de vol 2m3 (2 modulo de celda de 1 mt x 1mt x 1mt)) |
| 350 | 683.1 | m2 | GEOTEXTIL DE REFUERZO TIPO_____PARA MUROS DE TIERRA ESTABILIZADA MECANICAMENTE CON GEOSINTETICOS (analizado para geotextil tipo tejido resistencia 1400 N (MD) Y 1500 N (TD)) |
| 351 | 683.2 | m2 | GEOMALLA DE REFUERZO TIPO_____ PARA MUROS DE TIERRA ESTABILIZADA MECANICAMENTE CON GEOSINTETICOS (analizado para geomalla tipo uniaxial T 115) |
| 352 | 683.3 | m2 | GEOTEXTIL DE FACHADA TIPO_____ PARA MUROS DE TIERRA ESTABILIZADA MECANICAMENTE CON GEOSINTETICOS (analizado para geotextil de fachada tipo tejido MD1400 - TD1500N) |
| 353 | 683.4 | m2 | GEOMALLA DE FACHADA TIPO_____ PARA MUROS DE TIERRA ESTABILIZADA MECANICAMENTE CON GEOSINTETICOS (analizado para geomalla de fachada tipo uniaxial de poliester T 115kN/m) |
| 354 | 683.5 | m3 | RELLENO TIPO_____ PARA MUROS DE TIERRA ESTABILIZADA MECANICAMENTE CON GEOSINTETICOS (analizado para relleno tipo material seleccionado) |

| | | | |
|---|---|---|---|
| 355 | 683.6 | m3 | MURO DE TIERRA ESTABILIZADA MECANICAMENTE CON GEOSINTETICO TIPO_____ Y RELLENO TIPO _____<br>(Analizado para geotextil tipo tejido Resistencia 1400 N (MD) Y 1500 N (TD) ) y relleno tipo material seleccionado) |
| 356 | 685.8.1 | m2 | BOLSAS GIGANTES DE GEOTEXTIL. (BGG)<br>(Analizado para una superficie de 1m2, considerando dimensiones de la BGG en 4,25 m x 2,28 m x 1,45 m de capacidad máxima de 14 m3 -<br>incluye hilo de alta tenacidad para sellado) |
| 357 | 685.8.2.1 | m3 | Material de relleno, cargue, transporte,e instalación de BGG<br>(Analizado para Instalación 1: Con formaleta fija) |
| 358 | 685.8.2.2 | m3 | MATERIAL DE RELLENO, CARGUE, TRANSPORTE E INSTALACION DE BGG<br>(Analizado para Instalación 2: Lanzado) |
| 359 | 686.1 | m2 | PANELES DE CONCRETO (INCLUYE CONEXIONES ENTRE PANELES)<br>(Analizado para obras de excavaciones) |
| 360 | 686.2 | u | CLAVO, LONGITUD _____<br>(Analizado para un clavo de longitud 3,0 m; con resistencia a la tensión min. de 170 kN) |
| 361 | 690.1.1 | m2 | IMPERMEABILIZACIÓN DE ESTRUCTURAS LIQUIDO/MEMBRANA/LAMINA<br>(Analizado para Impermeabilizante líquido acrílico y/o poliuretano para concreto) |
| 362 | 690.1.2 | m2 | IMPERMEABILIZACIÓN DE ESTRUCTURAS EN LÁMINAS<br>(Analizado para láminas impermeabilizantes de concreto con película asfáltica y polímeros de polipropileno) |
| 363 | 690.1.3 | m2 | IMPERMEABILIZACIÓN DE ESTRUCTURAS EN MEMBRANA<br>(Analizado para Impermeabilización con membrana para concreto) |
| 364 | 700.1 | m | LÍNEA DE DEMARCACIÓN CON PINTURA EN FRÍO |
| 365 | 700.2 | m | LÍNEA DE DEMARCACIÓN CON RESINA TERMOPLÁSTICA |
| 366 | 700.3 | m2 | MARCA VIAL CON PINTURA EN FRÍO |
| 367 | 700.4 | m2 | MARCA VIAL CON RESINA TERMOPLÁSTICA |
| 368 | 701.1.1 | u | TACHA REFLECTIVA TIPO _____<br>(Analizado para tacha tipo a con adhesivo bituminoso y/o termoplástico) |

| | | | |
|---|---|---|---|
| 369 | 701.1.2 | u | TACHA REFLECTIVA TIPO _____<br>(Analizado para tacha reflectivo tipo a con adhesivo epóxico) |
| 370 | 702.1.1 | u | TACHA REFLECTIVA CON ESPIGO TIPO _____<br>(Analizado con espigo tipo A retrorreflectiva bidireccional de un (1) solo color) |
| 371 | 703.1.1 | u | TACHA ELECTRÓNICA SOLAR MONOCROMÁTICA AUTÓNOMA<br>(Analizado Para Tacha Electrónicas Solares Led Monocromaticas Autonomas Unidireccional) |
| 372 | 703.1.2 | u | TACHA ELECTRÓNICA SOLAR MONOCROMÁTICA AUTÓNOMA<br>(Analizado para tacha bidireccional) |
| 373 | 703.1.3 | u | TACHA ELECTRÓNICA SOLAR MONOCROMÁTICA AUTÓNOMA<br>(Analizado para tacha bidireccional de 2 colores) |
| 374 | 703.2.1 | u | TACHA ELECTRÓNICA SOLAR MONOCROMÁTICA SINCRONIZABLE<br>(Analizado para tacha unidireccional) |
| 375 | 703.2.2 | u | TACHA ELECTRÓNICA SOLAR MONOCROMÁTICA SINCRONIZABLE<br>(Analizado para tacha bidireccional) |
| 376 | 703.2.3 | u | TACHA ELECTRÓNICA SOLAR MONOCROMÁTICA SINCRONIZABLE<br>(Analizado para tacha bidireccional de 2 colores) |
| 377 | 703.3 | u | TACHA ELECTRÓNICA SOLAR MULTICOLOR SINCRONIZABLE CON SEMÁFORO |
| 378 | 703.4 | u | TACHA ELECTRÓNICA SOLAR MULTICOLOR SINCRONIZABLE CON RADAR DE VELOCIDAD |
| 379 | 703.5 | u | TACHA ELECTRÓNICA SOLAR MULTICOLOR SINCRONIZABLE CON RADAR DE VELOCIDAD, CONTADOR Y CLASIFICADOR VEHICULAR |
| 380 | 710.1.1 | u | SEÑAL VERTICAL DE TRANSITO TIPO _____ DIIMENSIONES _____ CON LAMINA RETRORREFLECTIVA TIPO_____<br>(Analizado para señal tipo sr, sp y/o si, dimension 75x75 cm en lámina galvanizada con lamina retrorreflectiva tipo IV) |
| 381 | 710.1.2 | u | SEÑAL VERTICAL DE TRANSITO TIPO _____ DIMENSIONES _____ CON LAMINA RETRORREFLECTIVA TIPO_____<br>(Analizado para señal tipo sr, sp y/o si, dimension 90x90 cm en lámina galvanizada con lámina retrorreflectiva tipo IV) |

| | | | |
|---|---|---|---|
| 382 | 710.1.3 | u | SEÑAL VERTICAL DE TRANSITO TIPO _____ DIMENSIONES _____ CON LAMINA RETRORREFLECTIVA TIPO_____ (Analizado para señal tipo si-04 (postes de referencia), dimencion (1,25m x 0,45m) en lamina galvanizada retrorreflectiva tipo IV) |
| 383 | 710.1.4 | u | SEÑAL VERTICAL DE TRANSITO TIPO _____ DIMENSIONES _____ CON LAMINA RETRORREFLECTIVA TIPO_____ (Analizado para señal tipo sp-54 dimensión (1,70m x 0,25m) en lámina galvanizada retrorreflectiva tipo iv) |
| 384 | 710.1.5 | u | SEÑAL VERTICAL DE TRANSITO TIPO _____ DIMENSIONES _____ CON LAMINA RETRORREFLECTIVA TIPO_____ (Analizado para señal tipo sp -75 dimensión (75x60cm) en lámina galvanizada reflectivo tipo IV) |
| 385 | 710.2.1 | m2 | SEÑAL VERTICAL DE TRANSITO TIPO _____ CON LAMINA RETRORREFLECTIVA TIPO_____ (Analizado para señal tipo si elevada (si-05 y/o si-06) en lámina galvanizada y retrorreflectiva tipo iv) |
| 386 | 710.2.2 | m2 | SEÑAL VERTICAL DE TRANSITO TIPO _____ CON LAMINA RETRORREFLECTIVA TIPO_____ (Analizado para señal tipo (si-05 y/o si-06) en làmina galvanizada calibre 20 y retroreflectiva tipo IV) |
| 387 | 710.2.3 | m2 | SEÑAL VERTICAL DE TRANSITO TIPO _____ MATERIAL_____ CON LAMINA RETRORREFLECTIVA TIPO_____ (Analizado para señal tipo si turística (rectangular o en forma de flecha) en lamina galvanizada y retrorreflectiva tipo IV) |
| 388 | 730.1 | m | DEFENSA METÁLICA |
| 389 | 730.2 | u | TERMINAL DE BARRERA EN FORMA DE U (Analizado para seccion final) |
| 390 | 730.3 | m | TERMINAL DE BARRERA ABATIDA Y EMPOTRADA |
| 391 | 730.4 | m | TERMINAL DE BARRERA EMPOTRADA EN TALUD |
| 392 | 731.1 | m | DEFENSA DE CONCRETO FUNDIDA INSITU |
| 393 | 731.2 | m | DEFENSA DE CONCRETO PREFABRICADA |
| 394 | 732.1 | m | DEFENSA METÁLICA CON RODILLOS |
| 395 | 740.1 | u | CAPTAFARO (analizado para CAPTAFARO para barreras de contención de vehículos metálicas) |

| | | | |
|---|---|---|---|
| 396 | 741.1.1 | u | DELINEADOR DE CORONA EN FORMA _____ MATERIAL_____ (analizado para DELINEADOR DE CORONA forma de A en lamina galvanizada cal. 16) |
| 397 | 741.1.2 | u | DELINEADOR DE CORONA EN FORMA _____ MATERIAL_____ (analizado para Delineador de corona forma circular en lámina galvanizada cal. 16) |
| 398 | 800.1 | m | CERCA DE ALAMBRE DE PÚAS CON POSTES DE MADERA |
| 399 | 800.2 | m | CERCA DE ALAMBRE DE PÚAS CON POSTES DE CONCRETO |
| 400 | 800.3 | m | CERCA DE MALLA CON POSTES DE MADERA |
| 401 | 800.4 | m | CERCA DE MALLA CON POSTES DE CONCRETO |
| 402 | 801.1 | m | CERCA DE ALAMBRE DE PÚAS CON POSTES DE PLÁSTICO RECICLADO PE (PEAD, PEBD), PP Y PVC |
| 403 | 802.1 | u | PODA DE LA PARTE AEREA DE ARBOLES TIPO I |
| 404 | 802.2 | u | PODA DE LA PARTE AÉREA DE ARBOLES TIPO II |
| 405 | 802.3 | u | PODA DE LA PARTE AÉREA DE ARBOLES TIPO III |
| 406 | 802.4 | u | PODA DE LA PARTE AEREA DE ARBOLES TIPO IV |
| 407 | 802.5 | u | PODA DE LA PARTE RADICULAR DE ARBOLES TIPO I |
| 408 | 802.6 | u | PODA DE LA PARTE RADICULAR DE ARBOLES TIPO II |
| 409 | 802.7 | u | PODA DE LA PARTE RADICULAR DE ARBOLES TIPO III |
| 410 | 802.8 | u | PODA DE LA PARTE RADICULAR DE ARBOLES TIPO IV |
| 411 | 810.1 | m2 | PROTECCIÓN DE TALUDES CON BLOQUES DE CÉSPED |
| 412 | 810.2 | m2 | PROTECCIÓN DE TALUDES CON TIERRA ORGÁNICA |
| 413 | 810.3 | m2 | PROTECCIÓN DE TALUDES CON HIDROSIEMBRA CONTROLADA |
| 414 | 811.1.1 | m2 | PROTECCIÓN DE TALUDES CON PRODUCTO ENROLLADO PARA CONTROL DE EROSIÓN DE TIPO_____ (Analizado para manto permanente para refuerzo de la vegetación (TRM)) |
| 415 | 811.1.2 | m2 | PROTECCION DE TALUDES CON PRODUCTO ENROLLADO PARA CONTROL DE EROSION DE TIPO _____ (Analizado para Manto temporal para control de erosión (MCE)) |

| | | | |
|---|---|---|---|
| 416 | 812.1 | m3 | MORTERO F'M = 12,4 MPa DE e = _____cm, PARA RECUBRIMIENTO DE TALUDES CON MALLA ELECTROSOLDADA Y MORTERO |
| 417 | 812.2 | kg | MALLA ELECTROSOLDADA PARA RECUBRIMIENTO DE TALUDES Y MORTERO<br>(analizado para malla electrosoldada de 5/16) |
| 418 | 812.3 | kg | MALLA DE ACERO CON RECUBRIMIENTO METÁLICO PARA GAVIONES PARA RECUBRIMIENTO DE TALUDES Y MORTERO |
| 419 | 812.4 | kg | MALLA DE GALLINERO PARA RECUBRIMIENTO DE TALUDES Y MORTERO |
| 420 | 820.1.1 | u | PLANTACIÓN DE ÁRBOLES - TIPO PAISAJÍSTICO<br>(No incluye mantenimiento) |
| 421 | 820.1.2 | ha | PLANTACIÓN DE ÁRBOLES - REFORESTACIÓN PROTECTORA DENSIDAD 1100<br>(No incluye mantenimiento) |
| 422 | 820.1.3 | u | MANTENIMIENTO A PLANTACIÓN DE ÁRBOLES - TIPO PAISAJÍSTICO |
| 423 | 820.1.4 | Un. / ha | MANTENIMIENTO A PLANTACIÓN DE ÁRBOLES - REFORESTACIÓN PROTECTORA DENSIDAD 1100 |
| 424 | 840.1 | m | CONSTRUCCIÓN FILTRO VIVO TIPO 1 O PRINCIPAL |
| 425 | 840.2 | m | CONSTRUCCIÓN FILTRO VIVO TIPO 2 O SECUNDARIO |
| 426 | 840.3 | m | TRINCHOS VIVOS |
| 427 | 840.4 | m | ZANJA DE DRENAJE |
| 428 | 840.5 | m | GUSANILLO O MONTÍCULO |
| 429 | 840.6 | m | TAPONAMIENTO DE GRIETAS |
| 430 | 840.7 | u | REVEGETALIZACIÓN MULTIESTRATO CON ESPECIES ARBÓREAS Y ARBUSTIVAS SEMBRADAS |
| 431 | 840.8 | m2 | REVEGETALIZACIÓN MULTIESTRATO CON ESPECIES RASTRERAS |
| 432 | 850.1 | m | SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE BIORROLLO Ø = 18 CM REVEGETADO O SIMILAR, PARA CONTROL DE EROSIÓN Y DISMINUCIÓN DE ENERGÍA DEL FLUJO EN ÁREAS DE ESCORRENTÍA |
| 433 | 850.2 | m | SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE BIOBARRERAS DE AMORTIGUAMIENTO O SIMILAR CON FINES DE CONTROL DE EROSIÓN, SEDIMENTACIÓN, FILTRADO DEL FLUJO DE ESCORRENTIA Y REMEDIACIÓN |

| | | | |
|---|---|---|---|
| 434 | 850.3 | m2 | SISTEMA PARA PROTECCIÓN, REVEGETAR, CONTROL DE EROSIÓN Y ESTABILIZACIÓN SUPERFICIAL DE TALUDES Y LADERAS CON GEOBIOMALLA |
| 435 | 850.4 | m2 | SUMINISTRO E INSTALACIÓN SISTEMA DE GEOBIOESTABILIZACIÓN COMBINADO PARA CONTROL DE EROSIÓN, REVEGETALIZAR Y ESTABILIZACIÓN DE TALUDES. INCLUYE GEOBIOMALLA O SIMILAR Y GEOMALLA BIAXIAL 50KN/M, ANCLADA Y ARRIOSTRADA |
| 436 | 850.15 | m2 | MANTENIMIENTO Y RIEGOS ADICIONALES PARA PROTECCIÓN VEGETAL |
| 437 | 850.16 | u | ANCLAJE SUPERFICIAL TIPO GUAYA HINCADOS POR PERCUSIÓN |
| 438 | 900.1 | m3 - E | TRANSPORTE DE MATERIALES PROVENIENTES DE LA EXCAVACION DE LA EXPLANACION, CANALES Y PRESTAMOS, ENTRE CIEN METROS (100 m) Y MIL METROS (1000 m) DE DISTANCIA<br>(Analizado para volqueta de 6 m3) |
| 439 | 900.2.1 | m3 - Km | TRANSPORTE DE MATERIALES PROVENIENTES DE LA EXCAVACIÓN DE LA EXPLANACIÓN, CANALES Y PRÉSTAMOS PARA DISTANCIAS MAYORES DE MIL METROS (1.000 m) MEDIDOS A PARTIR DE CIEN METROS (100 m)<br>(Analizado para volqueta de 6 m3) |
| 440 | 900.2.2 | m3 - km | TRANSPORTE DE MATERIALES PROVENIENTES DE LA EXCAVACIÓN DE LA EXPLANACIÓN, CANALES Y PRÉSTAMOS PARA DISTANCIAS MAYORES DE MIL METROS (1.000 m) MEDIDOS A PARTIR DE CIEN METROS (100 m)<br>(Analizado para volqueta de 14 m3) |
| 441 | 900.2.3 | m3 - km | TRANSPORTE DE MATERIALES PROVENIENTES DE LA EXCAVACIÓN DE LA EXPLANACIÓN, CANALES Y PRÉSTAMOS PARA DISTANCIAS MAYORES DE MIL METROS (1.000 m) MEDIDOS A PARTIR DE CIEN METROS (100 m)<br>(Analizado por precio de mercado para m3 - Km) |
| 442 | 900.3.1 | m3 - Km | TRANSPORTE DE MATERIALES PROVENIENTES DE DERRUMBES, MEDIDO A PARTIR DE CIEN METROS (100 m)<br>(Analizado con volqueta de 6m3) |
| 443 | 900.3.2 | m3 - km | TRANSPORTE DE MATERIALES PROVENIENTES DE DERRUMBES, MEDIDO A PARTIR DE CIEN METROS (100 m)<br>(Analizado para volqueta de 14 m3) |

| | | | |
|---|---|---|---|
| 444 | 900.3.3 | m3 - km | TRANSPORTE DE MATERIALES PROVENIENTES DE DERRUMBES, MEDIDO A PARTIR DE CIEN METROS (100 m)<br>(Analizado por precio de mercado para m3 - Km) |

# ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS CORRESPONDIENTES FORMATO MEPI-MN1-IN-10-FR-1 ANÁLISIS PRECIOS UNITARIOS.

| INSTITUTO NACIONAL DE VIAS<br>PROCESO GESTIÓN DE LA INFRAESTRUCTURA VIAL<br>MANUAL DE INTERVENTORÍA OBRA PÚBLICA<br>ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS | CÓDIGO | MINFRA-MN-IN-10-FR-1 | | |
|---|---|---|---|---|
| | VERSIÓN | 1 | | |
| | PÁGINA | | DE | |

| | | | |
|---|---|---|---|
| FECHA | 2 | 8 | 2024 |
| | (Día) | (Mes) | (Año) |

**ITEMS DE LA PROPUESTA ECONÓMICA** **ITEMS NO PREVISTOS** NP2

**UNIDAD EJECUTORA:** SUBDIRECCIÓN VIAS REGIONALES **DIRECCIÓN TERRITORIAL:** CÓRDOBA

**OBJETO DEL CONTRATO:** CONTRATO DE OBRA PUBLICA No LP-No.013-2022 - CONSTRUCCION DE UN PUENTE VEHICULAR SOBRE LA QUEBRADA SEVERINERA EN LA VIA QUE COMUNICA A LOS MUNICIPIOS DE PLANETA RICA Y TIERRALTA, DEPARTAMENTO DE CORDOBA, EN EL MARCO DEL CONVENIO INTERADMINISTRATIVO No. 1961 DE FECHA 12 DE NOVIEMBRE DE 2021

**CARRETERA:** VIA QUE COMUNICA A LOS MUNICIPIOS DE PLANETA RICA Y TIERRALTA, DEPARTAMENTO DE CORDOBA **SECTOR:** PUENTE SOBRE LA QUEBRADA SEVERINERA

**CONTRATISTA:** CONSORCIO PUENTES DE CORDOBA R.L MARIO ALBERTO PETRO REYES

**FECHA CIERRE PROCESO DE SELECCIÓN CONTRATO DE OBRA:** 3 (Día) 8 (Mes) 2022 (Año)

**DATOS ESPECÍFICOS**

| ITEM | DESCRIPCIÓN | GRUPO DE AJUSTE | UNIDAD | CANTIDAD |
|---|---|---|---|---|
| NP2 | SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE TUBO GEOTEXIL HYDROTUBE ENSAMBLADO CON GEOTEXTIL HYDROTEX 150, PERÍMETRO 9,0 M, ALTURA MÁXIMA 1,60 M | | ML | |

**I. EQUIPO**

| DESCRIPCIÓN | TIPO | TARIFA/HORA | RENDIMIENTO | Vr. UNITARIO |
|---|---|---|---|---|
| Retroexcavadora sobre oruga, potencia 138 HP, balde de 1,5 m3. | | $ 173.093,00 | 5,00 | $ 34.619,00 |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | SUBTOTAL $ | $ 34.619,00 |

**II. MATERIALES**

| DESCRIPCIÓN | UNIDAD | CANTIDAD | PRECIO UNIT. | Vr. UNITARIO |
|---|---|---|---|---|
| HYDROTUBE EN HYDROTEX 150 (INCLUYE PUERTOS DE LLENADO Y GEOCABLE PARA AMARRE DE CIERRE) P=9 | M3 | 1,00 | $ 298.047,40 | $ 298.047,40 |
| Material de Terraplén | M3 | 6,09 | $ 13.000,00 | $ 79.170,00 |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | SUBTOTAL $ | $ 377.217,40 |

**III. TRANSPORTES**

| MATERIAL | UNIDAD | CANTIDAD (1) | DISTANCIA (2) | (1) * (2) | TARIFA | Vr. UNITARIO |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | |
| | | | | | SUBTOTAL $ | $ - |

**IV. MANO DE OBRA**

| TRABAJADOR | JORNAL | PRESTACIONES (%) | JORNAL TOTAL | RENDIMIENTO | Vr. UNITARIO |
|---|---|---|---|---|---|
| Oficial (1) | $ 66.666,00 | 1,85 | $ 123.332,10 | 4,00 | $ 30.833,03 |
| Obrero (5) | $ 33.333,00 | 1,85 | $ 308.330,25 | 4,00 | $ 77.082,56 |
| | | | | SUBTOTAL $ | 107.915,59 |
| | | | | TOTAL COSTO DIRECTO $ | $ 519.751,99 |

**V. COSTOS INDIRECTOS**

| Descripción | Porcentaje | Valor Total | |
|---|---|---|---|
| ADMINISTRACION | 20% | $ 103.950,40 | |
| IMPREVISTOS | 5% | $ 25.987,60 | |
| UTILIDAD | 5% | $ 25.987,60 | |
| | | SUBTOTAL $ | $ 155.925,60 |
| | | Precio Unitario Total Aproximado al Peso $ | $ 675.678,00 |

Firma
Nombre: MARIO ALBERTO PETRO REYES
Representante Legal CONSORCIO PUENTES DE CORDOBA
Matricula No. : 22202152753 COR

| SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE TUBO GEOTEXIL HYDROTUBE ENSAMBLADO CON GEOTEXTIL HYDROTEX 150, PERÍMETRO 9,0 M, ALTURA MÁXIMA 1,60 M | |
|---|---|
| **ESPECIFICACION PARTICULAR** | **NP2** |

## NP1.1 DESCRIPCION

Este trabajo comprende todos los trabajos necesarios para realizar el suministro e instalación de tubo geotexil hydrotube ensamblado con geotextil hydrotex 150, perímetro 9,0 m, altura máxima 1,60 m.
Los tubos de geotextil una vez llenos, actúan como elementos de control y protección costera y ribereña en puntos críticos.

## NP1.2 MATERIALES

El Contratista, deberá suministrar los tubos geotexil hydrotube necesarios para la correcta ejecución de los trabajos, de acuerdo a los diseños.

De acuerdo a los diseños se realizará el relleno con material seleccionado.

## NP1.3 EQUIPOS

El equipo necesario para la ejecución de esta actividad, deberá ser compatible con los procedimientos de ejecución adoptados, teniendo en cuenta que su capacidad y eficiencia se ajuste al programa de ejecución de los trabajos y al cumplimiento de las exigencias de la presente especificación.

Retroexcavadora sobre oruga, potencia 138 HP, balde de 1,5 m3 para llenado de tolva.

## NP1.4 MANO DE OBRA

Se requiere de mano de obra para la instalación, amarre y llenado de los tubos geotextil hidrotex.

## NP1.5 EJECUCION DE LOS TRABAJOS

***Fundación del tubo geotextil***
La superficie para fundación del tubo geotextil debe ser tersa y libre de salientes que puedan dañar el geotextil. Los tallos ó troncos de árboles, raíces, ramas y otros elementos presentes en la superficie de fundación deben retirarse en una franja de por lo menos 6 m a cada lado del corredor del tubo geotextil. Materiales de fundación blandos ó inadecuados deben retirarse ó estabilizarse.
***Alineamiento del tubo***
Los tubos utilizados en aplicaciones costeras ó ribereñas normalmente requieren alinearse a más ó menos 600 mm de la línea base ó eje. El alineamiento puede realizarse mediante cunas excavadas, correas

atirantadas ó contrafuertes. Los tubos llenados deben tener una altura efectiva de ±150 mm de la altura especificada. La altura efectiva se define como la altura entre la cota de fundación del tubo geotextil y la cota clave promedio del tubo lleno, medida cada 7 m a lo largo del tubo geotextil, entre puertos de llenado. Cualquier subsidencia en la cota clave del tubo geotextil debe corregirse mediante llenado adicional o, si el tubo se ha deteriorado, mediante el reemplazo del tubo. El llenado de los tubos a un nivel por encima de la altura recomendada puede ocasionar la falla durante la construcción.
Para la manipulación del tubo geotextil no se podrán utilizar ganchos, tenazas u otros elementos afilados.

***Anclaje del tubo***

El tubo geotextil deberán extenderse a lo largo del alineamiento y asegurarse en el sitio tanto como sea necesario para asegurar el correcto alineamiento luego del llenado. Ningún segmento ó tramo del tubo podrá llenarse hasta tanto la totalidad de este se encuentre completamente anclada al suelo y esté correctamente alineado y atirantado. La máxima desviación del tubo geotextil de su alineamiento longitudinal no debe superar los 600 mm.

**Traslapos del tubo geotextil**

Los tubos deben traslaparse en sus extremos finales ó apoyarse uno con otro de manera que no queden espacios entre ellos, a menos que estos se indiquen en los planos de construcción. La altura efectiva del tubo geotextil en la zona de traslapo es típicamente el 80% de la altura especificada, lo cual debe considerarse desde el punto de vista operativo de la estructura.

**Llenado del tubo**

Luego de completar el extendido y anclaje del tubo geotextil, debe realizarse el llenado con el material estipulado en el diseño.

## NP1.6 CONDICIONES PARA EL RECIBO DE LOS TRABAJOS

El Interventor aceptará el trabajo realizado donde las dimensiones y los lineamientos se ajusten a los requerimientos del proyecto y cuyos materiales y procedimientos de ejecución se realicen según lo prescrito en esta especificación.

## NP1.7 UNIDAD DE MEDIDA.

Los trabajos ejecutados en esta especificación, serán medidos por metro lineal (ml), luego de los tubos geotexil hydrotube, están ubicados y debidamente llenados.

## NP1.8 FORMA DE PAGO.

El pago se debe realizar al precio unitario del contrato por toda obra ejecutada de acuerdo con esta especificación y aceptada por el interventor.

**NP1.8 ÍTEM DE PAGO**

| ITEM | DESCRIPCIÓN | UNIDAD |
|---|---|---|
| NP2 | SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE TUBO GEOTEXIL HYDROTUBE ENSAMBLADO CON GEOTEXTIL HYDROTEX 150, PERÍMETRO 9,0 M, ALTURA MÁXIMA 1,60 M | ml |

Cordialmente,



**Mario Alberto Petro Reyes**
**C. C. 73.203.584**
**Representante Legal**
**Consorcio Puentes de Córdoba**

SERTEC

SERVICIOS TÉCNICOS EN INGENIERÍA LTDA.

EUCLID CHEMICAL
TOXEMENT

Distribuidor Autorizado

**CALLE 19D No 43A - 20 Tel: 7 297351 Celular 311 769 3916 - 311 169 9390 San Juan de Pasto**

FECHA: **10 de mayo 2024**

SEÑORES: **CONSORCIO PUENTES DE CORDOBA** **NIT:901627711**

REF: **Mario Petro**

CIUDAD: **Montería**

| Código | Cantidad | Unidad | Descripción | Valor Unitario | Dto % | Valor Neto | IVA | Valor Total + IVA |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 2.080,5 | M2 | COLCHACRETO ARTICULADO 5.10 | 39.875 | | 82.959.937 | 15.762.388 | $ 98.722.325 |
| 2 | 3.590,5 | M2 | GEOTEXTIL HYDROTEX H95 | 21.650 | | 77.734.325 | 14.769.522 | $ 92.503.847 |
| 3 | 240 | ML | HYDROTUBE 150 H | 268.790 | | 64.509.600 | 12.256.824 | $ 75.766.424 |

**TOTAL $ 266.992.596**

**LUIS CARLOS RENDON CORDOBA**

Activa

**GEOMATRIX S.A.S.**
NIT 800.021.390-1 IVA RÉGIMEN COMÚN
Calle 15 No. 72 - 72
BOGOTÁ D. C. COLOMBIA
Teléfono: 57 (601) 4249999
Servicio al cliente: 57 (601) 4249996
servicioalcliente@geomatrix.com.co
www.geomatrix.co

**COTIZACIÓN PROFORMA No.** COT-63721-UXCZ

| **FECHA:** | 16/04/2024 |
|---|---|

| | | | |
|---|---|---|---|
| **EMPRESA:** | CONSORCIO PUENTES DE CORDOBA | **NIT/RUC:** | 901627711 |
| **CONTACTO:** | MARIO PETRO | **CELULAR:** | 3103638103 |
| **TELÉFONO:** | 6047948214 | **CORREO:** | consorciopuentesdecordoba2022@gmail.com |
| **DIRECCIÓN:** | CALLE 32 No 15 - 52 BARRIO EL EDEN | **CIUDAD:** | Montería |

En atención a su solicitud relacionamos los precios y condiciones para el suministro de materiales:

| DESCRIPCIÓN DEL MATERIAL | CANTIDAD | UNIDAD | VALOR UNITARIO ($) | VALOR TOTAL ($) |
|---|---|---|---|---|
| HYDROTUBE H150 /2<br><br>Ancho(m): 1,00<br>TuboGeotextil | 240,00 | m | $ 250.460,00 | $ 60.110.400,00 |
| COLCHACRETO ARTICULADO 1300 /5.10m<br>Ancho(m): 5,10<br>FormaletaTextil<br><br>Dimensiones Rollo<br>Ancho: 5.10 m<br>Largo: 40 m | 2.080,50 | m2 | $ 38.500,00 | $ 80.099.250,00 |
| GEOTEXTIL HYDROTEX 95 (G) 5.00m<br>Ancho(m): 5,00<br>GeotextilesTejidos | 3.590,50 | m2 | $ 20.500,00 | $ 73.605.250,00 |

| | | | |
|---|---|---|---|
| **SON:** | DOSCIENTOS CINCUENTA Y CUATRO MILLONES CUATROCIENTOS TREINTA Y NUEVE MIL SETECIENTOS TREINTA Y UNO | **TOTAL:** | $ 213.814.900,00 |
| | | **I.V.A:** | $ 40.624.831,00 |
| | | **TOTAL CON I.V.A:** | $ 254.439.731,00 |

**OBSERVACIONES:**

Forma de pago: Anticipado

Jesus Antonio Navarro Cuentas
Asesor Especialista Geosintéticos
Barranquilla, Colombia
Tel: 6014249999 Ext 3380
Cel: 57 3043325525
janavarro@geomatrix.com.co

Activa

**GEOMATRIX S.A.S.**
NIT 800.021.390-1 IVA RÉGIMEN COMÚN
Calle 15 No. 72 - 72
BOGOTÁ D. C. COLOMBIA
Teléfono: 57 (601) 4249999
Servicio al cliente: 57 (601) 4249996
servicioalcliente@geomatrix.com.co
www.geomatrix.co

Formalización del pedido: orden de compra dirigida a GEOMATRIX S.A.S. NIT: 800021390-1.
Disponibilidad: de acuerdo a verificación de inventario.
Vigencia de la oferta: 30

NOTA: Somos Grandes Contribuyentes, somos régimen común.
Favor no efectuar retención a título de renta, somos autoretenedores en el impuesto de renta y complementarios Resolución DIAN No. 007241 de 2009/07/10.
Favor no efectuar retención a título de impuesto sobre las ventas, somos agentes de retención del impuesto sobre las ventas Resolución DIAN No. 008207 de 2009/08/04, la cual entra en vigencia a partir del 1 de Septiembre de 2009.

Si efectúa pago por consignación bancaria hacerlo a nombre de Geomatrix S.A. NIT. 800.021.390-1 en:
Davivienda Cuenta de Ahorros No. 007200654270
Bancolombia Cuenta Corriente No. 03135192667
Favor enviar consignación al Fax: 57 (1) 4110980

**GEOMATRIX S.A.S. se reserva el derecho de cobrar intereses de mora, si el pago se hace después de la factura.**

Jesus Antonio Navarro Cuentas
Asesor Especialista Geosintéticos
Barranquilla, Colombia
Tel: 6014249999 Ext 3380
Cel: 57 3043325525
janavarro@geomatrix.com.co

**Mayo 16 de 2024**

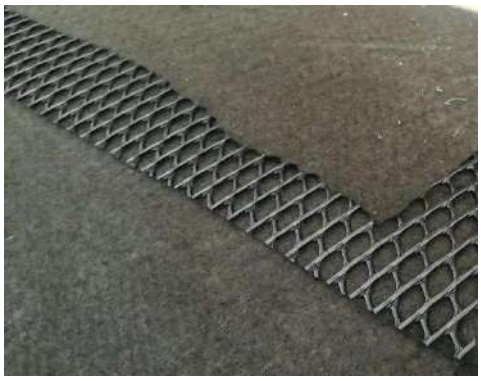
CONSORCIO PUENTES DE CORDOBA

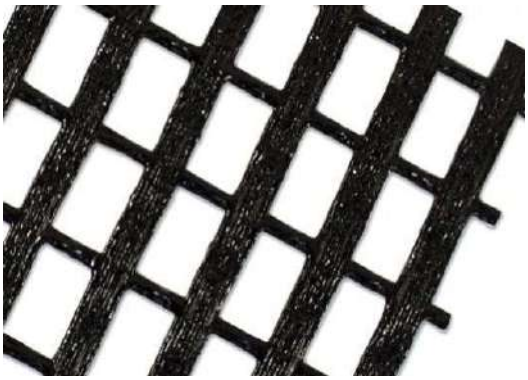
**QTE -10407-16-05-2024**

# ALCANCE
## *Scope*

Suministro de geosinteticos para el proyecto que tiene a su cargo. Los materiales suministrados por TRECK COLOMBIA, cumplen con políticas de calidad y pruebas de laboratorio bajo estándares internacionales.

## TRECKDREN
*Geodren planar , vial y tubería de drenaje*





## TRECKGRID
*Geomallas Biaxiales y Uniaxiales*

## TRECKTEX
*Geotextiles tejidos y no tejidos*



# PRECIOS
*Prices*

| Referencia | Detalle | Unidad | Cantidad | Valor Unitario | Valor Total |
|---|---|---|---|---|---|
| | TreckTube H150 | m | 240,00 | $ 375.690,00 | $ 90.165.600,00 |
| | Colchacreto Articulado | m2 | 2.080,50 | $ 57.750,00 | $ 120.148.875,00 |
| | Manto Antisocavacion H95 | m2 | 3.590,50 | $ 30.750,00 | $ 110.407.875,00 |
| | | | | | $ 320.722.350,00 |
| | | **IVA** | | **19%** | $ 60.937.246,50 |
| | | **Total** | | | $ 381.659.596,50 |

# Entrega
*Delivery*

Confirmado según programación de obra y/o disponibilidad de material en bodega. Por confirmación con el asesor del proyecto.

# FORMA DE PAGO
*Way to pay*

**Suministro:** ANTICIPADO

El pago de facturas generadas por los suministros únicamente se recibiría en cheque o transferencia indicadas en este documento.

- **BANCOLOMBIA –** Cuenta de ahorros 743-000010-77

A nombre de **TRECK COLOMBIA SAS** identificada con **NIT 901.506.451-4**

# VALIDEZ
*Validity*

La presente cotización tiene validez de 15 días calendario después de la fecha de envió y/o disponibilidad de inventario

# Cordialmente
*Regards*

**Felipe Gutiérrez**
+57 314 705 6944
**Ing Técnico comercial**
comercial@treck.com.co
Calle 69 bis a #68f 20
Bogota, Colombia
Treck Colombia S.A.S

# ESTUDIO HIDROLÓGICO E HIDRÁULICO PARA LA CONSTRUCCIÓN DE UN PUENTE VEHICULAR SOBRE LA QUEBRADA SEVERINERA EN LA VÍA QUE COMUNICA A LOS MUNICIPIO DE PLANETA RICA Y TIERRALTA, DEPARTAMENTO DE CÓRDOBA.

## CONSTRUCCIÓN DE UN PUENTE VEHICULAR SOBRE LA QUEBRADA SEVERINERA EN LA VÍA QUE COMUNICA A LOS MUNICIPIO DE PLANETA RICA Y TIERRALTA, DEPARTAMENTO DE CÓRDOBA

Contratista:

CONSORCIO PUENTES DE CÓRDOBA

Contratante:

Consultor:
JUAN FRANCISCO DURANGO GRISALES
**Ingeniero Civil**
**MSc. Recursos Hídricos**

**OCTUBRE DE 2024**

# CONTENIDO

1.1.1 ÍNDICE DE FIGURAS ..... IV
2.1.1 ÍNDICE DE TABLAS ..... VII
1. GENERALIDADES ..... 1
2. ALCANCE ..... 2
3. CÓDIGOS Y NORMATIVIDAD APLICABLE ..... 3
4. OBJETIVOS ..... 4
4.1 OBJETIVOS ESPECÍFICOS ..... 4
5. CUENCA QUEBRADA SEVERINERA ..... 4
5.1 CARACTERÍSTICAS MORFOMÉTRICAS ..... 4
5.2 ÁREA DE DRENAJE (A) ..... 5
5.3 PENDIENTE MEDIA DEL CAUCE ..... 7
5.4 CARACTERIZACIÓN MORFOMÉTRICA ..... 9
5.5 CARACTERIZACIÓN DEL RELIEVE ..... 11
5.6 CARACTERIZACIÓN DE LA RED DE DRENAJE ..... 11
5.7 PERÍODO DE RETORNO DE DISEÑO (Tr) ..... 13
5.8 COEFICIENTE DE ESCORRENTÍA (C) ..... 14
5.9 TIEMPO DE CONCENTRACIÓN (Tc) ..... 15
6. ANÁLISIS HIDROLÓGICO ..... 18
6.1 PRECIPITACIÓN ..... 18
6.2 VALIDACIÓN ESTADÍSTICA ..... 21
6.2.1 DATOS FALTANTES ..... 21
6.3 ANÁLISIS DE DOBLE MASA ..... 21
6.4 MÓDULO PLUVIOMÉTRICO ..... 24
6.5 PRECIPITACIONES ANUALES ..... 25

6.6 VARIABILIDAD TEMPORAL. ..... 28
6.7 PRECIPITACIÓN MEDIA MENSUAL ..... 29
6.8 VARIABILIDAD TEMPORAL ..... 30
6.9 ANÁLISIS DE FRECUENCIA: PRECIPITACIÓN ..... 30
6.9.1 ANÁLISIS DE DISTRIBUCIÓN DE AVENIDAS MÁXIMAS ..... 33
6.9.2 DISTRIBUCIÓN GUMBEL ..... 33
6.9.3 DISTRIBUCIÓN DE PROBABILIDAD PEARSON TIPO III ..... 35
6.9.4 DISTRIBUCIÓN DE PROBABILIDAD LOG PEARSON TIPO III ..... 36
6.9.5 DISTRIBUCIÓN NORMAL ..... 38
6.9.6 DISTRIBUCIÓN LOG-NORMAL DE 3 PARÁMETROS ..... 38
6.10 CRITERIO DE INFORMACIÓN DE AKAIKE ..... 40
7. CAUDALES Y ESCORRENTÍA ..... 43
7.1 ESTIMACIÓN DE CAUDAL POR EL MÉTODO RACIONAL ..... 43
7.2 INTENSIDAD DE DISEÑO ..... 45
7.3 HIETOGRAMA DE DISEÑO ..... 48
7.4 ESTIMACIÓN DE CAUDAL POR EL MÉTODO DEL HIDROGRAMA UNITARIO DEL SCS. ..... 50
7.4.1 NUMERO DE CURVA ..... 52
7.4.2 CÁLCULO DE CAUDALES DE APORTE POR EL MÉTODO DEL HIDROGRAMA UNITARIO DEL SCS ..... 55
8. CAUDAL DE DISEÑO ..... 57
8.1 COEFICIENTE DE MANNING (n) ..... 58
9. MODELO HIDRÁULICO ..... 65
9.1 DISEÑO HIDRÁULICO DEL PUENTE ..... 65
9.2 NIVEL DE AGUAS MÁXIMO ..... 68
10. CONTROL DE EROSIÓN ..... 80

11. ANÁLISIS DE LAS VELOCIDADES MÁXIMAS PERMISIBLES SEGÚN EL MATERIAL DE LA SOLUCIÓN PROPUESTA. ..... 83
12. SOCAVACIÓN DEL CAUCE ..... 84
12.1 SOCAVACIÓN GENERAL A LARGO PLAZO ..... 87
12.2 SOCAVACIÓN GENERAL POR CONTRACCIÓN ..... 87
12.3 RESULTADOS DEL CÁLCULO DE SOCAVACIÓN ..... 89
13. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES ..... 93
14. REFERENCIAS ..... 95

### 1.1.1 ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Localización del proyecto, quebrada Severinera. Fuente: SIG (2024). .... 2
Figura 2: Orden de las corrientes de la red de drenaje de la cuenca de la quebrada Severinera (Colombia) modelada utilizando el SIG. Fuente: Elaboración propia (2024). ..... 7
Figura 3: Mapa de distribución de pendientes de la cuenca hidrográfica de la quebrada Severinera, Colombia. Fuente: Elaboración propia (2024). ..... 8
Figura 4: Estimación de Lag Time. Fuente: HEC HMS (2024). ..... 18
Figura 5: Polígonos de Thiessen de estaciones cercanas a la cuenca de la quebrada Severinera. Fuente: Elaborado en SIG (2024). ..... 19
Figura 6: Localización de estaciones climatológicas. Fuente: Catalogo Nacional de estaciones de IDEAM (2024)..... 20
Figura 7: Curva masa de la estación SAN FRANCISCO. Fuente: Elaboración propia (2024). ..... 23
Figura 8: Histograma de precipitaciones totales anuales, estación SAN FRANCISCO. Fuente: Elaboración propia (2024). ..... 29
Figura 9: Precipitaciones mensuales multianuales, estación SAN FRANCISCO. Fuente: Elaboración propia (2024). ..... 29
Figura 10:Ajustes de distribución de probabilidad, estación SAN FRANCISCO. Fuente: Elaboración propia (2024). ..... 32
Figura 11: Histograma de frecuencias estación SAN FRANCISCO. Fuente: Elaboración propia (2024).} ..... 33
Figura 12: Probabilidad de ajuste tipo Gumbell. Fuente: Elaboración en HyFranPlus (2024). ..... 35
Figura 13: Probabilidad de ajuste tipo Pearson Type 3. Fuente: Elaboración en HyFranPlus (2024). ..... 36
Figura 14: Probabilidad de ajuste tipo LogPearson Type 3. Fuente: Elaboración en HyFranPlus (2024). ..... 37
Figura 15: Probabilidad de ajuste tipo GEV. Fuente: Elaboración en HyFranPlus (2024). ..... 39
Figura 16: Probabilidad de ajuste tipo LOG Normal. Fuente: Elaboración en

HyFranPlus (2024). ..... 39
Figura 17: Probabilidad de ajuste tipo Gamma. Fuente: Elaboración en HyFranPlus (2024). ..... 40
Figura 18: Comparación grafica de funciones de distribución de probabilidad. Fuente: Elaboración propia (2024). ..... 42
Figura 19: Curvas INTENSIDAD – DURACIÓN – FRECUENCIA de la estación SAN FRANCISCO. Fuente: Elaboración propia (2024). ..... 48
Figura 20: Hietograma de diseño por bloques alternos Tr 50 Años. Fuente: Elaboración propia (2024). ..... 50
Figura 21: Valores del número de curva para zonas urbanas. ..... 53
Figura 22: Valores del número de curva para zonas urbanas. Fuente: Hidrología e hidráulica Aplicada. Bernardo Díaz. ..... 53
Figura 23: Modelo hidrológico lluvia-escorrentía en HEC-HMS. Fuente: Elaboración propia (2024). ..... 56
Figura 24: Hidrograma unitario - SCS para Tr 50 años. Fuente: Elaborado en HECHS (2024). ..... 57
Figura 25: Topo-batimetría de la quebrada Severinera. Fuente: Equipo de topografía (2024). ..... 67
Figura 26: Geometría de la quebrada Severinera. Fuente: Elaborado con HEC-RAS (2024). ..... 68
Figura 27: Modelación de flujo en las secciones de la quebrada Severinera. Fuente: Elaboración con HEC-RAS (2024). ..... 69
Figura 28: Sección hidráulico de puente con estribos. Fuente: Elaborado en HECRAS (2024). ..... 72
Figura 29: Sección hidráulica de puente AGUAS ABAJO. Fuente: Elaborado en HEC RAS (2024)..... 73
Figura 30: Modelación de velocidad en las secciones de la quebrada Severinera con puente propuesto. Fuente: Elaboración con HEC-RAS (2024). ..... 75
Figura 31: Perfil hidráulico de la quebrada Severinera con puente. Fuente: Elaborado en HEC RAS (2024). ..... 76
Figura 32: Distribución de velocidades en el tramo analizado de la quebrada

Severinera con puente propuesto. Fuente: Elaborado en HEC RAS (2024). ..... 77
Figura 33: Distribución de velocidades en sección K0+210 del puente. Fuente: e: Elaborado en HEC RAS (2024). ..... 78
Figura 34: Representación esquemática de la evolución en el tiempo de la socavación en una pila de puente, para condiciones de aguas claras y lecho vivo. Fuente: FHWA, (2001). ..... 86
Figura 35: Ecuaciones para el cálculo de la socavación general a largo plazo en cauces naturales. Fuente: Toapaxi (2015). ..... 89
Figura 36: Ecuaciones recomendadas para el cálculo de la socavación local en estrechamientos. Fuente: Toapaxi (2015). ..... 89
Figura 37: Ecuaciones recomendadas para el cálculo de la socavación local en estribos. Fuente: Toapaxi (2015)..... 90
Figura 38 : Diseño estructural de puente. Fuente: Equipo estructural (2024). ..... 93

### 2.1.1 ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Características de la cuenca de acuerdo con el coeficiente de compacidad. Fuente. GÁMEZ MORALES, William. Texto básico de hidrología (Gámez Morales, 2009). ..... 10
Tabla 2: Características morfométricas de la cuenca Severinera. Fuente: Elaboración propia (2024). ..... 12
Tabla 3: Periodos de retorno especificados por el INVIAS para obras de drenaje. Fuente: INVIAS (2009). ..... 13
Tabla 4: Coeficiente de Escorrentía. Fuente: Manual de drenaje para carreteras, INVIAS (2011). ..... 14
Tabla 5: Estimación del tiempo de concentración para la cuenca Severinera. Fuente: Elaboración propia (2024). ..... 17
Tabla 6: Datos de estación SAN FRANCISCO. Fuente: Catalogo Nacional de estaciones de IDEAM (2024)..... 20
Tabla 7: Análisis de doble masa. Fuente: Elaboración propia (2024). ..... 22
Tabla 8: Módulos pluviométricos de la zona. Fuente: Elaboración propia (2024). 24
Tabla 9: Comportamiento estadístico de la precipitación para la estación SAN FRANCISCO. Fuente: Elaboración propia (2024). ..... 25
Tabla 10: Análisis estadístico mensual multianual de la estación SAN FRANCISCO. Fuente: Elaboración propia (2024). ..... 27
Tabla 11: Probabilidades para precipitaciones máx en 24 h anuales estación SAN FRANCISCO. Fuente: Elaboración propia (2024). ..... 31
Tabla 12: Ajustes de distribución de probabilidad. Fuente: Elaboración propia (2024). ..... 41
Tabla 13: Prueba de criterio de información de Akaike. Fuente: Elaboración propia (2024). ..... 42
Tabla 14: Precitaciones máximas en 24 horas anual multianual. Fuente: Elaboración propia (2024). ..... 46
Tabla 15: Coeficientes para cálculo de curvas IDF sintéticas región Caribe. Fuente: Curvas IDF sintéticas Díaz-Granados ..... 47
Tabla 16: Intensidades estimadas para la estación SAN FRANCISCO. Fuente:

Elaboración propia (2024). ..... 47
Tabla 17: Hietograma de diseño asociado a la duración de la lluvia Tr 50 Años. Fuente: Elaboración propia (2024). ..... 49
Tabla 18: Condición hidrológica de los suelos. Fuente: Ven Te Chow (1995). ..... 54
Tabla 19: Valores del número de curva para zona del proyecto. Fuente: Elaboración propia (2024). ..... 55
Tabla 20: Corrección del número de curva. Fuente: Elaboración propia (2024). .. 55
Tabla 21: Análisis morfométrico para estimación de caudales en HMS para subcuenca. Fuente: Elaboración propia (2020). ..... 56
Tabla 22: Caudales obtenidos con HEC-HMS. Fuente: Elaboración propia (2024). ..... 57
Tabla 23: Cálculos de caudales utilizando ecuaciones del SCS. Fuente: Elaboración propia (2024). ..... 58
Tabla 24: Valores base para la n de Manning. Fuente: Arcement y Schneider (1989). ..... 61
Tabla 25: Valores de ajuste para la estimación de la n de Manning, Grado de irregularidad (n1). Fuente: Arcement y Schneider (1989). ..... 61
Tabla 26: Valores de ajuste para la estimación de la n de Manning, Variación en la sección transversal del cauce (n2). Fuente: Arcement y Schneider (1989). ..... 62
Tabla 27: Valores de ajuste para la estimación de la n de Manning, Efecto de obstrucciones (n3). Fuente: Arcement y Schneider (1989). ..... 62
Tabla 28: Valores de ajuste para la estimación de la n de Manning, Cantidad de vegetación (n4). Fuente: Arcement y Schneider (1989). ..... 62
Tabla 29: Valores de ajuste para la estimación de la n de Manning, Grado de sinuosidad (m). Fuente: Arcement y Schneider (1989). ..... 63
Tabla 30: Calculo del coeficiente de Manning según Cowan. Fuente: Elaboración propia (2024). ..... 63
Tabla 31: Resumen de parámetros del modelo de la quebrada Severinera en HEC-RAS. Fuente: Elaboración propia (2024). ..... 65
Tabla 32: Resultados de modelación hidráulica de flujo con puente. Fuente: Elaborado con HEC-RAS (2024). ..... 70

Tabla 33: Tabla 38: Resultados hidráulicos para sección de puente. Fuente: Elaborado en HECRAS (2024). ..... 71
Tabla 34: Evento y cota de inundación. Fuente: Elaboración propia (2024). ..... 78
Tabla 35: Resumen de parámetros geométricos de la propuesta de puente vehicular. Fuente: Elaboración propia (2024). ..... 79
Tabla 36: Resumen de resultados del modelo de la quebrada Severinera en HEC-RAS para secciones cercanas al eje propuesto. Fuente: Elaboración propia (2024). ..... 79
Tabla 37: Velocidades medias permisibles en suelos sueltos. Fuente. Hidrología e hidráulica, Ingeniero Bernardo Diaz. ..... 83
Tabla 38: Cálculos de socavación para sección propuesta. Fuente: Elaboración propia (2024). ..... 91

## 1. GENERALIDADES

De acuerdo con la solicitud presentada por el CONTRATISTA, se realizó el estudio hidrológico e hidráulico para analizar la construcción de un puente sobre la quebrada Severinera.

Actualmente sobre la quebrada Severinera existe un puente el cual colapso por la socavación de los estribos y del caudal que transporta la corriente, ocasionando que las comunidades aledañas queden incomunicadas y presentando alto riesgo para las zonas rurales circundantes.

Frente a tal situación se hace necesario la construcción de una obra hidráulica de mayor envergadura que garantice la comunicación de las comunidades y no se vea afectado frente a avenidas máximas recurrentes al estar presentes fenómenos de variabilidad climática como La Niña; bajo estos aspectos se propone la construcción de un puente de 30 m de luz que permita el transito correcto y evite ser destruido por un caudal súbito.

En este informe se incluyen todos los aspectos tomados en cuenta para la realización del estudio hidrológico, que implica el análisis hidroclimatológicos de la quebrada Severinera y la determinación de los niveles máximo de avenida en la zona del proyecto. Así mismo se evalúa la estructura propuesta mediante el software HEC-RAS, para determinar los niveles máximos que se generan a partir del caudal de diseño en el punto del proyecto, el cual se muestra en la Figura 1.

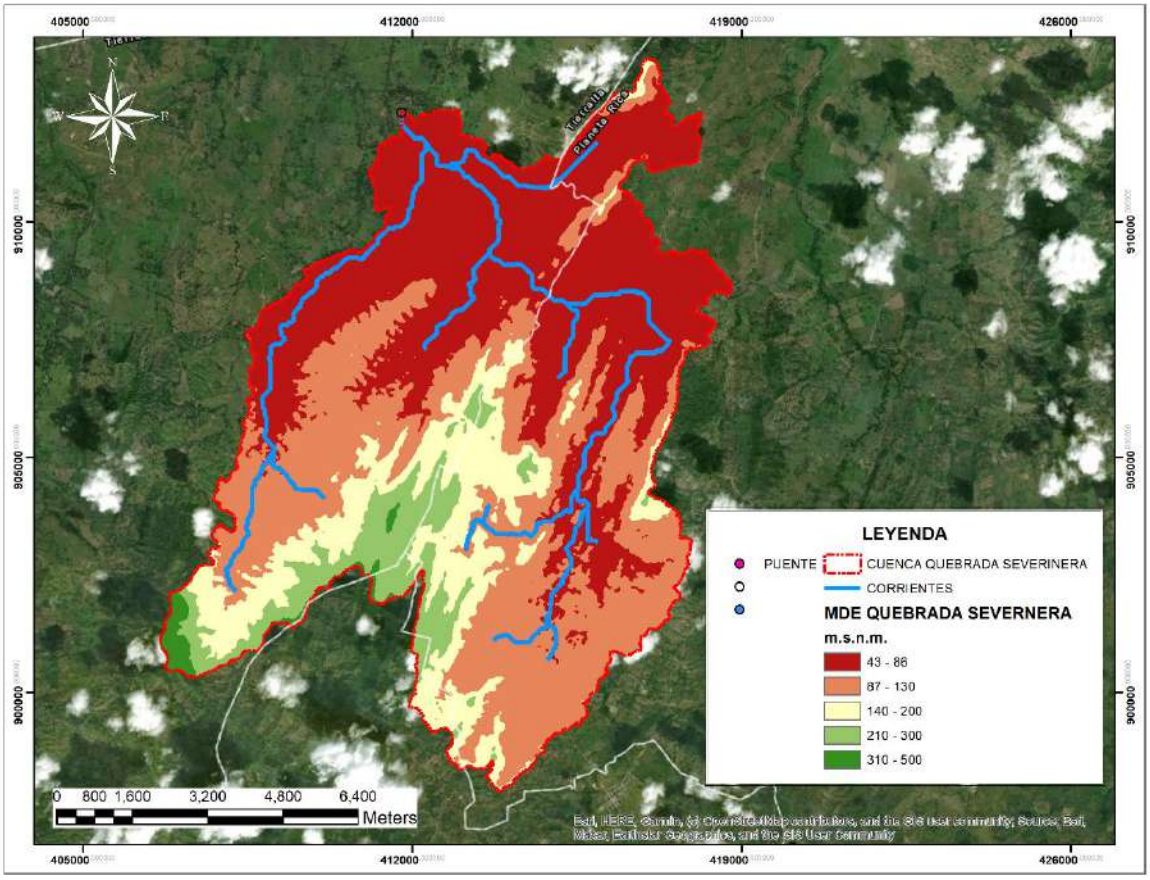



Figura 1: Localización del proyecto, quebrada Severinera. Fuente: SIG (2024).

## 2. ALCANCE

El alcance del proyecto es el siguiente.

- Revisar la información disponible referente a caudales que se presenta en la zona del proyecto para poder analizar los niveles de caudales en la quebrada Severinera que hacen parte de la zona de influencia del proyecto.
- Revisar los levantamientos topográficos y batimétricos que se realicen para poder implementar los modelos hidrológicos e hidráulicos.
- Realizar visitas de campo al sitio del proyecto para poder visualizar la problemática y revisar las condiciones actuales que se están presentando en los sitios donde se proyectan las obras.
- Realizar la estimación de los caudales máximos que se generan en cada

período de retorno evaluado.

- Se implementará un modelo hidráulico en el software HEC RAS, utilizando la información de caudales máximos encontrados mediante el estudio hidrológico y la información geométrica que se obtiene a partir del levantamiento topográfico y batimétrico. Este modelo permitirá conocer los datos básicos para el cálculo del nivel máximo de aguas extraordinarias, el perfil de velocidades.

## 3. CÓDIGOS Y NORMATIVIDAD APLICABLE

Los elementos considerados dentro del alcance del proyecto cumplirán con las normas vigentes, estándares de diseño, decretos y resoluciones legales nacionales que se listan a Continuación:

- INVIAS, MANUAL DE DRENAJE DE CARRETERAS
- US CORP ARMY
- FEDERAL ROADS – CANADÁ
- RAS 2000
- RESOLUCIÓN 0330 DE 2017
- MODELACIÓN HIDROLOGICA E HIDRÁULICA IDEAM

# 4. OBJETIVOS

## 4.1 OBJETIVO GENERAL

Realizar el estudio hidrológico e hidráulico para determinar las velocidades y los caudales máximos en los puntos críticos en el sector QUEBRADA SEVERINERA, municipio de Tierralta, Departamento de Córdoba, utilizando la información de estaciones pluviométricas, de topografía y morfológica, de tal manera que el caudal calculado para el período de retorno de diseño no sufra ningún riesgo ni afectación a la estabilidad.

## 4.1 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Realizar el análisis hidrológico de la zona de acuerdo con las series de precipitaciones para diferentes estaciones cercanas al proyecto.
- Estimar los caudales de la quebrada Severinera para diferentes periodos de retorno de acuerdo con la información de las series históricas de la estación pluviométrica más cercana.
- Realizar la modelación hidráulica del tramo del afluente en condiciones actuales, evaluada para diferentes caudales.
- Estimar los niveles máximos de aguas para los periodos de retorno seleccionada para la estructura del puente.

# 5. CUENCA QUEBRADA SEVERINERA

## 5.1 CARACTERÍSTICAS MORFOMÉTRICAS

Para modelación de la cuenca de la quebrada Severinera realizada mediante el SIG se utilizó un umbral de 5 km2, se realizaron correcciones manuales con el fin de unir las corrientes del mismo orden que tuvieran nodos separados, obteniendo un total de 1 cursos de agua con 4 ramificaciones.

## 5.2 ÁREA DE DRENAJE (A)

Una cuenca hidrográfica es el área de aguas superficiales o subterráneas que vierten a una red natural con una o varias corrientes superficiales, de caudal continuo o intermitente, que confluyen en un curso mayor, que a su vez puede desembocar en un río principal, en un depósito natural de aguas, en un pantano o directamente en el mar.

Las áreas de drenaje para cada una de las estructuras fueron delimitadas utilizando un sistema de información geográfico teniendo como insumo principal los archivos “shapes” para construir los modelos de elevación digital. La técnica que se utilizó fue la de encontrar las divisorias de agua teniendo como base los puntos demarcados en las abscisas sobre la vía.

El área de drenaje corresponde a la superficie delimitada por la divisoria de aguas de la zona de estudio. Las áreas se determinaron por medio de Google Earth y el sistema de información geográfica (SIG), las cuales contribuyen a los sistemas que se están diseñando. Con el fin de delimitar las áreas contribuyentes a la escorrentía superficial para cada vía se realizó el trazado de las áreas aferentes de cada una. Las áreas de drenaje corresponden a pequeños cultivos y canales artesanales construidos por la comunidad aledaña.

El área de drenaje está definida por una divisoria o parte aguas estructurada topográficamente en donde las gotas de lluvia que caen sobre ella tienden a ser drenadas, por uno o varios cursos de agua interconectados entre sí, hacia un único punto de salida.

Para realizar el modelamiento hidrológico fue necesario evaluar y determinar las corrientes que aportan a la condición de flujo de la cuenca a modelar, por lo que fue fundamental realizar un estudio hidrológico y una modelación de la zona de estudio que involucró a todas las corrientes a portantes a la escorrentía del sector, con la herramienta de hidrología que nos proporciona el sistema de información

geográfica y el cual nos permite identificar variables hidrológicas como: Los drenajes, la dirección del flujo, la acumulación del flujo, la delimitación de la cuenca y subcuencas y la clasificación del drenaje de acuerdo con su orden.

Los parámetros de la cuenca se determinaron con el siguiente procedimiento:

- Se identificaron las coordenadas del sitio de construcción, con el fin de delimitar la parte de la cuenca que drena hacia ese punto.
- Se procedió a conseguir los archivos tipo “shape” de cuerpos de un área amplia en donde pudiera estar comprendida la cuenca. Esto para poder procesar la información en un sistema de información geográfica, de curvas de nivel a modelo digital de elevación.
- Se montó el archivo “shape”, se generó el modelo ráster y se efectuó el modelo digital de elevación DEM.

Se logro determinar que el área de la cuenca es de 22.57 km2 y que presenta orden 3 con un patrón de drenaje dendrítico, es decir, se caracteriza por tener una distribución similar a un árbol con ramificaciones de afluentes en muchas direcciones y con ángulos variables (Singh et al., 2013). En la figura siguiente se presenta la delimitación del área de la cuenca utilizando el modelo digital de elevaciones del IGAC (2018), el cual posee una resolución de 12.5x12.5 m (se anexa documentación de MDE).

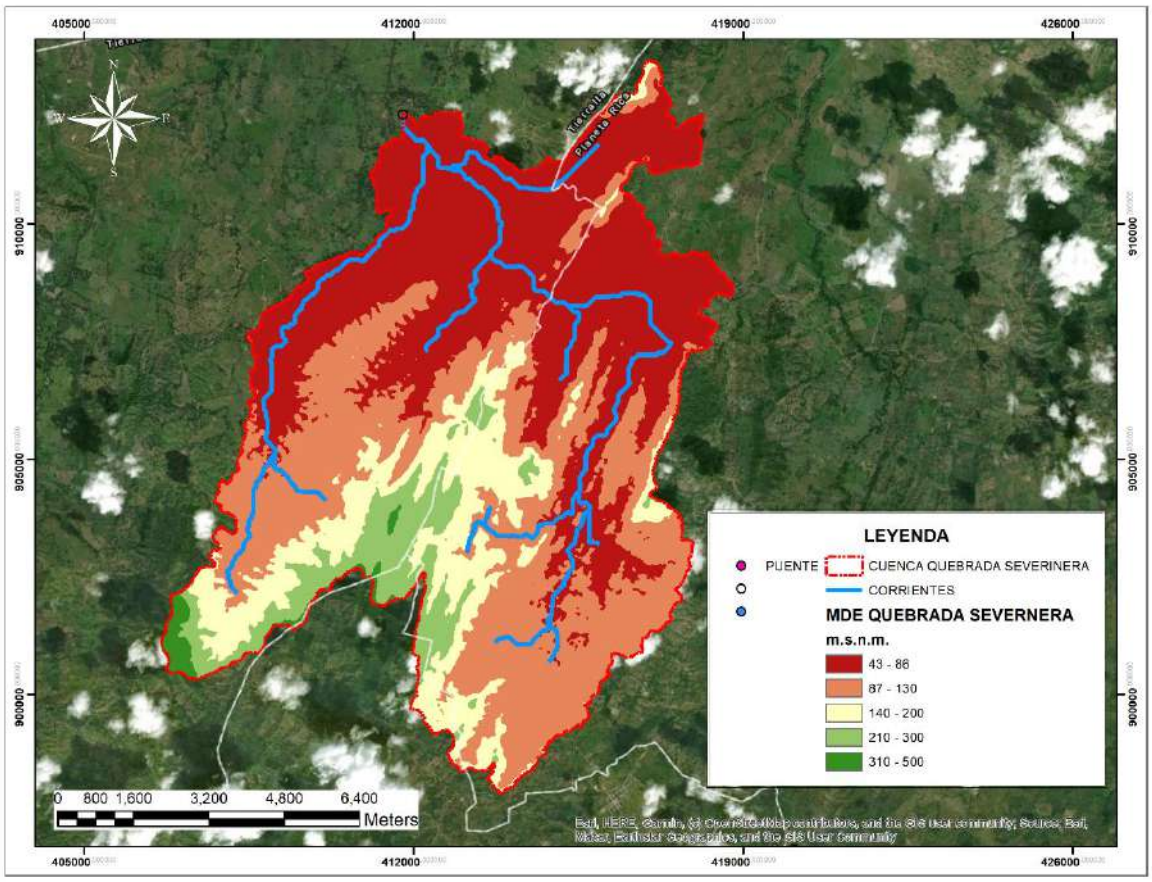



Figura 2: Orden de las corrientes de la red de drenaje de la cuenca de la quebrada Severinera (Colombia) modelada utilizando el SIG. Fuente: Elaboración propia (2024).

## 5.3 PENDIENTE MEDIA DEL CAUCE

Para la determinación de la pendiente media del cauce se empleó la metodología de Taylor y Schwarz, por medio de una muestra estadística de las pendientes normales a las curvas de nivel de las secciones escogidas.

$$S = \left[ \frac{L}{\sum \frac{Li}{\sqrt{Si}}} \right]^2$$

Donde,

S. pendiente ponderada del cauce en (m/m).

L. Longitud del cauce en (m)

li. Longitud de cada tramo.

si. Pendiente de cada subtramo.

En la Figura 3 se aprecia la distribución de pendientes de la cuenca de la quebrada Severinera, a partir de esta información se calcula la pendiente media del cauce y se compara con la estimación mediante la diferencia de cotas y la longitud del cauce principal.

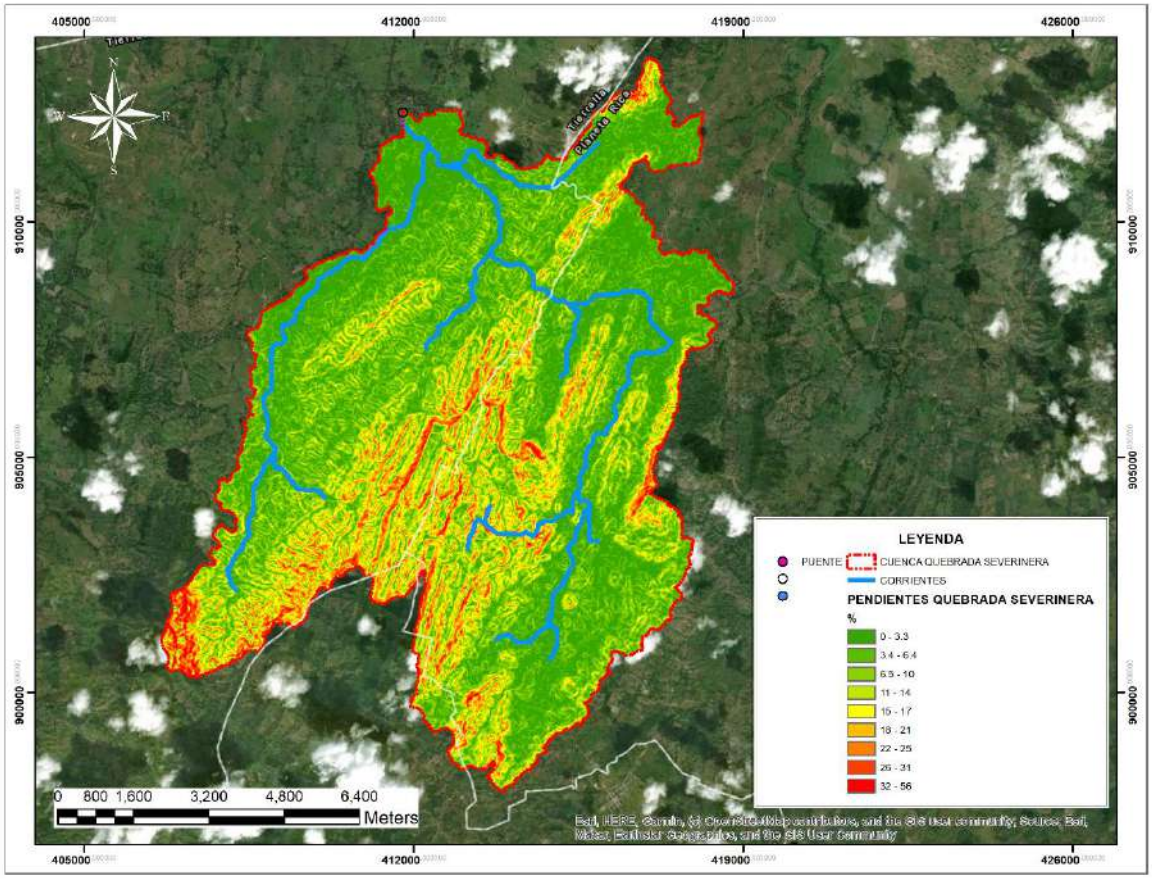



Figura 3: Mapa de distribución de pendientes de la cuenca hidrográfica de la quebrada Severinera, Colombia. Fuente: Elaboración propia (2024).

## 5.4 CARACTERIZACIÓN MORFOMÉTRICA

En hidrología, la morfometría hace referencia al análisis cuantitativo de la forma de una cuenca hidrográfica. Para el análisis morfométrico de la zona de estudio se usó, como información base, la cartografía básica a escala 1:25000 disponible en medio digital en los servidores del Instituto Geográfico Agustín Codazzi. Anexo a este informe se entrega una carpeta en la cual se encuentra los archivos extraídos para la zona de estudio.

La forma de la cuenca es importante porque se relaciona con el tiempo de concentración, el cual es el tiempo necesario, desde el inicio de la precipitación, para que toda la cuenca contribuya a la sección de la corriente en estudio, o, en otras palabras, el tiempo que toma el agua desde los limites más extremos de la cuenca hasta llegar a la salida de esta (Monsalve Saenz, 1999). En los siguientes apartados, se definen los parámetros que determinan la forma de cada subcuenca y que fueron evaluados en este estudio.

- Parteaguas. Conocido también como divisoria de aguas, se designa como la línea que separa las precipitaciones que caen en cuencas hidrográficas inmediatamente vecinas, y que encaminan la escorrentía resultante para uno u otro sistema fluvial (Monsalve Saenz, 1999).
- Área A. Se define como la proyección horizontal de la superficie de drenaje que va dirigida a un cauce y que está delimitada por la divisoria de aguas o parteaguas (Monsalve Saenz, 1999).
- Perímetro P. Es la longitud sobre el plano horizontal, que recorre la línea divisoria de aguas, dicho de otro modo, corresponde a la longitud del polígono cuya proyección horizontal, contiene el área de la cuenca hidrográfica.
- Coeficiente de Compacidad Kc**.** Se obtiene a partir de la siguiente expresión.

$$K_c = \frac{P}{2\pi\sqrt{A/\pi}}$$

Donde $P$ es el perímetro de la cuenca [Km], $A$ es el área de drenaje de la cuenca [Km$^2$].

Cuanto más irregular sea la cuenca mayor será su coeficiente de compacidad. Una cuenca circular posee el coeficiente mínimo, igual a uno. Hay mayor tendencia a las crecientes en la medida en que este número sea próximo a la unidad.

Tabla 1: Características de la cuenca de acuerdo con el coeficiente de compacidad. Fuente. GÁMEZ MORALES, William. Texto básico de hidrología (Gámez Morales, 2009).

| Valores de Kc | Forma |
|---|---|
| 1.00 - 1.25 | Redonda a oval redonda |
| 1.25 - 1.50 | Oval redonda a oval oblonga |
| 1.50 -1.75 | Oval oblonga a rectangular oblonga |

- Factor de forma Kf. Se determina a partir del cociente entre el área de la cuenca A**,** y el cuadrado de la longitud hidráulica de la cuenca hidrográfica.

$$K_f = \frac{A}{L_m^2}$$

Donde $A$ es el área de drenaje de la cuenca [Km$^2$]. $L_m$ es la longitud hidráulica o curso de agua más largo de la cuenca hidrográfica [Km]. Si $K_f$ > 1 la cuenca es achatada y tiende a formar fácilmente grandes crecidas; un $K_f$ < 1 indica que la cuenca es alargada, menos sujeta a crecientes que una de la misma área y mayor factor de forma; por otro lado, si $K_f$ = 1 la cuenca tiene forma de un cuadrado (Monsalve Saenz, 1999).

## 5.5 CARACTERIZACIÓN DEL RELIEVE

En cuanto al relieve de una hoya hidrográfica, se pueden definir varios parámetros topográficos que controlan la velocidad con que se da la escorrentía superficial y por lo tanto el tiempo de concentración. A continuación, se definirán estas características.

- Pendiente media. Es el valor medio del declive del terreno y la inclinación, respecto a la horizontal, de la vertiente sobre la cual se ubica la hoya. Constituye una característica importante, puesto que condiciona la velocidad del escurrimiento superficial y subterráneo en la hoya hidrográfica (Gámez Morales, 2009).
- Elevación Media. Esta es una característica que está relacionada con la temperatura y la precipitación, a su vez la variación de la temperatura influye en la variación de pérdidas de agua por evaporación, por esta razón en hidrología se utiliza como parámetro representativo (Gámez Morales, 2009).

## 5.6 CARACTERIZACIÓN DE LA RED DE DRENAJE

La red de drenaje se puede definir como la trayectoria, disposición o arreglo de los cauces y lechos por donde de manera superficial y aparente corre el agua excedente, producto de la precipitación hacia un depósito natural o artificial (Gámez Morales, 2009).

- Cauce principal**.** Es la corriente que pasa por la salida de esta. Toda cuenca tiene una y solo una corriente principal.
- Pendiente del cauce principal**.** La pendiente del cauce principal se calcula a partir del cociente entre la desnivelación entre los puntos definidos por las cotas que marcan la desembocadura y el nacimiento del cauce principal y la longitud de este. Este parámetro es indispensable para determinar el tiempo de concentración de una cuenca e influye directamente en la velocidad del agua que fluye por el cauce principal (Barros Cantillo, 1994).
- Cota mayor y menor del cauce principal**.** Corresponde a la elevación más alta y baja del cauce principal respectivamente.

- Longitud hidráulica Lm. Corresponde a la mayor trayectoria de flujo desde el parteaguas de la cuenca hasta el punto de salida de esta.

En la siguiente tabla se presentan los cálculos de la teoría relacionada en los numerales 5.4, 5.5 y 5.6.

Tabla 2: Características morfométricas de la cuenca Severinera. Fuente: Elaboración propia (2024).

| **Datos de la cuenca** | | |
|---|---|---|
| **Geometría** | | |
| Área | Km² | 22.57 |
| Perímetro | Km | 25.87 |
| Ancho máximo | Km | 9.10 |
| Longitud | Km | 17.87 |
| **Valores de las Cotas** | | |
| Cota mínima | m.s.n.m. | 43.00 |
| Cota Máxima | m.s.n.m. | 500 |
| **Coordenadas** | | |
| Centroide X | W | 413296.38 |
| Centroide Y | N | 949940.91 |
| Centroide Z | m.s.n.m. | 91 |
| **Pendiente de la cuenca** | | |
| Pendiente de la cuenca | m/m | 0.02 |
| **Hidrografía** | | |
| Longitud del Cauce Principal | km | 7.90 |
| Orden de la red hídrica | Adimensional | 3 |
| Longitud de la red hídrica | km | 48.81 |
| Pendiente promedio de la red hídrica | m/m | 0.0104 |

| **Parámetros Geomorfológicos de la cuenca** | | | |
|---|---|---|---|
| **Nombre del Parámetro** | **Símbolo** | **Valor** | **Unidad** |
| Factor Forma | F | 0.07 | S/N |
| Índice de Gravelious (Compacidad) | K | 1.52 | S/N |
| Rectángulo Equivalente (Lado Mayor) | L | 10.86 | km |
| Rectángulo Equivalente (Lado Menor) | l | 2.08 | km |
| Densidad de Drenaje | Dd | 2.16 | Km/km² |

## 5.7 PERÍODO DE RETORNO DE DISEÑO (Tr)

El período de retorno puede definirse como el intervalo de recurrencia promedio entre eventos que igualan o exceden una magnitud especifica. La probabilidad de ocurrencia del evento X ≥ xt en cualquier observación puede relacionarse con el periodo de retorno de la siguiente manera:

$$T = \frac{1}{P(X \geq xt)} = \frac{1}{1 - P(X \leq xt)}$$

Siguiendo las indicaciones establecidas por el INVIAS (2009, 2013) se recomiendan unos periodos de retorno de diseño para las obras viales se escoge de acuerdo con la Tabla 3, la cual presenta la normatividad según el Manual de Drenaje de Carreteras del INVIAS.

Tabla 3: Periodos de retorno especificados por el INVIAS para obras de drenaje. Fuente: INVIAS (2009).

| OBRAS DE DRENAJE | Tr |
|---|---|
| Drenaje superficial | 2 |
| Cunetas | 5 |
| Zanjas de coronación | 10 |
| Estructuras de caída | 10 |
| Alcantarillas de 0,9 m de diámetro | 10 |
| Alcantarillas mayores de 0,9 m de diámetro | 20 |
| Puentes menores (luz menor a 10 m) | 25 |
| Puentes de luz entre 10 m y 50 m | 50 |
| Puentes de luz mayor o igual a 50 m | 100 |

El período de retorno de diseño debe determinarse de acuerdo con la importancia de las áreas y con los daños, perjuicios o molestias que las inundaciones periódicas puedan ocasionar a los habitantes, tráfico vehicular. La selección del período de diseño está asociada entonces con las características de protección e importancia del área de estudio. Para el caso del puente se utilizó un periodo de retorno de 50 años, de igual forma siguiendo la recomendación del Norma Colombiana de Diseño de Puentes CCP14 (2014) se calculó el caudal de 500 años y se evaluó la

socavación para 100 años.

## 5.8 COEFICIENTE DE ESCORRENTÍA (C)

El coeficiente de escorrentía es la relación entre la parte de la precipitación que circula superficialmente y la precipitación total, entendiendo que la parte superficial es menor que la precipitación total al descontar la evaporación, evapotranspiración, almacenamiento, etc. Como puede comprenderse, el proceso de escorrentía es complejo y en la práctica deben introducirse simplificaciones. El coeficiente de escorrentía es un valor adimensional comprendido entre 0 y 1.

La escorrentía dependerá de la zona urbana a que corresponda y a los materiales constituyentes de la superficie. Atendiendo a la zonificación pueden adoptarse los siguientes valores:

Tabla 4: Coeficiente de Escorrentía. Fuente: Manual de drenaje para carreteras, INVIAS (2011).

| CARACTERÍSTICAS DE LA SUPERFICIE | PERÍODO DE RETORNO (AÑOS) | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 2 | 5 | 10 | 25 | 50 | 100 | 500 |
| **ÁREAS DESARROLLADAS** | | | | | | | |
| Asfáltico | 0.73 | 0.7 | 0. | 0.86 | 0.9 | 0.95 | 1 |
| Concreto - Techo - Zonas verdes (jardines, parques, etc.) | 0.75 | 0. | **0.** | 0.88 | 0.92 | 0.97 | 1 |
| **Condición pobre (cubierta de pasto menor del 50% del área)** | | | | | | | |
| Plano 0-2% | 0.32 | 0.3 | 0. | 0.4 | 0.44 | 0.47 | 0.58 |
| Promedio 2-7% | 0.37 | 0.4 | 0.43 | 0.46 | 0.49 | 0.53 | 0.61 |
| **CARACTERÍSTICAS DE LA SUPERFICIE** | **PERÍODO DE RETORNO (AÑOS)** | | | | | | |
| | **2** | **5** | **10** | **25** | **50** | **100** | **500** |
| Pendiente superior a 7% | 0.4 | 0.43 | 0.45 | 0.49 | 0.52 | 0.55 | 0.62 |
| Condición promedio (cubierta de pasto del 50 al 75% del área) | | | | | | | |
| Plano 0-2% | 0.25 | 0.28 | 0.3 | 0.34 | 0.37 | 0.41 | 0.53 |

| CARACTERÍSTICAS DE LA SUPERFICIE | PERÍODO DE RETORNO (AÑOS) | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 2 | 5 | 10 | 25 | 50 | 100 | 500 |
| Promedio 2-7% | 0.33 | 0.36 | 0.38 | 0.42 | 0.45 | 0.49 | 0.58 |
| Pendiente superior a 7% | 0.37 | 0.4 | 0.42 | 0.46 | 0.49 | 0.53 | 0.6 |
| Condición buena (cubierta de pasto mayor del 75% del área) | | | | | | | |
| Plano 0-2% | 0.21 | 0.23 | 0.25 | 0.29 | 0.32 | 0.36 | 0.49 |
| Promedio 2-7% | 0.29 | 0.32 | 0.35 | 0.39 | 0.42 | 0.46 | 0.56 |
| Pendiente superior a 7% | 0.34 | 0.37 | 0.4 | 0.44 | 0.47 | 0.51 | 0.58 |
| | | | | | | | |
| **ÁREAS NO DESARROLLADAS** | | | | | | | |
| **Áreas de cultivos** | | | | | | | |
| Plano 0-2% | 0.31 | 0.34 | 0.36 | 0.4 | 0.43 | 0.47 | 0.57 |
| Promedio 2-7% | 0.35 | 0.38 | 0.41 | 0.44 | 0.48 | 0.51 | 0.6 |
| Pendiente superior a 7% | 0.39 | 0.42 | 0.44 | 0.48 | 0.51 | 0.54 | 0.61 |
| **Pastizales** | | | | | | | |
| Plano 0-2% | 0.25 | 0.28 | **0.3** | 0.34 | 0.37 | 0.41 | 0.53 |
| Promedio 2-7% | 0.33 | 0.36 | **0.38** | 0.42 | 0.45 | 0.49 | 0.58 |
| Pendiente superior a 7% | 0.37 | 0.4 | 0.42 | 0.46 | 0.49 | 0.53 | 0.6 |
| **Bosques** | | | | | | | |
| Plano 0-2% | 0.22 | 0.25 | 0.28 | 0.31 | 0.35 | 0.39 | 0.48 |
| Promedio 2-7% | 0.31 | 0.34 | 0.36 | 0.4 | 0.43 | 0.47 | 0.56 |
| Pendiente superior a 7% | 0.35 | 0.39 | 0.41 | 0.45 | 0.48 | 0.52 | 0.58 |

## 5.9 TIEMPO DE CONCENTRACIÓN (Tc)

Se define como el tiempo necesario, desde el inicio de la precipitación, para que toda la cuenca contribuya al sitio de la obra de drenaje en consideración, o, en otras palabras, el tiempo que toma el agua desde los límites más extremos de la hoya hasta llegar a la salida de esta. En general, el tiempo de concentración se calcula por medio de ecuaciones empíricas, dentro de las cuales se cuentan las siguientes:

- **Ecuación de Kirpich (1940):**

$$t_c = 0.06628(\frac{L}{S^{0.5}})^{0.77}$$

Donde: Tc: Tiempo de concentración, en horas (h). L: Longitud del cauce principal, en kilómetros (km). S: Pendiente entre las elevaciones máxima y mínima (pendiente total) del cauce principal, en metros por metro (m/m).

- **Ecuación de Témez:**

$$t_c = 0.30(\frac{L}{S^{0.25}})^{0.76}$$

Donde: Tc: Tiempo de concentración, en horas (h). L: Longitud del cauce principal, en kilómetros (km). S: Pendiente total del cauce principal, en porcentaje (%).

- **Ecuación de Ventura - Heras:**

$$t_c = 0.30(\frac{L}{S^{0.25}})^{0.75}$$

Donde, Tc: Tiempo de concentración, en horas (h). L: Longitud del cauce principal, en kilómetros (km). S: Pendiente total del cauce principal, en metros por metro (m/m).

Para el presente proyecto se utilizan las diferentes metodologías para estimar el tiempo de concentración y se adopta el Kirpich al ser el más recomendado por la literatura y el INVIAS (2009).

Tabla 5: Estimación del tiempo de concentración para la cuenca Severinera. Fuente: Elaboración propia (2024).

| Tiempo de concentración (min) | | | |
|---|---|---|---|
| **Kirpich** | **USCE** | **Chow** | **Adop** |
| 113 | 206 | 191 | 113 |
| 113 | 206 | 191 | 113 |
| 113 | 206 | 191 | 113 |
| 113 | 206 | 191 | 113 |
| 113 | 206 | 191 | 113 |
| 113 | 206 | 191 | 113 |
| 113 | 206 | 191 | 113 |

Adicional a esto para la herramienta HEC-HMS se hace necesario el parámetro de LAG TIME, el cual corresponde al tiempo de la avenida máxima y es equivalente al 60% del tiempo de concentración.

En el método de enrutamiento de retraso el flujo de entrada al alcance se retrasa en el tiempo por una cantidad de tiempo especificada. En consecuencia, se adapta mejor a segmentos de flujo cortos con un tiempo de viaje que no varía con las condiciones cambiantes. Los parámetros que se requieren para utilizar este método dentro de HEC-HMS incluyen las condiciones iniciales y el tiempo de retraso Lag Time[minutos].

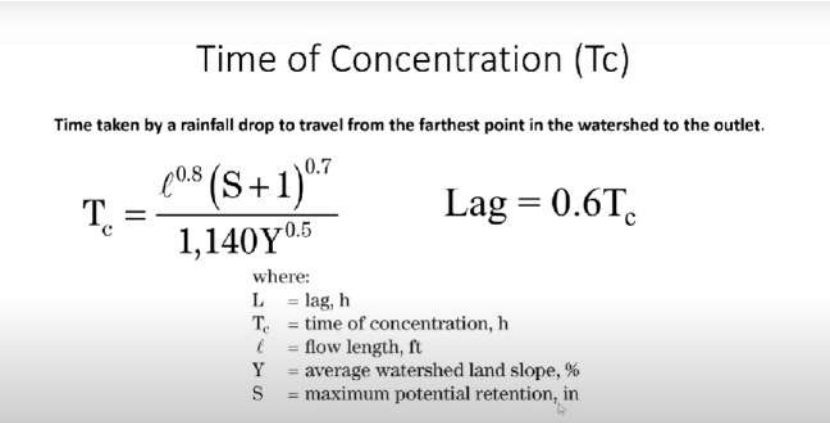



Figura 4: Estimación de Lag Time. Fuente: HEC HMS (2024).

## 6. ANÁLISIS HIDROLÓGICO

### 6.1 PRECIPITACIÓN

Para seleccionar la estación más cercana a la zona se empleó la metodología de polígonos de Thiessen, la cual es implementada para delimitar áreas de influencia de estaciones meteorológicas y obtener la precipitación ponderada que afecta a una zona específica (X. Liu, Ye, Liu, Xie, & Fan, 2015); este método se desarrolla mediante la creación de figuras geométricas regulares, cuyos límites están formados por las bisectrices perpendiculares a las líneas que unen pluviómetros adyacentes (Carlo, Guelfi, & López-vázquez, 2015); para este caso solo se utilizó para determinar las estaciones que tenían influencia directa en la zona de estudio tal como lo muestra la siguiente figura:

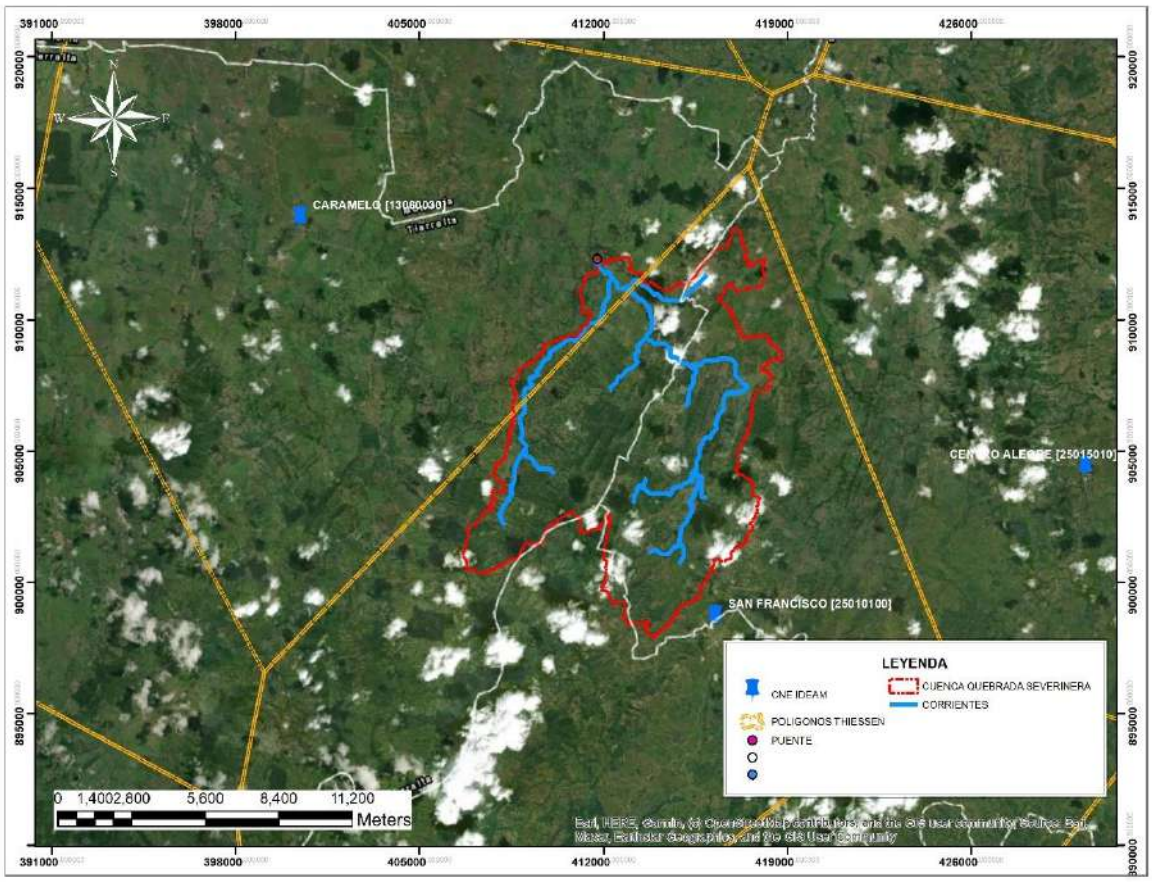



Figura 5: Polígonos de Thiessen de estaciones cercanas a la cuenca de la quebrada Severinera.
Fuente: Elaborado en SIG (2024).

Con base en la figura anterior, se puede apreciar que las estaciones que tienen incidencia directa sobre la cuenca son CARAMELO y SAN FRANCISCO, estando la primera a 3 Km y la segunda a 5 Km del sitio del puente, sin embargo se aprecia que el 90% del área de la cuenca tiene influencia la estación SAN FRANCISCO, por tal razón se escoge esta estación para realizar el análisis hidrológico de la zona, se utilizaron los valores de precipitación total diaria de la estación SAN FRANCISCO, localizada como se muestra a continuación:

Tabla 6: Datos de estación SAN FRANCISCO. Fuente: Catalogo Nacional de estaciones de IDEAM (2024).

| DATOS ESTACIÓN | |
|---|---|
| **CODIGO** | 25010100 |
| **NOMBRE** | SAN FRANCISCO [25010100] |
| **CATEGORIA** | PLUVIOMÉTRICA |
| **ELEVACIÓN (m.s.n.m)** | 160 |
| **LATITUD** | 8.12916667 |
| **LONGITUD** | -75.76 |
| **DEPARTAMENTO** | Córdoba |
| **MUNICIPIO** | Montelíbano |

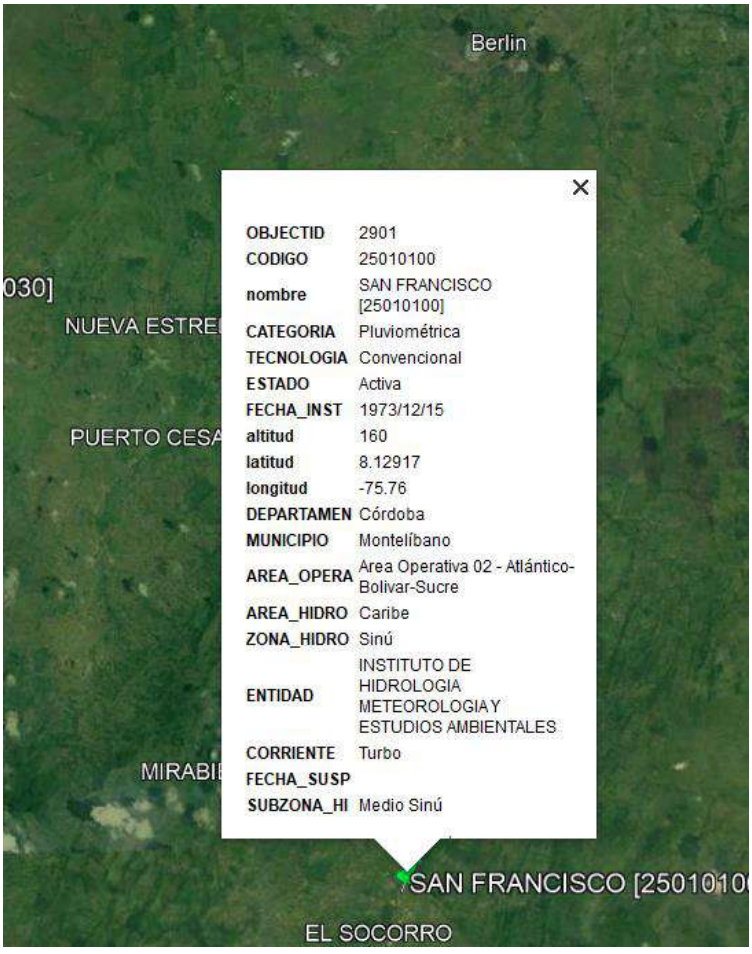



Figura 6: Localización de estaciones climatológicas. Fuente: Catalogo Nacional de estaciones de IDEAM (2024).

## 6.2 VALIDACIÓN ESTADÍSTICA

### 6.2.1 DATOS FALTANTES

Para completar los datos faltantes, se emplea la siguiente formulación:

$$Px = \frac{1}{n}\left[\left(\frac{Nx}{N1}\right)P1 + \left(\frac{Nx}{N1}\right)P2 + \cdots + \left(\frac{Nx}{Nn}\right)Pn\right]$$

Donde N es el número de estaciones pluviométricas con datos de registros continuos cercanas a la estación “x”, la cual será completada en su registro. Px es la precipitación de la estación “X” durante el periodo de tiempo a completar. P1…Pn es la precipitación de la estacione 1 a la n durante el mismo periodo de tiempo que se desea completar. Nx es la precipitación media multianual histórica de la estación “X”.

## 6.3 ANÁLISIS DE DOBLE MASA

Para el estudio se utilizó el análisis de doble masa, este método se aplica para determinar la consistencia de la información de precipitación obtenida, y considera que, para zonas meteorológicas homogéneas de precipitación obtenidos en diferentes puntos para un mismo periodo anual, deben guardar una relación de tal manera que se pueda representar gráficamente. Su metodología se enseña a continuación:

- Se selecciona el periodo en común del grupo de estaciones utilizadas para el estudio
- Se determina la precipitación anual para cada estación; estimando los datos si los tienen.
- Los valores de precipitación anual se deben acumular en orden cronológico, a partir del año más antiguo en común de las estaciones utilizadas, hasta el más reciente, en este caso son 1979 y 2013, respectivamente.
- Se grafican los valores de las precipitaciones acumuladas de cada estación, para determinar la estación patrón.

- Si los puntos en la gráfica presentan una tendencia, es decir, si se puede trazar una recta sin quiebres sobre ellos, significa que son estadísticamente consistentes.
- Si los puntos presentan mucha dispersión, los datos no son estadísticamente significativos y se debe proceder a su eliminación.

En la siguiente tabla se presenta la precipitación anual cada estación y su precipitación anual acumulada:

Tabla 7: Análisis de doble masa. Fuente: Elaboración propia (2024).

| AÑO/MES | TOTALES | ACUMULADO |
|---|---|---|
| 1976 | 1438 | 1438 |
| 1977 | 1879 | 3317 |
| 1978 | 1981 | 5298 |
| 1979 | 1675 | 6973 |
| 1980 | 1804 | 8777.4 |
| 1981 | 2266 | 11043.4 |
| 1982 | 1905 | 12948.4 |
| 1983 | 2011 | 14959.4 |
| 1984 | 1748 | 16707.4 |
| 1985 | 1897 | 18604.4 |
| 1986 | 1407 | 20011 |
| 1987 | 1565 | 21576.1 |
| 1988 | 2091 | 23667.1 |
| 1989 | 1868 | 25535.1 |
| 1990 | 1702 | 27237.1 |
| 1991 | 1902 | 29139.1 |
| 1992 | 1442 | 30581.1 |
| 1993 | 1768 | 32349.1 |
| 1994 | 1441 | 33790.1 |
| 1995 | 1950 | 35740.1 |
| 1996 | 1835 | 37575.1 |
| 1997 | 1827 | 39402.1 |
| 1998 | 1720 | 41122.1 |
| 1999 | 1943 | 43064.6 |
| 2000 | 1608 | 44672.6 |
| 2001 | 1560 | 46232.6 |
| 2002 | 1939 | 48171.6 |
| 2003 | 1887 | 50058.6 |

| AÑO/MES | TOTALES | ACUMULADO |
|---|---|---|
| 2004 | 1670 | 51728.9 |
| 2005 | 2465 | 54193.9 |
| 2006 | 2257 | 56450.4 |
| 2007 | 1856 | 58306.5 |
| 2008 | 1736 | 60042.4 |
| 2009 | 1453 | 61495.4 |
| 2010 | 2819 | 64314.4 |
| 2011 | 2811 | 67124.9 |
| 2012 | 2197 | 69321.9 |
| 2013 | 1325 | 70646.9 |
| 2014 | 1105 | 71751.9 |
| 2015 | 1803 | 73554.9 |
| 2016 | 2071 | 75625.9 |
| 2017 | 3252 | 78877.9 |
| 2018 | 1827 | 80704.9 |
| 2019 | 1544 | 82248.9 |
| 2020 | 1434 | 83682.9 |
| 2021 | 3269 | 86951.9 |

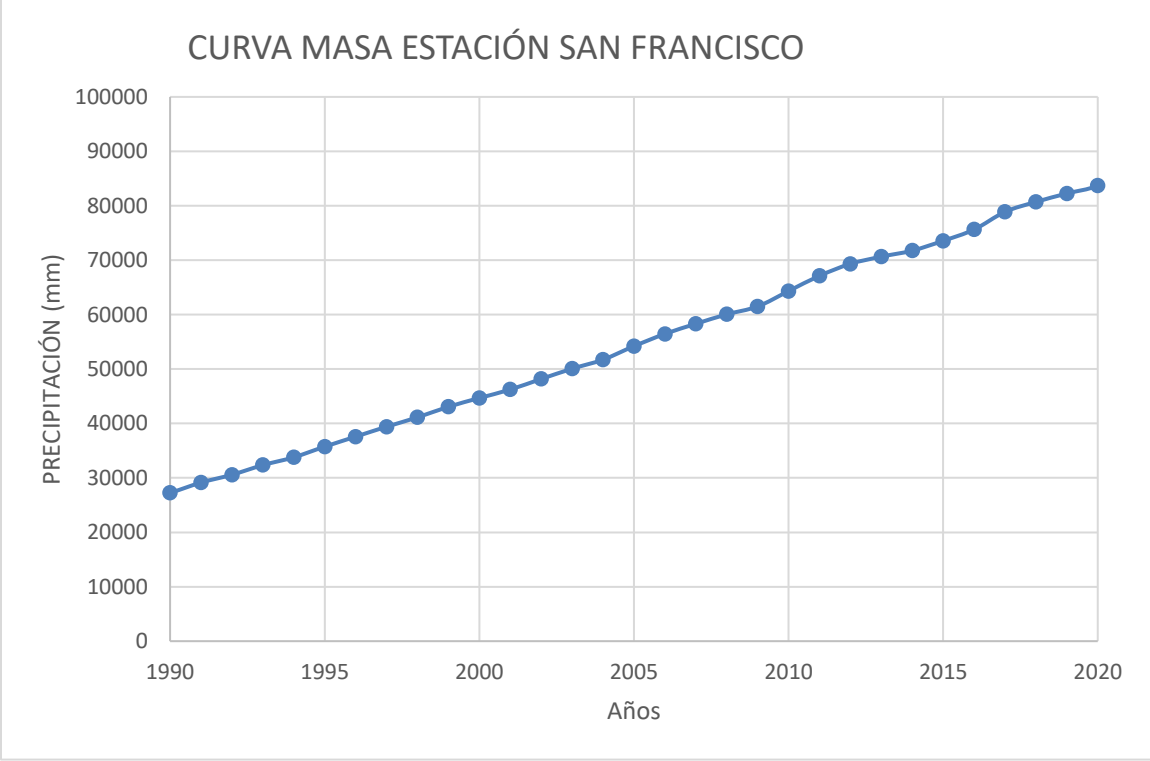



Figura 7: Curva masa de la estación SAN FRANCISCO. Fuente: Elaboración propia (2024).

## 6.4 MÓDULO PLUVIOMÉTRICO

A continuación, se presentan los módulos pluviométricos anuales de las estaciones, entendiéndose por modulo pluviométrico de una estación al promedio aritmético de las precipitaciones anuales registradas.

Se toman los datos comprendidos entre los años 1976 y 2023, el cual es el periodo común para las estaciones.

Tabla 8: Módulos pluviométricos de la zona. Fuente: Elaboración propia (2024).

| **ESTACIÓN** | **SANTA CRUZ HDA** |
|---|---|
| **MODULO PLUVIOMÉTRICO (mm)** | 1890.3 |

Determinado con la siguiente formula:

$$\bar{X} = \frac{\sum P}{n}$$

Donde P es el módulo pluviométrico de las diferentes estaciones y n el número de módulos obtenidos para hacer el promedio.

**NOTA:** La precipitación dada por el IDEAM el municipio de Tierralta está de los 1900 mm/anuales.

## 6.5 PRECIPITACIONES ANUALES

La precipitación es cualquier producto de la condensación del vapor de agua que se deposita en la superficie de la tierra. Ocurre cuando la atmósfera (que es una gran solución gaseosa) se satura con el vapor de agua, y el agua se y cae de la solución, es decir, precipita. El aire a través de dos procesos: por enfriamiento y añadiendo humedad.

En el municipio de Tierralta los valores de precipitación no presentan grandes cambios, lo que contribuye a mantener un factor climático casi homogéneo, con precipitaciones mayores a 1000 mm, a excepción de las cercanías de la zona sur. En las tablas siguientes se muestra el comportamiento de las lluvias a escala anual para la estación SAN FRANCISCO, la cual registra mayores valores de precipitación media anual.

Tabla 9: Comportamiento estadístico de la precipitación para la estación SAN FRANCISCO.
Fuente: Elaboración propia (2024).

| AÑO | PRECIPITACIÓN TOTAL DIARIA (mm) | | |
|---|---|---|---|
| | MÁXIMA | MÍNIMA | TOTAL ANUAL |
| 1976 | 70 | 0 | 1438 |
| 1977 | 127 | 0 | 1879 |
| 1978 | 125 | 0 | 1981 |
| 1979 | 78 | 0 | 1675 |
| 1980 | 170 | 0 | 1804 |
| 1981 | 97 | 0 | 2266 |
| 1982 | 107 | 0 | 1905 |
| 1983 | 158 | 0 | 2011 |
| 1984 | 80 | 0 | 1748 |
| 1985 | 128 | 0 | 1897 |
| 1986 | 99 | 0 | 1407 |
| 1987 | 77 | 0 | 1565 |
| 1988 | 107 | 0 | 2091 |
| 1989 | 82 | 0 | 1868 |
| 1990 | 100 | 0 | 1702 |
| 1991 | 101 | 0 | 1902 |
| 1992 | 65 | 0 | 1442 |
| 1993 | 106 | 0 | 1768 |
| 1994 | 82 | 0 | 1441 |

| AÑO | PRECIPITACIÓN TOTAL DIARIA (mm) | | |
|---|---|---|---|
| | MÁXIMA | MÍNIMA | TOTAL ANUAL |
| 1995 | 133 | 0 | 1950 |
| 1996 | 91 | 0 | 1835 |
| 1997 | 93 | 0 | 1827 |
| 1998 | 150 | 0 | 1720 |
| 1999 | 100 | 0 | 1943 |
| 2000 | 82 | 0 | 1608 |
| 2001 | 109 | 0 | 1560 |
| 2002 | 121 | 0 | 1939 |
| 2003 | 100 | 0 | 1887 |
| 2004 | 99 | 0 | 1670 |
| 2005 | 110 | 0 | 2465 |
| 2006 | 105 | 0 | 2257 |
| 2007 | 84 | 0 | 1856 |
| 2008 | 84 | 0 | 1736 |
| 2009 | 91 | 0 | 1453 |
| 2010 | 96 | 0 | 2819 |
| 2011 | 102 | 0 | 2811 |
| 2012 | 110 | 0 | 2197 |
| 2013 | 110 | 0 | 1325 |
| 2014 | 46 | 0 | 1105 |
| 2015 | 115 | 0 | 1803 |
| 2016 | 145 | 0 | 2071 |
| 2017 | 96 | 0 | 3252 |
| 2018 | 150 | 0 | 1827 |
| 2019 | 105 | 0 | 1544 |
| 2020 | 110 | 0 | 1434 |
| 2021 | 132 | 0 | 3269 |
| **PROMEDIO** | 105 | 0 | 1806 |
| **MÍN** | 65 | 0 | 1407 |
| **MÁX** | 170 | 0 | 2465 |
| **D.E** | 24.96 | 0 | 236.52 |
| **VARIANZA** | 622.63 | 0 | 55937.91 |
| **COEF. ASIMETRIA** | 0.84 | | 0.47 |
| **CURTOSÍS** | 0.54 | | 0.88 |

La desviación estándar obtenida de la dispersión de los datos respecto al valor promedio, y el coeficiente de variación representa el grado de variabilidad de la desviación respecto a la media, debido a que los valores obtenidos de C.V. son inferiores a 30% (bajo), es válido decir que los valores de precipitación son homogéneos.

Tabla 10: Análisis estadístico mensual multianual de la estación SAN FRANCISCO. Fuente: Elaboración propia (2024).

| AÑO/MES | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **1976** | 3 | 35 | 18 | 107 | 98 | 288 | 195 | 170 | 202 | 212 | 55 | 55 |
| **1977** | 34 | 5 | 6 | 69 | 458 | 405 | 290 | 193 | 219 | 140 | 35 | 25 |
| **1978** | 12 | 5 | 181 | 97 | 146 | 258 | 254 | 346 | 155 | 252 | 192 | 83 |
| **1979** | 1 | 28 | 45 | 197 | 305 | 266 | 89 | 165 | 283 | 199 | 33 | 64 |
| **1980** | 14.4 | 31 | 9 | 134 | 343 | 99 | 486 | 281 | 138 | 118 | 28 | 123 |
| **1981** | 25 | 89 | 92 | 176 | 329 | 242 | 368 | 217 | 395 | 175 | 110 | 48 |
| **1982** | 81 | 46 | 68 | 367 | 157 | 230 | 297 | 84 | 262 | 279 | 14 | 20 |
| **1983** | 0 | 48 | 14 | 215 | 268 | 352 | 341 | 289 | 204 | 211 | 45 | 24 |
| **1984** | 37 | 155 | 4 | 108 | 176 | 271 | 258 | 265 | 265 | 151 | 42 | 16 |
| **1985** | 0 | 46 | 22 | 50 | 206 | 339 | 436 | 202 | 384 | 164 | 39 | 9 |
| **1986** | 20 | 12 | 51 | 204 | 127 | 351.1 | 86 | 180 | 127.1 | 134.3 | 98.1 | 16 |
| **1987** | 58 | 28 | 8 | 162.1 | 140 | 159 | 140 | 297 | 189 | 119 | 190 | 75 |
| **1988** | 3 | 30 | 11 | 176 | 180 | 297 | 363 | 275 | 263 | 190 | 236 | 67 |
| **1989** | 85 | 50 | 115 | 173 | 263 | 252 | 173 | 191 | 143 | 368 | 55 | 0 |
| **1990** | 50 | 47 | 104 | 125 | 418 | 135 | 127 | 287 | 176 | 140 | 93 | 0 |
| **1991** | 8 | 49 | 88 | 199 | 366 | 179 | 249 | 212 | 337 | 132 | 78 | 5 |
| **1992** | 56 | 57 | 0 | 114 | 234 | 167 | 297 | 120 | 165 | 111 | 115 | 6 |
| **1993** | 19 | 0 | 71 | 85 | 158 | 69 | 430 | 154 | 251 | 171 | 352 | 8 |
| **1994** | 10 | 0 | 19 | 99 | 269 | 164 | 120 | 408 | 102 | 128 | 90 | 32 |
| **1995** | 28 | 3 | 34 | 153 | 182 | 358 | 350 | 232 | 279 | 281 | 50 | 0 |
| **1996** | 46 | 115 | 97 | 130 | 253 | 271 | 0 | 329 | 299 | 154 | 106 | 35 |
| **1997** | 0 | 33 | 0 | 89 | 256 | 370 | 253 | 137 | 239 | 249 | 201 | 0 |
| **1998** | 2 | 9 | 102 | 66 | 306 | 156 | 202 | 327 | 99 | 158 | 151 | 142 |
| **1999** | 16 | 137 | 43 | 293 | 180.5 | 257 | 186 | 301 | 101 | 133 | 197 | 98 |
| **2000** | 43 | 14 | 14 | 166 | 211 | 180 | 240 | 185 | 261 | 212 | 24 | 58 |
| **2001** | 17 | 0 | 6 | 128 | 119 | 203 | 116 | 243 | 241 | 295 | 161 | 31 |
| **2002** | 27 | 22 | 101 | 253 | 161 | 296 | 238 | 194 | 183 | 132 | 268 | 64 |
| **2003** | 1 | 52 | 49 | 251 | 346 | 177 | 96 | 479 | 130 | 172 | 133 | 1 |
| **2004** | 0 | 0 | 0 | 118 | 223 | 300 | 198.3 | 188 | 285 | 82 | 213 | 63 |
| **2005** | 80 | 3 | 25 | 232 | 356 | 542 | 309 | 140 | 103 | 350 | 295 | 30 |
| **2006** | 23 | 35 | 99 | 111 | 398 | 335 | 381 | 335 | 154 | 193.5 | 89 | 103 |
| **2007** | 0 | 1 | 84 | 106 | 176 | 377 | 235 | 276 | 169 | 233 | 198.1 | 1 |
| **2008** | 52 | 22 | 66 | 61 | 160 | 144 | 137 | 187 | 356 | 391.9 | 104 | 55 |
| **2009** | 20 | 21 | 34 | 87 | 120 | 233 | 289 | 209 | 234 | 155 | 25 | 26 |
| **2010** | 0 | 11 | 111 | 297 | 226 | 332 | 246 | 236 | 327 | 316 | 380 | 337 |
| **2011** | 4 | 75 | 55.7 | 398 | 430 | 360.8 | 332 | 244 | 472 | 85 | 268 | 86 |
| **2012** | 26 | 0 | 141 | 274 | 358 | 262 | 324 | 192 | 258 | 264 | 82 | 16 |

| AÑO/MES | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 2013 | 0 | 0 | 134 | 121 | 59 | 122 | 160 | 261 | 203 | 180 | 77 | 8 |
| 2014 | 36 | 25 | 24 | 168 | 43 | 286 | 82 | 141 | 74 | 139 | 66 | 21 |
| 2015 | 2 | 0 | 5 | 121 | 94 | 210 | 182 | 440 | 297 | 230 | 204 | 18 |
| 2016 | 0 | 0 | 0 | 73 | 397 | 217 | 208 | 262 | 355 | 245 | 188 | 126 |
| 2017 | 11 | 8 | 352 | 390 | 286 | 249 | 727 | 339 | 255 | 439 | 113 | 83 |
| 2018 | 60 | 0 | 86 | 128 | 247 | 281 | 192 | 381 | 334 | 58 | 51 | 9 |
| 2019 | 0 | 0 | 42 | 95 | 364 | 248 | 160 | 238 | 139 | 99 | 109 | 50 |
| 2020 | 4 | 0 | 0 | 35 | 100 | 155 | 192 | 86 | 312 | 266 | 245 | 39 |
| 2021 | 130 | 4 | 160 | 140 | 145 | 303 | 344 | 838 | 564 | 374 | 187 | 80 |
| | | | | | | | | | | | | |
| TOTALES | 1144.40 | 1351.00 | 2790.70 | 7341.10 | 10837.50 | 11747.90 | 11378.30 | 11756.00 | 10983.10 | 9280.70 | 6085.20 | 2256.00 |
| MEDIA | 24.88 | 29.37 | 60.67 | 159.59 | 235.60 | 255.39 | 247.36 | 255.57 | 238.77 | 201.76 | 132.29 | 49.05 |
| MODA | 0 | 0 | 0 | 176 | 176 | 271 | 297 | #N/D | #N/D | 212 | 55 | 0 |
| DESVIACIÓN ESTANDAR | 28.85 | 36.27 | 65.13 | 87.66 | 107.04 | 91.59 | 127.73 | 123.86 | 102.78 | 88.62 | 91.32 | 57.39 |
| VARIANZA | 814.15 | 1286.5 | 4148.94 | 7516.6 | 11207.4 | 8204.61 | 15959.1 | 15007.56 | 10332.5 | 7681.35 | 8156.56 | 3221.09 |
| CURTOSIS | 2.84 | 3.65 | 7.75 | 1.01 | -0.87 | 0.84 | 3.21 | 10.04 | 1.07 | 0.19 | 0.12 | 13.41 |
| ASIMETRÍA | 1.6 | 1.86 | 2.22 | 1.19 | 0.29 | 0.44 | 1.16 | 2.46 | 0.81 | 0.84 | 0.85 | 3.03 |
| MÍNIMO | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 35.00 | 43.00 | 69.00 | 0.00 | 84.00 | 74.00 | 58.00 | 14.00 | 0.00 |
| MÁXIMO | 130.00 | 155.00 | 352.00 | 398.00 | 458.00 | 542.00 | 727.00 | 838.00 | 564.00 | 439.00 | 380.00 | 337.00 |

## 6.6 VARIABILIDAD TEMPORAL.

Para el registro de precipitación de se observa que a escala anual las lluvias no presentan gran variabilidad de un año a otro, presentando coeficientes de variación de (19.80%), lo que indica que no hay cambios marcados entre años y húmedos.

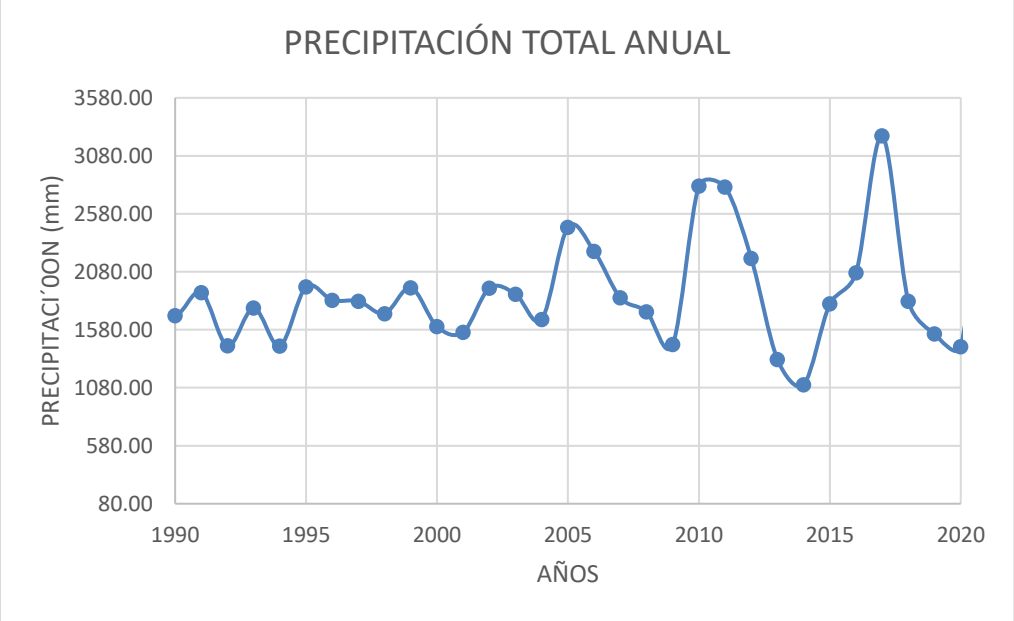



Figura 8: Histograma de precipitaciones totales anuales, estación SAN FRANCISCO. Fuente: Elaboración propia (2024).

## 6.7 PRECIPITACIÓN MEDIA MENSUAL

El comportamiento de las lluvias promedio mensual en las estaciones fluctúa entre 0.00 mm y 300.00 mm, tal como lo muestra la siguiente figura:

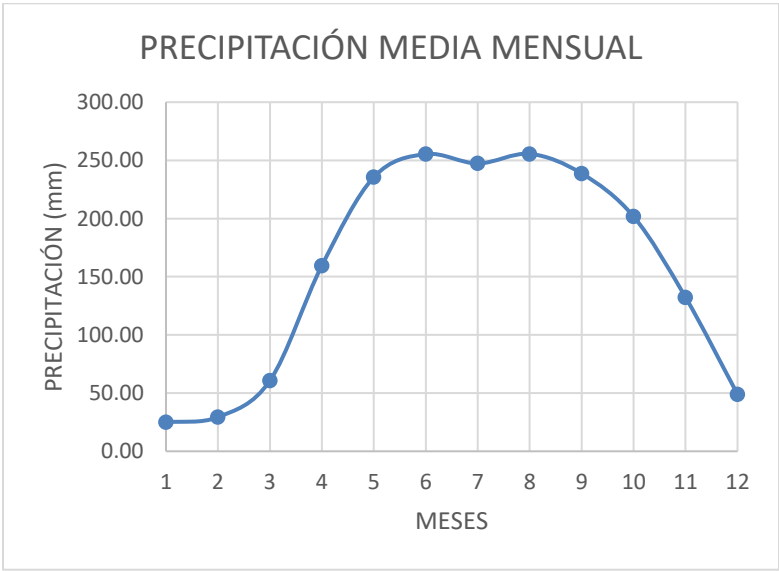



Figura 9: Precipitaciones mensuales multianuales, estación SAN FRANCISCO. Fuente: Elaboración propia (2024).

Como característica general de la región se aprecia un periodo de lluvia entre mayo y octubre y un periodo seco de diciembre a marzo.

## 6.8 VARIABILIDAD TEMPORAL

Las variaciones de la precipitación mensual están marcadas por climatología general de la región, dada a la ubicación de esta cuenca, el régimen se encuentra regulado un poco más por el clima caribeño, el cual tiene más influencia en la zona media y baja de la cuenca de la quebrada Severinera. La zona anualmente está controlada por el movimiento cíclico de la Zona de Convergencia Intertropical (ZCIT) (Poveda, 1998).

En resumen, la interacción entre la zona de convergencia intertropical y la orografía en la cuenca, son los principales mecanismos que controlan la climatología de la cuenca de la quebrada Severinera y por ende de la zona de estudio. Sin embargo, las variaciones interanuales y las anomalías climáticas podrían estar alteradas por el ENSO (El Niño, Oscilación del Sur) y la Oscilación del Atlántico Norte (NAO). El ciclo anual de la precipitación presenta un régimen casi unimodal, con valores mínimos de enero a febrero, y valores máximos entre los meses mayo, agosto y septiembre.

## 6.9 ANÁLISIS DE FRECUENCIA: PRECIPITACIÓN

A continuación, se presenta el análisis de frecuencia de precipitaciones máximas en 24 horas anuales de la estación SAN FRANCISCO, empleando los diferentes modelos de distribución:

Tabla 11: Probabilidades para precipitaciones máx en 24 h anuales estación SAN FRANCISCO.

Fuente: Elaboración propia (2024).

| AÑO | PRECIPITACIÓN | P ORDENADA | m | N | PROBABILIDADES DE OCURRENCIA (P) | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | CALIFORNIA | HAZEN | WEIBULL | CHEGODAYEV | BLOM | TURKEY | GRINGORTON |
| 1976 | 70.00 | 170.00 | 1 | 46 | 2.2% | 1.1% | 2.1% | 1.5% | 1.4% | 1.4% | 1.3% |
| 1977 | 127.00 | 158.00 | 2 | | 4.3% | 3.3% | 4.3% | 3.7% | 3.6% | 3.6% | 3.5% |
| 1978 | 125.00 | 150.00 | 3 | | 6.5% | 5.4% | 6.4% | 5.8% | 5.7% | 5.8% | 5.6% |
| 1979 | 78.00 | 150.00 | 4 | | 8.7% | 7.6% | 8.5% | 8.0% | 7.9% | 7.9% | 7.8% |
| 1980 | 170.00 | 145.00 | 5 | | 10.9% | 9.8% | 10.6% | 10.1% | 10.1% | 10.1% | 10.0% |
| 1981 | 97.00 | 133.00 | 6 | | 13.0% | 12.0% | 12.8% | 12.3% | 12.3% | 12.2% | 12.1% |
| 1982 | 107.00 | 132.00 | 7 | | 15.2% | 14.1% | 14.9% | 14.4% | 14.5% | 14.4% | 14.3% |
| 1983 | 158.00 | 128.00 | 8 | | 17.4% | 16.3% | 17.0% | 16.6% | 16.7% | 16.5% | 16.5% |
| 1984 | 80.00 | 127.00 | 9 | | 19.6% | 18.5% | 19.1% | 18.8% | 18.9% | 18.7% | 18.6% |
| 1985 | 128.00 | 125.00 | 10 | | 21.7% | 20.7% | 21.3% | 20.9% | 21.0% | 20.9% | 20.8% |
| 1986 | 99.00 | 121.00 | 11 | | 23.9% | 22.8% | 23.4% | 23.1% | 23.2% | 23.0% | 23.0% |
| 1987 | 77.00 | 115.00 | 12 | | 26.1% | 25.0% | 25.5% | 25.2% | 25.4% | 25.2% | 25.2% |
| 1988 | 107.00 | 110.00 | 13 | | 28.3% | 27.2% | 27.7% | 27.4% | 27.6% | 27.3% | 27.3% |
| 1989 | 82.00 | 110.00 | 14 | | 30.4% | 29.3% | 29.8% | 29.5% | 29.8% | 29.5% | 29.5% |
| 1990 | 100.00 | 110.00 | 15 | | 32.6% | 31.5% | 31.9% | 31.7% | 32.0% | 31.7% | 31.7% |
| 1991 | 101.00 | 110.00 | 16 | | 34.8% | 33.7% | 34.0% | 33.8% | 34.2% | 33.8% | 33.8% |
| 1992 | 65.00 | 109.00 | 17 | | 37.0% | 35.9% | 36.2% | 36.0% | 36.3% | 36.0% | 36.0% |
| 1993 | 106.00 | 107.00 | 18 | | 39.1% | 38.0% | 38.3% | 38.1% | 38.5% | 38.1% | 38.2% |
| 1994 | 82.00 | 107.00 | 19 | | 41.3% | 40.2% | 40.4% | 40.3% | 40.7% | 40.3% | 40.3% |
| 1995 | 133.00 | 106.00 | 20 | | 43.5% | 42.4% | 42.6% | 42.5% | 42.9% | 42.4% | 42.5% |
| 1996 | 91.00 | 105.00 | 21 | | 45.7% | 44.6% | 44.7% | 44.6% | 45.1% | 44.6% | 44.7% |
| 1997 | 93.00 | 105.00 | 22 | | 47.8% | 46.7% | 46.8% | 46.8% | 47.3% | 46.8% | 46.8% |
| 1998 | 150.00 | 102.00 | 23 | | 50.0% | 48.9% | 48.9% | 48.9% | 49.5% | 48.9% | 49.0% |
| 1999 | 100.00 | 101.00 | 24 | | 52.2% | 51.1% | 51.1% | 51.1% | 51.6% | 51.1% | 51.2% |
| 2000 | 82.00 | 100.00 | 25 | | 54.3% | 53.3% | 53.2% | 53.2% | 53.8% | 53.2% | 53.3% |
| 2001 | 109.00 | 100.00 | 26 | | 56.5% | 55.4% | 55.3% | 55.4% | 56.0% | 55.4% | 55.5% |
| 2002 | 121.00 | 100.00 | 27 | | 58.7% | 57.6% | 57.4% | 57.5% | 58.2% | 57.6% | 57.7% |
| 2003 | 100.00 | 99.00 | 28 | | 60.9% | 59.8% | 59.6% | 59.7% | 60.4% | 59.7% | 59.8% |
| 2004 | 99.00 | 99.00 | 29 | | 63.0% | 62.0% | 61.7% | 61.9% | 62.6% | 61.9% | 62.0% |
| 2005 | 110.00 | 97.00 | 30 | | 65.2% | 64.1% | 63.8% | 64.0% | 64.8% | 64.0% | 64.2% |
| 2006 | 105.00 | 96 | 31 | | 67.4% | 66.3% | 66.0% | 66.2% | 66.9% | 66.2% | 66.3% |
| 2007 | 84.00 | 96 | 32 | | 69.6% | 68.5% | 68.1% | 68.3% | 69.1% | 68.3% | 68.5% |
| 2008 | 84.00 | 93 | 33 | | 71.7% | 70.7% | 70.2% | 70.5% | 71.3% | 70.5% | 70.7% |
| 2009 | 91.00 | 91 | 34 | | 73.9% | 72.8% | 72.3% | 72.6% | 73.5% | 72.7% | 72.9% |
| 2010 | 96.00 | 91 | 35 | | 76.1% | 75.0% | 74.5% | 74.8% | 75.7% | 74.8% | 75.0% |
| 2011 | 102.00 | 84 | 36 | | 78.3% | 77.2% | 76.6% | 76.9% | 77.9% | 77.0% | 77.2% |
| 2012 | 110.00 | 84 | 37 | | 80.4% | 79.3% | 78.7% | 79.1% | 80.1% | 79.1% | 79.4% |
| 2013 | 110.00 | 82 | 38 | | 82.6% | 81.5% | 80.9% | 81.3% | 82.2% | 81.3% | 81.5% |

| AÑO | PRECIPITACIÓN | P ORDENADA | m | N | PROBABILIDADES DE OCURRENCIA (P) | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | CALIFORNIA | HAZEN | WEIBULL | CHEGODAYEV | BLOM | TURKEY | GRINGORTON |
| 2014 | 46.00 | 82 | 39 | | 84.8% | 83.7% | 83.0% | 83.4% | 84.4% | 83.5% | 83.7% |
| 2015 | 115.00 | 82 | 40 | | 87.0% | 85.9% | 85.1% | 85.6% | 86.6% | 85.6% | 85.9% |
| 2016 | 145.00 | 80 | 41 | | 89.1% | 88.0% | 87.2% | 87.7% | 88.8% | 87.8% | 88.0% |
| 2017 | 96.00 | 78 | 42 | | 91.3% | 90.2% | 89.4% | 89.9% | 91.0% | 89.9% | 90.2% |
| 2018 | 150.00 | 77 | 43 | | 93.5% | 92.4% | 91.5% | 92.0% | 93.2% | 92.1% | 92.4% |
| 2019 | 105.00 | 70 | 44 | | 95.7% | 94.6% | 93.6% | 94.2% | 95.4% | 94.2% | 94.5% |
| 2020 | 110.00 | 65 | 45 | | 97.8% | 96.7% | 95.7% | 96.3% | 97.5% | 96.4% | 96.7% |
| 2021 | 132.00 | 46 | 46 | | 100.0% | 98.9% | 97.9% | 98.5% | 99.7% | 98.6% | 98.9% |

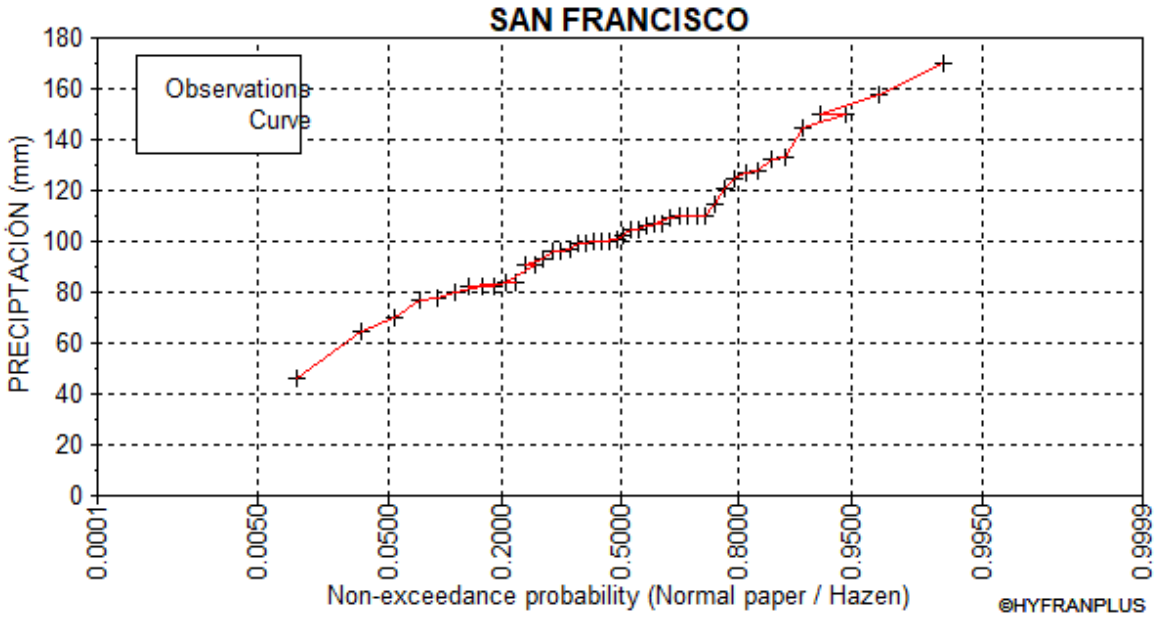



Figura 10:Ajustes de distribución de probabilidad, estación SAN FRANCISCO. Fuente: Elaboración propia (2024).

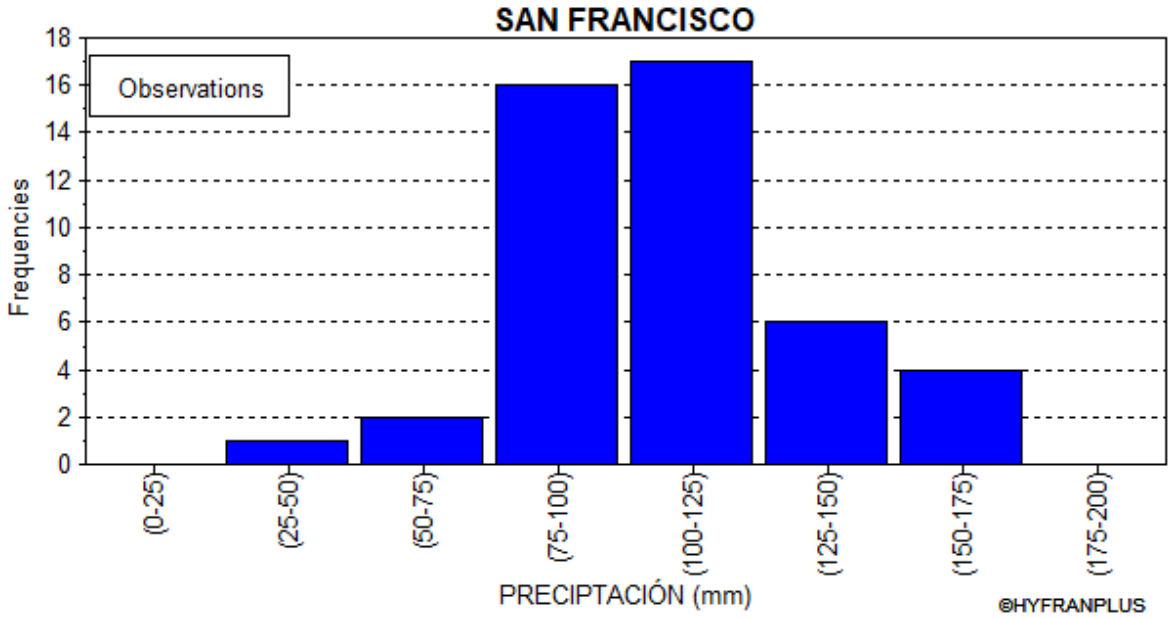



Figura 11: Histograma de frecuencias estación SAN FRANCISCO. Fuente: Elaboración propia (2024).}

### 6.9.1 ANÁLISIS DE DISTRIBUCIÓN DE AVENIDAS MÁXIMAS

Este análisis es un procedimiento para estimar la frecuencia de ocurrencia de eventos pasados o futuros, se realiza calculando el factor de frecuencia empleando diferentes métodos para finalmente escoger el método con el mejor ajuste de las distribuciones de probabilidades. Los valores máximos en hidrología de drenaje (precipitación o caudales), deben ser tratados a través de distribuciones probabilísticas. Aunque existen numerosas distribuciones de probabilidad para valores máximos, es muy común en hidrología utilizar para estos valores las distribuciones de probabilidad Gumbel (escuela europea) y log-Pearson Tipo III (escuela americana). (Invias, 2009).

### 6.9.2 DISTRIBUCIÓN GUMBEL

La distribución Gumbel se usa para el cálculo de variables meteorológicas, entre ellas precipitaciones y caudales máximos, teniendo buenos resultados (Aparicio, 1992). La función de distribución que representa esta distribución es:

$$F(x) = e^{-e^{-\alpha(x-\beta)}}$$

La función de densidad de densidad de probabilidad es:

$$F(x) = \alpha e^{[-\alpha(x-\beta)-e^{-\alpha(x-\beta)}]}$$

Donde α y β son parámetros de la función y se estiman de la siguiente forma:

$$\alpha = \frac{1.2825}{S}$$
$$\beta = \bar{x} - 0.45\,S$$

La función teórica de probabilidad de Gumbel posee un coeficiente de asimetría o sesgo Cs igual 1.139. Esto significa que, si los datos de una muestra se ajustan a esta distribución, su coeficiente de asimetría debe estar cercano a este valor. Para el caso de esta distribución de probabilidad de Gumbel, para calcular la recta de mejor ajuste de los datos históricos, en el método de momentos se utilizan las características estadísticas de la muestra, como media y desviación típica, y se relacionan con la variable original y la variable reducida mediante una ecuación (que, a su vez, está ligada a la probabilidad) para el cálculo de la recta de mejor ajuste, la cual es graficada en papel probabilístico. (Invias, 2009).

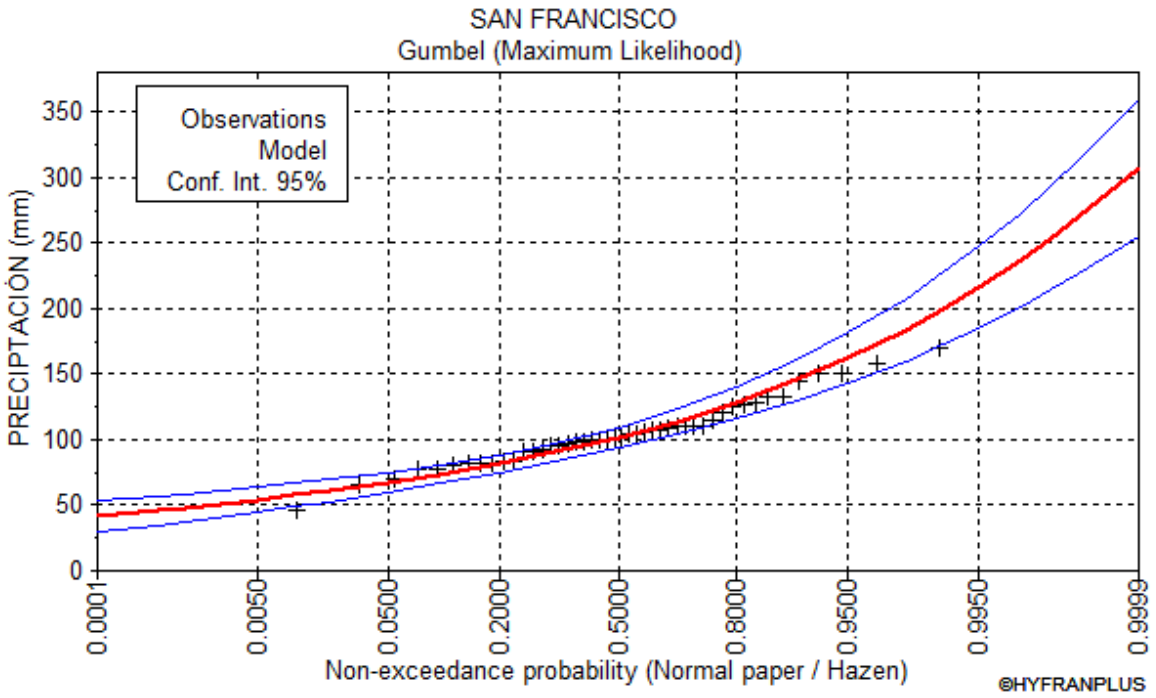



Figura 12: Probabilidad de ajuste tipo Gumbell. Fuente: Elaboración en HyFranPlus (2024).

### 6.9.3 DISTRIBUCIÓN DE PROBABILIDAD PEARSON TIPO III

Esta distribución ha sido una de las más utilizadas en hidrología. Como la mayoría de las variables hidrológicas son sesgadas, la función Pearson se utiliza para ajustar la distribución de frecuencia de variables tales como crecientes máximas anuales, Caudales mínimos, Volúmenes de flujo anuales y estacionales, valores de precipitaciones extremas y volúmenes de lluvia de corta duración. (Aparicio, 1992). Esta función se define como:

$$F(x) = \frac{1}{\alpha_1(\beta_1)}\left\{\frac{x-\delta_1}{\alpha_1}\right\}^{\beta_1-1} e^{-\frac{x-\beta_1}{\alpha_1}}$$

Donde α, β, δ son parámetros de la función de probabilidad.

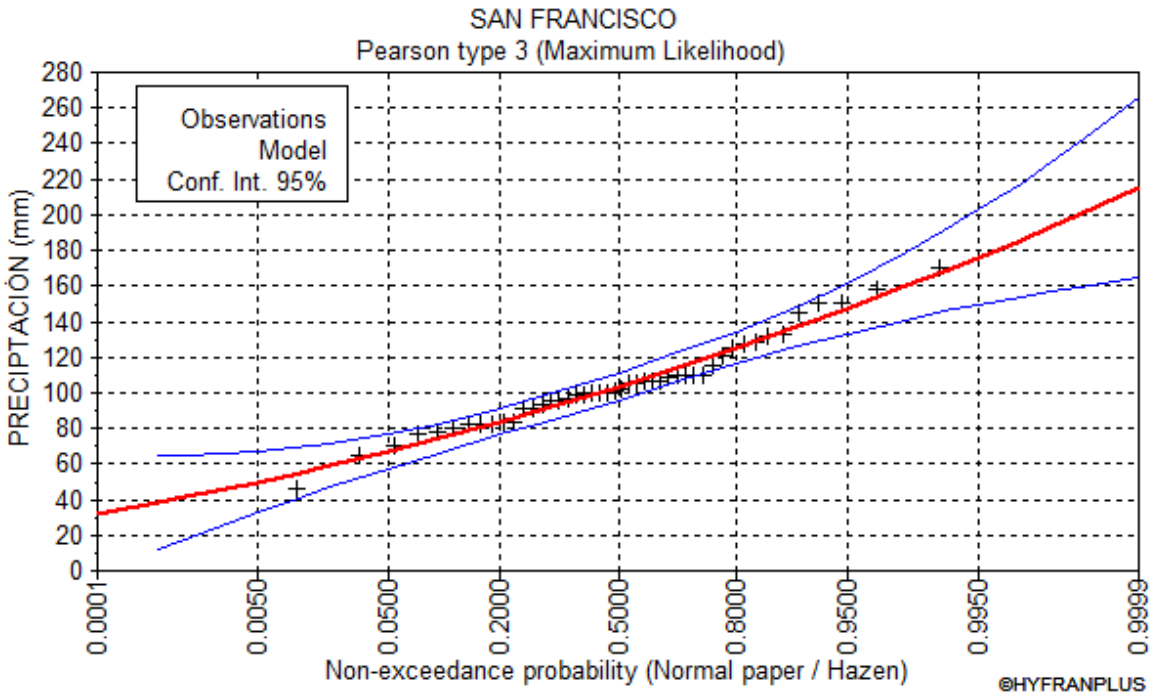



Figura 13: Probabilidad de ajuste tipo Pearson Type 3. Fuente: Elaboración en HyFranPlus (2024).

### 6.9.4 DISTRIBUCIÓN DE PROBABILIDAD LOG PEARSON TIPO III

Esta distribución es ampliamente usada en el mundo para el análisis de frecuencia de Caudales máximos. Esta se trabaja igual que para la Pearson Tipo III pero con Xy y Sy como la media y desviación estándar de los logaritmos de la variable original X (Aparicio, 1992).

$$F(x) = \frac{\lambda^{\beta}(y-\epsilon)^{\beta-1}e^{-\lambda(y-e)}}{xr(\beta)}$$

Donde:

$$y = \log x$$

$$\log x \geq \epsilon$$

$$\lambda = \frac{S_y}{\sqrt{\beta}}$$

$$\beta = \left[\frac{2}{C_s(y)}\right]^2$$

$$\epsilon = \bar{y} - S_y\sqrt{\beta}$$

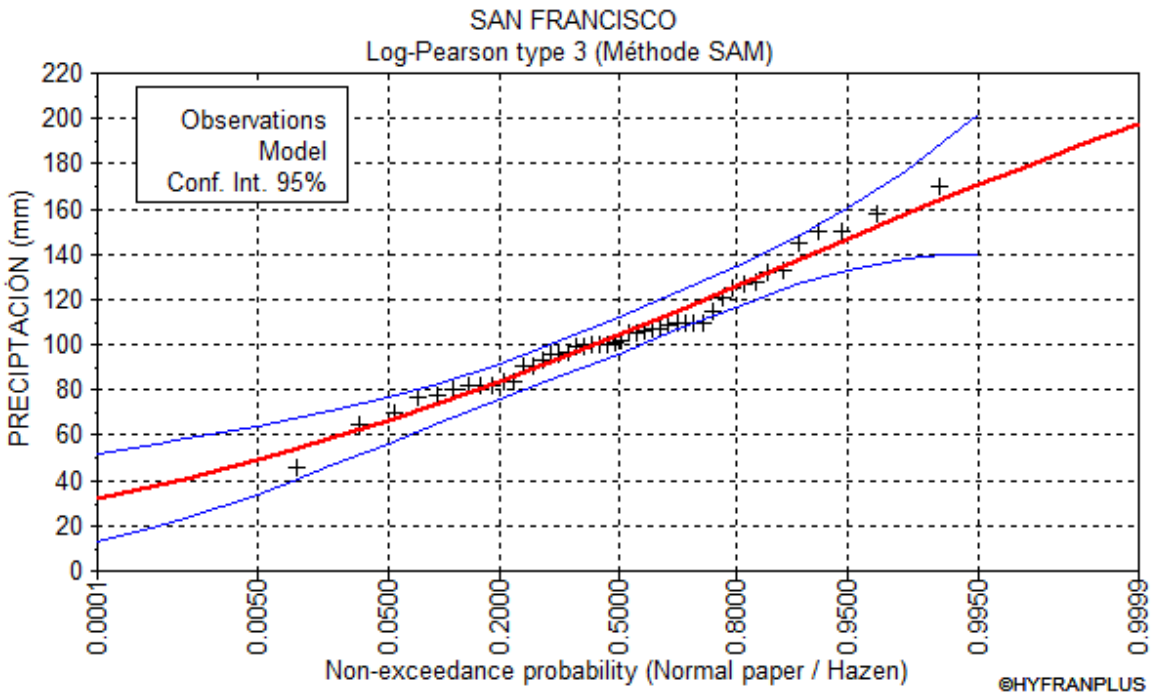



Figura 14: Probabilidad de ajuste tipo LogPearson Type 3. Fuente: Elaboración en HyFranPlus (2024).

### 6.9.5 DISTRIBUCIÓN NORMAL

Este tipo de distribución establece que si una secuencia de variables aleatorias *X* son independientes y están idénticamente distribuidas con media (μ) y varianza; entonces la distribución de la suma de N de esas variables aleatorias, tienden a la distribución normal. (Aparicio, 1992).

$$F(x) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{\left(-\frac{(x-\mu)^2}{2\sigma^2}\right)}$$

Donde: X son los datos de caudal, μ es el valor promedio, σes la varianza de la serie de datos.

Para que el grupo de datos se ajuste a la distribución Normal se deben cumplir las siguientes condiciones:

- Las probabilidades deben ser estables
- Los valores consecutivos deben ser independientes
- La variable debe ser continua.

### 6.9.6 DISTRIBUCIÓN LOG-NORMAL DE 3 PARÁMETROS

La distribución Log-Normal se puede aplicar si la variable aleatoria esta normalmente distribuida, se aplica a variables hidrológicas formadas como productos de otras variables. (Aparicio, 1992).

$$F(x) = \frac{1}{x\sigma\sqrt{2\pi}} e^{\left(-\frac{(y-\mu_y)^2}{2\sigma_y{}^2}\right)}$$

Donde: y es el logaritmo natural de la serie; x es la serie registrada y μ es la varianza de datos en Y.

Algunas limitaciones de este tipo de distribución son que solamente tiene dos parámetros y por otro lado que requiere que los logaritmos de los datos sean

simétricos alrededor de su media.

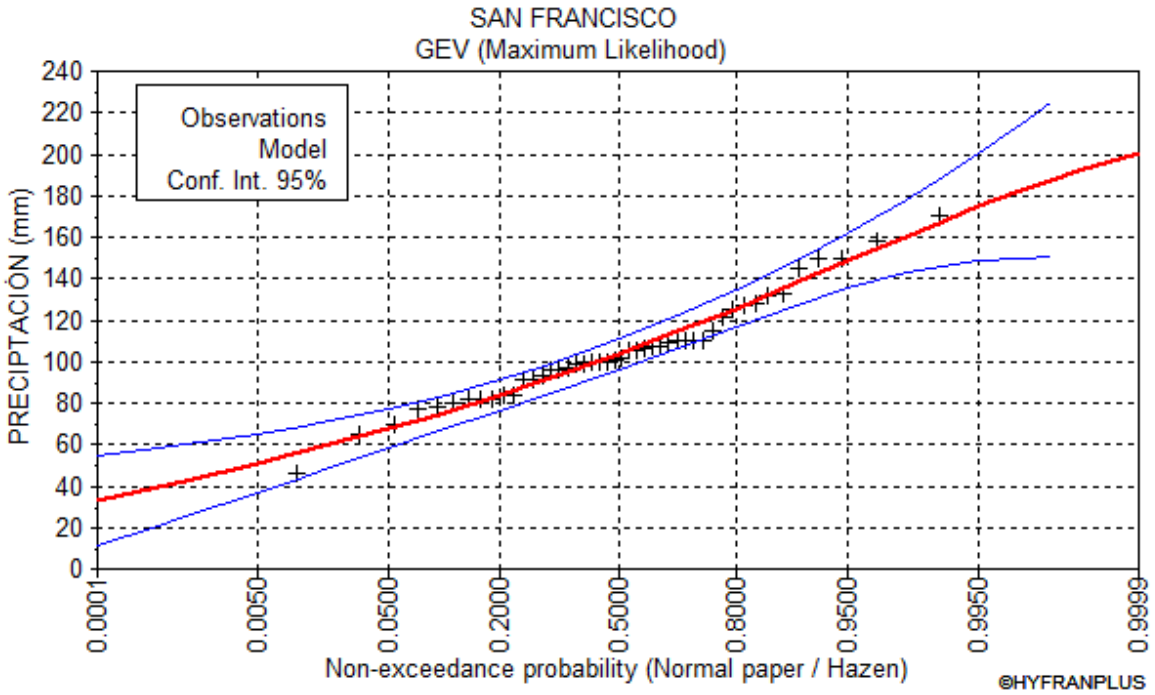



Figura 15: Probabilidad de ajuste tipo GEV. Fuente: Elaboración en HyFranPlus (2024).

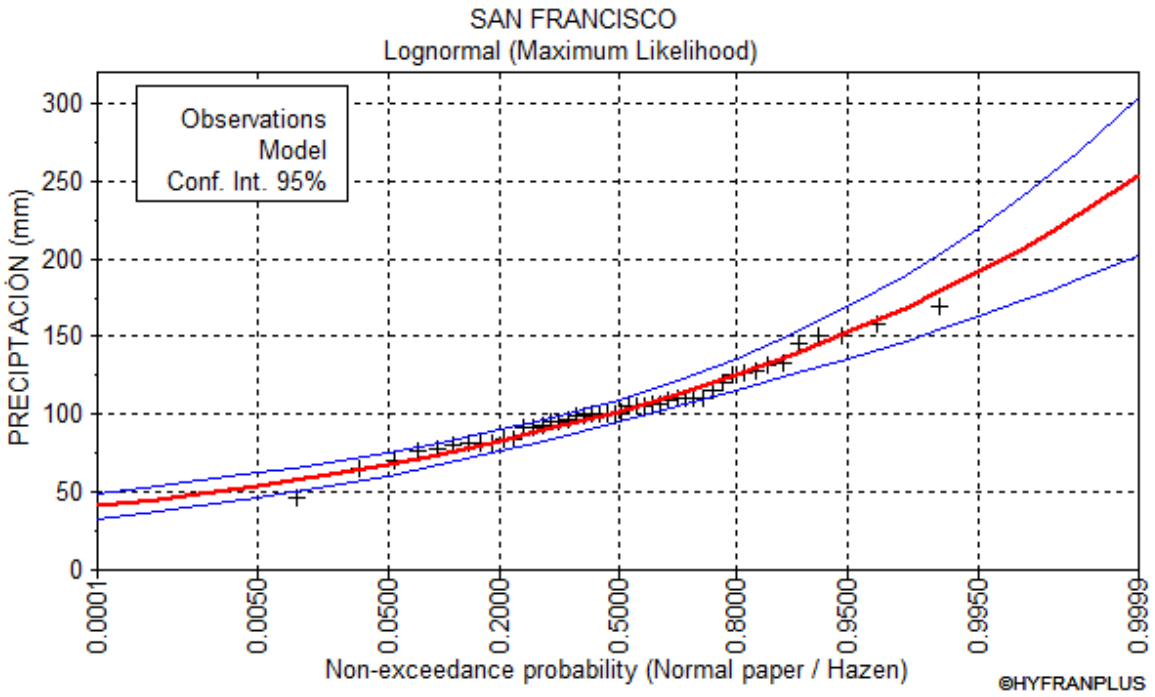



Figura 16: Probabilidad de ajuste tipo LOG Normal. Fuente: Elaboración en HyFranPlus (2024).

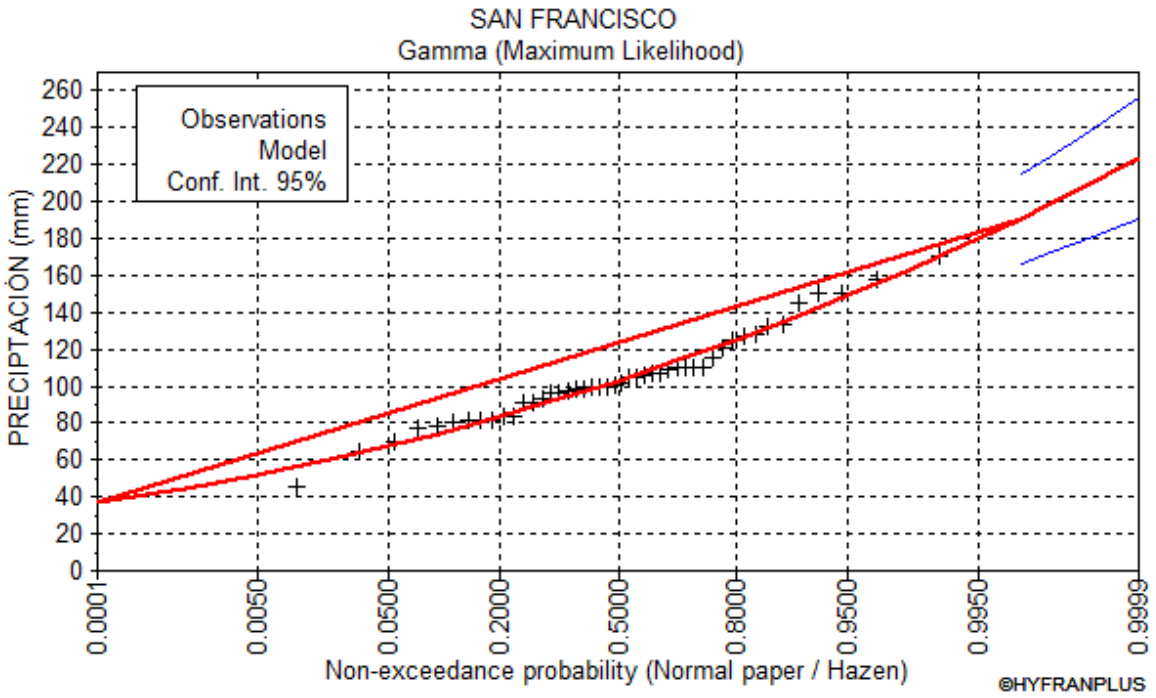



Figura 17: Probabilidad de ajuste tipo Gamma. Fuente: Elaboración en HyFranPlus (2024).

## 6.10 CRITERIO DE INFORMACIÓN DE AKAIKE

Tradicionalmente el proceso de construcción de un modelo para una serie temporal se basa en la utilización de un conjunto de prueba de hipótesis que van a permitir ir definiendo paso a paso el modelo que mejor se ajusta. Pero los contrastes estadísticos formales pierden su significado cuando no conocemos exactamente el mecanismo que ha generado los datos, ni la forma funcional con que intervienen las variables en el modelo, ni tampoco los desfases temporales que pueden existir, además no debemos olvidar que la elección del nivel de significación es puramente subjetiva.

Akaike (1974) propone estudiar el problema de la identificación desde la perspectiva de la teoría de la decisión estadística, lo que traslada el problema del ajuste de un modelo a la elección de la función de pérdida más adecuada. La solución dada por Akaike es elegir la función de pérdida (o criterio de especificación) el mínimo del criterio de información AIC, que simboliza por MAICE. Este criterio, definido por Akaike (1973) como" An Information Criterion", se basa en la medida de información

de Kullback-Leibler (1951), la cual permite interpretar la distancia entre dos distribuciones (la observada a partir de la muestra y la teórica) a partir de la log-verosimilitud de un modelo. El cálculo del AIC se realiza a partir de la siguiente expresión:

$$AIC = 2k - 2\ln(L)$$

Donde k es el número de parámetros y L el valor máximo en la función de verosimilitud (Maximum likelihood). Por lo tanto, AIC mide la bondad de ajuste a partir de la máxima verosimilitud del modelo, y la complejidad a partir el número de parámetros. La verosimilitud, p(y|θk), es la probabilidad de los datos condicionada a los k parámetros del modelo. Esta es una medida inversa a la suma de las distancias euclídeas de cada uno de los datos al modelo. Existe un único conjunto de valores de los parámetros que maximiza la función de verosimilitud (= que minimiza la suma de distancias euclídeas de los datos al modelo). Por lo tanto, cuanto más alto sea el valor de máxima verosimilitud mejor ajustado estará el modelo a los datos. Esto depende tanto de la forma del modelo como del grado de dispersión de los datos.

Tabla 12: Ajustes de distribución de probabilidad. Fuente: Elaboración propia (2024).

| TR | LOG PEARSON | PEARSON | GAMMA | LOG NORMAL | GEV | GUMBEL |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 500 | 178 | 186 | 191 | 206 | 182 | 237 |
| 100 | 164 | 168 | 171 | 191 | 168 | 200 |
| 50 | 157 | 160 | 162 | 180 | 160 | 184 |
| 25 | 147 | 148 | 149 | 169 | 148 | 162 |
| 10 | 137 | 137 | 138 | 153 | 138 | 145 |
| 5 | 126 | 125 | 125 | 140 | 126 | 128 |
| 3 | 115 | 115 | 114 | 125 | 114 | 114 |
| 2.3 | 104 | 104 | 103 | 113 | 103 | 102 |

En la siguiente tabla se presentan los resultados criterio de información de akaike para escoger la mejor distribución de probabilidad:

Tabla 13: Prueba de criterio de información de Akaike. Fuente: Elaboración propia (2024).

| MODELO | Nb Param | Xt | P(Mi) | P (Mi \| x) | BIC | AIC |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Lognormal | 2 | 180.125 | 20 | 46.19 | 433.052 | 429.395 |
| GEV | 2 | 167.868 | 20 | 13.88 | 435.456 | 429.97 |
| Pearson type 3 | 2 | 168.219 | 20 | 13.27 | 435.546 | 430.06 |
| Log-Pearson type 3 | 2 | 164.452 | 20 | 10.1 | 436.092 | 430.607 |
| Gumbel | 2 | 199.937 | 20 | 16.56 | 435.104 | 431.447 |

De acuerdo con los resultados de la prueba de bondad de ajuste, la distribución Gumbel presenta mayor valor, debido a que este se acerca más a los datos de la estación para periodos de retorno mayores a 10 años.

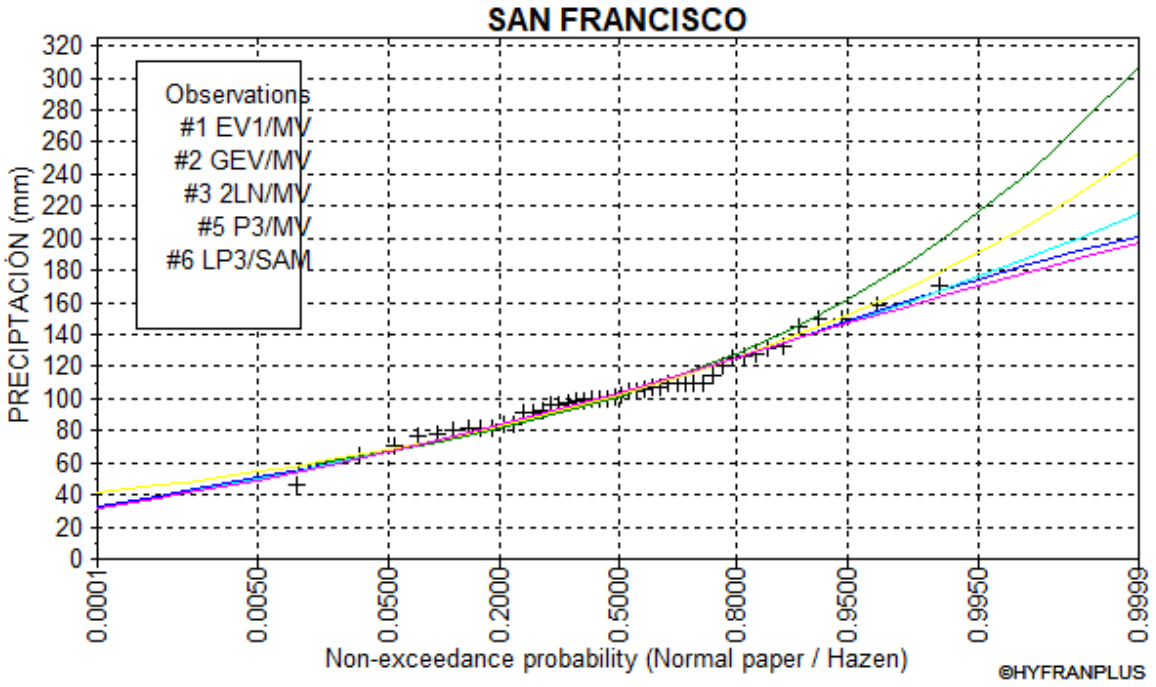



Figura 18: Comparación grafica de funciones de distribución de probabilidad. Fuente: Elaboración propia (2024).

## 7. CAUDALES Y ESCORRENTÍA

Para la determinación del caudal de diseño es necesario determinar inicialmente la escorrentía, la cual se puede definir como la cantidad de agua de una tormenta que drena o escurre sobre la superficie del suelo. Cuando se produce, fluye a los cauces incrementando su volumen; a medida que llega agua de las partes más lejanas comienza suavemente a decrecer el caudal al poco tiempo de terminada lluvia.
La escorrentía está en función de las precipitaciones máximas (P) y de la infiltración potencial (S), esta última a su vez depende del número de curva (CN). La ecuación que relaciona todas estas variables se muestra a continuación y está dada por la *Soil Conservation Service:*

$$E = \frac{(P - 0.2S)^2}{P + 0.8S}$$

Donde P es la precipitación en mm, S es la infiltración potencial en mm. El valor de es calculado mediante la siguiente expresión:

$$S = \frac{25400}{CN} - 254$$

Donde CN es el número de curva, el cual depende de la cobertura del área de drenaje.

### 7.1 ESTIMACIÓN DE CAUDAL POR EL MÉTODO RACIONAL

A partir de la identificación de la red hídrica de drenajes obtenida con la caracterización de las microcuencas, se logró establecer un drenaje principal que se acumula en los puntos de más bajo nivel de la zona; también se identificó un drenaje secundario que discurre directamente a un canal de excedentes existente sobre el costado sur hasta encontrarse con el drenaje principal.

Para la estimación de los caudales máximos de entrada al predio del proyecto, se utilizó el Método del Racional, en razón a que el área de la microcuenca aportante es menor a 90 Ha, que es la recomendación del INVIAS (2011). La duración de las lluvias de diseño se establece igual al tiempo de concentración de la cuenca, toda vez que esta es la condición más desfavorable y que es una práctica recomendada en hidrología (Chow, 1994).

El método o fórmula racional es una de las ecuaciones más adecuadas para el cálculo del caudal pico en pequeñas áreas asociadas con el drenaje de vías, esta metodología se considera válida para áreas inferiores a 0,9 km² (ASCE, 1992) (Rodríguez, 2013) y se fundamenta en la siguiente ecuación:

$$Q = 0.278\, C * I * A$$

Donde Q es el caudal en $m^3/s$; C es el coeficiente de escorrentía que depende las pendientes, el tipo y uso del suelo; A es el área de drenaje de la cuenca y 0.278 corresponde al factor de conversión de unidades.

Esta metodología establece que el caudal pico ocurre cuando toda el área contribuye al flujo y la intensidad de la lluvia es uniforme en un tiempo igual al tiempo de concentración de la hoya (o microcuenca, en este caso) (H. Rodríguez, 2013). El coeficiente de escorrentía es la relación entre la tasa pico de escorrentía directa y la intensidad de la precipitación en un período de tiempo dado (Chow, 1994). La selección de este coeficiente en general se realizar de acuerdo con las coberturas del suelo. Este valor también se puede calcular para una lluvia de características conocidas, siempre y cuando se conozca la respuesta de la hoya en términos del caudal de escorrentía superficial (Monsalve, 2004).

## 7.2 INTENSIDAD DE DISEÑO

Las curvas IDF se definen como la representación gráfica de una intensidad de precipitación (mm/h) que puede variar durante la duración de una tormenta, para una duración en intervalos iguales en minutos u horas desde el inicio hasta el fin de la lluvia asociado a un periodo de retorno llamado frecuencia, en otras palabras, una precipitación de 1/50 significa que es probable que se presente una vez cada 50 años (periodo de retorno).

La metodología simplificada de cálculo de las curvas intensidad – duración – frecuencia se debe llevar a cabo siempre y cuando no se disponga de datos históricos de precipitación de corta duración (datos pluviográficos). Para Colombia se propone el método de Vargas & Diaz-Granados (1998). En este estudio se dedujeron curvas intensidad-duración frecuencia por correlación con la precipitación máxima promedio anual en 24 horas, el número promedio de días de lluvia al año, la precipitación total media anual y la elevación de la estación. La mejor correlación obtenida, sin embargo, fue la que se obtuvo con la precipitación máxima promedio anual en 24 horas en una estación, y es la que se propone para los estudios, además de que es la más sencilla de utilizar.

$$i = \frac{axT^b xM^d}{T^c}$$

Dónde:

- I = Intensidad de precipitación (mm/h)
- T = Periodo de retorno (años)
- t = Tiempo de duración (min)
- M = Precipitación media en 24 horas (mm)
- a, b, c, d: coeficientes de regresión para la región de interés

Como no se cuenta con información de pluviogramas, para la elaboración de las curvas IDF se utilizó la ecuación sintética de Díaz – Granados para la región caribe a con sus respectivos coeficientes regresión obtenidos por los autores mencionados, las precipitaciones máximas en 24 horas por año son las que se muestran en la Tabla 14:

Tabla 14: Precitaciones máximas en 24 horas anual multianual. Fuente: Elaboración propia (2024).

| Año | No. Días Lluvia | Prec. Máx 24h |
|---|---|---|
| 1976 | 90 | 70 |
| 1977 | 98 | 127 |
| 1978 | 129 | 125 |
| 1979 | 118 | 78 |
| 1980 | 101 | 170 |
| 1981 | 126 | 97 |
| 1982 | 94 | 107 |
| 1983 | 112 | 158 |
| 1984 | 109 | 80 |
| 1985 | 114 | 128 |
| 1986 | 105 | 99 |
| 1987 | 113 | 77 |
| 1988 | 142 | 107 |
| 1989 | 99 | 82 |
| 1990 | 108 | 100 |
| 1991 | 107 | 101 |
| 1992 | 80 | 65 |
| 1993 | 108 | 106 |
| 1994 | 109 | 82 |
| 1995 | 129 | 133 |
| 1996 | 112 | 91 |
| 1997 | 87 | 93 |
| 1998 | 94 | 150 |
| 1999 | 97 | 100 |
| 2000 | 100 | 82 |
| 2001 | 98 | 109 |
| 2002 | 91 | 121 |
| 2003 | 82 | 100 |
| 2004 | 72 | 99 |
| 2005 | 105 | 110 |
| 2006 | 91 | 105 |
| 2007 | 109 | 84 |

| Año | No. Días Lluvia | Prec. Máx 24h |
|---|---|---|
| 2008 | 94 | 84 |
| 2009 | 88 | 91 |
| 2010 | 136 | 96 |
| 2011 | 127 | 102 |
| 2012 | 93 | 110 |
| 2013 | 82 | 110 |
| 2014 | 69 | 46 |
| 2015 | 61 | 115 |
| 2016 | 93 | 145 |
| 2017 | 136 | 96 |
| 2018 | 91 | 150 |
| 2019 | 74 | 105 |
| 2020 | 86 | 110 |
| 2021 | 128 | 132 |
| **PROMEDIO** | **101.89** | **104.96** |

Se utilizan los coeficientes de regresión de la región caribe (R2) en la Tabla 15.

Tabla 15: Coeficientes para cálculo de curvas IDF sintéticas región Caribe. Fuente: Curvas IDF sintéticas Díaz-Granados

| REGIÓN | a | b | c | d |
|---|---|---|---|---|
| ANDINA (R1) | 0.94 | 0.18 | 0.66 | 0.83 |
| CARIBE (R2) | 24.85 | 0.22 | 0.5 | 0.1 |
| PACIFICO (R3) | 13.92 | 0.19 | 0.58 | 0.2 |
| ORINOQUIA (R4) | 5.53 | 0.17 | 0.63 | 0.42 |

Tabla 16: Intensidades estimadas para la estación SAN FRANCISCO. Fuente: Elaboración propia (2024).

| | Intensidades (mm/h) | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| **Tr (años)** | **10** | **20** | **30** | **60** | **120** | **360** |
| **2.33** | 116.77 | 82.57 | 67.42 | 47.67 | 33.71 | 19.46 |
| **5** | 138.13 | 97.67 | 79.75 | 56.39 | 39.87 | 23.02 |
| **10** | 160.88 | 113.76 | 92.88 | 65.68 | 46.44 | 26.81 |
| **25** | 196.81 | 139.17 | 113.63 | 80.35 | 56.81 | 32.80 |
| **50** | 229.23 | 162.09 | 132.35 | 93.58 | 66.17 | 38.21 |
| **100** | 267.00 | 188.79 | 154.15 | 109.00 | 77.08 | 44.50 |
| **500** | 380.43 | 269.01 | 219.64 | 155.31 | 109.82 | 63.41 |

Las curvas intensidad-duración-frecuencia (IDF) para la zona del proyecto se muestran en la Figura 19:

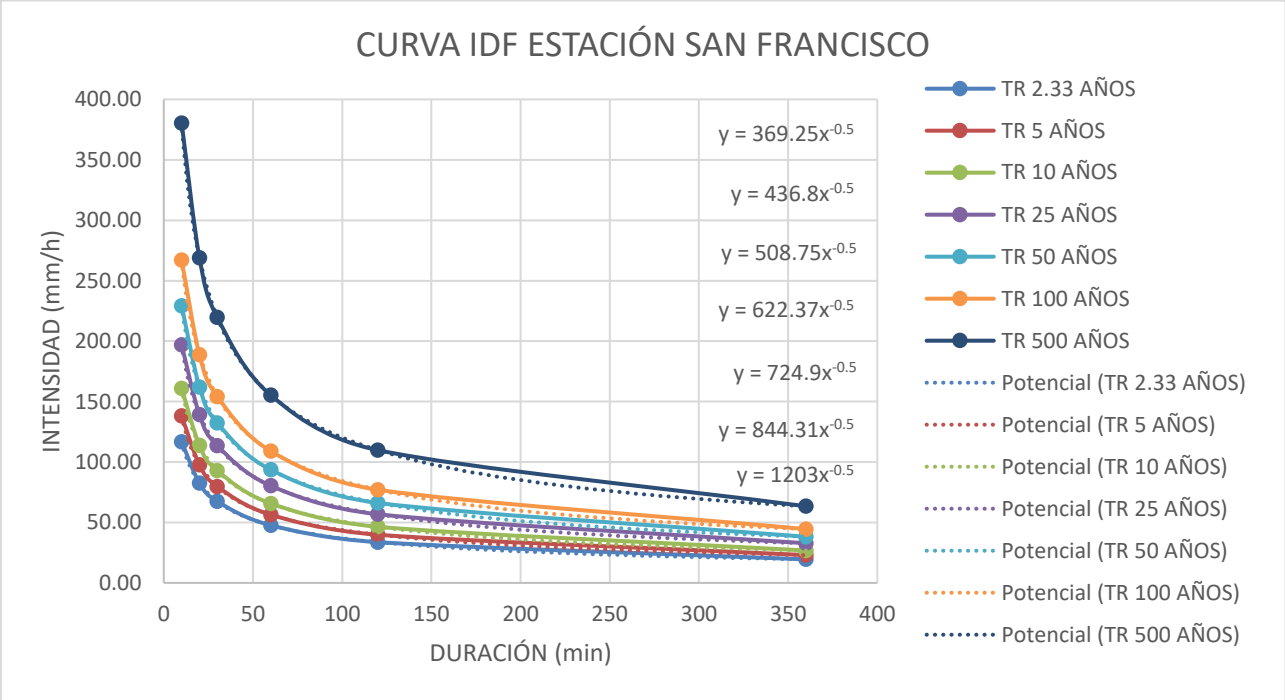



Figura 19: Curvas INTENSIDAD – DURACIÓN – FRECUENCIA de la estación SAN FRANCISCO.
Fuente: Elaboración propia (2024).

## 7.3 HIETOGRAMA DE DISEÑO

Los hietogramas de diseño permiten reflejar la distribución de las precipitaciones producidas a lo largo de las horas más lluviosas asociadas para un periodo de retorno definido. Para desarrollar este método es necesario definir un periodo de retorno para un tiempo específico, en este caso se escoge un periodo de retorno de 25 años para confeccionar un hietograma de lluvias asociado a un tiempo específico (tiempo de duración de la lluvia). Para generar el hietograma de diseño, es necesario conocer la intensidad de precipitación, para lo cual se utiliza los valores obtenidos en el numeral 7.2.

Para el tiempo de duración del evento proyectó una lluvia típica de 180 minutos y se generó el hietograma asociado al periodo de retorno, por el método de bloques alternos. En la Tabla 17 se observa la distribución de las lluvias en intervalos de 5

min y en la Figura 20 se presenta el comportamiento del evento desde que inicia hasta que termina.

Tabla 17: Hietograma de diseño asociado a la duración de la lluvia Tr 50 Años. Fuente: Elaboración propia (2024).

| HIETOGRAMA DE PRECIPITACION DE DISEÑO | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| **DURACION** | **INTENSIDAD** | **PROFUNDIDA ACUMULADA** | **PROFUNDIDAD INCREMENTAL** | **TIEMPO** | **PRECIPITACION** |
| **min** | **mm/hr** | **mm** | **mm** | **min** | **mm** |
| 60 | 32.546 | 32.546 | 32.546 | 0-60 | 0.757 |
| 120 | 19.339 | 38.677 | 6.131 | 60-120 | 0.809 |
| 180 | 14.262 | 42.786 | 4.109 | 120-180 | 0.871 |
| 240 | 11.491 | 45.964 | 3.177 | 180-240 | 0.945 |
| 300 | 9.718 | 48.590 | 2.626 | 240-300 | 1.035 |
| 360 | 8.474 | 50.847 | 2.257 | 300-360 | 1.148 |
| 420 | 7.548 | 52.837 | 1.990 | 360-420 | 1.295 |
| 480 | 6.828 | 54.623 | 1.786 | 420-480 | 1.495 |
| 540 | 6.250 | 56.249 | 1.626 | 480-540 | 1.786 |
| 600 | 5.774 | 57.744 | 1.495 | 540-600 | 2.257 |
| 660 | 5.376 | 59.131 | 1.387 | 600-660 | 3.177 |
| 720 | 5.035 | 60.426 | 1.295 | 660-720 | 6.131 |
| 780 | 4.742 | 61.642 | 1.216 | 720-780 | 32.546 |
| 840 | 4.485 | 62.790 | 1.148 | 780-840 | 4.109 |
| 900 | 4.259 | 63.879 | 1.088 | 840-900 | 2.626 |
| 960 | 4.057 | 64.913 | 1.035 | 900-960 | 1.990 |
| 1020 | 3.877 | 65.901 | 0.987 | 960-1020 | 1.626 |
| 1080 | 3.714 | 66.845 | 0.945 | 1020-1080 | 1.387 |
| 1140 | 3.566 | 67.751 | 0.906 | 1080-1140 | 1.216 |
| 1200 | 3.431 | 68.622 | 0.871 | 1140-1200 | 1.088 |
| 1260 | 3.308 | 69.461 | 0.839 | 1200-1260 | 0.987 |
| 1320 | 3.194 | 70.270 | 0.809 | 1260-1320 | 0.906 |
| 1380 | 3.089 | 71.053 | 0.782 | 1320-1380 | 0.839 |
| 1440 | 2.992 | 71.810 | 0.757 | 1380-1440 | 0.782 |

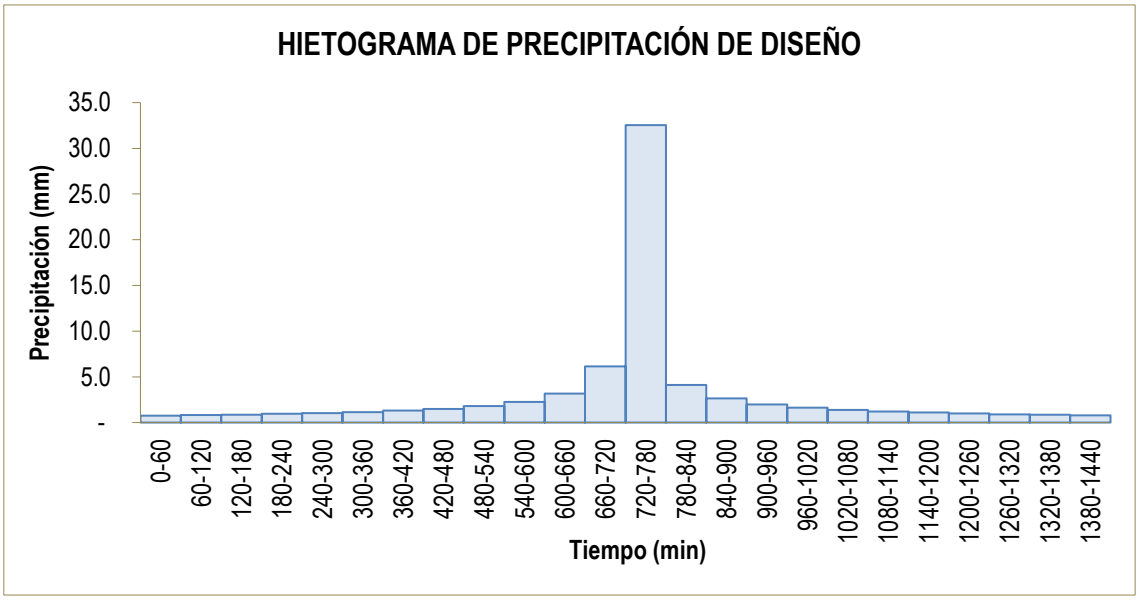



Figura 20: Hietograma de diseño por bloques alternos Tr 50 Años. Fuente: Elaboración propia (2024).

## 7.4 ESTIMACIÓN DE CAUDAL POR EL MÉTODO DEL HIDROGRAMA UNITARIO DEL SCS.

Dado que no se cuenta con series de registros de caudales para las cuencas, y las áreas aferentes a algunas estructuras son mayores a 80 hectáreas, se procede a determinar el caudal de diseño a través de los métodos lluvia escorrentía. Para este caso se empleará el método del Hidrograma Unitario Triangular desarrollado por el US Soil Conservation Service (SCS).

El hidrograma unitario es el hidrograma de escorrentía superficial total resultante de un volumen unitario de lluvia neta, uniformemente distribuido en espacio y tiempo. La altura de la lluvia neta equivale a la altura de escorrentía superficial total del hidrograma unitario.

$$d \times A = \int_0^t QEdt$$

Dónde: d es la lluvia neta total (mm); A es área de drenaje (Km2); QE es el caudal de escorrentía superficial total (m3/s) y t es el tiempo del hidrograma unitario de la

hoya (hr).

Existen dos suposiciones básicas en la teoría del hidrograma unitario:

- ✓ Las variaciones estacionales en las características superficiales de la hoya no se tienen en cuenta, es decir, se considera que las precipitaciones antecedentes no influencian en la distribución en el tiempo de la escorrentía superficial producida por una lluvia determinada.

- ✓ Para calcular la escorrentía superficial producida por cualquier otra lluvia neta diferente de una lluvia neta unitaria, se supone que el sistema es linear y no varía con el tiempo.

Con estos principios, Sherman introdujo el denominado hidrograma unitario, el cual es una herramienta útil en la transformación de datos de lluvia a caudal.
Para el presente estudio se utilizó el hidrograma unitario desarrollado por la U.S Soil Conservation Service (SCS), que define el caudal pico como:

$$qp = 0.2083 \times \frac{A \times E}{tp}$$

Dónde: qp es el caudal unitario máximo en $m^3/s$ por mm de escorrentía; A: es el área de drenaje ($Km^2$); E es la escorrentía unitaria (mm); tp es el tiempo al pico medido desde el comienzo del hidrograma unitario (hr). El tiempo pico se obtiene con la expresión:

$$tp = \frac{d}{2} + t1$$

Dónde d es la duración del exceso de precipitación unitaria (hr), y se estima de acuerdo con la siguiente expresión:

$$d = 0.133 \times tc$$

t1: Tiempo de retraso (hr), se estima como:

$$t1 = 0.6 \times tc$$

Dónde Tc es el tiempo de concentración de una cuenca.

### 7.4.1 NUMERO DE CURVA

El número de curva depende de la cobertura del suelo en el área de drenaje y de la precipitación antecedente. La cobertura del suelo en el área de drenaje se determina con ayuda de la Figura 21 y la Figura 22. La pertenencia a un grupo hidrológico ya sea A, B, C o D, depende del potencial de escorrentía del suelo, como se muestra en la Figura 21 y la Figura 22.

Por otro lado, el volumen de precipitación en un periodo de 3 días a 30 días precediendo a una tormenta determinada se le llama precipitación antecedente, y las condiciones que se producen en la cuenca con respecto al escurrimiento potencial se les llama condiciones antecedentes. En general, cuanto mayor es la precipitación antecedente, mayor será el escurrimiento directo que puede ocurrir en una tormenta dada. Los efectos de la infiltración y de la evapotranspiración durante el periodo antecedente también son importantes, porque pueden aumentar o disminuir el efecto de la lluvia antecedente.

| | Uso del suelo y cobertura | Tratamiento del suelo | Condición para la infiltración | Grupo hidrológico del suelo | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | A | B | C | D |
| ÁREAS URBANAS | **Residencial[1]** | | | | | | |
| | Tamaño promedio del lote | | % promedio de impermeabilidad [2] | | | | |
| | 0,05 ha o menor | | 65 | 77 | 85 | 90 | 92 |
| | 0,10 ha | | 38 | 61 | 75 | 83 | 87 |
| | 0,13 ha | | 30 | 57 | 72 | 81 | 86 |
| | 1 0,20 ha | | 25 | 54 | 70 | 80 | 85 |
| | 0,40 ha | | 20 | 51 | 68 | 79 | 84 |
| | **Parqueaderos pavimentados, techos, garajes, etc.** | | | 98 | 98 | 98 | 98 |
| | **Calles y carreteras:** | | | | | | |
| | Pavimentadas con sardineles y drenajes de aguas lluvias[3] | | | 98 | 98 | 98 | 98 |
| | En grava | | | 76 | 85 | 89 | 91 |
| | En tierra sin afirmar | | | 72 | 82 | 87 | 89 |
| | **Áreas comerciales y de negocios** | | 85% de impermeabilidad | 89 | 92 | 94 | 95 |
| | **Zonas industriales** | | 72% de impermeabilidad | 81 | 88 | 91 | 93 |
| | **Espacios abiertos, prados, parques, campos de golf, cementerios, etc.** | | | | | | |
| | Buenas condiciones: cobertura de pasto en más del 75% del área | | | 39 | 61 | 74 | 80 |
| | Malas condiciones: cobertura de 1 pasto entre el 50% y 75% del área | | | 49 | 69 | 79 | 84 |

Figura 21: Valores del número de curva para zonas urbanas.

| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| ÁREAS NO URBANAS | Barbecho | Hileras rectas | Mala | 77 | 86 | 91 | 94 |
| | Cultivo en hileras | Hileras rectas | Mala | 72 | 81 | 88 | 91 |
| | | Hileras rectas | Buena | 67 | 78 | 85 | 89 |
| | | Líneas de nivel | Mala | 70 | 79 | 84 | 88 |
| | | Líneas de nivel | Buena | 65 | 75 | 82 | 86 |
| | | Terrazas a nivel | Mala | 66 | 74 | 80 | 82 |
| | | Terrazas a nivel | Buena | 62 | 71 | 78 | 81 |
| | Cereales | Hileras rectas | Mala | 65 | 76 | 84 | 88 |
| | | Hileras rectas | Buena | 63 | 75 | 83 | 87 |
| | | Líneas de nivel | Mala | 63 | 74 | 82 | 85 |
| | | Líneas de nivel | Buena | 61 | 73 | 81 | 84 |
| | | Terrazas a nivel | Mala | 61 | 72 | 79 | 82 |
| | | Terrazas a nivel | Buena | 59 | 70 | 78 | 81 |
| | Leguminosas o praderas con rotación*** | Hileras rectas | Mala | 66 | 77 | 85 | 89 |
| | | Hileras rectas | Buena | 58 | 72 | 81 | 85 |
| | | Líneas de nivel | Mala | 64 | 75 | 83 | 85 |
| | | Líneas de nivel | Buena | 55 | 69 | 78 | 83 |
| | | Terrazas a nivel | Mala | 63 | 73 | 80 | 83 |
| | | Terrazas a nivel | Buena | 51 | 67 | 76 | 80 |
| | Pastizales | - | Mala | 68 | 79 | 86 | 89 |
| | | - | Regular | 49 | 69 | 79 | 84 |
| | | - | Buena | 39 | 61 | 74 | 80 |
| | | Líneas de nivel | Mala | 47 | 67 | 81 | 88 |
| | | Líneas de nivel | Regular | 25 | 59 | 75 | 83 |
| | | Líneas de nivel | Buena | 6 | 35 | 70 | 79 |
| | Pradera permanente | -- | - | 30 | 58 | 71 | 78 |
| | Bosques naturales | -- | Mala | 45 | 66 | 77 | 83 |
| | | -- | Regular | 36 | 60 | 73 | 79 |
| | | -- | Buena | 25 | 55 | 70 | 77 |
| | Hacienda | -- | -- | 59 | 74 | 82 | 86 |

(1) Los; números de curva son calculados asumiendo que la escorrentía desde la casa y el garaje es dirigida hacia la calle con un mínimo de agua del techo dirigida hacia el prado donde puede ocurrir infiltración.
(2) La condición para estos números de curva es que las áreas permeables adicionales (prados) son consideradas sembradas con pastos de buena condición.
(3) Sembradas en conjunto.

Figura 22: Valores del número de curva para zonas urbanas. Fuente: Hidrología e hidráulica Aplicada. Bernardo Díaz.

Tabla 18: Condición hidrológica de los suelos. Fuente: Ven Te Chow (1995).

| **Tipo de suelo** | **Característica (Potencial de escorrentía)** |
|---|---|
| A | Bajo |
| B | Moderadamente bajo |
| C | Moderadamente alto |
| D | Alto |

Debido a las dificultades para determinar las condiciones antecedentes producidas por la lluvia, las condiciones reducen a los siguientes tres casos:

- ✓ Condición 1: esta es la condición que presentan los suelos de una cuenca en la que los suelos están secos, pero no hasta el punto de marchitamiento, y cuando se aran o se cultivan bien. Esta condición no se considera aplicable al cálculo para determinar la avenida del proyecto.

- ✓ Condición 2: El caso promedio para avenidas anuales, es decir, un promedio de las condiciones que han precedido a la ocurrencia de la avenida máxima anual en numerosas cuencas.

- ✓ Condición 3: Que se presenta cuando ha llovido mucho o poco y han ocurrido bajas temperaturas durante los cinco días anteriores a la tormenta y el suelo está casi saturado.

Para el uso del suelo de acuerdo con el método Corine Land Cover, la zona del proyecto corresponde a zonas no urbanas. Las demás características del suelo y el cálculo del CN se muestran en la Tabla 18.

Tabla 19: Valores del número de curva para zona del proyecto. Fuente: Elaboración propia (2024).

| Uso del suelo y cobertura | Tratamiento del suelo | Condición para la infiltración | Grupo hidrológico del suelo | CN II: |
|---|---|---|---|---|
| Bosques | Ninguno | Regular | C | 86 |

Los valores del Número de Curva calculados en la Tabla 19 corresponden a la condición 2, y se escoge la condición crítica, es decir, la condición 3 por lo cual hay que realizar una corrección al CNII para determinar el CNIII de acuerdo con la siguiente expresión:

$$CNIII = \frac{23 \times CNII}{10 + 0.13 \times CNII}$$

Tabla 20: Corrección del número de curva. Fuente: Elaboración propia (2024).

| | |
|---|---|
| **CN II** | 86 |
| **CN III** | 94 |

### 7.4.2 CÁLCULO DE CAUDALES DE APORTE POR EL MÉTODO DEL HIDROGRAMA UNITARIO DEL SCS

Con el valor del número de curva se puede determinar la infiltración potencial, y por ende la escorrentía, que es el dato faltante para la determinación del caudal de diseño para diferentes periodos de retorno.

A partir de las áreas aportantes a cada una de las estructuras proyectadas se estimaron los tiempos de concentración para cada subcuenca, el número de curva seleccionado (60) se estiman los caudales generados. En la Tabla 21 se muestran los parámetros utilizados y el esquema de tránsito de caudales.

Tabla 21: Análisis morfométrico para estimación de caudales en HMS para subcuenca. Fuente: Elaboración propia (2020).

| PARAMETRO | RESULTADO | UNIDAD |
|---|---|---|
| Área de la cuenca | 22.57 | km2 |
| Perímetro | 25.87 | km |
| Elevación máxima | 500 | m.s.n.m. |
| Elevación mínima | 43 | m.s.n.m. |
| Desnivel | 457 | m.s.n.m. |
| Longitud de la cuenca | 17.87 | Km |
| Ancho máximo de la cuenca | 9.10 | Km |
| Longitud del cauce principal | 7.900 | km |
| Altura máxima del cauce principal | 125 | m.s.n.m. |
| Altura mínima del cauce principal | 43 | m.s.n.m. |
| Pendiente del cauce principal | 0.0104 | m/m |
| Tiempo de concentración Kirpich | 113.36 | minutos |
| Lag Time (min) | 68.02 | minutos |

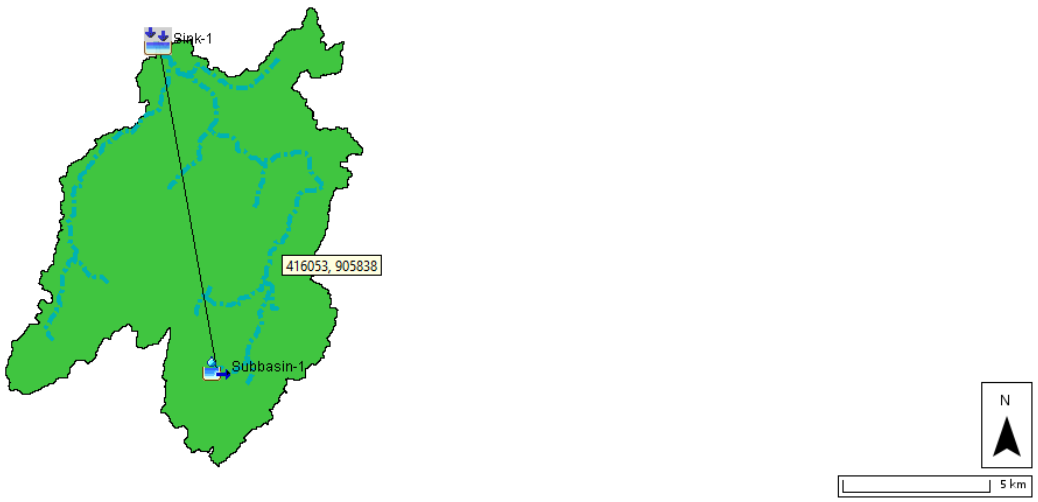



Figura 23: Modelo hidrológico lluvia-escorrentía en HEC-HMS. Fuente: Elaboración propia (2024).

En la Tabla 22 se muestran los caudales calculados para cada una de periodos de retorno evaluado por esta metodología.

Tabla 22: Caudales obtenidos con HEC-HMS. Fuente: Elaboración propia (2024).

| Tr (años) | Ecuación IDF | Tc (min) | Intensidad máxima (mm/hr) | Area (Km2) | Número de Curva (CN) | Caudal US SCS (m3/s) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 2 | 369.25*((x)^-0.5) | 113.36 | 34.680324 | 22.57 | 94 | 72.6 |
| 5 | 436.8*((x)^-0.5) | 113.36 | 41.024687 | 22.57 | 94 | 92.2 |
| 10 | 508.75*((x)^-0.5) | 113.36 | 47.782302 | 22.57 | 94 | 113.5 |
| 25 | 622.37*((x)^-0.5) | 113.36 | 58.453604 | 22.57 | 94 | 141.2 |
| 50 | 724.9*((x)^-0.5) | 113.36 | 68.083323 | 22.57 | 94 | 179 |
| 100 | 844.31*((x)^-0.5) | 113.36 | 79.298428 | 22.57 | 94 | 215.8 |
| 500 | 1203*((x)^-0.5) | 113.36 | 112.98695 | 22.57 | 94 | 327.4 |

## 8. CAUDAL DE DISEÑO

Se presentan los caudales para diferentes periodos de retorno mediante la herramienta HEC-HMS y aplicando las ecuaciones descritas en el numeral 7.3.

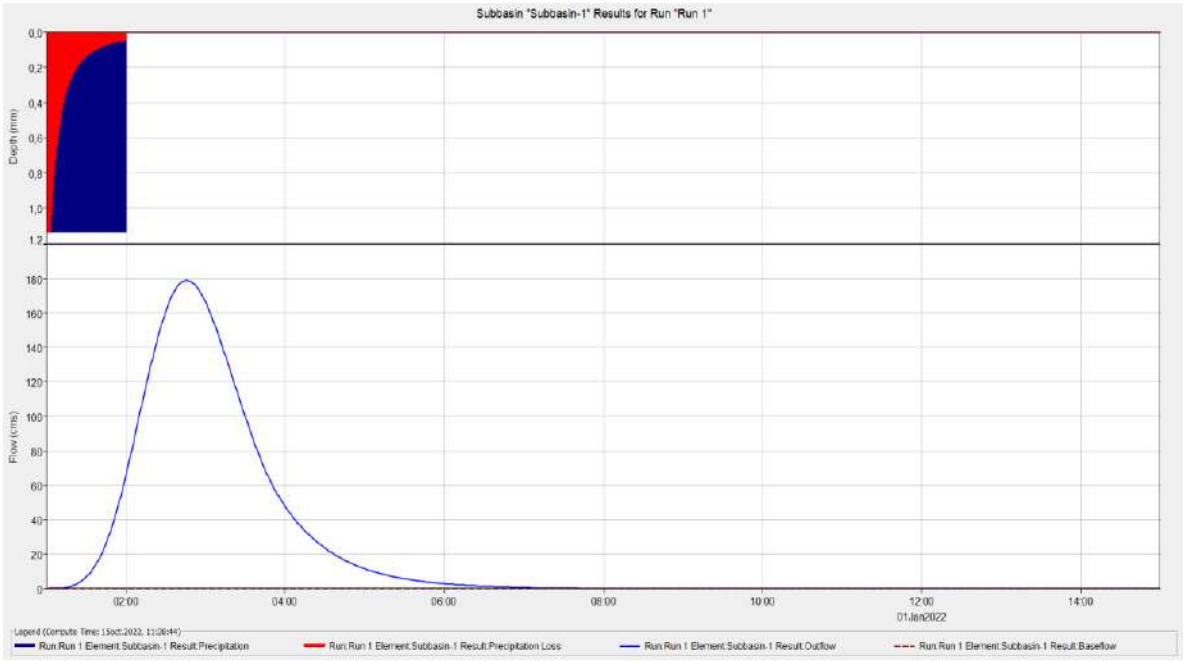



Figura 24: Hidrograma unitario - SCS para Tr 50 años. Fuente: Elaborado en HECHS (2024).

Tabla 23: Cálculos de caudales utilizando ecuaciones del SCS. Fuente: Elaboración propia (2024).

| Tr | Cálculo de caudal | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Tc (h) | T al pico (h) | q pico ($m^3/s/mm$) | CN II | CN III | S (mm) | Ia (mm) | Esc (mm) | Q ($m^3/s$) |
| 2.33 | 1.89 | 1.26 | 3.73 | 86 | 94 | 15.10 | 3.02 | 21.44 | 79.946 |
| 5 | 1.89 | 1.26 | 3.73 | 86 | 94 | 15.10 | 3.02 | 27.20 | 101.433 |
| 10 | 1.89 | 1.26 | 3.73 | 86 | 94 | 15.10 | 3.02 | 33.47 | 124.826 |
| 25 | 1.89 | 1.26 | 3.73 | 86 | 94 | 15.10 | 3.02 | 43.57 | 162.471 |
| 50 | 1.89 | 1.26 | 3.73 | 86 | 94 | 15.10 | 3.02 | 52.81 | 196.933 |
| 100 | 1.89 | 1.26 | 3.73 | 86 | 94 | 15.10 | 3.02 | 63.68 | 237.453 |
| 500 | 1.89 | 1.26 | 3.73 | 86 | 94 | 15.10 | 3.02 | 96.69 | 360.574 |

## 8.1 COEFICIENTE DE MANNING (n)

Los modelos hidráulicos en general, incluido el HEC-RAS, incluyen dentro de sus formulaciones numéricas un término que representa la resistencia al flujo en canales. Este término incluye a su vez un coeficiente de rugosidad, el cual representa el efecto de resistencia al flujo de las superficies del fondo y de las paredes del canal. Una de las ecuaciones de resistencia más utilizadas en la hidráulica fluvial es la ecuación de Manning, la cual se puede escribir como:

$$v = \frac{1}{n}\sqrt{s}Rh^{2/3}$$

Donde v es la velocidad media en la sección transversal, n es el coeficiente de rugosidad de Manning, s es la pendiente de la línea de energía del flujo, Rh es el radio hidráulico de la sección transversal de flujo.

En el caso de la ecuación de Manning, el parámetro n (llamado comúnmente "n de Manning") es el coeficiente de rugosidad utilizado, el cual representa las condiciones imperantes en la sección transversal y el cual depende de una cantidad de factores, como la rugosidad absoluta de los materiales en el lecho y los bancos del cauce, de las irregularidades de este, de la presencia de obstrucciones y vegetación, del régimen de transporte de sedimentos y del régimen de flujo.

Existen diversas metodologías para estimar el coeficiente de Manning en un cauce natural. Estas metodologías tienen en común el cálculo de un valor base de n en función de la rugosidad absoluta o de la granulometría de los materiales del lecho. Para ello existen metodologías empíricas y fórmulas analíticas. Algunas de las fórmulas analíticas más comunes utilizadas para este fin tienen la forma y concepto de las ecuaciones de Strickler, Hey y Limerinos (Chang 1992, USACE 1994, USACE 2010, García 2007, entre otros):

- ✓ ***Strickler:***

$$n = 0.0474 K_s^{\,1/16}$$

Donde $K_s$ (en metros) está correlacionado con el tamaño de la partícula, usualmente con el d50. Supone condiciones de lecho rígido y una variación de n sólo con la rugosidad absoluta del lecho.

- ✓ ***Hey:***

$$\frac{1}{\sqrt{f}} = 2.031 \log\left(\frac{11.75 Rh}{3.5\, d_{84}}\right)$$

Donde $Rh$ es el radio hidráulico del flujo, $d_{84}$ es el tamaño de partícula (para el que el 84% del sedimento es más fino) y f el factor de fricción de Darcy-Weisbach. Esta ecuación es del tipo Keulegan para lecho rígido, ecuaciones semi-logarítmicas que se basan en la ecuación de Prandtl-von Karman ya que la fricción en la frontera del canal crea una capa de cortante similar a la capa límite en tuberías. Estas ecuaciones demuestran que la resistencia al flujo aumenta para tirantes bajos.

- ✓ ***Limerinos:***

$$n = \frac{0.0926 Rh^{1/6}}{1.16 + 2\log\left(\frac{Rh}{d_{84}}\right)}$$

Donde $Rh$ es el radio hidráulico del flujo, $d_{84}$ es el tamaño de partícula (para el que el 84% del sedimento es más fino). Esta ecuación está derivada para fondos móviles y materiales relativamente gruesos (arenas gruesas y gravas) y es aplicable sólo en la ausencia de formas de fondo (e.g. dunas) y en el régimen alto de transporte de sedimentos.

- ✓ ***Cowan:***

Existen asimismo otro tipo de metodologías, en donde el n base para un cauce se escoge empíricamente a través de tablas y fotografías que describen y muestran las características más relevantes de los cauces. Esta es una metodología muy generalizada y práctica, desarrollada inicialmente por Chow en 1959 y posteriormente desarrollada por Arcement y Schneider en su texto “Guide for selecting Manning’s Roughness Coefficients for natural Channels and Flood Plains” (1989). Según estos autores, el valor de n de Manning para el cauce principal se obtiene de la siguiente fórmula, propuesta originalmente por Cowan (Chow, 1994):

$$n = (n_b + n_1 + n_2 + n_3 + n_4)m$$

Donde $n_b$ es el valor de base para un canal recto, uniforme y liso conformado por materiales naturales; $n_1$ es el factor de corrección por irregularidades presentes en la superficie; $n_2$ es el valor para variaciones en forma y tamaño de la sección transversal del canal; $n_3$ es el valor para obstrucciones presentes; $n_4$ es el valor

para presencia de vegetación y condiciones de flujo y m factor de corrección por el efecto de la sinuosidad a lo largo del cauce.

Cowan (1994) recomienda obtener los valores de $n_b$ de la Tabla 24 realizar estimaciones con las ecuaciones analíticas como las referidas anteriormente:

Tabla 24: Valores base para la n de Manning. Fuente: Arcement y Schneider (1989).

| Material del fondo | Tamaño medio del material (mm) | Valor base de n | |
|---|---|---|---|
| | | Canal recto y uniforme | Canal liso |
| Concreto | --- | 0,012 – 0,018 | 0,011 |
| Roca | --- | --- | 0,025 |
| Suelo firme | --- | 0,025 – 0,032 | 0,020 |
| Arena gruesa | 1-2 | 0,026 – 0,035 | --- |
| Gravas finas | --- | --- | 0,024 |
| Gravas | 2-64 | 0,028 – 0,035 | --- |
| Gravas gruesas | --- | --- | 0,026 |
| Pequeños cantos rodados | 64-256 | 0,030 – 0,050 | --- |
| Cantos rodados | >256 | 0,040 – 0,070 | --- |

De igual forma Cowan (1994) recomienda que los coeficientes de ajuste n1, n2, n3, n4 y m, se obtengan de las siguientes tablas.

Tabla 25: Valores de ajuste para la estimación de la n de Manning, Grado de irregularidad (n1). Fuente: Arcement y Schneider (1989).

| Grado de irregularidad | Valor de ajuste n1 |
|---|---|
| Liso | 0,000 |
| Menor | 0,001 – 0,005 |
| Moderada | 0,006 – 0,010 |
| Severa | 0,011 – 0,020 |

Tabla 26: Valores de ajuste para la estimación de la n de Manning, Variación en la sección transversal del cauce (n2). Fuente: Arcement y Schneider (1989).

| **Variación en la sección transversal del cauce** | **Valor de ajuste n2** |
|---|---|
| Gradual | 0,000 |
| Alternan ocasionalmente | 0,001 – 0,005 |
| Alternan frecuentemente | 0,010 – 0,015 |

Tabla 27: Valores de ajuste para la estimación de la n de Manning, Efecto de obstrucciones (n3). Fuente: Arcement y Schneider (1989).

| **Efecto de obstrucciones** | **Valor de ajuste n3** |
|---|---|
| Despreciable (ocupa menos del 5% del área de la sección transversal) | 0,000 – 0,004 |
| Menor (ocupa menos del 15% del área de la sección transversal) | 0,005 – 0,015 |
| Apreciable (ocupa entre el 15% y el 50% del área de la sección transversal) | 0,020 – 0,030 |
| Severo (ocupa más del 50% del área de la sección transversal) | 0,040 – 0,050 |

Tabla 28: Valores de ajuste para la estimación de la n de Manning, Cantidad de vegetación (n4). Fuente: Arcement y Schneider (1989).

| **Cantidad de vegetación** | **Valor de ajuste n4** |
|---|---|
| Pequeña | 0,002 – 0,010 |
| Mediana | 0,010 – 0,025 |
| Grande | 0,025 – 0,050 |
| Muy grande | 0,050 – 0,100 |

Tabla 29: Valores de ajuste para la estimación de la n de Manning, Grado de sinuosidad (m).

Fuente: Arcement y Schneider (1989).

| Grado de sinuosidad | Valor de ajuste m |
|---|---|
| Menor (Relación entre longitud real del cauce y longitud en línea recta entre 1 y 1,2) | 1 |
| Apreciable (Relación entre longitud real del cauce y longitud en línea recta entre 1,2 y 1,5) | 1,15 |
| Severo (Relación entre longitud real del cauce y longitud en línea recta mayor a 1,5) | 1,3 |

Para definir las condiciones de frontera del modelo se analizaron las características prevalecientes en el cauce. Aguas arriba no existen elementos físicos específicos que definan un control hidráulico. Aguas abajo se definió asimismo una condición de flujo normal con pendiente de 0,0104 m/m, valor promedio de lo que se observa a lo largo de los 480 m del tramo analizado.

Tabla 30: Calculo del coeficiente de Manning según Cowan. Fuente: Elaboración propia (2024).

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | **SEGÚN COWAN:** | | | | |
| | **Condiciones del río:** | | | | |
| Material del cauce: | A | terroso | | | |
| | B | rocoso | | | |
| | C | gravoso fino | | | |
| | D | gravoso grueso | | | |
| | **material del cauce adoptado:** | | A | = | 0.02 |
| Grado de irregularidad: | | | | | |
| | A | ninguna | | | |
| | B | leve | | | |
| | C | regular | | | |
| | D | severo | | | |
| | **Grado de irregularidad adoptado:** | | A | = | 0 |
| Secciones Variables | | | | | |
| | A | leve | | | |
| | B | regular | | | |
| | C | severo | | | |

**SEGÚN COWAN:**

**Condiciones del río:**

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| **variación de la sección adoptada:** | | A | = | 0 |
| Efecto de las obstrucciones: | A | despreciables | | |
| | B | menor | | |
| | C | apreciable | | |
| | D | severo | | |
| **Efecto de las obstrucciones adoptado:** | | B | = | 0.01 |
| Vegetación: | A | ninguna | | |
| | B | poco | | |
| | C | regular | | |
| | D | alta | | |
| **vegetación adoptada:** | | B | = | 0.01 |
| Grado de sinuosidad: | A | Insignificante | | |
| | B | regular | | |
| | C | considerable | | |
| **grado de sinuosidad adoptado:** | | A | = | 1 |

**valor de " n " adoptado según COWAM n = 0.04**

En cuanto al coeficiente de rugosidad de Manning, para el cauce de la quebrada Severinera se tomó un valor de n base de 0,040, correspondiente a la textura y granulometría de los materiales presentes en el cauce. La irregularidad baja de las formas del canal, la presencia menor de obstrucciones y una cantidad alta de vegetación en las márgenes del cauce dan como resultado un coeficiente de Manning de 0,040 en el cauce a lo largo del tramo modelado. Para las simulaciones, se evaluó el caudal para un periodo de retorno de 50 años según las recomendaciones del INVIAS (2009), Un resumen de las características del modelo se presenta en la Tabla 31.

Tabla 31: Resumen de parámetros del modelo de la quebrada Severinera en HEC-RAS. Fuente: Elaboración propia (2024).

| **Características geométricas** | |
|---|---|
| Número de secciones | 25 |
| Estación aguas abajo | 0+000,00 |
| Estación aguas arriba | 0+480,00 |
| Condición de frontera aguas arriba | Profundidad normal s=0,0104 m/m |
| Condición de frontera aguas abajo | Profundidad normal s=0.0104 m/m |
| **Coeficientes de rugosidad (Manning)** | |
| Cauce principal y planicies | 0,040 |
| **Condiciones de caudal** | |
| Q50años | 179 m3/s |

# 9. MODELO HIDRÁULICO

## 9.1 DISEÑO HIDRÁULICO DEL PUENTE

El modelo seleccionado para la simulación hidráulica fue el programa HEC-RAS (River Analysis System del Hydrologic Engineering Center) del Cuerpo de Ingenieros del Ejército de Estados Unidos. Este modelo unidimensional se basa en el cálculo de Flujo Gradualmente Variado (FGV) mediante la solución de la ecuación de energía en una dimensión. Considera las pérdidas de energía producto de la fricción a lo largo del cauce y de procesos de expansión y contracción del flujo. Para casos de Flujo Rápidamente Variado (FRV), como saltos hidráulicos, confluencias y flujo en puentes el modelo incorpora la solución de la ecuación de momentum del flujo. Las características específicas del modelo, su fundamento hidráulico y sus formulaciones y métodos de solución numéricos son tratados ampliamente en USACE (2010), documento que puede utilizarse como referencia hidráulica del modelo.

Para la corriente objeto del presente estudio, el uso de un modelo hidráulico unidimensional como el HEC-RAS es suficiente y adecuado para estimar las características del flujo, en particular los niveles para los caudales de diseño y los parámetros hidráulicos relacionados con los cálculos de socavación.

El modelo HEC-RAS requiere la inclusión de la geometría de las secciones transversales, a partir de las cuales se obtienen los parámetros hidráulicos de las secciones para el cálculo de las condiciones de flujo analizadas. Para lograr una correcta aplicación del modelo unidimensional, se utilizaron secciones transversales detalladas y se definieron tramos de análisis y separación de secciones adecuadas para la variación esperada del gradiente de energía en condición de crecientes.

La resistencia al flujo se modela mediante el coeficiente n de Manning, el cual puede ser variado a lo ancho de la sección transversal y a lo largo del tramo analizado. El modelo también requiere de la fijación de condiciones de frontera, las cuales se pueden especificar como condiciones de profundidad crítica o profundidad normal, como un nivel de agua conocido o como una curva de descarga, tanto aguas arriba como aguas abajo del tramo correspondiente. En el caso del presente estudio, se realizó el modelado en régimen permanente, es decir, sin considerar la variación del flujo en el tiempo.

El modelo supone que las secciones de la corriente (tanto transversal como longitudinalmente) son fronteras rígidas y de esta forma distribuye la totalidad del caudal llenando horizontalmente a la sección de la corriente hasta alcanzar la capacidad hidráulica necesaria para la avenida que se está simulando. Estos cálculos los puede realizar en régimen supercrítico, régimen subcrítico o en un régimen mixto. Los resultados del modelo hidráulico se obtienen tabularmente como un resumen completo de las condiciones hidráulicas de cada sección transversal (niveles de agua, energía, caudal, velocidad, profundidad, área, radio hidráulico, número de Froude, entre otros) y también gráficamente en cada sección transversal y en el perfil de la corriente. La metodología descrita se desarrolló a través del software de modelación de canales HEC-RAS, el cual proporciona datos específicos del comportamiento de caudal dentro de un canal o río, o fuente de agua, teniendo como datos de entrada: la geometría, el caudal, los valores de Manning.

Para construir el modelo de la quebrada Severinera en el programa HEC-RAS se contó con el levantamiento topográfico del cauce (ver Figura 25). El levantamiento topográfico del sitio de interés fue hecho empleando un sistema de referencia local

de elevaciones, específico al sitio, ligado a las elevaciones absolutas del sistema nacional. Se levantó un tramo de 300 m, que cubre 150 m aguas arriba y 150 m aguas abajo a partir del sitio de interés. La longitud del tramo fue definida en función de las características hidráulicas del río y resultó suficiente para el modelado hidráulico. A partir del levantamiento topográfico, se elaboró un plano topográfico detallado con curvas de nivel, y se generó una superficie tridimensional del cauce (ver Figura 26).

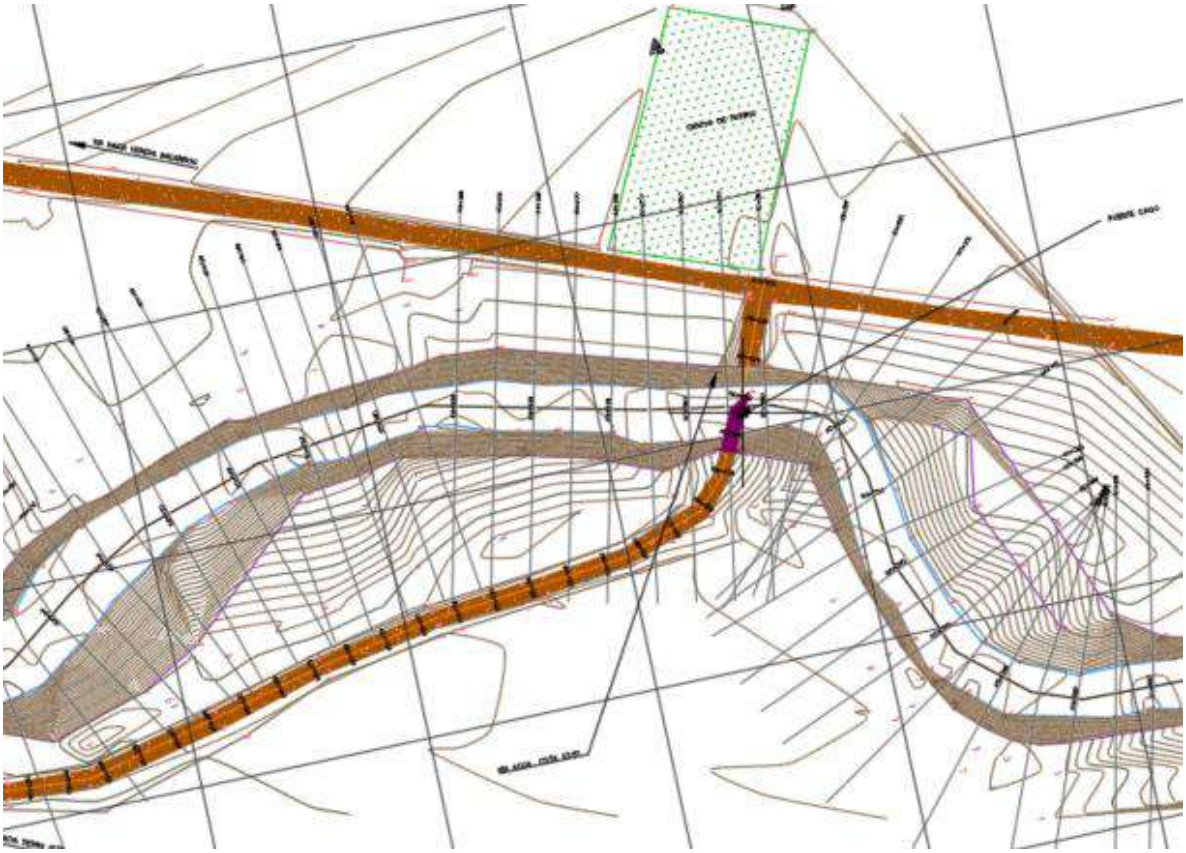


Figura 25: Topo-batimetría de la quebrada Severinera. Fuente: Equipo de topografía (2024).

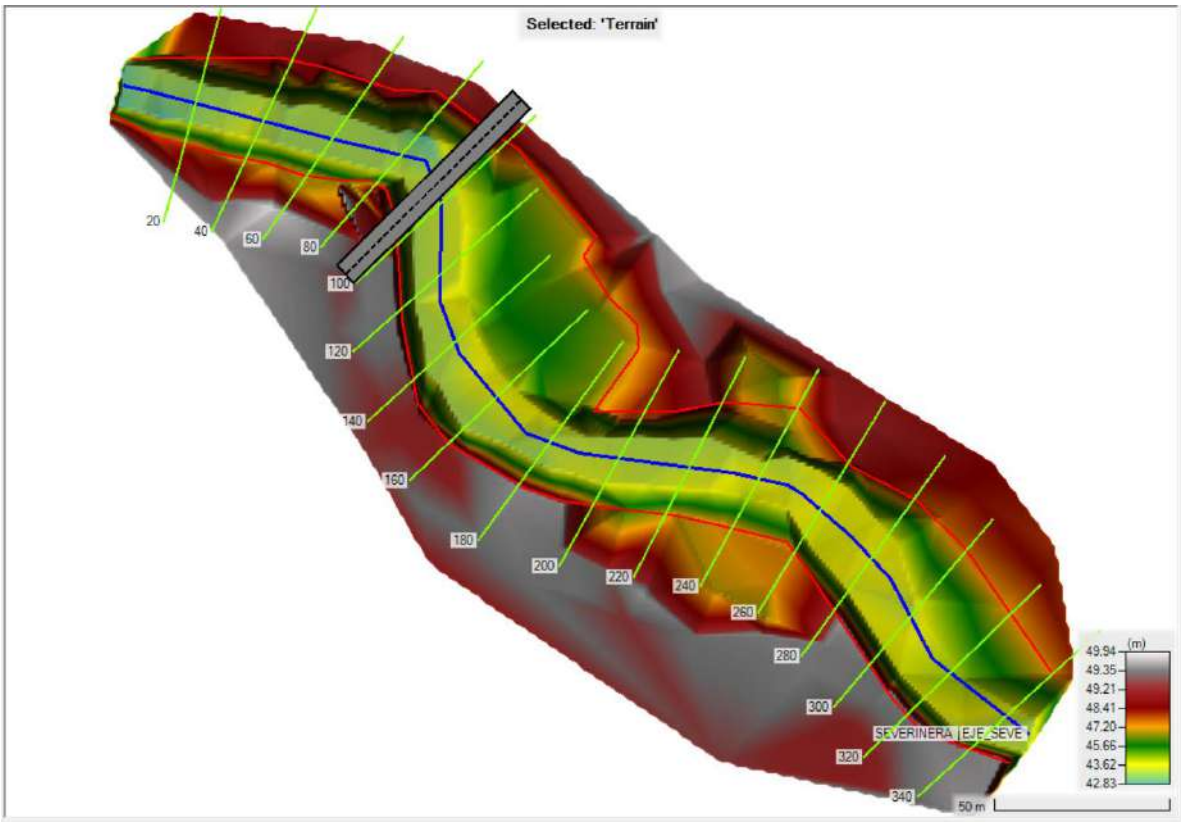



Figura 26: Geometría de la quebrada Severinera. Fuente: Elaborado con HEC-RAS (2024).

A partir de la superficie tridimensional digital se generaron secciones transversales espaciadas cada 20 metros y con una extensión media de 100 m a cada lado del eje del cauce. En total, 25 secciones transversales conformaron el modelo hidráulico final de la quebrada Severinera.

## 9.2 NIVEL DE AGUAS MÁXIMO

Las simulaciones en HEC-RAS, se evaluaron en régimen subcrítico permitiendo obtener las condiciones del flujo del cauce. La siguiente ilustración es una vista tridimensional de los niveles de agua en el cauce con el periodo de retorno seleccionado para las condiciones de cauce natural sin obras, cauce con box culvert y puente propuesto y las ilustraciones anexas representan cada sección transversal con el caudal de diseño evaluado.

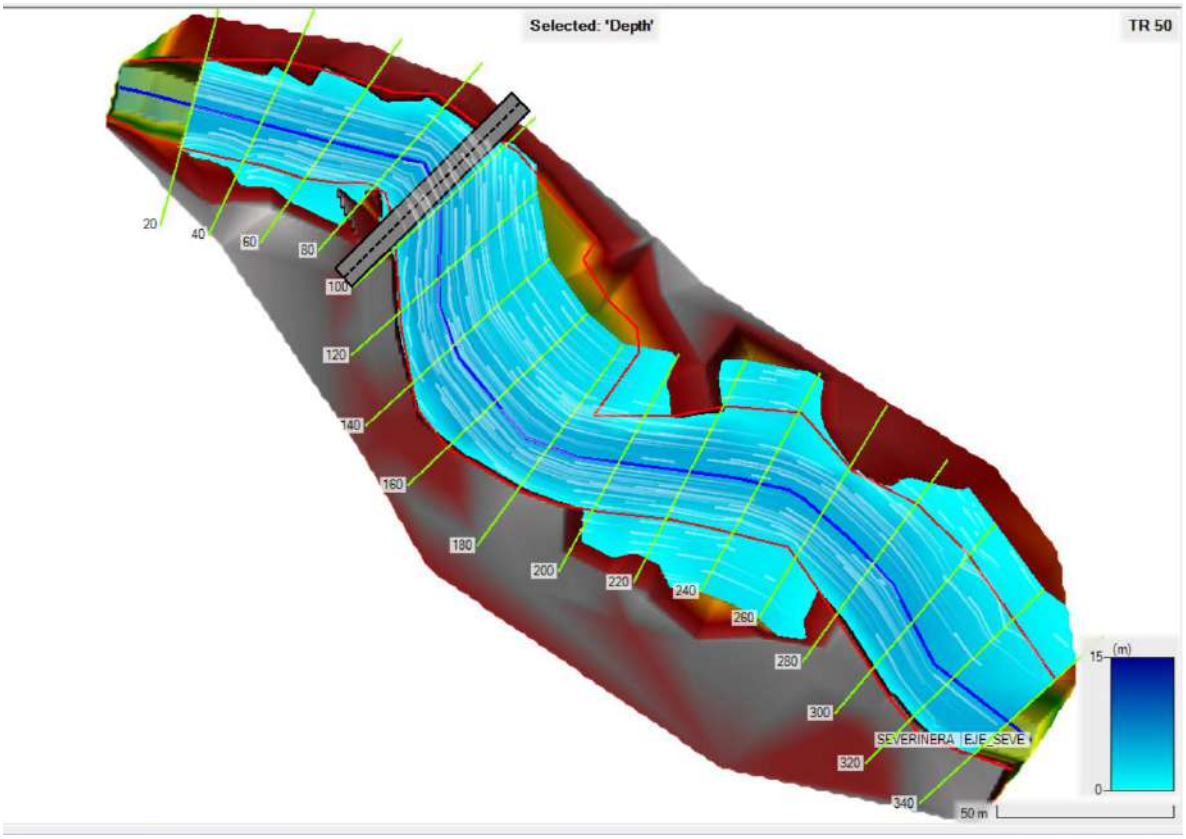



Figura 27: Modelación de flujo en las secciones de la quebrada Severinera. Fuente: Elaboración con HEC-RAS (2024).

Tabla 32: Resultados de modelación hidráulica de flujo con puente. Fuente: Elaborado con HEC-RAS (2024).

| Reach | River Sta | Profile | Q Total | Min Ch El | W.S. Elev | Max Chl Dpth | 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) | (m/s) | (m2) | (m) | |
| EJE_SEVE | 340 | TR 50 | 179 | 43.27 | 48.44 | 5.17 | | 48.54 | 0.00066 | 1.45 | 127.9 | 48.88 | 0.25 |
| EJE_SEVE | 320 | TR 50 | 179 | 43.68 | 48.43 | 4.75 | | 48.53 | 0.000686 | 1.44 | 131.93 | 51.05 | 0.25 |
| EJE_SEVE | 300 | TR 50 | 179 | 43.4 | 48.43 | 5.03 | | 48.51 | 0.000403 | 1.24 | 152.79 | 52.52 | 0.2 |
| EJE_SEVE | 280 | TR 50 | 179 | 43.54 | 48.42 | 4.88 | | 48.5 | 0.000433 | 1.27 | 144.31 | 44.56 | 0.2 |
| EJE_SEVE | 260 | TR 50 | 179 | 43.61 | 48.4 | 4.79 | | 48.49 | 0.000571 | 1.4 | 140.16 | 49.93 | 0.23 |
| EJE_SEVE | 240 | TR 50 | 179 | 43.38 | 48.4 | 5.02 | | 48.47 | 0.000506 | 1.27 | 159.72 | 68.88 | 0.22 |
| EJE_SEVE | 220 | TR 50 | 179 | 43.26 | 48.38 | 5.12 | | 48.46 | 0.00047 | 1.29 | 151.9 | 60.21 | 0.21 |
| EJE_SEVE | 200 | TR 50 | 179 | 43.27 | 48.32 | 5.05 | | 48.45 | 0.000801 | 1.58 | 116.06 | 54.51 | 0.28 |
| EJE_SEVE | 180 | TR 50 | 179 | 43.23 | 48.34 | 5.11 | | 48.42 | 0.000586 | 1.32 | 145.67 | 49.21 | 0.23 |
| EJE_SEVE | 160 | TR 50 | 179 | 43.22 | 48.35 | 5.13 | | 48.4 | 0.000254 | 1.03 | 190.47 | 52.94 | 0.16 |
| EJE_SEVE | 140 | TR 50 | 179 | 43.27 | 48.35 | 5.08 | | 48.4 | 0.000266 | 1.04 | 186.96 | 52.05 | 0.16 |
| EJE_SEVE | 120 | TR 50 | 179 | 43.26 | 48.34 | 5.08 | | 48.39 | 0.000226 | 1 | 194.49 | 52.1 | 0.15 |
| EJE_SEVE | 100 | TR 50 | 179 | 43.24 | 48.31 | 5.07 | 45.3 | 48.38 | 0.000342 | 1.17 | 157.44 | 44.36 | 0.18 |
| EJE_SEVE | 82 | | Bridge | | | | | | | | | | |
| EJE_SEVE | 80 | TR 50 | 179 | 42.91 | 48.25 | 5.34 | 45.4 | 48.37 | 0.000683 | 1.53 | 116.77 | 30.6 | 0.25 |
| EJE_SEVE | 60 | TR 50 | 179 | 43.2 | 48.24 | 5.04 | | 48.35 | 0.000712 | 1.51 | 121.15 | 38.23 | 0.26 |
| EJE_SEVE | 40 | TR 50 | 179 | 43.3 | 48.16 | 4.86 | | 48.33 | 0.001211 | 1.81 | 99.04 | 32.7 | 0.32 |
| EJE_SEVE | 20 | TR 50 | 179 | 43.07 | 48.09 | 5.02 | 45.7 | 48.3 | 0.001503 | 2 | 89.6 | 27.09 | 0.35 |

Donde Min Ch El corresponde a la elevación mínima del fondo del caucel; W.S Elev es la superficie máxima de la línea de agua, Crit W.S es el tirante critico de la lámina de agua, E.G Elv es la energía desde el fondo del cauce, Vel Chnl es la velocidad del fluido en el cauce, Flow Area hace referencia al área hidráulica y Top Width hace referencia al ancho de la sección analizada.

Para incluir el puente en el modelo HEC-RAS se empleó el módulo de puentes, en el cual se esquematiza la geometría propuesta y se definen los criterios de cálculo hidráulico.

Tabla 33: Tabla 38: Resultados hidráulicos para sección de puente. Fuente: Elaborado en HECRAS (2024).

| E.G. US. (m) | 47.85 | Element | Inside BR US | Inside BR DS |
|---|---|---|---|---|
| W.S. US. (m) | 47.54 | E.G. Elev (m) | 47.85 | 47.82 |
| Q Total (m3/s) | 179 | W.S. Elev (m) | 47.54 | 47.55 |
| Q Bridge (m3/s) | 179 | Crit W.S. (m) | 45.67 | 45.73 |
| Q Weir (m3/s) | | Max Chl Dpth (m) | 4.54 | 4.3 |
| Weir Sta Lft (m) | | Vel Total (m/s) | 2.49 | 2.32 |
| Weir Sta Rgt (m) | | Flow Area (m2) | 72.01 | 77.3 |
| Weir Submerg | | Froude # Chl | 0.42 | 0.4 |
| Weir Max Depth (m) | | Specif Force (m3) | 193.18 | 193.35 |
| Min El Weir Flow (m) | 49.11 | Hydr Depth (m) | 3.65 | 3.5 |
| Min El Prs (m) | 51.04 | W.P. Total (m) | 24.39 | 26.81 |
| Delta EG (m) | 0.06 | Conv. Total (m3/s) | 3705.2 | 3915.1 |
| Delta WS (m) | 0.02 | Top Width (m) | 19.7 | 22.07 |
| BR Open Area (m2) | 146.85 | Frctn Loss (m) | 0.01 | 0.03 |
| BR Open Vel (m/s) | 2.49 | C & E Loss (m) | 0.01 | 0 |
| BR Sluice Coef | | Shear Total (N/m2) | 67.58 | 59.11 |
| BR Sel Method | Energy only | Power Total (N/m s) | 168 | 136.88 |


juan.durangogr@gmail.com
juandurangogrisales@hotmail.com
3207675124

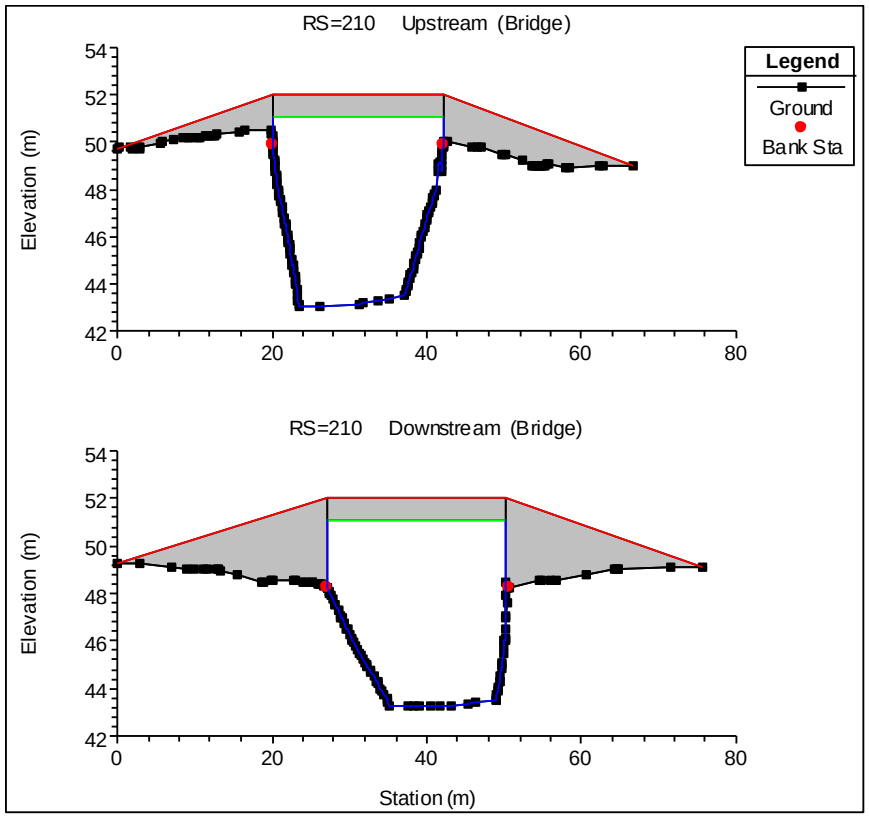



Figura 28: Sección hidráulico de puente con estribos. Fuente: Elaborado en HECRAS (2024).

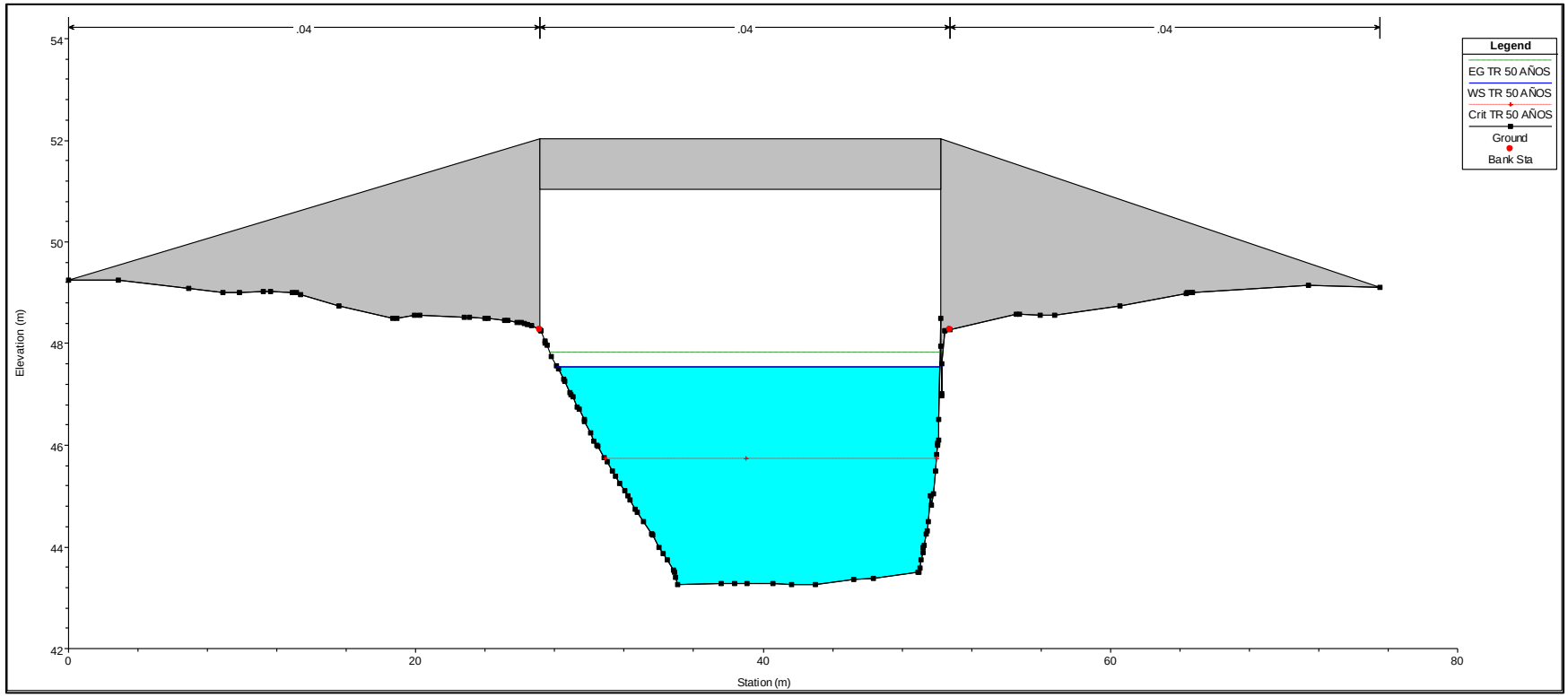
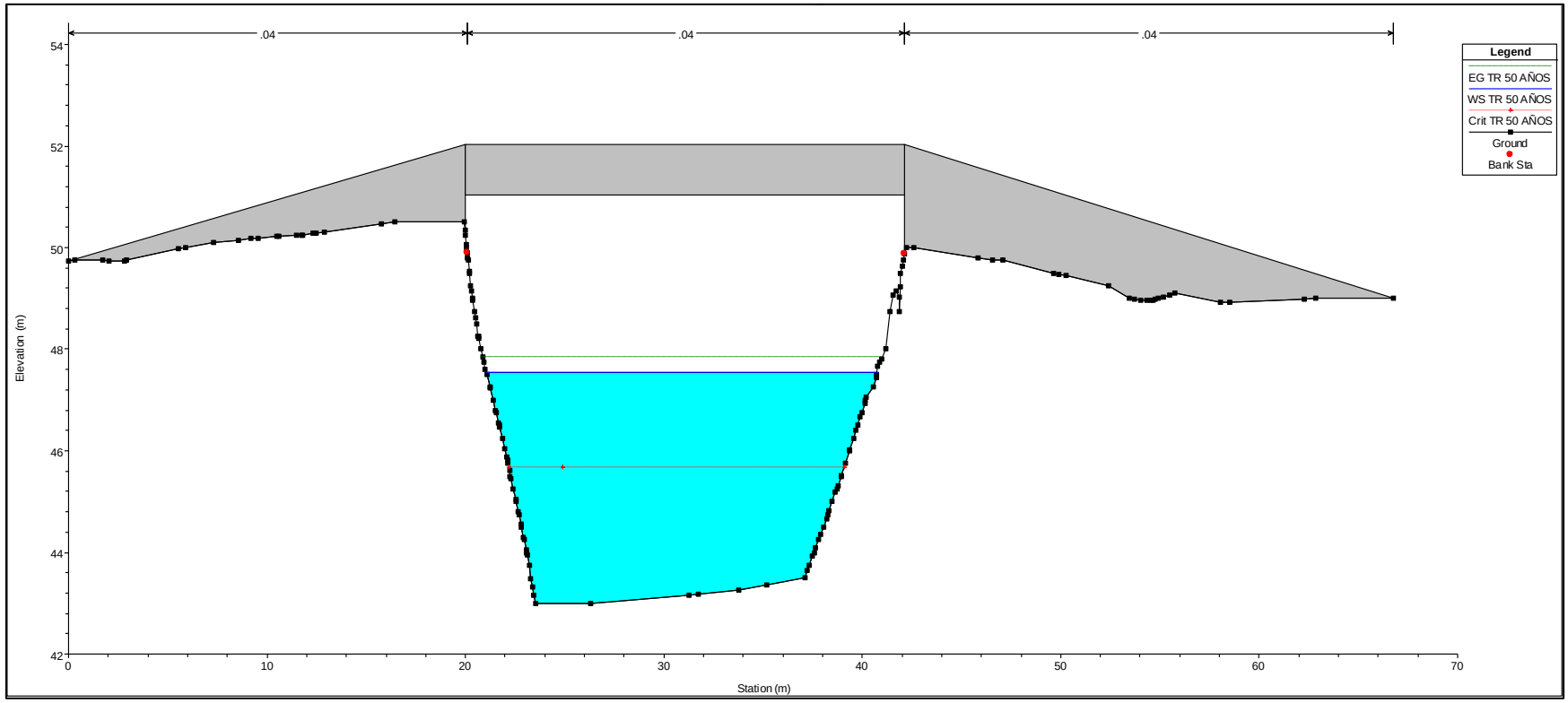



Figura 29: Sección hidráulica de puente AGUAS ABAJO. Fuente: Elaborado en HEC RAS (2024).




Ingeniero Civil
Universidad Pontificia Bolivariana

juan.durangogr@gmail.com
juandurangogrisales@hotmail.com
3207675124

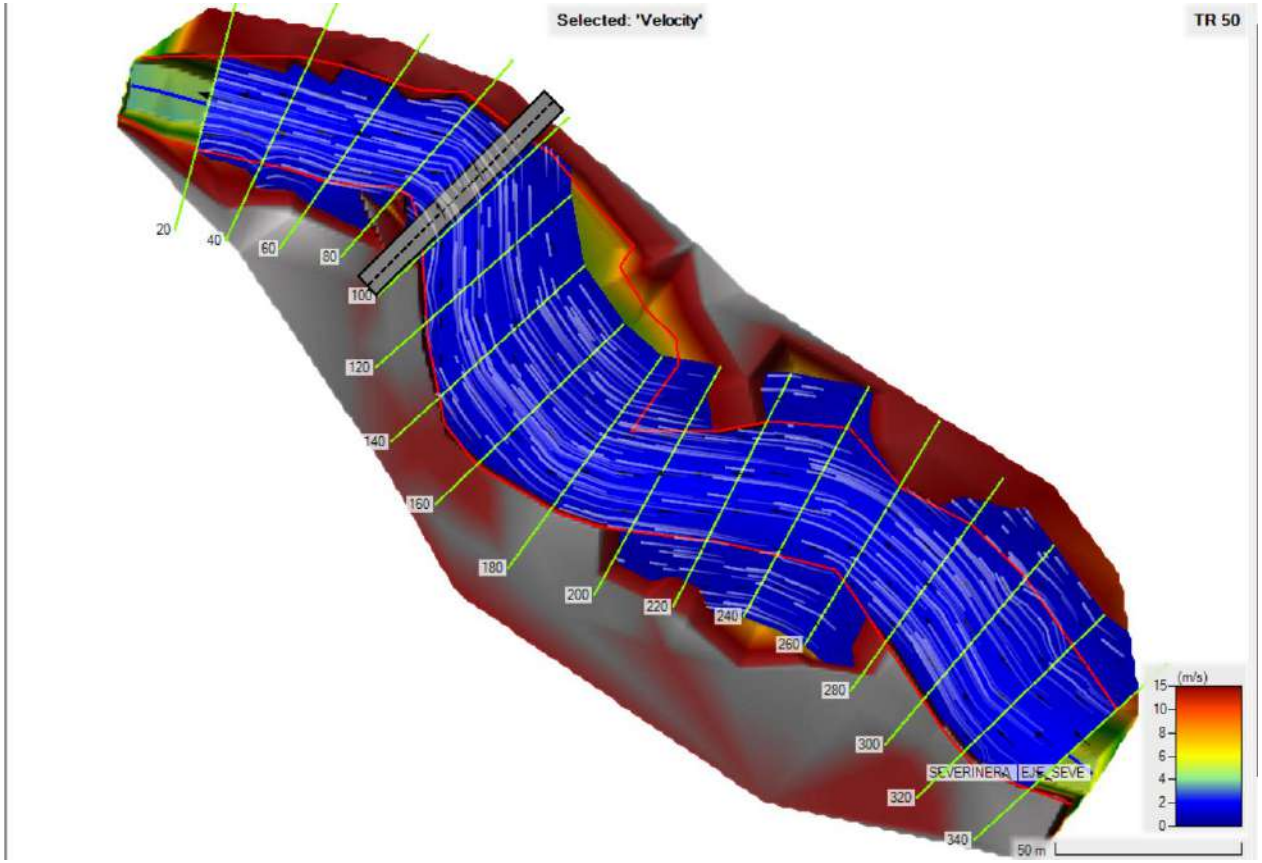



Figura 30: Modelación de velocidad en las secciones de la quebrada Severinera con puente propuesto. Fuente: Elaboración con HEC-RAS (2024).

Las simulaciones en HEC-RAS, mediante cálculos a régimen subcrítico, permitieron obtener las condiciones de flujo la quebrada Severinera en el tramo del puente. La Figura 31 muestra el perfil del río para los caudales de 50 años de período de retorno. La Figura 30 muestra mediante una vista tridimensional los niveles de agua en la quebrada Severinera para un período de retorno de 50 años. La Figura 29 muestra los niveles de agua en la sección del puente para los caudales analizados.

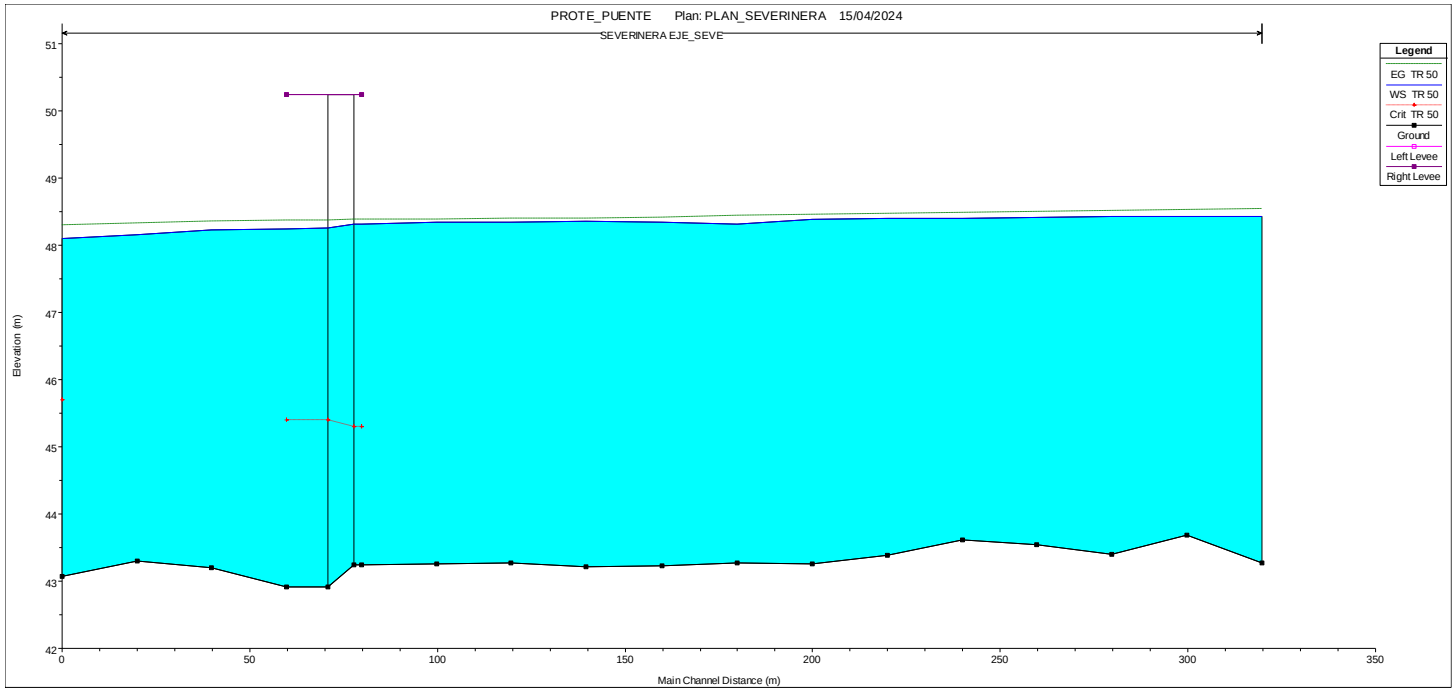



Figura 31: Perfil hidráulico de la quebrada Severinera con puente. Fuente: Elaborado en HEC RAS (2024).

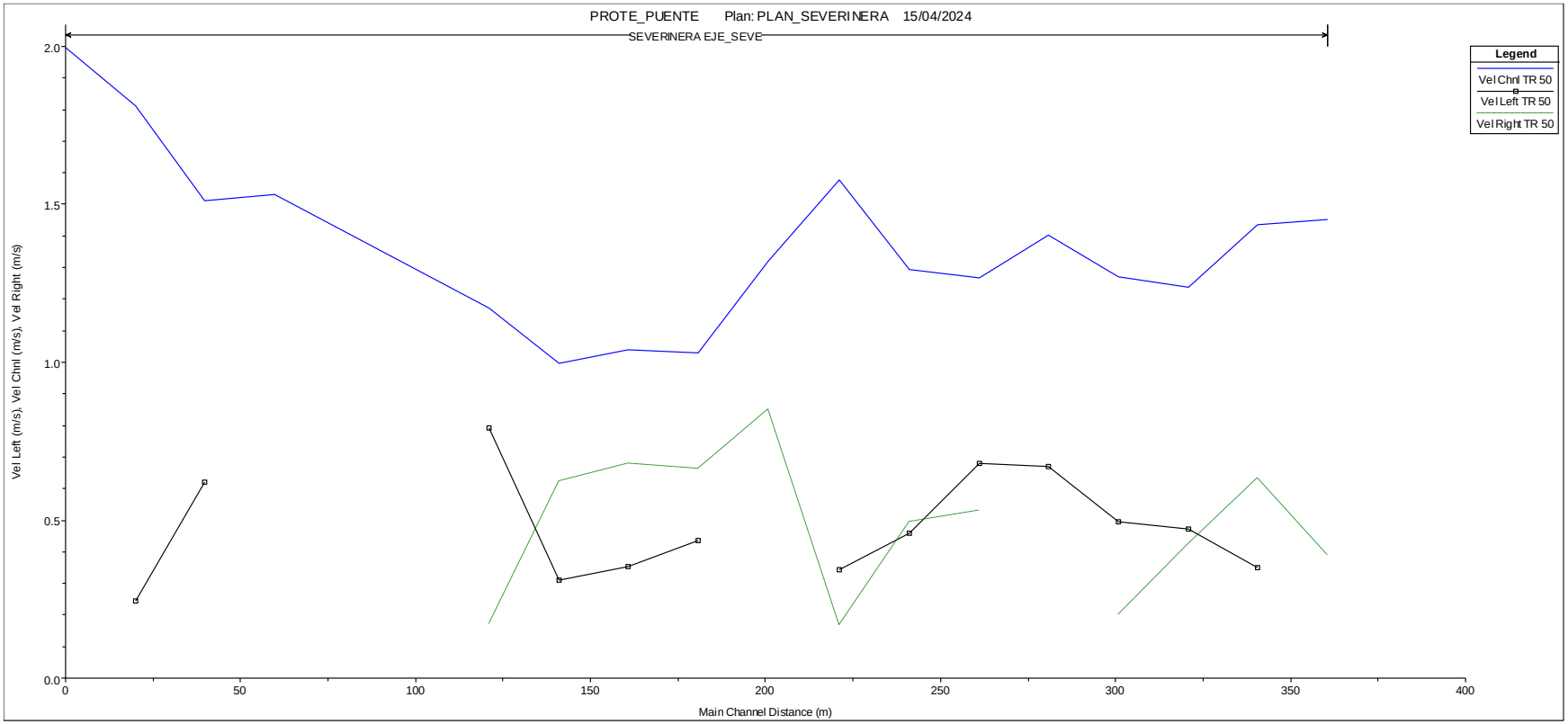



Figura 32: Distribución de velocidades en el tramo analizado de la quebrada Severinera con puente propuesto. Fuente: Elaborado en HEC RAS (2024).

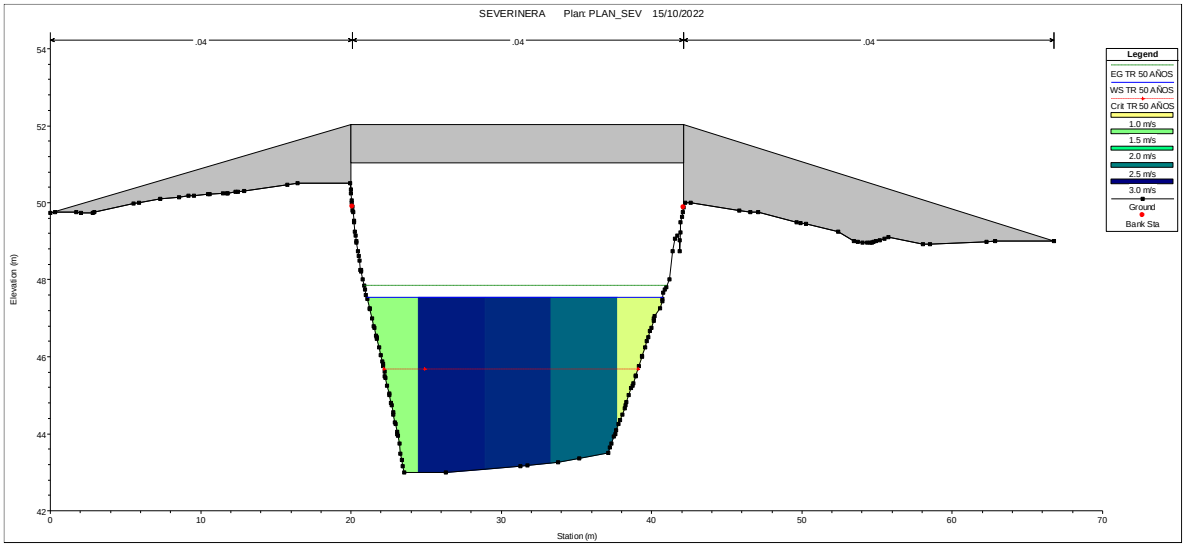



Figura 33: Distribución de velocidades en sección K0+210 del puente. Fuente: e: Elaborado en HEC RAS (2024).

A partir de las tablas y figuras anteriores se tiene una velocidad máxima 3.86 m/s, una elevación mínima de aguas de 46.33 m.s.n.m. y un nivel de aguas máximo de 48.04 m.s.n.m. Como resultado del levantamiento topográfico realizado en la zona de estudio se conoce que el nivel máximo alcanzado por la inundación corresponde una cota de 49.10 m.s.n.m, la cual fue utilizada para el análisis del puente. A partir de la cota de inundación correspondiente a campo y los resultados de la modelación hidráulica, se definen las siguientes cotas para los periodos de retorno:

Tabla 34: Evento y cota de inundación. Fuente: Elaboración propia (2024).

| EVENTO DE INUNDACIÓN | COTA (m.s.n.m.) |
|---|---|
| Cota de aguas máximas en campo | 49.10 |
| Periodo de retorno 50 años | 49.04 |
| Periodo de retorno 100 años | 50.21 |

El proceso de verificación y definición de propuesta geométrica final se llevó a cabo iterativamente, realizando simulaciones en HEC-RAS con la propuesta inicial y planteando cambios en la geometría que permitieran cumplir con los criterios del manual de drenaje para carreteras del INVIAS (2011), particularmente que el puente

cuente con una altura libre de 2.0 m entre el nivel del agua y el nivel de fondo de viga, llamado galibo. Tras los análisis iniciales, se determinó que el fondo de viga debía ubicarse sobre la cota 51.04 m.s.n.m. Los resultados de la modelación hidráulica para la propuesta final del puente se presentan en detalle en el siguiente apartado. Un resumen de las características geométricas finales del puente se muestra en la Tabla 35, las cuales describen la sección hidráulica mínima con la que debe implantarse el puente para contar con suficiente capacidad y condiciones adecuadas de flujo.

Tabla 35: Resumen de parámetros geométricos de la propuesta de puente vehicular. Fuente: Elaboración propia (2024).

| Parámetro geométrico | Valor |
|---|---|
| Luz libre estructural | 30 m |
| Taludes de sección interna | 2,0H:1,0V |
| Nivel inferior de viga | 51.04 m.s.n.m. |
| Nivel mínimo de fondo de cauce | 43.36 m.s.n.m. |
| Galibo | 2.0 m |
| Ancho mínimo de fondo de cauce | 20 m |

En la Tabla 36 se muestran los resultados obtenidos de nivel máximo de aguas extraordinarios para la sección del puente.

Tabla 36: Resumen de resultados del modelo de la quebrada Severinera en HEC-RAS para secciones cercanas al eje propuesto. Fuente: Elaboración propia (2024).

| | |
|---|---|
| **Q (m3/s)** | 179 |
| **Sección** | 210 |
| **Elevación fondo del cauce (m.s.n.m)** | 46.33 |
| **Elevación del agua (m.s.n.m)** | 48.04 |
| **Elevación línea de energía (m.s.n.m)** | 48.85 |
| **Velocidad media cauce (m/s)** | 2.5 |
| **Velocidad máxima del cauce (m/s)** | 3.85 |
| **Froude cauce** | 0.42 |

## 10. CONTROL DE EROSIÓN

Teniendo en cuenta la propuesta de solución del informe geotécnico se analizan las condiciones de velocidad del cauce. Los componentes de la solución son los siguientes:

- •Perfilado de taludes: Se realizará perfilado de taludes en las secciones hasta
- alcanzar taludes de inclinación 2H:1V.
- Muro en gaviones: Se utilizarán en los taludes con inclinaciones mayores a 2H:1V, esto es entre las abscisas K0+470 y K0+510, K0+250 a la K0+310, y de la K0+050 a la K0+090. Detrás de los gaviones se debe reemplazar el material de terreno natural por material granular.
- Revestimiento en colchagavión: Se utilizará en todo el tramo de análisis con taludes de inclinaciones de 2H:1V, anclados al terreno natural a través de contrafuertes correspondientes a una hilera de gaviones de 1.00X1.00X1.00 m.
- Dique sumergido en roca suelta: Se utilizará en todo el tramo de análisis y servirá para darle estabilidad al revestimiento en colchagavión en el pie del talud y para rellenar el fondo del cauce frente a los procesos de socavación.
- Se propone perfilar el terreno a la menor pendiente posible y revestirlo con un manto de colchagavión o geoestera de fácil acomodación al terreno, es importante que este recubrimiento cubra en al menos un metro el enrocado conformado entre la estructura inferior y el terreno natural.
- Con respecto a la socavación en el fondo se considera conveniente conformar un enrocado para llenar estas oquedades, tanto aguas abajo como arriba, hasta formar una superficie uniforme a la cota de los bordes que se mantuvieron sin hundirse. Para estos enrocados; el del fondo y alrededor de las pilas se recomienda que el tamaño predominante, 70%, sea mayor a 40 cm y el 30% restante sea con material más pequeño para reducir los espacios intersticiales y lograr así un enrocado con una rugosidad adecuada para que no genere grandes perturbaciones en el flujo pero que si logre disminuir su

energía y, por lo tanto, su capacidad erosiva.

Se selecciona una alternativa combinada (mano anti-socavación + hydrotube + colchacreto) la cual ofrece mayor resistencia y durabilidad en el tiempo, dado que una vez degrada la formaleta del Colchacreto, el mismo queda como recubrimiento de los Hydrotube. Se presentan las justificaciones de selección.

- Colchacreto y Hydrotube ofrecen una mayor flexibilidad y adaptabilidad a las irregularidades del terreno y a las fluctuaciones hidráulicas del río. Esto es especialmente importante en entornos fluviales donde el terreno puede ser variado y las condiciones hidráulicas pueden cambiar con el tiempo.
- A menudo, la instalación de gaviones implica la extracción y transporte de grandes cantidades de roca, lo que puede tener un impacto ambiental significativo. Por otro lado, Colchacreto y Hydrotube suelen requerir menos material de relleno y pueden ser instalados con menos perturbación del entorno natural.
- Colchacreto y Hydrotube ofrecen una mayor resistencia a la erosión que los gaviones. La combinación de concreto proyectado y geotextiles en Colchacreto y la estructura tubular flexible de Hydrotube proporcionan una protección más efectiva contra el desgaste causado por la acción del agua y los sedimentos. Hidráulicamente disminuye en mayor porcentaje la velocidad del golpe sobre la orilla en mención comparado con los gaviones tradicionales.
- Debido a su mayor resistencia a la erosión y su capacidad para adaptarse a las condiciones cambiantes del río, Colchacreto y Hydrotube suelen requerir menos mantenimiento a largo plazo en comparación con los gaviones. Esto puede resultar en ahorros significativos en costos y esfuerzos de mantenimiento a lo largo de la vida útil de la estructura de protección de la ladera.
- Colchacreto y Hydrotube ofrecen opciones de diseño más flexibles y pueden integrarse más fácilmente en el entorno natural, lo que puede ser especialmente importante en áreas del paisaje fluvial.

- El manto anti-socavación es necesario para disminuir los efectos de arrastre de solidos o material granular del fondo o de la talud por el mismo tránsito del caudal, siendo esta una geomembrana que impide el paso del agua y el contacto de esta sobre el material de terreno natural, de igual forma se garantiza la estabilidad del talud o ladera donde se situaran las estructuras de defensa ribereña como el Colchacreto y el Hydrotube.

En resumen, la elección de Colchacreto y Hydrotube sobre los gaviones en roca para la protección de laderas en ríos se basa en su mayor flexibilidad, menor impacto ambiental, mayor resistencia a la erosión, menor necesidad de mantenimiento a largo plazo. Estos aspectos hacen que estas soluciones sean más efectivas y sostenibles en muchos contextos fluviales. Es de aclarar que las soluciones antes mencionadas funcionan en conjunto, es decir la suma de las 3 garantiza disminución de la velocidad, de la erosión y de la socavación.

## 11. ANÁLISIS DE LAS VELOCIDADES MÁXIMAS PERMISIBLES SEGÚN EL MATERIAL DE LA SOLUCIÓN PROPUESTA.

La velocidad máxima permisible es la mayor velocidad que no causara arrastre de material ubicado en el fondo del cauce. A continuación, se presentan las velocidades máximas permisibles:

Tabla 37: Velocidades medias permisibles en suelos sueltos. Fuente. Hidrología e hidráulica, Ingeniero Bernardo Diaz.

| Suelo | Diámetro de partículas (mm) | Velocidades medias en (m/s) en función de la altura media de la corriente (m) | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | 0.4 | 1 | 2 | 3 |
| **1. Limos** | 0.005 - 0.05 | 0.12 - 0.17 | 0.15 - 0.21 | 0.17 - 0.24 | 0.19 - 0.26 |
| **2. Arenas** | | | | | |
| **a) Fina** | 0.05 - 0.25 | 0.17 - 0.27 | 0.21 - 0.32 | 0.24 - 0.37 | 0.26 - 0.40 |
| **b) Media** | 0.25 - 1.00 | 0.27 - 0.47 | 0.32 - 0.57 | 0.37 - 0.65 | 0.40 - 0.70 |
| **c) Gruesa** | 1.00 - 2.50 | 0.47 - 0.53 | 0.57 - 0.65 | 0.65 - 0.75 | 0.70 - 0.80 |
| **3. Grava** | | | | | |
| **a) Fina** | 0.5 - 5.00 | 0.53 - 0.65 | 0.65 - 0.80 | 0.75 - 0.90 | 0.80 - 0.95 |
| | 5.00 - 10.00 | 0.65 - 0.80 | 0.80 - 1.00 | 0.90 - 1.10 | 0.95 - 1.20 |
| **b) Media** | 10.00 - 15.00 | 0.80 - 0.95 | 1.00 - 1.20 | 1.10 - 1.30 | 1.20 - 1.40 |
| | 15.00 - 25.00 | 0.95 - 1.20 | 1.20 - 1.40 | 1.30 - 1.60 | 1.40 - 1.80 |
| **c) Gruesa** | 25.00 - 40.00 | 1.20 - 1.50 | 1.40 - 1.80 | 1.60 - 2.10 | 1.80 - 2.20 |
| | **40.00 -75.00** | 1.50 - 2.00 | 1.80 - 2.40 | 2.10 - 2.80 | **2.20 - 3.00** |
| | 75.00 - 100.00 | 2.00 - 2.30 | 2.40 - 2.80 | 2.80 - 3.20 | 3.00 - 3.40 |
| | 100.00 - 150.00 | 2.30 - 2.80 | 2.80 - 3.40 | 3.20 - 3.90 | 3.40 - 4.20 |
| | 150.00 - 200.00 | 2.80 - 3.20 | 3.40 - 3.90 | 3.90 - 4.50 | 4.20 - 4.90 |
| | 200 | 3.2 | 3.9 | 4.5 | 4.9 |

Teniendo en cuenta el dique sumergido en roca suelta del informe geotécnico con diámetro entre 0.15 y 0.75 m para el material rocoso, la velocidad permisible para no general arrastre de este material seria de 3.86 m/s, lo cual se cumple debido a que la velocidad máxima que se presenta en el tramo del punto crítico es de 2.36 m/s. Las velocidades varían entre 1.45 y 2.36 m/s para el periodo de retorno de 50 años en el tramo del proyecto en condiciones proyectadas.

## 12. SOCAVACIÓN DEL CAUCE

De acuerdo con la American Society of Civil Engineerring (ASCE), la socavación es la acción erosiva del agua de una corriente, que excava y transporta el suelo de los lechos y de las márgenes. La socavación puede tener lugar tanto en suelos sueltos como en roca sólida. La ocurrencia de crecientes extremas conduce a los procesos de socavación general en cauces y local alrededor de pilas y estribos que, sumados a factores de índole hidráulica y geotécnica e inadecuadamente analizados, se convierten en las causas más comunes de falla de los puentes. Este es un fenómeno natural que ocurre en las corrientes aluviales, pero no se limita de ninguna manera a tales corrientes, en virtud de que el desplazamiento del lecho del cauce y del terreno en las márgenes por procesos de socavación es un fenómeno que puede encontrarse en todo tipo de corrientes. Establecer la permanencia y estabilidad de la sección del cauce cuando es sometida a los procesos erosivos generados por la corriente que transporta agua y sedimentos por debajo y alrededor de pilas y estribos, es de gran importancia cuando se trata de determinar las condiciones para el diseño de las cimentaciones de una estructura de paso, dicha estructura debe resistir las fuerzas de arrastre generadas durante los eventos extraordinarios. En los análisis de socavación general y local, ya sea en puentes o en obras hidráulicas menores, el proyectista deberá tener un conocimiento integral de los aspectos hidrológicos, hidráulicos, geotécnicos y topográficos del sitio en estudio. Por tal razón, resultan de gran importancia estos estudios y el nivel de análisis de la información primaria y secundaria recopilada durante la etapa previa de ellos. Por otro lado, la evaluación de la socavación en puentes y, en general, en estructuras hidráulicas, es un tema sobre el que no se ha dicho la última palabra, por lo que aún se trabaja en el desarrollo de metodologías para determinar la profundidad de socavación al presentarse una creciente. En general, las diferentes ecuaciones propuestas para el cálculo de la socavación son el resultado de investigaciones de laboratorio con limitada verificación en campo, razón por la cual la profundidad de socavación calculada puede diferir entre un autor y otro.

La socavación que se produce en un río no puede ser calculada con exactitud, solo estimada, muchos factores intervienen en la ocurrencia de este fenómeno, tales como:

- ✓ El caudal.
- ✓ Tamaño y conformación del material del cauce.
- ✓ Cantidad de transporte de sólidos.

En un puente, la socavación total potencial se puede subdividir en tres componentes principales (FHWA 2001, Hamill 1999, Julien 2002, García 2007, Leopold et.al., 1995, entre otros):

- ✓ • Socavación general a largo plazo
- ✓ • Socavación general en el puente (socavación por contracción)
- ✓ • Socavación local en pilas o estribos

Estos tres aspectos de la socavación son aditivos, por lo que los tres componentes se deben calcular para cada puente y su suma será la socavación potencial total esperada en cada sitio. Adicionalmente a estos factores, la posibilidad de migración lateral del curso de agua debe analizarse con el fin de tener un panorama completo sobre la estabilidad del sitio donde se erigirá el puente (FHWA, 2001).

Cuando en el cauce de un río existen materiales aluviales que pueden ser transportados por el flujo, se pueden identificar dos condiciones en las que puede ocurrir la socavación: socavación de aguas claras y socavación de lecho vivo. Esta división se basa en la relación entre la velocidad del flujo aguas arriba de la sección aguas arriba (v) y la velocidad crítica de transporte de los sedimentos presentes en la sección (vc). Si la velocidad del flujo es mayor que la velocidad crítica para transporte (v>vc), existe un movimiento generalizado de material del lecho, condición denominada de lecho vivo. En ese caso el flujo de aproximación trae consigo un suministro continuo de sedimento hacia la zona de socavación, la cual es causada no por el movimiento del material por el fondo sino por la existencia de contracciones u obstrucciones al flujo (Hamill, 1999).

Si por el contrario la velocidad del flujo es menor que la velocidad crítica (v<vc) el material del lecho está en reposo y la condición se denomina de aguas claras. En este caso cualquier material removido por efecto de la socavación no va a ser reemplazado por material proveniente de aguas arriba, y por lo tanto se alcanzará un nivel de socavación tal que la profundidad socavada reduzca la velocidad y el proceso de erosión se detenga (Hamill, 1999). Esta condición se puede presentar en ríos con materiales gruesos con transporte por el fondo reducido, en cauces con acorazamiento y en cauces de baja pendiente (García, 2007).

En la Figura 34 se muestra esquemáticamente la relevancia de uno u otro tipo de socavación en función de la evolución de la profundidad socavada: en condiciones de aguas claras el proceso tiende a ser más lento, pero a alcanzar una profundidad mayor; en las condiciones de lecho vivo el proceso es más rápido y va a experimentar fluctuaciones importantes en el tiempo, que pueden llegar a ser mayores a las condiciones de aguas claras.

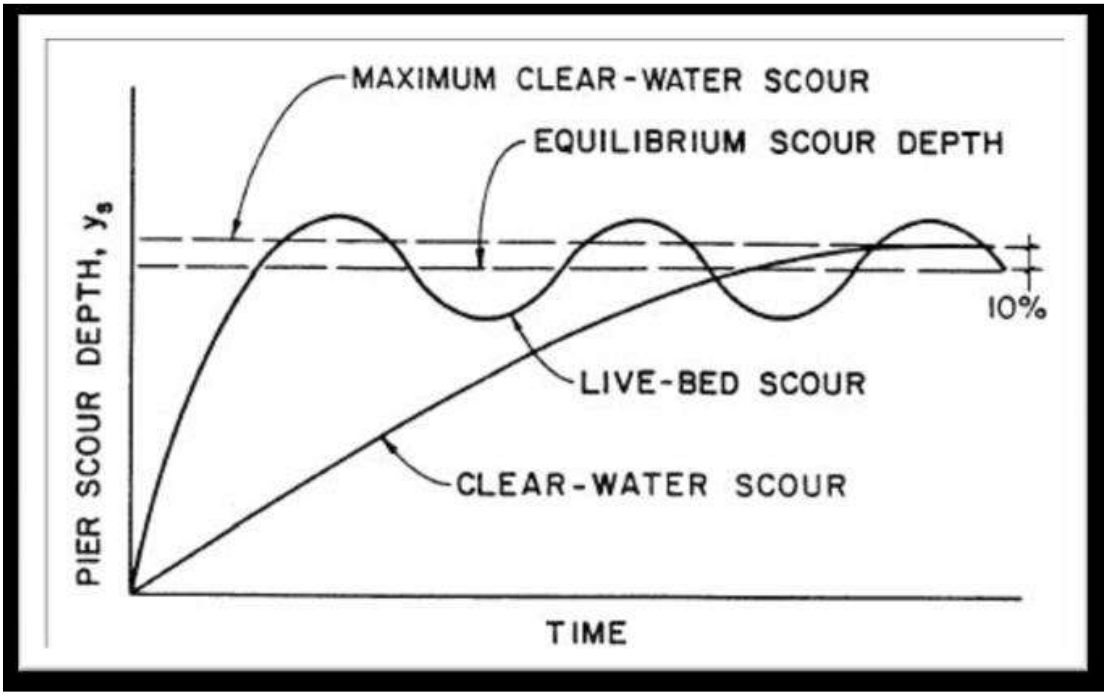



Figura 34: Representación esquemática de la evolución en el tiempo de la socavación en una pila de puente, para condiciones de aguas claras y lecho vivo. Fuente: FHWA, (2001).

## 12.1 SOCAVACIÓN GENERAL A LARGO PLAZO

El término degradación se refiere a la pérdida de material en un tramo de río, mientras que agradación se refiere al aumento del lecho del cauce producto de la depositación de sedimentos. Ambos procesos son fenómenos que ocurren en tramos largos de los ríos y en lapsos de tiempo relativamente extensos, por lo que no son efectos locales ni inmediatos. Pueden ser producto de procesos naturales o de cambios producidos por actividades humanas en los ríos. Extracción de agua, construcción de una presa, extracción de material de los cauces de los ríos, rectificación de cauces pueden ser algunas de las causas antropogénicas de la degradación o agradación a largo plazo.

La ruptura del equilibrio entre el caudal sólido, el caudal líquido y el tamaño de partícula en un cauce causan ajustes en la pendiente longitudinal del mismo, los cuales se manifiestan en cambios en los procesos de transporte y por lo tanto en la erosión y depositación de material en el fondo del cauce.

En el análisis de socavación total un puente, la socavación de largo plazo producto de estos cambios en la morfología del cauce debe ser evaluada y considerada. Si existen actividades que afecten o puedan llegar a afectar el equilibrio longitudinal del cauce deberá determinarse su magnitud y potencial impacto para decidir si es necesario realizar estudios geomorfológicos para sumar a la socavación general y local el efecto de la degradación.

## 12.2 SOCAVACIÓN GENERAL POR CONTRACCIÓN

La socavación general es un proceso mediante el cual el cauce se profundiza debido a la remoción de material de fondo producto del aumento de la velocidad ante la ocurrencia de una contracción en el flujo. Estas condiciones de flujo pueden ser naturales (e.g. contracción natural, flujos secundarios debidos a una curva) o puede ser el resultado de la contracción que implica la construcción de un puente o de sus estribos de aproximación.

La socavación por contracción en sitios de puentes puede dividirse en cuatro condiciones o casos, dependiendo del tipo de contracción, y si hay flujo sobre los bancos. Para todos estos casos, la socavación por contracción puede evaluarse con dos ecuaciones básicas: socavación de lecho vivo, y socavación de aguas claras.

Para el cálculo de la socavación por contracción en condiciones de lecho vivo se recomienda el uso de la ecuación modificada de Laursen (García, 2007) que con ciertas consideraciones se puede escribir como:

$$\frac{y_2}{y_1} = \left(\frac{Q_2}{Q_1}\right)^{6/7} \left(\frac{W_1}{W_2}\right)^{k_1}$$

$$y_s = y_2 - y_0$$

Donde ys es la profundidad media de socavación (m), y1 es profundidad media aguas arriba de la sección contraída (m), y2 es la profundidad media en la sección contraída, después de la socavación (m), y0 es la profundidad media en la sección contraída, antes de la socavación (m), Q1 es el caudal aguas arriba en el canal principal y que transporta sedimentos (m3/s), Q2 es el caudal en sección contraída (m3/s), W1 es el ancho del fondo del canal principal aguas arriba (m), W2 es el ancho del canal principal en la sección contraída menos ancho de las pilas (m), k1 es el exponente que depende de las condiciones de arrastre de fondo y que varía entre 0,59 y 0,69.

## 12.3 RESULTADOS DEL CÁLCULO DE SOCAVACIÓN

La metodología que se utilizó fue la propuesta por el INVIAS (2011); las ecuaciones que se presentan a continuación son una guía para estimar la geometría hidráulica del cauce de un río. Las mismas están en función del material granular del cauce.

| SOCAVACIÓN GENERAL (A LARGO PLAZO) | | |
|---|---|---|
| **AUTOR** | **ECUACIÓN** | **OBSERVACIONES** |
| *Lacey (1930)* | $h_{ms} = 0{,}389 \left(\frac{Q^{1/3}}{d_m{}^{1/6}}\right)$ | |
| *Blench (1969)* | Para arenas de 0,06mm<d50<2mm $h_{ms} = 1{,}200 \left(\frac{q^{2/3}}{d_{50}{}^{1/6}}\right)$ | Basado en estudios de ríos de grava gruesa |
| | Para arenas de d50>2mm $h_{ms} = 1{,}230 \left(\frac{q^{2/3}}{d_{50}{}^{1/12}}\right)$ | |
| *Maza & Echavarría (1973)* | $h_{ms} = 0{,}365 \left(\frac{Q^{0{,}784}}{B^{0{,}784} d_{50}{}^{0{,}157}}\right)$ | Basado en alcances de varios autores, incluyendo estudios en Sudamérica $d_{50}$ en (m) |
| *Lischtvan & Levediev (-)* | $h_{ms} = 0{,}333 \left(\frac{q^{0{,}710}}{d_{50}{}^{0{,}199}}\right)$ | Válido para el rango de las arenas $d_{50}$ en (m) |
| *Kellerhals (-)* | $h_{ms} = 0{,}470 \left(\frac{q^{0{,}800}}{d_{90}{}^{0{,}120}}\right)$ | Válido para lechos de grava $d_{90}$ en (m) |

Figura 35: Ecuaciones para el cálculo de la socavación general a largo plazo en cauces naturales.

Fuente: Toapaxi (2015).

| SOCAVACIÓN LOCAL EN ESTRECHAMIENTOS | | |
|---|---|---|
| **AUTOR** | **ECUACIÓN** | **OBSERVACIONES** |
| *Laursen (1958, 1960, 1962, 1963)* | $\frac{y_2}{y_1} = \left(\frac{W_1}{W_2}\right)^{k_1}$ | **Socavación en Lecho Móvil** $Q_2=Q_{1m}$ (contracción cercana al canal principal) $n_1=n_2$ (Coeficiente de rugosidad de Manning) $k_1 = 0{,}59$ para $u^*/w < 0{,}5$ $k_1 = 0{,}64$ para $0{,}5 < u^*/w < 2$ $k_1 = 0{,}69$ para $u^*/w > 2$ |
| | $\frac{y_2}{y_1} = \left(\frac{W_1}{W_2}\right)^{6/7} \left(\frac{V_1{}^2}{36\, y_1{}^{1/3} d_{50}{}^{2/3}}\right)^{3/7}$ | **Socavación en Agua Clara** Unidades en S.I. |
| *Parker (1985)* | $\frac{y_2}{y_1} = \left(\frac{W_1}{W_2}\right)^{k_4}$ | **Socavación en Lecho Móvil** Cauces de grava, no considera el acorazamiento (conservadora) $k_4$ varia entre 0,675 a 0,825 |
| *Richardson& Davis (1995)* | $\frac{y_2}{y_1} = \left(\frac{Q_1}{Q_{1m}}\right)^{6/7} \left(\frac{W_1}{W_2}\right)^{k_1}$ | **Socavación en Lecho Móvil** basada en estudios anteriores incluyendo la ecuación de Laursen (1960) |
| *Richardson& Davis (1995)/ HEC-18* | $y_2 = 1{,}48 \left(\frac{Q_2}{d_m{}^{1/3} W_2}\right)^{6/7}$ | **Socavación en Agua Clara** |

Figura 36: Ecuaciones recomendadas para el cálculo de la socavación local en estrechamientos.

Fuente: Toapaxi (2015).

| SOCAVACIÓN LOCAL EN ESTRIBOS | | |
|---|---|---|
| **AUTOR** | **ECUACIÓN** | **OBSERVACIONES** |
| *Liu et al. (1961)* | $\frac{d_s}{L} = 1{,}10 \left(\frac{y}{L}\right)^{0.6} Fr^{0.33}$ | Aplicable para **lecho móvil** en estribos en contrafuerte a lo largo del río. |
| | $\frac{d_s}{L} = 2{,}15 \left(\frac{y}{L}\right)^{0.6} Fr^{0.33}$ | Aplicable para **lecho móvil** en estribos en pared vertical y estribos con aleta. |
| *Laursen (1962)* | $\frac{d_s}{L} \approx 1{,}57 \left(\frac{y}{L}\right)^{0.5}$ | Se aplica en **lecho móvil** en un estribo situado en el cauce principal. |
| *Laursen (1963)* | $\frac{d_s}{L} \approx 1{,}89 \left(\frac{y}{L}\right)^{0.5}$ | Válido en condiciones de umbral del movimiento. Se aplica para **agua clara** en un estribo situado en el cauce principal. |
| *Frochlich (1989a)/ HEC-18* | **Para lecho móvil o agua clara:** $\frac{d_s}{L} = 2{,}27 K_s K_\theta \left(\frac{y_a}{L}\right)^{0.57} Fr^{0.61}$ Fr=Vc/(g ya)0,5; Vc=Qc/Ac Qc=Caudal obstruido por el estribo y terraplén; Ac= Área mojada correspondiente a Qc | |
| *Melville. (1992)* | $\frac{d_s}{L} = K_y K_s K_d K_G K_\theta K_I$ | $ds_{max} = 2L$ L/y<1<br>$ds_{max} = 2(yL)^{0.5}$ 1<L/y<25<br>$ds_{max} = 10y$ L/y>25 |
| *Richardson & Davis (1995)* | $\frac{d_s}{L} = 7{,}27 K_s K_\theta \left(\frac{y_a}{L}\right) Fr^{0.33}$ | Aplicable para L/y>25 |
| *Melville (1997)* | En condiciones de umbral de movimiento, para **agua clara** o **lecho móvil** $d_s = K_{yL} K_s K_d K_I K_\theta K_G$ | $K_{yL} = 2L$ L/y<1<br>$K_{yL} = 2(yL)^{0.5}$ 1<L/y<25<br>$K_{yL} = 10y$ L/y>25 |

Figura 37: Ecuaciones recomendadas para el cálculo de la socavación local en estribos. Fuente: Toapaxi (2015).

Se analizaron las condiciones de socavación en el sitio de interés, dadas las condiciones geométricas del cauce y las condiciones hidráulicas del flujo para las crecientes de hasta 50 años de período de retorno. Los cálculos de socavación se realizaron utilizando las fórmulas de materiales no cohesivos, detalladas en el apartado anterior. A continuación, se comentan los resultados de este análisis, cuyo resumen se muestra en la Tabla 38.

Tabla 38: Cálculos de socavación para sección propuesta. Fuente: Elaboración propia (2024).

| | | |
|---|---|---|
| Tr | 50 | años |
| Q | 179 | m3/s |
| D50 | 0.00008 | m |
| Dm | 0.0001 | m |
| Be | 40 | m |
| q | 4.48 | m3/s/m |
| A | 72.01 | m2 |
| D50 | 0.08 | mm |
| Dm | 0.1 | mm |
| **Lacey** | | |
| Ys | 10.17576991 | m |
| Socavación | 2.6 | m |
| **Blench** | | |
| Ys | 4.122648476 | m |
| Socavación | 0.55 | m |
| **Lischtvan & Levediev** | | |
| Ys | 2.306557856 | m |
| Socavación | 0.28 | m |
| **Lischtvan & Levediev INVIAS** | | |
| Yo | 2.58 | m |
| Ym | 2.09 | m |
| alfa | 1.310 | |
| beta | 1.174 | |
| Vc | 0.312 | m/s |
| Vm | 2.486 | m/s |
| Chequeo | LIVE BED | |
| miu | 0.975 | |
| phi | 1 | CLEAR WATER |
| phi | 2.231169 | LIVE BED |
| Y arena | 1.83 | Tn/m3 |
| Z | 0.426947 | |
| Ys | 3.901806814 | m |

| | | |
|---|---|---|
| Socavación | 0.33 | m |
| **Maza-Alvarez INVIAS** | | |
| D84 | 0.055 | m |
| Ys | 2.093650427 | m |
| Socavación | 0.49 | m |
| **Maza-Echevarría** | | |
| Ys | 2.196721938 | m |
| Socavación | 0.39 | m |
| **Kellerhals** | | |
| Ys | 2.126791608 | m |
| D90 | 0.075 | |
| Socavación | 0.46 | m |
| | | |
| **Socavación promedio** | **3.63** | **m** |
| Estribos | | |
| **Froehlich** | | |
| K1 | 1 | |
| θ | 90 | ° |
| K2 | 1 | |
| L' | 5 | m |
| Ya | 3.27 | m |
| Fr | 0.24 | |
| Ys | 4.73081776 | m |
| Socavación | 2.16 | m |
| **Socavación total** | **5.79** | **m** |
| COTA MÍNIMA DEL FONDO DEL CAUCE | 43.36 | m.s.n.m. |
| COTA MÁXIMA DEL FONDO SOCAVADO | 37.57 | m.s.n.m. |
| COTA MÍMIMA DE LA VIGA | 51.04 | m.s.n.m. |
| GALIBO | 2 | m |
| COTA DE NIVEL DE AGUAS MÁXIMAS EXTRAORDINARIAS | 49.04 | m.s.n.m. |
| LUZ | 30 | m |
| ANCHO DEL TABLERO | 6 | m |

La socavación general del cauce se calcula por acción de la velocidad del fluido en la sección del cauce; los estribos del puente se ubicarán fuera de la sección del cauce por lo cual no generara en gran medida afectación por la socavación, quedando así de igual forma calculada en la tabla anterior.

## 13. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

De acuerdo con el análisis realizado, es posible concluir lo siguiente:

- El área de drenaje de la quebrada Severinera hasta el sitio de interés se calculó en 22.57 Km2, la cual se obtuvo empleando el MDE del IGAC en su versión 2020.
- El caudal de escorrentía generado por esta área para el periodo de retorno de diseño, es decir, 50 años, es de 179 m3/s.
- El dimensionamiento del puente se realiza teniendo en cuenta el nivel de aguas máximas obtenida para un periodo de retorno de 50 años, este nivel presenta una cota de 49.04 msnm.
- La parte inferior de la viga del puente deberá estar ubicada 2.00 m por encima del nivel de aguas máximas, es decir, en la cota 51.04 msnm.
- Se proyecta un puente de 30 m de longitud cuya altura con respecto al fondo de la quebrada será de 7.68 m.
- La socavación máxima esperada para la sección sobre la cual se proyecta el puente es de 5.79 m
- El puente se construirá sobre estribos y no sobre pilas; los estribos estarán apoyados sobre pilotes y la socavación estimada incluye el cálculo por socavación general, por contracción y por estribos.

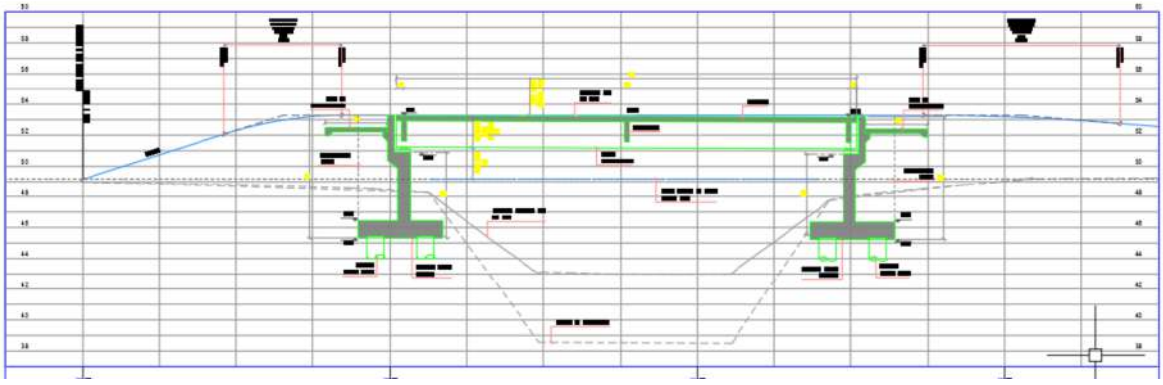


Figura 38 : Diseño estructural de puente. Fuente: Equipo estructural (2024).

- Se debe realizar una limpieza del fondo del cauce con el fin de retirar los escombros y residuos de estructuras antiguas que afectan el régimen del flujo de la quebrada.
- La abscisa K0+210 mencionada en el informe corresponde a la abscisa K0+270 del levantamiento topográfico inicial. Es de aclarar que la primera abscisa hace referencia al modelo hidráulica de HEC-RAS.
- Se recomienda la construcción de un revestimiento como mecanismo de protección del fondo y de la ribera del puente, este apartado deberá ser desarrollado en el estudio geotécnico para la construcción del puente.

Las recomendaciones planteadas en el presente estudio se basan en los resultados de las investigaciones de campo, y en los análisis de ingeniería anteriormente descritos. Si durante la construcción del proyecto llegaran a presentarse condiciones diferentes a las enunciadas y asumidas como típicas, o surgiese cualquier dificultad imprevista, está situación deberá ser informada oportunamente a fin de realizar los ajustes y evaluaciones pertinentes.



***Juan Francisco Durango Grisales***
*C.C. No. 1.067.939.423 de Tierralta*
*Ingeniero Civil – UPB*
*Magister en Recursos Hídricos - UABC*

## 14. REFERENCIAS

Aparicio, F. (1992). Fundamentos de hidrología de superficie. (G. N. Editores, Ed.) México DF: Limusa.

IDEAM. (2011). Diagnóstico situación de riesgos hidrometereológicos en Colombia y avances en la zonificación de riesgos.

IDEAM INSTITUCIONAL. (s.f.). Obtenido de http://institucional.ideam.gov.co.

IGAC. (2008). Atlas Básico de Colombia. Bogotá, Colombia.

IGAC, IDEAM, DANE. (2011). Reporte final de áreas afectadas por inundaciones 2010-2011.

Imirland. (2007). "Revelant criteria to assess vulnerability and risk". Torino, Italia.

Leone, F. (1996). Concept de vulnerabilite applique a l'evaluation des risques generes par les phenomenes de mouvements de terrain. Tesis doctoral, Universite Joseph Fourier.

Monsalve, G. (1995). Hidrología en la ingeniería. Bogotá: Escuela Colombiana de Ingeniería.

PNUD, SNGR. (2012). Metodología para el análisis de vulnerabilidad a nivel municipal. Ecuador.

Rodriguez Diaz, H. A. (2013). Drenaje urbano. Elementos de diseño. Bogotá: Escuela Colombiana de Ingeniería.

Suárez Díaz, J. (2001). Control de erosión en zonas tropicales. Bucaramanga: Universidad Industrial de Santander.

Suarez, J. (2001). Control de Erosión en zonas tropicales. Bucaramanga - Colombia:

División Editorial y de Publicaciones UIS.

VEN TE CHOW. (1959). Open Chanels Hydraulics. McGraw Hill.

# NP3- SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE FORMALETA TEXTIL COLCHACRETO ARTICULADO 1300

Montería, 02 de agosto del 2024

**INGENIERO**
**JUAN E. VILLALOBOS**
**Director de interventoría**
**CONSORCIO VIAL NACIONAL**

**REF.** CONTRATO DE OBRA PÚBLICA NO LP-NO.013-2022 - CONSTRUCCIÓN DE UN PUENTE VEHICULAR SOBRE LA QUEBRADA SEVERINERA EN LA VÍA QUE COMUNICA A LOS MUNICIPIOS DE PLANETA RICA Y TIERRALTA, DEPARTAMENTO DE CÓRDOBA, EN EL MARCO DEL CONVENIO INTERADMINISTRATIVO NO. 1961 DE FECHA 12 DE NOVIEMBRE DE 2021.

**ASUNTO:** JUSTIFICACION SOLICITUD ITEM NO PREVISTO – NP3- SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE FORMALETA TEXTIL COLCHACRETO ARTICULADO 1300

**JUSTIFICACION TECNICA**

1. De acuerdo al diseño hidráulico y geotécnico aprobado mediante oficio No CVN-922-2022 del 25 de abril del 2024 y No CVN-959-2022 del 20 de mayo del 2024 respectivamente, la interventoría da el aval de cumplimiento a la revisión de estudio y diseño de las obras de protección , el cual contempla la construcción de 170 ml de obras de protección (k0+280 a k0+320 margen izquierda y k0+280 a k0+410 margen derecha), los cuales incluyen obras de protección y revestimiento con formaletas textiles colchacreto articulado llenas con concreto.

**JUSTIFICACION JURIDICA**

1. El dia 2 de abril del 2024, se realiza ADICIONAL EN VALOR Y PLAZO No. 1 AL CONTRATO DE OBRA PÚBLICA No. LP-013-2022QUE TIENE POR OBJETO: CONSTRUCCION DE UN PUENTE VEHICULAR SOBRE LA QUEBRADA SEVERINERA EN LA VIA QUE COMUNICA A LOS MUNICIPIOS DE PLANETA RICA Y TIERRALTA, DEPARTAMENTO DE CORDOBA EN EL MARCO DEL CONVENIO INTERADMINISTRATIVO No. 1961 DE FECHA 12 DE NOVIEMBRE DE 2021.

2. El adicional nace de la las siguientes necesidades:
   2.1 En la epata 1 del proyecto, correspondiente a revisión de estudios y diseños se presentaron las siguientes recomendaciones:
   ESTUDIO HIDROLÓGICO E HIDRÁULICO

   - Se recomienda la construcción de un revestimiento como mecanismo de protección del fondo y de la ribera del puente, este apartado deberá ser desarrollado en el estudio geotécnico para la construcción del puente.

**Pag. 101**

INFORME GEOTECNICO.

- En el caso de la existencia del fenómeno de socavación en la zona de implantación de cada de la estructura tipo puente analizados, se hará necesario el establecimiento de una estructura de protección del puente y sus zonas adyacentes (aguas arriba y aguas abajo), con el fin de evitar daños en esta, y así garantizar un óptimo funcionamiento en su periodo de diseño. Todo esto, debe ser evaluado y analizado en los estudio hidrológico e hidráulico.

**Pag. 148**

2.2 El día 18 de julio del 2023 y el 30 de octubre del 2023, se aprueba balance No 1 y No 2, respectivamente, en estos, de acuerdo a las necesidades prioritarias del proyecto, no fue posible mantener la meta física inicialmente programada en el proyecto, como fueron las obras correspondientes al capitulo IV, pavimento en concreto hidráulico. Asociado a esto los recursos no fueron suficiente para atender las recomendaciones dadas en el estudio hidráulico y geotécnico, en el que se informan que es necesario realizar protecciones en las zonas adyacentes al puente (aguas arriba y aguas abajo), con el fin de garantizar el óptimo funcionamiento del puente en su periodo de diseño.

2. Dentro de la etapa de estudios y diseños del adicional No 1, se contempló implementar el suministro e instalación formaletas textiles colchacreto llenas de concreto.
3. Dentro del presupuesto del adicional No 1, no se tiene contemplada la actividad suministro e instalación de formaletas textiles colchacreto (ver imagen).

| COLOMBIA RURAL | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| MUNICIPIO | | | | VIA | Long (Km) | PR Inicial | PR Final |
| Tierralta | | | | Vía Tierralta -planeta Rica | 0,43 | Construcción de puente | |

## ADICIONAL No 1

**SECCIÓN 2 - ITEMS DE OBRA CONSTRUCCIÓN PUENTE SOBRE ALA QUEBRADA SEVERINERA DE LA VÍA QUE COMUNICA A LOS MUNICIPIO DE TIERRALTA Y PLANETA RICA**

| No | ITEM DE PAGO | ESPECIFICACIONES | | DESCRIPCION | UNID | CANTIDAD | VALOR UNITARIO | VALOR TOTAL |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | GENERAL 2018 | PARTICULAR | | | | | |
| I.PAVIMENTO EN | | | | | | | | |
| 1 | 320.3 | 320 | | Subbase Granular Clase C. | m3 | 440,00 | $ 296.822,00 | $ 130.601.680,00 |
| 2 | 311.1 | 311 | | Afirmado (Material para mejoramiento ) | m3 | 330,00 | $ 213.578,00 | $ 70.480.740,00 |
| 3 | 500.1 | 500 | | PAVIMENTO DE CONCRETO HIDRAULICO | m3 | 400,00 | $ 935.666,00 | $ 374.266.400,00 |
| 4 | 630.4 | 630 | | Concreto clase D (210 kg/cm2 ó 3000 PSI) - CUNETAS | m3 | 120,00 | $ 770.236,00 | $ 92.428.320,00 |
| 5 | 640.1 | 640 | | Acero de refuerzo de FY = 4.200 Kg/cm 2 (60.000 PSI). | kg | 6000,00 | $ 8.638,00 | $ 51.828.000,00 |
| **Subtotal** | | | | | | | | **$ 719.605.140,00** |
| II. OBRAS DE | | | | | | | | |
| OBRAS | | DE | PROTECCION | | | | | |
| 6 | 630.7P | 630 | PART | Revestimiento en piedra pegada para protección de talud y fondo | m3 | 544,00 | $ 770.531,00 | $ 419.168.864,00 |
| 7 | 600.2.4 | 600 | | Excavaciones varias en material común bajo agua. | m3 | 1208,00 | $ 79.452,00 | $ 95.978.016,00 |
| 8 | 600.2.3 | 600 | | Excavaciones varias en material común en seco . | m3 | 1712,00 | $ 74.410,00 | $ 127.389.920,00 |
| 9 | 220.1 | 220 | | Terraplenes | m3 | 3100,00 | $ 32.020,00 | $ 99.262.000,00 |
| 10 | 900.2 | 900 | | Transporte de materiales provenientes de la excavación de la explanación, canales y préstamos para distancias mayores de mil metros (1.000 m) medidos a partir de cien metros (100 m). | m3 | 279000,00 | $ 1.807,00 | $ 504.153.000,00 |
| | | | | | | | | **$ 1.245.951.800,00** |
| **BASICO TOTAL DE OBRA** | | | | | | | | **$ 1.965.556.940,00** |
| REVISIÓN Y/O AJUSTES A ESTUDIOS Y DISEÑOS (Placa Huella, Pavimento y Estructuras de Drenaje) | | | | | | | | $ 28.943.747,90 |
| IVA * | | | | | | | | $ 5.499.312,10 |
| TOTAL ESTUDI | | | | | | | | **$ 34.443.060,00** |
| **VALOR TOTAL ADICIONAL** | | | | | | | | **$ 2.000.000.000,00** |

## JUSTIFICACION FINANCIERA.

Se realizo balance de mayores y menores cantidades, con el fin de determinar la disponibilidad del recurso de acuerdo a las condiciones contractuales actualizadas. En el mismo se determinó que la implementación del ítem no previsto NP3, no afecta el presupuesto del contrato es decir no se requiere adición financiera al contrato.

El análisis financiero para determinar el valor unitario del SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE FORMALETA TEXTIL COLCHACRETO ARTICULADO, se realizó teniendo en cuenta cotizaciones (ver anexo), con tres empresas que contaran con disponibilidad de suministro del material en la zona.

Las cotizaciones fueron las siguientes:

| Empresa | Valor cotización |
|---|---|
| SERTEC | $ 47.451 |
| GEOMATRIX | $ 45.815 |
| TRECK | $ 68.722 |

**JUSTIFICACION AMBIENTAL.**

La implementación del item no previsto NP2 SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE TUBO GEOTEXIL HYDROTUBE ENSAMBLADO CON GEOTEXTIL HYDROTEX 150, PERÍMETRO 9,0 M, ALTURA MÁXIMA 1,60 M no afecta el componente ambiental.

**JUSTIFICACION SOCIAL.**

La implementación del item no previsto NP3 SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE FORMALETA TEXTIL COLCHACRETO ARTICULADO 1300

Sin otro particular.

Cordialmente,

**Mario Alberto Petro Reyes**
**C. C. 73.203.584**
**Representante Legal**
**Consorcio Puentes de Córdoba**

Montería, 2 de agosto del 2024

**INGENIERO**
**JUAN E. VILLALOBOS**
**Director de interventoría**
**CONSORCIO VIAL NACIONAL**

**REF.** CONTRATO DE OBRA PÚBLICA NO LP-NO.013-2022 - CONSTRUCCIÓN DE UN PUENTE VEHICULAR SOBRE LA QUEBRADA SEVERINERA EN LA VÍA QUE COMUNICA A LOS MUNICIPIOS DE PLANETA RICA Y TIERRALTA, DEPARTAMENTO DE CÓRDOBA, EN EL MARCO DEL CONVENIO INTERADMINISTRATIVO NO. 1961 DE FECHA 12 DE NOVIEMBRE DE 2021.

**ASUNTO:** JUSTIFICACION TECNICA ITEM NO PREVISTO NP2- SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE FORMALETA TEXTIL COLCHACRETO ARTICULADO 1300

Apreciado Ingeniero Villalobos, reciba un cordial saludo.

Apreciado Ingeniero Villalobos, reciba un cordial saludo.

Por medio de la presente informo que, de acuerdo al diseño hidráulico de las obras de protección, el diseñador estiplulo lo siguiente, dice textual:

*Se selecciona una alternativa combinada (mano anti-socavación + hydrotube + colchacreto) la cual ofrece mayor resistencia y durabilidad en el tiempo, dado que una vez degrada la formaleta del Colchacreto, el mismo queda como recubrimiento de los Hydrotube. Se presentan las justificaciones de selección.*

*• Colchacreto y Hydrotube ofrecen una mayor flexibilidad y adaptabilidad a las irregularidades del terreno y a las fluctuaciones hidráulicas del río. Esto es especialmente importante en entornos fluviales donde el terreno puede ser variado y las condiciones hidráulicas pueden cambiar con el tiempo.*

*• A menudo, la instalación de gaviones implica la extracción y transporte de grandes cantidades de roca, lo que puede tener un impacto ambiental significativo. Por otro lado, Colchacreto y Hydrotube suelen requerir menos material de relleno y pueden ser instalados con menos perturbación del entorno natural.*

*• Colchacreto y Hydrotube ofrecen una mayor resistencia a la erosión que los gaviones. La combinación de concreto proyectado y geotextiles en Colchacreto y la estructura tubular flexible de Hydrotube proporcionan una protección más efectiva contra el desgaste causado por la acción del agua y los sedimentos. Hidráulicamente disminuye en mayor porcentaje la velocidad del golpe sobre la orilla en mención comparado con los gaviones tradicionales.*

*• Debido a su mayor resistencia a la erosión y su capacidad para adaptarse a las condiciones cambiantes del río, Colchacreto y Hydrotube suelen requerir menos mantenimiento a largo plazo en comparación con los gaviones. Esto puede resultar en ahorros significativos en costos y esfuerzos de mantenimiento a lo largo de la vida útil de la estructura de protección de la ladera.*

*• Colchacreto y Hydrotube ofrecen opciones de diseño más flexibles y pueden integrarse más fácilmente en el entorno natural, lo que puede ser especialmente importante en áreas del paisaje fluvial.*

*• El manto anti-socavación es necesario para disminuir los efectos de arrastre de solidos o material granular del fondo o de la talud por el mismo tránsito del caudal, siendo esta una geomembrana que impide el paso del agua y el contacto de esta sobre el material de terreno natural, de igual forma se garantiza la estabilidad del talud o ladera donde se situaran las estructuras de defensa ribereña como el Colchacreto y el Hydrotube.*

*En resumen, la elección de Colchacreto y Hydrotube sobre los gaviones en roca para la protección de laderas en ríos se basa en su mayor flexibilidad, menor impacto ambiental, mayor resistencia a la erosión, menor necesidad de mantenimiento a largo plazo. Estos aspectos hacen que estas soluciones sean más efectivas y sostenibles en muchos contextos fluviales. Es de aclarar que las soluciones antes mencionadas funcionan en conjunto, es decir la suma de las 3 garantiza disminución de la velocidad, de la erosión y de la socavación.*

La inmersión del ítem no previsto NP3, no afecta las condiciones financiaras actuales del proyecto, es decir no es necesario solicitar adicional económico al contrato, por lo tanto, no existiría modificación o adición al valor inicial del contrato.

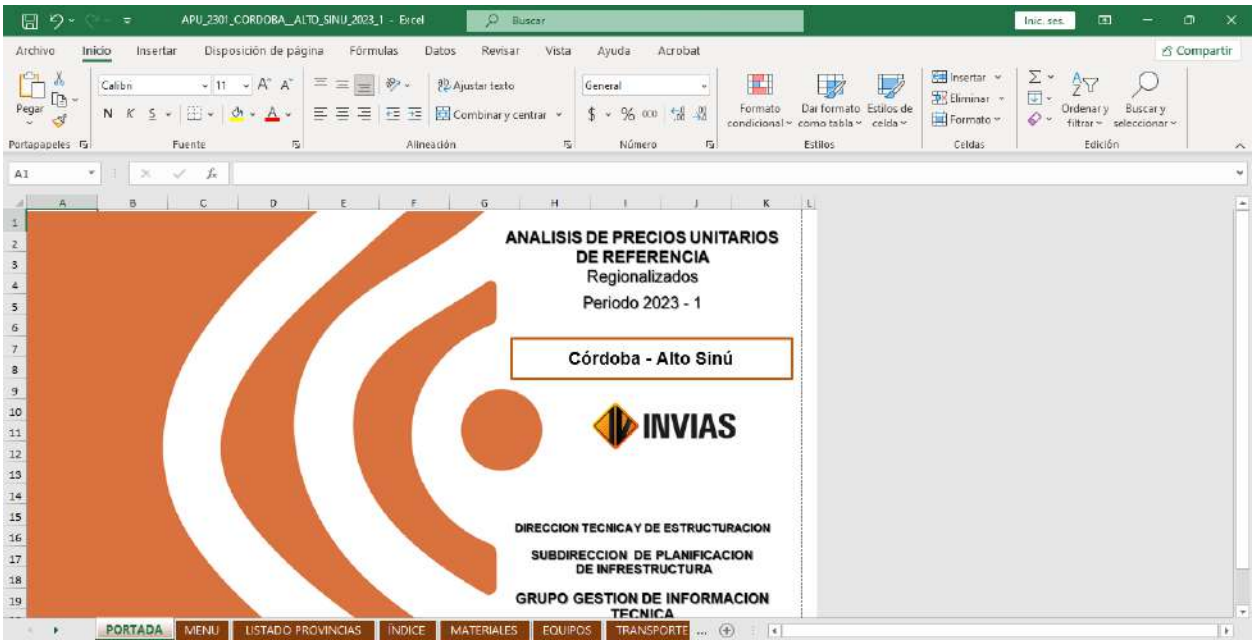
Sin otro particular.

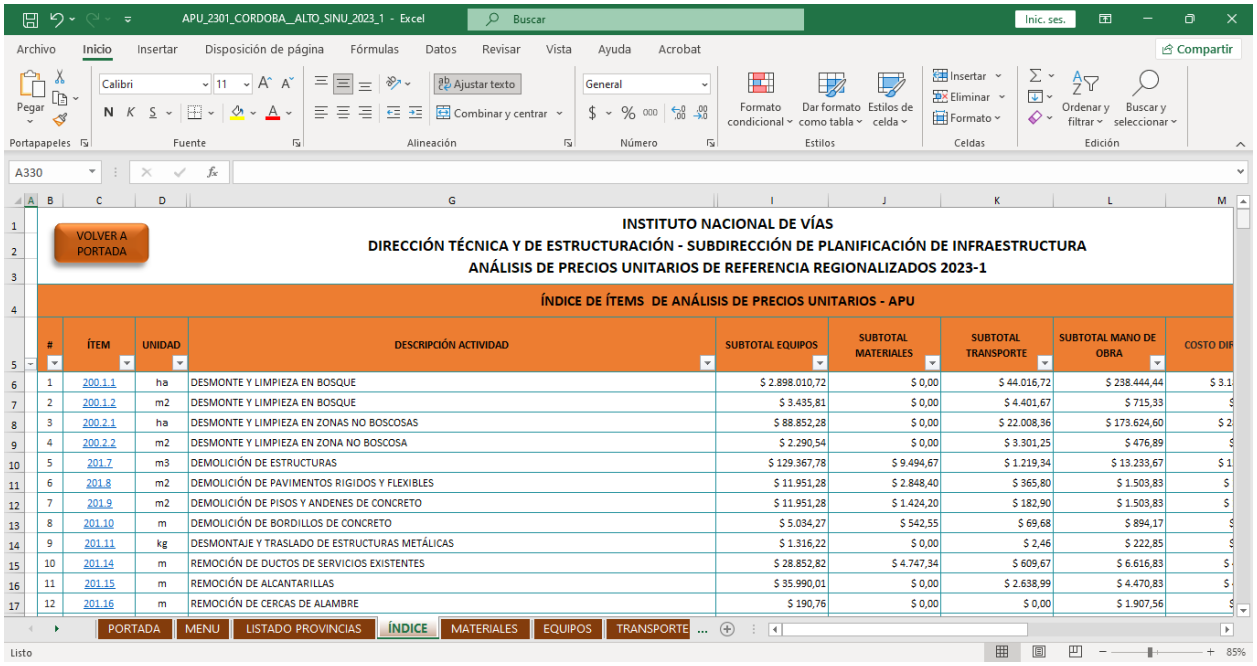
Cordialmente,

**Aylen Carrascal**
**C. C. 26.2033117**
**Directora de Obra**
**Consorcio Puentes de Córdoba**

# COPIA DE LA CONSULTA DEL PRECIO DE LOS ÍTEMS NO PREVISTOS, EN LA PÁGINA WEB DEL INVIAS Y EN LAS BASES DE DATOS EXISTENTES EN LA ENTIDAD.

Dentro de la última actualización de la consulta de los Análisis de Precios Unitarios -APU, del Instituto Nacional de Vias -INVIAS, no se evidencio dentro del índice APU de suministro e instalación de formaleta textil colchacreto articulado 1300 s (se anexa APU)






| # | ÍTEM | UNIDAD | DESCRIPCIÓN ACTIVIDAD |
|---|---|---|---|
| 1 | 200.1.1 | ha | DESMONTE Y LIMPIEZA EN BOSQUE |
| 2 | 200.1.2 | m2 | DESMONTE Y LIMPIEZA EN BOSQUE |
| 3 | 200.2.1 | ha | DESMONTE Y LIMPIEZA EN ZONAS NO BOSCOSAS |
| 4 | 200.2.2 | m2 | DESMONTE Y LIMPIEZA EN ZONA NO BOSCOSA |
| 5 | 201.7 | m3 | DEMOLICIÓN DE ESTRUCTURAS |
| 6 | 201.8 | m2 | DEMOLICIÓN DE PAVIMENTOS RIGIDOS Y FLEXIBLES |
| 7 | 201.9 | m2 | DEMOLICIÓN DE PISOS Y ANDENES DE CONCRETO |
| 8 | 201.10 | m | DEMOLICIÓN DE BORDILLOS DE CONCRETO |
| 9 | 201.11 | kg | DESMONTAJE Y TRASLADO DE ESTRUCTURAS METÁLICAS |
| 10 | 201.14 | m | REMOCIÓN DE DUCTOS DE SERVICIOS EXISTENTES |
| 11 | 201.15 | m | REMOCIÓN DE ALCANTARILLAS |
| 12 | 201.16 | m | REMOCIÓN DE CERCAS DE ALAMBRE |

| | | | |
|---|---|---|---|
| 13 | 201.19 | m | REMOCIÓN DE RIELES |
| 14 | 201.20 | m | REMOCIÓN DE DEFENSAS METÁLICAS |
| 15 | 201.21 | m | REMOCIÓN DE BARRERAS DE SEGURIDAD |
| 16 | 203.1 | u | TRANSPLANTE DE ARBOLES TIPO I TRASLADO CORTO |
| 17 | 203.2 | u | TRANSPLANTE DE ARBOLES TIPO I TRASLADO LARGO |
| 18 | 203.3 | u | TRANSPLANTE DE ARBOLES TIPO I TRASLADO ESPECIAL |
| 19 | 203.4 | u | TRANSPLANTE DE ARBOLES TIPO II TRASLADO CORTO |
| 20 | 203.5 | u | TRANSPLANTE DE ARBOLES TIPO II. TRASLADO LARGO |
| 21 | 203.6 | u | TRANSPLANTE DE ARBOLES TIPO II TRASLADO ESPECIAL |
| 22 | 203.7 | u | TRANSPLANTE DE ARBOLES TIPO III TRASLADO CORTO |
| 23 | 203.8 | u | TRANSPLANTE DE ARBOLE TIPO III TRASLADO LARGO |
| 24 | 203.9 | u | TRANSPLANTE DE ARBOLES TIPO III TRASLADO ESPECIAL |
| 25 | 203.10 | u | TRANSPLANTE DE ARBOLES TIPO IV TRASLADO CORTO |
| 26 | 203.11 | u | TRANSPLANTE DE ARBOLES TIPO IV TRASLADO LARGO |
| 27 | 203.12 | u | TRANSPLANTE DE ARBOLES TIPO IV TRASLADO ESPECIAL |
| 28 | 210.1.1 | m3 | EXCAVACIÓN SIN CLASIFICAR DE LA EXPLANACIÓN Y CANALES |
| 29 | 210.1.2 | m3 | EXCAVACION SIN CLASIFICAR DE PRESTAMOS |
| 30 | 210.2.1 | m3 | EXCAVACIÓN EN ROCA DE LA EXPLANACIÓN Y CANALES |
| 31 | 210.2.2 | m3 | EXCAVACIÓN EN MATERIAL COMÚN DE LA EXPLANACIÓN Y CANALES |
| 32 | 210.2.3 | m3 | EXCAVACIÓN EN ROCA DE PRÉSTAMOS |
| 33 | 210.2.4 | m3 | EXCAVACIÓN EN MATERIAL COMÚN DE PRÉSTAMOS |
| 34 | 211.1 | m3 | REMOCIÓN DE DERRUMBES |
| 35 | 220.1 | m3 | TERRAPLENES |
| 36 | 221.1 | m3 | PEDRAPLÉN COMPACTO |
| 37 | 221.2 | m3 | PEDRAPLÉN SUELTO |
| 38 | 223.1 | m2 | GEOTEXTIL DE REFUERZO TIPO ____ PARA TERRAPLENES REFORZADOS CON GEOSINTÉTICOS. (Analizado para un Geotextil tipo TEJIDO). |

| | | | |
|---|---|---|---|
| 39 | 223.2 | m2 | GEOMALLA DE REFUERZO TIPO ____ PARA TERRAPLENES REFORZADOS CON GEOSINTÉTICOS. (Analizado para una Geomalla tipo UNIAXIAL). |
| 40 | 223.3.1 | m3 | RELLENO TIPO _____ PARA TERRAPLENES REFORZADOS CON GEOSINTÉTICOS (Analizado para un relleno tipo recebo) |
| 41 | 223.3.2.1 | m3 | RELLENO TIPO _____ PARA TERRAPLENES REFORZADOS CON GEOSINTÉTICOS (Analizado para un relleno tipo SBG 50 clase C) |
| 42 | 223.3.2.2 | m3 | RELLENO TIPO _____ PARA TERRAPLENES REFORZADOS CON GEOSINTÉTICOS (Analizado para un relleno tipo SBG 38 clase C) |
| 43 | 223.3.2.3 | m3 | RELLENO TIPO _____ PARA TERRAPLENES REFORZADOS CON GEOSINTÉTICOS (Analizado para un relleno tipo SBG 20 clase C) |
| 44 | 223.3.3 | m3 | RELLENO TIPO _____ PARA TERRAPLENES REFORZADOS CON GEOSINTÉTICOS (Analizado para una BG25 clase C) |
| 45 | 230.1 | m2 | MEJORAMIENTO DE LA SUBRASANTE CON ADICION DE MATERIALES |
| 46 | 231.1.1 | m2 | GEOTEXTIL TEJIDO PARA SEPARACIÓN DE SUELOS DE SUBRASANTE Y CAPAS GRANULARES (Analizado para geotextil tipo tejido) |
| 47 | 231.1.2 | m2 | GEOTEXTIL NO TEJIDO PARA SEPARACIÓN DE SUELOS DE SUBRASANTE Y CAPAS GRANULARES (Analizado para geotextil no tejido) |
| 48 | 232.1 | m2 | GEOTEXTIL PARA ESTABILIZACIÓN DE LA SUBRASANTE |
| 49 | 233.1 | m2 | GEOMALLA PARA ESTABILIZACION DE SUELOS DE SUBRASANTE (Analizado para geomalla biaxial) |
| 50 | 233.10 | m2 | GEOMALLA PARA REFUERZO DE CAPAS GRANULARES (Analizado para geomalla biaxial) |
| 51 | 234.1 | m2 | CONFORMACIÓN DE TALUDES EXISTENTES |
| 52 | 235.1 | m3 | SUBRASANTE ESTABILIZADA CON CEMENTO (Incluye suministro de cemento) |
| 53 | 235.10 | m3 | SUBRASANTE ESTABILIZADA CON CEMENTO (No incluye suministro del cemento) |
| 54 | 235.11 | kg | CEMENTO PARA ESTABILIZACIÓN DE SUELO |
| 55 | 236.1 | m3 | SUELO DE SUBRASANTE ESTABILIZADO CON CAL (Incluye suminisitro de la Cal) |
| 56 | 236.10 | m3 | SUELO DE SUBRASANTE ESTABILIZADA CON CAL (No incluye suministro de la Cal) |

| | | | |
|---|---|---|---|
| 57 | 236.11 | kg | CAL PARA ESTABILIZACION DE SUELOS |
| 58 | 237.1.1 | m3 | CAPA ESTABILIZADA CON PRODUCTOS QUÍMICOS NO TRADICIONALES (INCLUYE EL SUMINISTRO DEL PRODUCTO ESTABILIZADOR) (Analizada para producto químico del TIPO 1 - emulsiones enzimáticas y suelo in situ) |
| 59 | 237.1.2.1 | m3 | CAPA ESTABILIZADA CON PRODUCTOS QUÍMICOS NO TRADICIONALES (INCLUYE EL SUMINISTRO DEL PRODUCTO ESTABILIZADOR) (Analizada para producto químico del TIPO 2 - materiales puzolánicos y suelo in situ) |
| 60 | 237.1.2.2 | m3 | CAPA ESTABILIZADA CON PRODUCTOS QUÍMICOS NO TRADICIONALES (INCLUYE EL SUMINISTRO DEL PRODUCTO ESTABILIZADOR) (Analizada para producto químico del TIPO 2 - materiales puzolánicos y suelo in situ) |
| 61 | 237.1.3.1 | m3 | CAPA ESTABILIZADA CON PRODUCTOS QUÍMICOS NO TRADICIONALES (INCLUYE EL SUMINISTRO DEL PRODUCTO ESTABILIZADOR) (Analizada para producto químico del TIPO 3 - polímeros y organosilanos y suelo in situ) |
| 62 | 237.1.3.2 | m3 | CAPA ESTABILIZADA CON PRODUCTOS QUÍMICOS NO TRADICIONALES (INCLUYE EL SUMINISTRO DEL PRODUCTO ESTABILIZADOR) (Analizada para producto químico del TIPO 3 - polímeros y organosilanos y suelo in situ) |
| 63 | 237.1.3.3 | m3 | CAPA ESTABILIZADA CON PRODUCTOS QUÍMICOS NO TRADICIONALES (INCLUYE EL SUMINISTRO DEL PRODUCTO ESTABILIZADOR) (Analizada para producto químico del TIPO 3 - polímeros y organosilanos y suelo in situ) |
| 64 | 237.1.3.4 | m3 | CAPA ESTABILIZADA CON PRODUCTOS QUÍMICOS NO TRADICIONALES (INCLUYE EL SUMINISTRO DEL PRODUCTO ESTABILIZADOR) (Analizada para producto químico del TIPO 3 - polímeros y organosilanos y suelo in situ) |
| 65 | 237.1.4.1 | m3 | CAPA ESTABILIZADA CON PRODUCTOS QUÍMICOS NO TRADICIONALES (INCLUYE EL SUMINISTRO DEL PRODUCTO ESTABILIZADOR) (Analizada para producto químico del TIPO 4 - sales inorgánicas y suelo in situ) |

| | | | |
|---|---|---|---|
| 66 | 237.1.4.2 | m3 | CAPA ESTABILIZADA CON PRODUCTOS QUÍMICOS NO TRADICIONALES (INCLUYE EL SUMINISTRO DEL PRODUCTO ESTABILIZADOR)<br>(Analizada para producto químico del TIPO 4 - sales inorgánicas y suelo in situ) |
| 67 | 237.1.5.1 | m3 | CAPA ESTABILIZADA CON PRODUCTOS QUÍMICOS NO TRADICIONALES (INCLUYE EL SUMINISTRO DEL PRODUCTO ESTABILIZADOR)<br>(Analizada para producto químico del TIPO 5 – aceites sulfonados - sales orgánicas y suelo in situ) |
| 68 | 237.1.5.2 | m3 | CAPA ESTABILIZADA CON PRODUCTOS QUÍMICOS NO TRADICIONALES (INCLUYE EL SUMINISTRO DEL PRODUCTO ESTABILIZADOR)<br>(Analizada para producto químico del TIPO 5 – aceites sulfonados - sales orgánicas y suelo in situ) |
| 69 | 237.1.5.3 | m3 | CAPA ESTABILIZADA CON PRODUCTOS QUÍMICOS NO TRADICIONALES (INCLUYE EL SUMINISTRO DEL PRODUCTO ESTABILIZADOR)<br>(Analizada para producto químico del TIPO 5 – aceites sulfonados - sales orgánicas y suelo in situ) |
| 70 | 237.1.5.4 | m3 | CAPA ESTABILIZADA CON PRODUCTOS QUÍMICOS NO TRADICIONALES (INCLUYE EL SUMINISTRO DEL PRODUCTO ESTABILIZADOR)<br>(Analizada para producto químico del TIPO 5 – aceites sulfonados - sales orgánicas y suelo in situ) |
| 71 | 310.1 | m2 | CONFORMACIÓN DE LA CALZADA EXISTENTE |
| 72 | 311.1 | m3 | AFIRMADO |
| 73 | 312.1 | kg | TRATAMIENTO PALIATIVO DE POLVO APLICADO EN FORMA SÓLIDA EN HOJUELAS |
| 74 | 312.2 | kg | TRATAMIENTO PALIATIVO DE POLVO APLICADO EN FORMA SÓLIDA EN ESFERAS |
| 75 | 312.3 | L | TRATAMIENTO PALIATIVO DE POLVO APLICADO EN FORMA LÍQUIDA |
| 76 | 312.4 | m3 | MATERIAL GRANULAR DE ADICIÓN |
| 77 | 320.1.1 | m3 | SUB-BASE GRANULAR CLASE A<br>(Analizada para tipo de gradacion SGB-50 clase A) |
| 78 | 320.1.2 | m3 | SUB-BASE GRANULAR CLASE A<br>(Analizada para tipo de gradacion SBG-38 clase A) |
| 79 | 320.2.1 | m3 | SUB-BASE GRANULAR CLASE B<br>(Analizada para tipo de gradacion SGB-50, clase B) |

| | | | |
|---|---|---|---|
| 80 | 320.2.2 | m3 | SUB-BASE GRANULAR CLASE B<br>(Analizada para tipo de gradacion SBG-38, clase B) |
| 81 | 320.3.1 | m3 | SUBBASE GRANULAR CLASE C<br>(Analizada para tipo de gradacion SGB-50, clase C) |
| 82 | 320.3.2 | m3 | SUBBASE GRANULAR CLASE C<br>(Analizada para tipo de gradacion SBG-38, clase C) |
| 83 | 320.4.1 | m3 | SUB-BASE GRANULAR PARA BACHEO CLASE A<br>(Analizada para tipo de gradacion SGB-50, clase A) |
| 84 | 320.4.2 | m3 | SUB-BASE GRANULAR PARA BACHEO CLASE A<br>(Analizada para tipo de gradacion SBG-38, clase A) |
| 85 | 320.5.1 | m3 | SUB-BASE GRANULAR PARA BACHEO CLASE B<br>(Analizada para tipo de gradacion SGB-50, clase B) |
| 86 | 320.5.2 | m3 | SUB-BASE GRANULAR PARA BACHEO CLASE B<br>(Analizada para tipo de gradacion SBG-38, clase B) |
| 87 | 320.6.1 | m3 | SUB-BASE GRANULAR PARA BACHEO CLASE C<br>(Analizada para tipo de gradacion SGB-50, Clase C) |
| 88 | 320.6.2 | m3 | SUB-BASE GRANULAR PARA BACHEO CLASE C<br>(Analizada para tipo de gradacion SBG-38, Clase C). |
| 89 | 321.1 | m3 | SUBBASE ESTABILIZADA CON MEZCLA ASFÁLTICA NATURAL TIPO SBEMAN-50<br>(Analizada para tipo de gradación SGB-50, NT3, clase A) |
| 90 | 321.2 | m3 | SUBBASE ESTABILIZADA CON MEZCLA ASFÁLTICA NATURAL TIPO SBEMAN-38<br>(Analizada para tipo de gradación SGB-38, NT2, clase B) |
| 91 | 323.1 | m3 | SUBBASE GRANULAR CON AGREGADO SIDERÚRGICO CLASE A<br>(Analizada para un tránsito NT3 y una gradación SBG-50) |
| 92 | 323.2.1 | m3 | SUBBASE GRANULAR CON AGREGADO SIDERÚRGICO CLASE B<br>(Analizada para un tránsito NT2 y una gradación SBG-50) |
| 93 | 323.2.2 | m3 | SUBBASE GRANULAR CON AGREGADO SIDERÚRGICO CLASE B<br>(Analizada para un tránsito NT2 y una gradación SBD-38) |

| | | | |
|---|---|---|---|
| 94 | 323.3.1 | m3 | SUBBASE GRANULAR CON AGREGADO SIDERÚRGICO CLASE C<br>(Analizada para un tránsito NT1 y una gradación SBG-50) |
| 95 | 323.3.2 | m3 | SUBBASE GRANULAR CON AGREGADO SIDERÚRGICO CLASE A<br>(Analizada para un tránsito NT3 y una gradación SBG-50) |
| 96 | 323.4 | m3 | SUBBASE GRANULAR CON AGREGADO SIDERÚRGICO PARA BACHEO CLASE A<br>(Analizada para un tránsito NT3 y una gradación SBG-50) |
| 97 | 323.5.1 | m3 | SUBBASE GRANULAR CON AGREGADO SIDERÚRGICO PARA BACHEO CLASE B<br>(Analizada para un tránsito NT2 y una gradación SBG-50) |
| 98 | 323.5.2 | m3 | SUBBASE GRANULAR CON AGREGADO SIDERÚRGICO PARA BACHEO CLASE B<br>(Analizada para un tránsito NT2 y una gradación SBD-38) |
| 99 | 323.6.1 | m3 | SUBBASE GRANULAR CON AGREGADO SIDERÚRGICO PARA BACHEO CLASE C<br>(Analizada para un tránsito NT1 y una gradación SBG-50) |
| 100 | 323.6.2 | m3 | SUBBASE GRANULAR CON AGREGADO SIDERÚRGICO PARA BACHEO CLASE C<br>(Analizada para un tránsito NT1 y una gradación SBD-38) |
| 101 | 330.1.1 | m3 | BASE GRANULAR CLASE A<br>(Analizada para NT3, tipo de gradacion BG 38, clase A) |
| 102 | 330.1.2 | m3 | BASE GRANULAR CLASE A<br>(Analizada para NT3, tipo de gradacion BG 40, clase A.) |
| 103 | 330.2.1 | m3 | BASE GRANULAR CLASE B<br>(Analizada para tipo NT2, de gradacion BG 38, clase B) |
| 104 | 330.2.2 | m3 | BASE GRANULAR CLASE B<br>(Analizada para tipo NT2, de gradacion BG 40, clase B) |
| 105 | 330.3.1 | m3 | BASE GRANULAR CLASE C<br>(Analizada para tipo NT1, de gradacion BG 25, clase C) |
| 106 | 330.3.2 | m3 | BASE GRANULAR CLASE C<br>(Analizada para tipo NT1, de gradacion BG 27, clase C) |

| | | | |
|---|---|---|---|
| 107 | 330.4.1 | m3 | BASE GRANULAR PARA BACHEO CLASE A<br>(Analizada para tipo NT3, de gradacion BG 38, clase A) |
| 108 | 330.4.2 | m3 | BASE GRANULAR PARA BACHEO CLASE A<br>(Analizada para tipo NT3, de gradacion BG 40, clase A) |
| 109 | 330.5.1 | m3 | BASE GRANULAR PARA BACHEO CLASE B<br>(Analizada para tipo NT2, de gradacion BG 38, clase B) |
| 110 | 330.5.2 | m3 | BASE GRANULAR PARA BACHEO CLASE B<br>(Analizada para tipo NT2, de gradacion BG 40, clase B) |
| 111 | 330.6.1 | m3 | BASE GRANULAR PARA BACHEO CLASE C<br>(Analizada para tipo NT1, de gradacion BG 25, clase C) |
| 112 | 330.6.2 | m3 | BASE GRANULAR PARA BACHEO CLASE C<br>(Analizada para tipo NT1, de gradacion BG 27, clase C) |
| 113 | 340.1 | m3 | BASE ESTABILIZADA CON EMULSIÓN ASFÁLTICA TIPO BEE-38 |
| 114 | 340.2 | m3 | BASE ESTABILIZADA CON EMULSIÓN ASFÁLTICA TIPO BEE-25 |
| 115 | 340.3 | m3 | BASE ESTABILIZADA CON EMULSIÓN ASFÁLTICA TIPO BEE-5 |
| 116 | 341.1 | m3 | BASE ESTABILIZADA CON MEZCLA ASFÁLTICA NATURAL TIPO BEMAN-38<br>(Analizada para NT3, tipo de gradación BG 38, clase A) |
| 117 | 341.2 | m3 | SUBBASE ESTABILIZADA CON MEZCLA ASFÁLTICA NATURAL TIPO SBEMAN-25<br>(Analizada para NT1, tipo de gradación BG 25, clase C) |
| 118 | 350.1 | m3 | MATERIAL GRANULAR TRATADO CON CEMENTO (MGTC) CLASE 1<br>(no incluye suministro del cemento)<br>Analizado para Material fino o granular clase 1, NT1 |
| 119 | 350.2 | m3 | MATERIAL GRANULAR TRATADO CON CEMENTO (MGTC) CLASE 2<br>(no incluye suministro del cemento)<br>Analizado para Material fino o granular clase 2, NT1 |
| 120 | 350.3 | m3 | MATERIAL GRANULAR TRATADO CON CEMENTO (MGTC) CLASE 3, GRADACION TIPO MGTC-25<br>(no incluye suministro del cemento)<br>Analizado para Material Correlacion BG -25 CLASE B, NT2 |
| 121 | 350.4 | m3 | MATERIAL GRANULAR TRATADO CON CEMENTO (MGTC) CLASE 3, GRADACION TIPO MGTC-38<br>(no incluye suministro del cemento)<br>Analizado para Material Correlacion BG -38 CLASE B, NT2 |

| | | | |
|---|---|---|---|
| 122 | 350.5 | m3 | MATERIAL GRANULAR TRATADO CON CEMENTO (MGTC) CLASE 3, GRADACION TIPO MGTC-50 (no incluye suministro del cemento) Analizado para Material Correlacion BG -40 CLASE B, NT2 |
| 123 | 350.6 | m3 | MATERIAL GRANULAR TRATADO CON CEMENTO (MGTC) CLASE 4, GRADACION TIPO MGTC-25 (no incluye suministro del cemento) Analizado para Material Correlacion BG -25 CLASE A, NT3 |
| 124 | 350.7 | m3 | MATERIAL GRANULAR TRATADO CON CEMENTO (MGTC) CLASE 4, GRADACION TIPO MGTC-38 (no incluye suministro del cemento) Analizado para Material Correlacion BG -38 CLASE A, NT3 |
| 125 | 350.8 | m3 | "MATERIAL GRANULAR TRATADO CON CEMENTO (MGTC) CLASE 4, GRADACION TIPO MGTC-50 (no incluye suministro del cemento) Analizado para Material Correlacion BG -50 CLASE A, NT3" |
| 126 | 350.9 | Kg | CEMENTO HIDRÁULICO PARA CAPA TRATADA CON CEMENTO |
| 127 | 410.1 | kg | CEMENTO ASFÁLTICO DE PENETRACIÓN 40-50 (Analizado sin transporte) |
| 128 | 410.2 | kg | SUMINISTRO DE CEMENTO ASFÁLTICO DE PENETRACIÓN 60-70 (Analizado sin transporte) |
| 129 | 410.3 | kg | CEMENTO ASFÁLTICO DE PENETRACIÓN 80-100 (Analizado sin transporte) |
| 130 | 411.1 | L | EMULSIÓN ASFÁLTICA DE ROTURA MEDIA CRM-65 |
| 131 | 411.2 | L | EMULSIÓN ASFÁLTICA DE ROTURA LENTA CRL-40 (Analizado para una base de cemento asfaltico ARD) |
| 132 | 411.3 | L | EMULSIÓN ASFÁLTICA DE ROTURA LENTA CRL-57 (Analizado para una base de cemento asfáltica ARD) |
| 133 | 411.4 | L | EMULSIÓN ASFÁLTICA DE ROTURA LENTA CRL-57h |
| 134 | 411.5 | L | EMULSIÓN ASFÁLTICA DE ROTURA RAPIDA CRR-60 |
| 135 | 411.6 | L | EMULSIÓN ASFÁLTICA DE ROTURA RAPIDA CRR-65 |
| 136 | 413.1 | kg | CEMENTO ASFÁLTICO MODIFICADO CON GRANO DE CAUCHO RECICLADO (GCR) TIPO I |

| | | | |
|---|---|---|---|
| 137 | 413.2 | kg | CEMENTO ASFÁLTICO MODIFICADO CON GRANO DE CAUCHO (GCR) RECICLADO TIPO II |
| 138 | 413.3 | kg | CEMENTO ASFÁLTICO MODIFICADO CON GRANO DE CAUCHO RECICLADO (GCR) TIPO III |
| 139 | 414.1 | kg | CEMENTO ASFÁLTICO MODIFICADO CON POLIMEROS TIPO CAM-4 |
| 140 | 414.2 | kg | CEMENTO ASFALTICO MODIFICADO CON POLIMEROS TIPO CAM-2 |
| 141 | 414.3 | kg | CEMENTO ASFALTICO MODIFIFCADO CON POLIMEROS TIPO CAM-3 |
| 142 | 414.4 | kg | CEMENTO ASFALTICO MODIFICADO CON POLIMEROS TIPO CAM-5 |
| 143 | 414.5 | kg | CEMENTO ASFALTICO MODIFICADO CON POLIMEROS TIPO CAM-6 |
| 144 | 414.6 | kg | CEMENTO ASFALTICO MODIFICADO CON POLIMEROS TIPO CAM-1 |
| 145 | 415.1 | L | EMULSIÓN ASFÁLTICA DE ROTURA MEDIA MODIFICADA CON POLIMEROS, CRM-60m |
| 146 | 415.2 | L | EMULSIÓN ASFÁLTICA DE ROTURA RÁPIDA MODIFICADA CON POLÍMEROS, CRR-60m |
| 147 | 415.3 | L | EMULSIÓN ASFÁLTICA DE ROTURA RÁPIDA MODIFICADA CON POLÍMEROS, CRR-65m |
| 148 | 415.4 | L | EMULSIÓN ASFÁLTICA DE ROTURA LENTA MODIFICADA CON POLÍMEROS, CRL-57hm |
| 149 | 418.1 | kg | FIBRAS SINTÉTICAS DE ARAMIDA Y POLIOLEFINA (Para adición a mezclas asfáltica - método de vía seca) |
| 150 | 420.1 | m2 | RIEGO DE IMPRIMACIÓN CON EMULSIÓN ASFÁLTICA CRL-40 |
| 151 | 420.2 | m2 | RIEGO DE IMPRIMACIÓN CON EMULSIÓN ASFÁLTICA CRL-57 |
| 152 | 420.3 | m2 | RIEGO DE IMPRIMACIÓN CON ASFALTO LIQUIDO MC-30 |
| 153 | 421.1 | m2 | RIEGO DE LIGA CON EMULSIÓN ASFÁLTICA CRR-60 |
| 154 | 421.2 | m2 | RIEGO DE LIGA CON EMULSION ASFALTICA CRR-65 |
| 155 | 421.3 | m2 | RIEGO DE LIGA CON EMULSIÓN MODIFICADA CON POLIMEROS CRR-60m |
| 156 | 421.4 | m2 | RIEGO DE LIGA CON EMULSIÓN MODIFICADA CON POLIMEROS CRR-65m |
| 157 | 430.1.1 | m2 | TRATAMIENTO SUPERFICIAL SIMPLE CON EMULSIÓN CRR-65 (Analizado para Agregado para tratamiento superficial tipo TSS-19/TSD-19) |

| | | | |
|---|---|---|---|
| 158 | 430.1.2 | m2 | TRATAMIENTO SUPERFICIAL SIMPLE CON EMULSIÓN CRR-65<br>(Analizado para Agregado para tratamiento superficial tipo TSS-13/TSD-13) |
| 159 | 430.2.1 | m2 | TRATAMIENTO SUPERFICIAL SIMPLE CON EMULSIÓN CRR-65m<br>(Analizado para Agregado para tratamiento superficial tipo TSS-19/TSD-19) |
| 160 | 430.2.2 | m2 | TRATAMIENTO SUPERFICIAL SIMPLE CON EMULSIÓN CRR-65m<br>(Analizado para Agregado para tratamiento superficial tipo TSS-13/TSD-13) |
| 161 | 430.3.1 | m2 | TRATAMIENTO SUPERFICIAL DOBLE CON EMULSIÓN CRR-65 TIPO 3<br>(Analizado para Agregado para un tratamiento superficial tipo 3) |
| 162 | 430.3.2 | m2 | TRATAMIENTO SUPERFICIAL DOBLE CON EMULSIÓN CRR-65 TIPO 4<br>(Analizado para Agregado para tratamiento superficial tipo 4) |
| 163 | 430.4.1 | m2 | TRATAMIENTO SUPERFICIAL DOBLE CON EMULSIÓN CRR-65m<br>(Analizado para Agregado para tratamiento superficial tipo 3) |
| 164 | 430.4.2 | m2 | TRATAMIENTO SUPERFICIAL DOBLE CON EMULSIÓN CRR-65m<br>(Analizado para Agregado para tratamiento superficial tipo 4) |
| 165 | 432.1 | m2 | SELLO DE ARENA-ASFALTO CON EMULSION CRR-65 |
| 166 | 432.2 | m2 | SELLO DE ARENA-ASFALTO CON EMULSION CRR-65m |
| 167 | 433.1 | m2 | LECHADA ASFÁLTICA CON EMULSIÓN CRL-57h, TIPO LA-13 |
| 168 | 433.2 | m2 | LECHADA ASFÁLTICA CON EMULSIÓN CRL-57h, TIPO LA-10 |
| 169 | 433.3 | m2 | LECHADA ASFÁLTICA CON EMULSIÓN CRL-57h, TIPO LA-5 |
| 170 | 433.4 | m2 | LECHADA ASFÁLTICA CON EMULSIÓN CRL-57h, TIPO LA-3 |
| 171 | 433.5 | m2 | LECHADA ASFÁLTICA CON EMULSIÓN CRL-57hm, TIPO LA-13 |
| 172 | 433.6 | m2 | LECHADA ASFÁLTICA CON EMULSIÓN CRL-57hm, TIPO LA-10 |

| | | | |
|---|---|---|---|
| 173 | 433.7 | m2 | LECHADA ASFÁLTICA CON EMULSIÓN CRL-57hm, TIPO LA-5 |
| 174 | 433.8 | m2 | LECHADA ASFÁLTICA CON EMULSIÓN CRL-57hm, TIPO LA-3 |
| 175 | 440.1 | m3 | MEZCLA DENSA EN FRÍO TIPO MDF-38 |
| 176 | 440.2 | m3 | MEZCLA DENSA EN FRÍO TIPO MDF-25 |
| 177 | 440.3 | m3 | MEZCLA DENSA EN FRÍO TIPO MDF-19 |
| 178 | 440.4.1 | m3 | MEZCLA DENSA EN FRÍO PARA BACHEO (Analizado para tipo MDF-19) |
| 179 | 440.4.2 | m3 | MEZCLA DENSA EN FRÍO PARA BACHEO TIPO MDF-25 |
| 180 | 440.5 | m3 | MEZCLA ABIERTA EN FRIO TIPO MAF-19 |
| 181 | 440.6 | m3 | MEZCLA ABIERTA EN FRIO TIPO MAF-25 |
| 182 | 440.7 | m3 | MEZCLA ABIERTA EN FRIO TIPO MAF-38 |
| 183 | 440.8 | m3 | MEZCLA ABIERTA EN FRÍO TIPO MAF- 38 PARA BACHEO |
| 184 | 442.1 | m3 | MEZCLA ASFÁLTICA NATURAL TIPO MAN-38 |
| 185 | 442.2 | m3 | MEZCLA ASFÁLTICA NATURAL TIPO MAN-25 |
| 186 | 442.3 | m3 | MEZCLA ASFÁLTICA NATURAL TIPO MAN-19 |
| 187 | 442.4 | m3 | MEZCLA ASFÁLTICA NATURAL PARA BACHEO (Analizada con una mezcla mezcla asfáltica natural tipo MAN-25) |
| 188 | 450.1 | m3 | MEZCLA DENSA EN CALIENTE TIPO MDC-25 (Mezcla in situ) |
| 189 | 450.1P | m3 | MEZCLA DENSA EN CALIENTE TIPO MDC-25 (Compra de mezcla) |
| 190 | 450.2 | m3 | MEZCLA DENSA EN CALIENTE TIPO MDC-19 (Mezcla in situ) |
| 191 | 450.2P | m3 | MEZCLA DENSA EN CALIENTE TIPO MDC-19 (Compra de mezcla) |
| 192 | 450.3 | m3 | MEZCLA DENSA EN CALIENTE TIPO MDC-10 (Mezcla in situ) |
| 193 | 450.3P | m3 | MEZCLA DENSA EN CALIENTE TIPO MDC-10 (Compra de mezcla) |

| | | | |
|---|---|---|---|
| 194 | 450.4 | m3 | MEZCLA SEMIDENSA EN CALIENTE TIPO MSC-25 (Mezcla in situ) |
| 195 | 450.4P | m3 | MEZCLA SEMIDENSA EN CALIENTE TIPO MSC-25 (Compra de mezcla) |
| 196 | 450.5 | m3 | MEZCLA SEMIDENSA EN CALIENTE TIPO MSC-19 (Mezcla in situ) |
| 197 | 450.5P | m3 | MEZCLA SEMIDENSA EN CALIENTE TIPO MSC-19 (Compra de mezcla) |
| 198 | 450.6 | m3 | MEZCLA GRUESA EN CALIENTE TIPO MGC-38 (Mezcla in situ) |
| 199 | 450.6P | m3 | MEZCLA GRUESA EN CALIENTE TIPO MGC-38 (Compra de mezcla) |
| 200 | 450.7 | m3 | MEZCLA GRUESA EN CALIENTE TIPO MGC-25 (Mezcla in situ) |
| 201 | 450.7P | m3 | MEZCLA GRUESA EN CALIENTE TIPO MGC-25 (Compra de mezcla) |
| 202 | 450.8 | m3 | MEZCLA DE ALTO MÓDULO MAM-25 (Compra de Mezcla) |
| 203 | 450.10 | m3 | MEZCLA EN CALIENTE PARA BACHEO MSC-25 (Compra de Mezcla) |
| 204 | 450.11 | m3 | MEZCLA EN CALIENTE PARA BACHEO MGC-25 (Compra de Mezcla) |
| 205 | 450.12 | m3 | MEZCLA EN CALIENTE PARA BACHEO MGC-38 (Compra de Mezcla) |
| 206 | 450.13 | m3 | MEZCLA DE ALTO MÓDULO MAM-19 (Compra de Mezcla) |
| 207 | 451.1 | m3 | MEZCLA ABIERTA EN CALIENTE TIPO MAC-75 (Mezcla in situ) |
| 208 | 451.1P | m3 | MEZCLA ABIERTA EN CALIENTE TIPO MAC-75 (Compra de mezcla) |
| 209 | 451.2 | m3 | MEZCLA ABIERTA EN CALIENTE TIPO MAC-63 (Mezcla in situ) |
| 210 | 451.2P | m3 | MEZCLA ABIERTA EN CALIENTE TIPO MAC-63 (Compra de mezcla) |

| | | | |
|---|---|---|---|
| 211 | 451.3 | m3 | MEZCLA ABIERTA EN CALIENTE TIPO MAC-50<br>(Mezcla in situ) |
| 212 | 451.3P | m3 | MEZCLA ABIERTA EN CALIENTE TIPO MAC-50<br>(Compra de mezcla) |
| 213 | 451.4 | m3 | MEZCLA ABIERTA EN CALIENTE TIPO MAC-50 PARA BACHEO<br>(Compra de mezcla) |
| 214 | 452.1 | m3 | MEZCLA DISCONTINUA EN CALIENTE TIPO M-13<br>(Mezcla in situ) |
| 215 | 452.1P | m3 | MEZCLA DISCONTINUA EN CALIENTE TIPO M-13<br>(Compra de mezcla) |
| 216 | 452.2 | m3 | MEZCLA DISCONTINUA EN CALIENTE TIPO M-10<br>(Mezcla in situ) |
| 217 | 452.2P | m3 | MEZCLA DISCONTINUA EN CALIENTE TIPO M-10<br>(Compra de mezcla) |
| 218 | 452.3 | m3 | MEZCLA DISCONTINUA EN CALIENTE TIPO F-13<br>(Mezcla in situ) |
| 219 | 452.3P | m3 | MEZCLA DISCONTINUA EN CALIENTE TIPO F-13<br>(Compra de mezcla) |
| 220 | 452.4 | m3 | MEZCLA DISCONTINUA EN CALIENTE TIPO F-10<br>(Mezcla in situ) |
| 221 | 452.4P | m3 | MEZCLA DISCONTINUA EN CALIENTE TIPO F-10<br>(Compra de mezcla) |
| 222 | 453.1 | m3 | MEZCLA DRENANTE<br>(Mezcla in situ) |
| 223 | 453.1P | m3 | MEZCLA DRENANTE<br>(Compra de mezcla) |
| 224 | 457.1 | m3 | MEZCLA PREFABRICADA ALMACENADA MP-25 PARA PARCHEO EN PAVIMENTO FLEXIBLE<br>(Fabricada en planta) |
| 225 | 457.2 | m3 | MEZCLA PREFABRICADA ALMACENADA MP-19 PARA PARCHEO EN PAVIMENTO FLEXIBLE<br>(Fabricada en planta) |
| 226 | 457.3 | m3 | MEZCLA PREFABRICADA ALMACENADA MP-12 PARA PARCHEO EN PAVIMENTO FLEXIBLE<br>(Fabricada en planta) |

| | | | |
|---|---|---|---|
| 227 | 460.1.1 | m2 | FRESADO DE PAVIMENTO ASFÁLTICO _____cm<br>( Analizado para espesor de 10 cm) |
| 228 | 460.1.2 | m2 | FRESADO DE PAVIMENTO ASFÁLTICO _____cm<br>( Analizado para espesor de 5 cm) |
| 229 | 461.1 | m3 | PAVIMENTO RECICLADO IN SITU CON EMULSIÓN ASFÁLTICA |
| 230 | 461.2 | m3 | PAVIMENTO RECICLADO IN SITU CON ASFALTO ESPUMADO |
| 231 | 462.1.1 | m3 | MEZCLA ASFÁLTICA RECICLADA EN CALIENTE DEL TIPO _____<br>(Analizado para el tipo MDC-19) |
| 232 | 462.1.2 | m3 | MEZCLA ASFÁLTICA RECICLADA EN CALIENTE DEL TIPO _____<br>(Analizado para el tipo MDC-25) |
| 233 | 462.2.1 | m3 | MEZCLA ASFÁLTICA RECICLADA EN CALIENTE DEL TIPO _____ PARA BACHEO<br>(Analizado para el tipo MDC-19) |
| 234 | 462.2.2 | m3 | MEZCLA ASFÁLTICA RECICLADA EN CALIENTE DEL TIPO _____ PARA BACHEO<br>(Analizado para el tipo MDC-25) |
| 235 | 464.1.1 | m2 | GEOTEXTIL PARA REPAVIMENTACIÓN<br>(Analizado para un Geotextil NT con resist. a la tensión Grab mín. de 450 N y una Emulsión asf. CRR-60) |
| 236 | 464.1.2 | m2 | GEOTEXTIL PARA REPAVIMENTACIÓN<br>(Analizado para un Geotextil NT con resist. a la tensión Grab mín. de 450 N y una Emulsión Asf. Modificada CRR-60) |
| 237 | 465.1 | m3 | EXCAVACIÓN PARA REPARACIÓN DE PAVIMENTO ASFÁLTICO EXISTENTE INCLUYENDO EL CORTE Y LA REMOCIÓN DE LAS CAPAS ASFÁLTICAS Y DE LAS SUBYACENTES |
| 238 | 465.2 | m3 | EXCAVACIÓN PARA LA REPARACIÓN DE PAVIMENTO ASFÁLTICO EXISTENTE EXCLUYENDO EL CORTE Y LA REMOCIÓN DE LAS CAPAS ASFÁLTICAS Y DE LAS SUBYACENTES |
| 239 | 466.1 | m | SELLO DE GRIETAS EN PAVIMENTO ASFÁLTICO SIN RUTEO |
| 240 | 466.2 | m | SELLO DE GRIETAS EN PAVIMENTO ASFÁLTICO CON RUTEO |
| 241 | 467.1 | m3 | MEZCLA ASFÁLTICA CON ASFALTO MODIFICADO CON GCR (M-GCR-25) |

| | | | |
|---|---|---|---|
| 242 | 467.2 | m3 | MEZCLA ASFÁLTICA CON ASFALTO MODIFICADO CON GCR (M-GCR-19) |
| 243 | 467.3 | m3 | MEZCLA ASFÁLTICA CON ASFALTO MODIFICADO CON GCR (M-GCR-12) |
| 244 | 500.1.1 | m3 | PAVIMENTO DE CONCRETO HIDRÁULICO (Analizado para un tránsito NT3) |
| 245 | 500.1.2 | m3 | PAVIMENTO DE CONCRETO HIDRÁULICO (Analizado para un tránsito NT2) |
| 246 | 500.2 | m3 | PAVIMENTO DE CONCRETO HIDRÁULICO DE FRAGUADO RÁPIDO (FAST TRACK) |
| 247 | 501.1 | kg | CEMENTO PORTLAND, NORMA ASTM C150, TIPO ___ (Analizado para cemento hidraúlico TIPO I) |
| 248 | 501.10 | kg | CEMENTO HIDRÁULICO ADICIONADO, NORMA ASTM C595, TIPO ___ (Analizado para cemento hidraúlico TIPO IP) |
| 249 | 501.20 | kg | CEMENTO HIDRÁULICO ESPECIFICADO POR DESEMPEÑO, NORMA NTC 121, TIPO __ (Analizado para cemento hidraúlico TIPO UG) |
| 250 | 505.1 | m3 | BASE DE CONCRETO HIDRAULICO (Analizado para un tránsito NT2) |
| 251 | 510.1 | m2 | PAVIMENTO DE ADOQUINES DE CONCRETO |
| 252 | 600.1.1 | m3 | EXCAVACIONES VARIAS SIN CLASIFICAR |
| 253 | 600.2.1 | m3 | EXCAVACIONES VARIAS EN ROCA EN SECO |
| 254 | 600.2.2 | m3 | EXCAVACIONES VARIAS EN ROCA BAJO AGUA |
| 255 | 600.2.3 | m3 | EXCAVACIONES VARIAS EN MATERIAL COMUN EN SECO |
| 256 | 600.2.4 | m3 | EXCAVACIONES VARIAS EN MATERIAL COMÚN BAJO AGUA |
| 257 | 610.1 | m3 | RELLENOS PARA ESTRUCTURAS CON SUELO (analizado sin preparacion de la superficie base del relleno) |
| 258 | 610.2 | m3 | RELLENOS PARA ESTRUCTURAS CON RECEBO (Analizado sin preparacion de superficie base del relleno) |
| 259 | 610.3 | m3 | RELLENOS PARA ESTRUCTURA CON MATERIAL GRANULAR TIPO SBG-50 (Analizado sin preparación de la superficie base del relleno) |

| | | | |
|---|---|---|---|
| 260 | 610.4 | m3 | RELLENOS PARA ESTRUCTURAS CON MATERIAL GRANULAR TIPO SBG-38<br>(Analizado sin preparación de la superficie base del relleno) |
| 261 | 610.5 | m3 | RELLENOS PARA ESTRUCTURAS CON MATERIAL GRANULAR TIPO SBG-20<br>(Analizado sin preparación de la superficie base del relleno) |
| 262 | 610.6 | m3 | RELLENOS PARA ESTRUCTURAS CON MATERIAL GRANULAR TIPO BG 38<br>(Analizado sin preparación de la superficie base del relleno) |
| 263 | 610.7 | m3 | RELLENOS PARA ESTRUCTURAS CON MATERIAL GRANULAR TIPO BG 25<br>(Analizado sin preparación de la superficie base del relleno) |
| 264 | 610.8 | m3 | RELLENOS CON MATERIAL FILTRANTE<br>(Analizado sin preparación de la superficie base del relleno) |
| 265 | 610.9 | m3 | RELLENOS CON GRAVILLA<br>(Analizado sin preparación de la superficie base del relleno) |
| 266 | 610.10 | m3 | RELLENOS CON ARENA<br>(Analizado sin preparación de la superficie base del relleno) |
| 267 | 611.1.1 | m3 | CONCRETO CELULAR PARA RELLENO ____ DENSIDAD _____kg/m3, RESISTENCIA ____MPa<br>(Analizado para concreto celular para relleno clase I, Densidad 385 kg/m3, Resistencia 0,07 Mpa) |
| 268 | 611.1.2 | m3 | CONCRETO CELULAR PARA RELLENO ____ DENSIDAD _____kg/m3, RESISTENCIA ____MPa<br>(Analizado para concreto celular para relleno clase II, Densidad 480 kg/m3, Resistencia 0,28 Mpa) |
| 269 | 611.1.3 | m3 | CONCRETO CELULAR PARA RELLENO ____ DENSIDAD _____kg/m3, RESISTENCIA ____MPa<br>(Analizado para concreto celular para relleno clase III, Densidad 575 kg/m3, Resistencia 0,55 Mpa) |
| 270 | 611.1.4 | m3 | CONCRETO CELULAR PARA RELLENO ____ DENSIDAD _____kg/m3, RESISTENCIA ____MPa<br>(Analizado para concreto celular para relleno clase IV, Densidad 670 kg/m3, Resistencia 0,83 Mpa) |
| 271 | 620.1 | m | PILOTES PREFABRICADOS DE CONCRETO, DE SECCION _____ |

| | | | |
|---|---|---|---|
| | | | (Analizado para pilote prefabricado concreto 28 Mpa sección circular Diam. Ext. = 0,40 m) |
| 272 | 620.2 | m | EXTENSIÓN DE PILOTES DE SECCION_____ (Analizado para pilote INSITU tipo seccion circular Diam. = 0,40 m) |
| 273 | 620.3 | u | PRUEBA DE CARGA TIPO _____ |
| 274 | 621.1.1 | m | PILOTE DE CONCRETO VACIADO IN SITU DE DIÁMETRO_____ (analizado para pilote de concreto 28 Mpa IN SITU seccion circular diametro 1 m ) |
| 275 | 621.1.2 | m | PILOTE DE CONCRETO VACIADO IN SITU, DE DIÁMETRO _____ (Analizado para pilote de concreto 28 Mpa IN SITU seccion circular diametro 1,2 m ) |
| 276 | 621.2 | m3 | BASE ACAMPANADA |
| 277 | 621.3 | m | PERFORACION DE PRUEBA PARA PILOTE, DE DIÁMETRO _____ |
| 278 | 621.4 | m3 | PERFORACION DE PRUEBA PARA BASE ACAMPANADA |
| 279 | 621.5 | m | CAMISA PERMANENTE DE DIÁMETRO EXTERIOR _____ (Analizado para una camisa metálica de diam. ext. = 1,0 m) |
| 280 | 621.5P | m | CAMISA PERMANENTE DE DIÁMETRO EXTERIOR _____ (Analizado para una camisa en concreto de diam. ext. = 1,50 m) |
| 281 | 621.6 | u | PRUEBA DE CARGA TIPO _____ (Analizado para PRUEBA TIPO ESTATICA BIDIRECCIONAL (axial - lateral)) |
| 282 | 621.7 | u | PRUEBA DE INTEGRIDAD TIPO ____ (Analizado para prueba tipo de baja deformacion por impacto) |
| 283 | 621.8 | m3 | DESCABECE DE PILOTES (Analizado para un pilote de diametro exterior = 1 m) |
| 284 | 622.1 | m2 | TABLESTACADO DE MADERA |
| 285 | 622.2 | m2 | TABLESTACADO METÁLICO |
| 286 | 622.3 | m2 | TABLESTACADO DE CONCRETO REFORZADO |
| 287 | 622.4 | m2 | TABLESTACADO DE CONCRETO PREESFORZADO |

| | | | |
|---|---|---|---|
| 288 | 622.5 | m | CORTE DEL EXTREMO SUPERIOR DEL ELEMENTO |
| 289 | 623.1 | m | ANCLAJE TIPO _____ (ROCA) |
| 290 | 623.2 | u | PRUEBA DE CARGA |
| 291 | 630.1.1 | m3 | TIPO DE CONCRETO_____<br>(Analizado para concreto pretensado, postensado o reforzado, con<br>resistencia 35 Mpa, compra de mezcla) |
| 292 | 630.1.2 | m3 | TIPO DE CONCRETO _____<br>(Analizado concreto pretensado, postensado o reforzado, con<br>resistencia resitencia 32 Mpa, compra de mezcla) |
| 293 | 630.1.3.1 | m3 | TIPO DE CONCRETO_____<br>(Analizado para concreto pretensado, postensado o reforzado, con<br>resistencia resistencia 28 Mpa, mezcla in situ) |
| 294 | 630.1.3.2 | m3 | TIPO DE CONCRETO_____<br>(Analizado para concreto reforzado resistencia 28 Mpa, compra de mezcla) |
| 295 | 630.1.4.1 | m3 | TIPO DE CONCRETO<br>(Analizado para concreto reforzado resistencia 21 Mpa, mezcla in situ) |
| 296 | 630.1.4.2 | m3 | TIPO DE CONCRETO_____<br>(Analizado para concreto reforzado de resistencia 21 Mpa, compra de mezcla) |
| 297 | 630.1.5.1 | m3 | TIPO DE CONCRETO_____<br>(Analizado para concreto simple con resistencia 17 Mpa, mezcla in situ) |
| 298 | 630.1.6 | m3 | TIPO DE CONCRETO_____<br>(Analizado para concreto liviano resistencia 14 Mpa, mezcla in situ) |
| 299 | 630.1.7 | m3 | TIPO DE CONCRETO_____<br>(Analizado para concreto ciclopeo con resistencia 17 Mpa) |
| 300 | 632.1.1 | m | BARANDA DE CONCRETO<br>(Analizado para baranda de concreto de resistencia 21mpa (d) sin incluir acero de refuerzo) |
| 301 | 632.1.2 | m | BARANDA DE CONCRETO<br>(Analizado para baranda de concreto de resistencia 28 mpa sin incluir acero de refuerzo) |
| 302 | 640.1 | kg | ACERO DE REFUERZO fy = _____ MPa<br>(Analizado para acero de refuerzo de Fy 4200 Mpa) |

| | | | |
|---|---|---|---|
| 303 | 640.2 | kg | MALLA DE REFUERZO fy = ____ MPa<br>(Analizado para malla de refuerzo Fy = 420 Mpa) |
| 304 | 641.1 | tf-m | ACERO DE PREESFUERZO |
| 305 | 642.1 | u | APOYO ELASTOMÉRICO<br>(Analizado para apoyo elastomerico reforzado dureza 60) |
| 306 | 642.2.1 | m | SELLO PARA JUNTAS DE PUENTES<br>(analizado paara sello PVC CINTA) |
| 307 | 642.2.2 | m | SELLO PARA JUNTAS DE PUENTES<br>(analizado para sello de compresion) |
| 308 | 650.2 | kg | FABRICACIÓN DE LA ESTRUCTURA METÁLICA |
| 309 | 650.3 | kg | TRANSPORTE DE ESTRUCTURA METÁLICA |
| 310 | 650.4 | kg | MONTAJE Y PINTURA DE ESTRUCTURA METÁLICA |
| 311 | 660.1.1 | m | TUBERÍA DE CONCRETO SIMPLE CLASE _____ DE _____ MM DE DIAMETRO INTERIOR<br>(Analizado para tubería concreto simple clase II de 450mm de diámetro interior) |
| 312 | 660.1.2 | m | TUBERÍA DE CONCRETO SIMPLE CLASE _____ DE _____ MM DE DIAMETRO INTERIOR<br>(Analizado para tubería concreto simple clase II de 500mm de diámetro interior)) |
| 313 | 660.1.3 | m | TUBERÍA DE CONCRETO SIMPLE CLASE _____ DE _____ MM DE DIAMETRO INTERIOR<br>(Analizado para tubería concreto simple clase III de 500mm de diámetro interior) |
| 314 | 660.1.4 | m | TUBERÍA DE CONCRETO SIMPLE CLASE _____ DE _____ MM DE DIAMETRO INTERIOR<br>(Analizado para tubería concreto simple clase III de 600mm de diámetro interior) |
| 315 | 661.1.1 | m | TUBERÍA DE CONCRETO REFORZADO CLASE _____ DE _____ MM DE DIAMETRO INTERIOR<br>(Analizado para TCR, clase II de 600mm de diámetro interior) |
| 316 | 661.1.2 | m | TUBERÍA DE CONCRETO REFORZADO, CLASE ___ DE ___ MM DE DIÁMETRO INTERIOR.<br>(Analizado para TCR clase II de 900 mm de Diam. int.) |
| 317 | 661.1.3 | m | TUBERÍA DE CONCRETO REFORZADO CLASE _____ DE _____ MM DE DIAMETRO INTERIOR<br>(Analizado para TRC, clase III de 900mm de diámetro interior) |

| | | | |
|---|---|---|---|
| 318 | 662.1 | m | TUBERÍA CORRUGADA DE ACERO GALVANIZADO, DE LÁMINA CALIBRE _____ Y DIÁMETRO NOMINAL _____ (mm)<br>(Analizado para tubería corrugada de acero galvanizado lámina calibre 12 y diámetro 600mm) |
| 319 | 662.2 | m | TUBERÍA CORRUGADA DE ACERO CON RECUBRIMIENTO ASFÁLTICO (BITUMINOSO), DE LÁMINA CALIBRE ____ Y DIÁMETRO NOMINAL_____ (mm)<br>(Analizado para tubería corrugada de acero con recubrimiento bituminoso, de lámina calibre 12 y diámetro 600mm) |
| 320 | 663.1 | m | TUBERÍA DE PLÁSTICO TIPO ____, NORMA___, DE DIÁMETRO INTERNO___ mm<br>(Analizado para tubería de plastico tipo pvc norma ntc-5055 de diámetro interno 900 mm) |
| 321 | 670.1 | m3 | DISIPADORES DE ENERGÍA Y SEDIMENTADORES EN GAVIONES DE ALAMBRE DE ACERO ENTRELAZADO CLASE 1: RECUBRIMIENTO DE ZINC (GALVANIZADO) |
| 322 | 670.2 | m3 | DISIPADORES DE ENERGÍA Y SEDIMENTADORES EN GAVIONES DE ALAMBRE DE ACERO ENTRELAZADO CLASE 2: RECUBRIMIENTO DE ALEACION ZN-5A1-MM |
| 323 | 670.3 | m3 | DISIPADORES DE ENERGÍA Y SEDIMENTADORES EN GAVIONES DE ALAMBRE DE ACERO ENTRELAZADO CLASE 3: RECUBRIMIENTO DE ZINC (GALVANIZADO) Y PVC |
| 324 | 670.5 | m3 | DISIPADORES DE ENERGIA Y SEDIMENTADORES DE CONCRETO CICLOPEO |
| 325 | 670.5P | m3 | DISIPADORES DE ENERGIA Y SEDIMENTADORES DE CONCRETO 17 Mpa |
| 326 | 671.1 | m3 | CUNETA DE CONCRETO VACIADA IN SITU; NO INCLUYE LA CONFORMACION DE LA SUPERFICIE DE APOYO |
| 327 | 671.2 | m | CUNETA DE PIEZAS PREFABRICADAS DE CONCRETO; NO INCLUYE LA CONFORMACIÓN DE LA SUPERFICIE DE APOYO |
| 328 | 671.3 | m3 | CUNETA DE CONCRETO VACIADA IN SITU; INCLUYE LA CONFORMACIÓN DE LA SUPERFICIE DE APOYO |
| 329 | 671.4 | m | CUNETA DE PIEZAS PREFABRICADAS DE CONCRETO; INCLUYE LA CONFORMACIÓN DE LA SUPERFICIE DE APOYO |
| 330 | 672.1 | m | BORDILLO DE CONCRETO VACIADO IN SITU; NO INCLUYE LA PREPARACION DE LA SUPERFICIE DE APOYO |

| | | | |
|---|---|---|---|
| 331 | 672.2 | m | BORDILLO DE PIEZA PREFABRICADA DE CONCRETO; NO INCLUYE LA PREPARACION DE LA SUPERFICIE DE APOYO.<br>(Analizado para bordillos prefabricados en concreto dimensiones 0,20 x 0,35 x 0,80 m) |
| 332 | 672.3 | m | BORDILLO EN CONCRETO VACIADO IN SITU; INCLUYE LA PREPARACION DE LA SUPERFICIE DE APOYO |
| 333 | 672.4 | m | BORDILLO DE PIEZAS PREFABRICADAS DE CONCRETO; INCLUYE LA PREPARACION DE LA SUPERFICIE DE APOYO<br>(Analizado para bordillos prefabricados en concreto dimensiones 0,20 x 0,35 x 0,80) |
| 334 | 673.1.1 | m2 | GEOTEXTIL TIPO _____<br>(Analizado para geotextil tipo no tejido con resistencia a la tensión grab mínima de 700 n ) |
| 335 | 673.1.2 | m2 | GEOTEXTIL TIPO _____<br>(Analizado para geotextil tipo tejido con resistencia a la tensión grab mínima de 1400 N ) |
| 336 | 673.2 | m3 | MATERIAL GRANULAR DRENANTE |
| 337 | 673.3.1 | m3 | MATERIAL DE COBERTURA TIPO _____<br>(Analizada para material cobertura tipo sub- base clase c sbg-50) |
| 338 | 673.3.2 | m3 | MATERIAL DE COBERTURA TIPO _____<br>(Analizada para material de cobertura tipo sub- base clase c sbg-38) |
| 339 | 673.3.3 | m3 | MATERIAL DE COBERTURA TIPO _____<br>(Analizada para material de cobertura tipo sub- base clase c sbg-20) |
| 340 | 674.1 | m | DREN HORIZONTAL DE LONGITUD MENOR O IGUAL A VEINTE METROS (20 m) |
| 341 | 674.2 | m | DREN HORIZONTAL DE LONGITUD MAYOR A VEINTE (20) METROS |
| 342 | 680.1 | m2 | PANELES DE CONCRETO |
| 343 | 680.2 | m | ARMADURA GALVANIZADA |
| 344 | 680.3 | m3 | RELLENO GRANULAR PARA TIERRA MECANICAMENTE ESTABILIZADA CON PÁNELES DE CONCRETO |
| 345 | 681.1 | m3 | GAVIONES O COLCHOGAVIONES DE MALLA DE ALAMBRE DE ACERO ENTRELAZADO ESTILO 1: RECUBRIMIENTO DE ZINC (GALVANIZADO)<br>(analizado para gavion de vol 2m3 (2 modulo de celda de 1 mt x 1mt x 1mt)) |

| | | | |
|---|---|---|---|
| 346 | 681.2 | m3 | GAVIONES O COLCHOGAVIONES DE MALLA DE ALAMBRE DE ACERO ENTRELAZADO ESTILO 2: RECUBRIMIENTO DE ALEACIÓN Zn-5A1-MM (analizado para gavion de vol 2m3 (2 modulo de celda de 1 mt x 1mt x 1mt)) |
| 347 | 681.3 | m3 | GAVIONES O COLCHOGAVIONES DE MALLA DE ALAMBRE ACERO ENTRELAZADO ESTILO 3: RECUBRIMIENTO DE ZINC (GALVANIZADO) Y PVC (analizado para gavion de vol 2m3 (2 modulo de celda de 1 mt x 1mt x 1mt)) |
| 348 | 681.4 | m3 | GAVIONES O COLCHOGAVIONES DE MALLA DE ALAMBRE DE ACERO ENTRELAZADO ESTILO 4: RECUBRIMIENTO DE ALUMINIO (aluminizado) (analizado para gavion de vol 2m3 (2 modulo de celda de 1 mt x 1mt x 1mt)) |
| 349 | 681.5 | m3 | GAVIÓNES O COLCHOGAVIONES DE MALLA DE ALAMBRE DE ACERO ENTRELAZADO ESTILO 5: RECUBRIMIENTO DE ALEACIÓN Zn-5A1-MM Y PVC (analizado para gavion de vol 2m3 (2 modulo de celda de 1 mt x 1mt x 1mt)) |
| 350 | 683.1 | m2 | GEOTEXTIL DE REFUERZO TIPO_____PARA MUROS DE TIERRA ESTABILIZADA MECANICAMENTE CON GEOSINTETICOS (analizado para geotextil tipo tejido resistencia 1400 N (MD) Y 1500 N (TD)) |
| 351 | 683.2 | m2 | GEOMALLA DE REFUERZO TIPO_____ PARA MUROS DE TIERRA ESTABILIZADA MECANICAMENTE CON GEOSINTETICOS (analizado para geomalla tipo uniaxial T 115) |
| 352 | 683.3 | m2 | GEOTEXTIL DE FACHADA TIPO_____ PARA MUROS DE TIERRA ESTABILIZADA MECANICAMENTE CON GEOSINTETICOS (analizado para geotextil de fachada tipo tejido MD1400 - TD1500N) |
| 353 | 683.4 | m2 | GEOMALLA DE FACHADA TIPO_____ PARA MUROS DE TIERRA ESTABILIZADA MECANICAMENTE CON GEOSINTETICOS (analizado para geomalla de fachada tipo uniaxial de poliester T 115kN/m) |
| 354 | 683.5 | m3 | RELLENO TIPO_____ PARA MUROS DE TIERRA ESTABILIZADA MECANICAMENTE CON GEOSINTETICOS (analizado para relleno tipo material seleccionado) |

| | | | |
|---|---|---|---|
| 355 | 683.6 | m3 | MURO DE TIERRA ESTABILIZADA MECANICAMENTE CON GEOSINTETICO TIPO_____ Y RELLENO TIPO _____<br>(Analizado para geotextil tipo tejido Resistencia 1400 N (MD) Y 1500 N (TD) ) y relleno tipo material seleccionado) |
| 356 | 685.8.1 | m2 | BOLSAS GIGANTES DE GEOTEXTIL. (BGG)<br>(Analizado para una superficie de 1m2, considerando dimensiones de la BGG en 4,25 m x 2,28 m x 1,45 m de capacidad máxima de 14 m3 -<br>incluye hilo de alta tenacidad para sellado) |
| 357 | 685.8.2.1 | m3 | Material de relleno, cargue, transporte,e instalación de BGG<br>(Analizado para Instalación 1: Con formaleta fija) |
| 358 | 685.8.2.2 | m3 | MATERIAL DE RELLENO, CARGUE, TRANSPORTE E INSTALACION DE BGG<br>(Analizado para Instalación 2: Lanzado) |
| 359 | 686.1 | m2 | PANELES DE CONCRETO (INCLUYE CONEXIONES ENTRE PANELES)<br>(Analizado para obras de excavaciones) |
| 360 | 686.2 | u | CLAVO, LONGITUD _____<br>(Analizado para un clavo de longitud 3,0 m; con resistencia a la tensión min. de 170 kN) |
| 361 | 690.1.1 | m2 | IMPERMEABILIZACIÓN DE ESTRUCTURAS LIQUIDO/MEMBRANA/LAMINA<br>(Analizado para Impermeabilizante líquido acrílico y/o poliuretano para concreto) |
| 362 | 690.1.2 | m2 | IMPERMEABILIZACIÓN DE ESTRUCTURAS EN LÁMINAS<br>(Analizado para láminas impermeabilizantes de concreto con película asfáltica y polímeros de polipropileno) |
| 363 | 690.1.3 | m2 | IMPERMEABILIZACIÓN DE ESTRUCTURAS EN MEMBRANA<br>(Analizado para Impermeabilización con membrana para concreto) |
| 364 | 700.1 | m | LÍNEA DE DEMARCACIÓN CON PINTURA EN FRÍO |
| 365 | 700.2 | m | LÍNEA DE DEMARCACIÓN CON RESINA TERMOPLÁSTICA |
| 366 | 700.3 | m2 | MARCA VIAL CON PINTURA EN FRÍO |
| 367 | 700.4 | m2 | MARCA VIAL CON RESINA TERMOPLÁSTICA |
| 368 | 701.1.1 | u | TACHA REFLECTIVA TIPO _____<br>(Analizado para tacha tipo a con adhesivo bituminoso y/o termoplástico) |

| | | | |
|---|---|---|---|
| 369 | 701.1.2 | u | TACHA REFLECTIVA TIPO _____<br>(Analizado para tacha reflectivo tipo a con adhesivo epóxico) |
| 370 | 702.1.1 | u | TACHA REFLECTIVA CON ESPIGO TIPO _____<br>(Analizado con espigo tipo A retrorreflectiva bidireccional de un (1) solo color) |
| 371 | 703.1.1 | u | TACHA ELECTRÓNICA SOLAR MONOCROMÁTICA AUTÓNOMA<br>(Analizado Para Tacha Electrónicas Solares Led Monocromaticas Autonomas Unidireccional) |
| 372 | 703.1.2 | u | TACHA ELECTRÓNICA SOLAR MONOCROMÁTICA AUTÓNOMA<br>(Analizado para tacha bidireccional) |
| 373 | 703.1.3 | u | TACHA ELECTRÓNICA SOLAR MONOCROMÁTICA AUTÓNOMA<br>(Analizado para tacha bidireccional de 2 colores) |
| 374 | 703.2.1 | u | TACHA ELECTRÓNICA SOLAR MONOCROMÁTICA SINCRONIZABLE<br>(Analizado para tacha unidireccional) |
| 375 | 703.2.2 | u | TACHA ELECTRÓNICA SOLAR MONOCROMÁTICA SINCRONIZABLE<br>(Analizado para tacha bidireccional) |
| 376 | 703.2.3 | u | TACHA ELECTRÓNICA SOLAR MONOCROMÁTICA SINCRONIZABLE<br>(Analizado para tacha bidireccional de 2 colores) |
| 377 | 703.3 | u | TACHA ELECTRÓNICA SOLAR MULTICOLOR SINCRONIZABLE CON SEMÁFORO |
| 378 | 703.4 | u | TACHA ELECTRÓNICA SOLAR MULTICOLOR SINCRONIZABLE CON RADAR DE VELOCIDAD |
| 379 | 703.5 | u | TACHA ELECTRÓNICA SOLAR MULTICOLOR SINCRONIZABLE CON RADAR DE VELOCIDAD, CONTADOR Y CLASIFICADOR VEHICULAR |
| 380 | 710.1.1 | u | SEÑAL VERTICAL DE TRANSITO TIPO _____ DIIMENSIONES _____ CON LAMINA RETRORREFLECTIVA TIPO_____<br>(Analizado para señal tipo sr, sp y/o si, dimension 75x75 cm en lámina galvanizada con lamina retrorreflectiva tipo IV) |
| 381 | 710.1.2 | u | SEÑAL VERTICAL DE TRANSITO TIPO _____ DIMENSIONES _____ CON LAMINA RETRORREFLECTIVA TIPO_____<br>(Analizado para señal tipo sr, sp y/o si, dimension 90x90 cm en lámina galvanizada con lámina retrorreflectiva tipo IV) |

| | | | |
|---|---|---|---|
| 382 | 710.1.3 | u | SEÑAL VERTICAL DE TRANSITO TIPO _____ DIMENSIONES _____ CON LAMINA RETRORREFLECTIVA TIPO_____ (Analizado para señal tipo si-04 (postes de referencia), dimencion (1,25m x 0,45m) en lamina galvanizada retrorreflectiva tipo IV) |
| 383 | 710.1.4 | u | SEÑAL VERTICAL DE TRANSITO TIPO _____ DIMENSIONES _____ CON LAMINA RETRORREFLECTIVA TIPO_____ (Analizado para señal tipo sp-54 dimensión (1,70m x 0,25m) en lámina galvanizada retrorreflectiva tipo iv) |
| 384 | 710.1.5 | u | SEÑAL VERTICAL DE TRANSITO TIPO _____ DIMENSIONES _____ CON LAMINA RETRORREFLECTIVA TIPO_____ (Analizado para señal tipo sp -75 dimensión (75x60cm) en lámina galvanizada reflectivo tipo IV) |
| 385 | 710.2.1 | m2 | SEÑAL VERTICAL DE TRANSITO TIPO _____ CON LAMINA RETRORREFLECTIVA TIPO_____ (Analizado para señal tipo si elevada (si-05 y/o si-06) en lámina galvanizada y retrorreflectiva tipo iv) |
| 386 | 710.2.2 | m2 | SEÑAL VERTICAL DE TRANSITO TIPO _____ CON LAMINA RETRORREFLECTIVA TIPO_____ (Analizado para señal tipo (si-05 y/o si-06) en làmina galvanizada calibre 20 y retroreflectiva tipo IV) |
| 387 | 710.2.3 | m2 | SEÑAL VERTICAL DE TRANSITO TIPO _____ MATERIAL_____ CON LAMINA RETRORREFLECTIVA TIPO_____ (Analizado para señal tipo si turística (rectangular o en forma de flecha) en lamina galvanizada y retrorreflectiva tipo IV) |
| 388 | 730.1 | m | DEFENSA METÁLICA |
| 389 | 730.2 | u | TERMINAL DE BARRERA EN FORMA DE U (Analizado para seccion final) |
| 390 | 730.3 | m | TERMINAL DE BARRERA ABATIDA Y EMPOTRADA |
| 391 | 730.4 | m | TERMINAL DE BARRERA EMPOTRADA EN TALUD |
| 392 | 731.1 | m | DEFENSA DE CONCRETO FUNDIDA INSITU |
| 393 | 731.2 | m | DEFENSA DE CONCRETO PREFABRICADA |
| 394 | 732.1 | m | DEFENSA METÁLICA CON RODILLOS |
| 395 | 740.1 | u | CAPTAFARO (analizado para CAPTAFARO para barreras de contención de vehículos metálicas) |

| | | | |
|---|---|---|---|
| 396 | 741.1.1 | u | DELINEADOR DE CORONA EN FORMA _____ MATERIAL_____ (analizado para DELINEADOR DE CORONA forma de A en lamina galvanizada cal. 16) |
| 397 | 741.1.2 | u | DELINEADOR DE CORONA EN FORMA _____ MATERIAL_____ (analizado para Delineador de corona forma circular en lámina galvanizada cal. 16) |
| 398 | 800.1 | m | CERCA DE ALAMBRE DE PÚAS CON POSTES DE MADERA |
| 399 | 800.2 | m | CERCA DE ALAMBRE DE PÚAS CON POSTES DE CONCRETO |
| 400 | 800.3 | m | CERCA DE MALLA CON POSTES DE MADERA |
| 401 | 800.4 | m | CERCA DE MALLA CON POSTES DE CONCRETO |
| 402 | 801.1 | m | CERCA DE ALAMBRE DE PÚAS CON POSTES DE PLÁSTICO RECICLADO PE (PEAD, PEBD), PP Y PVC |
| 403 | 802.1 | u | PODA DE LA PARTE AEREA DE ARBOLES TIPO I |
| 404 | 802.2 | u | PODA DE LA PARTE AÉREA DE ARBOLES TIPO II |
| 405 | 802.3 | u | PODA DE LA PARTE AÉREA DE ARBOLES TIPO III |
| 406 | 802.4 | u | PODA DE LA PARTE AEREA DE ARBOLES TIPO IV |
| 407 | 802.5 | u | PODA DE LA PARTE RADICULAR DE ARBOLES TIPO I |
| 408 | 802.6 | u | PODA DE LA PARTE RADICULAR DE ARBOLES TIPO II |
| 409 | 802.7 | u | PODA DE LA PARTE RADICULAR DE ARBOLES TIPO III |
| 410 | 802.8 | u | PODA DE LA PARTE RADICULAR DE ARBOLES TIPO IV |
| 411 | 810.1 | m2 | PROTECCIÓN DE TALUDES CON BLOQUES DE CÉSPED |
| 412 | 810.2 | m2 | PROTECCIÓN DE TALUDES CON TIERRA ORGÁNICA |
| 413 | 810.3 | m2 | PROTECCIÓN DE TALUDES CON HIDROSIEMBRA CONTROLADA |
| 414 | 811.1.1 | m2 | PROTECCIÓN DE TALUDES CON PRODUCTO ENROLLADO PARA CONTROL DE EROSIÓN DE TIPO_____ (Analizado para manto permanente para refuerzo de la vegetación (TRM)) |
| 415 | 811.1.2 | m2 | PROTECCION DE TALUDES CON PRODUCTO ENROLLADO PARA CONTROL DE EROSION DE TIPO _____ (Analizado para Manto temporal para control de erosión (MCE)) |

| | | | |
|---|---|---|---|
| 416 | 812.1 | m3 | MORTERO F'M = 12,4 MPa DE e = _____cm, PARA RECUBRIMIENTO DE TALUDES CON MALLA ELECTROSOLDADA Y MORTERO |
| 417 | 812.2 | kg | MALLA ELECTROSOLDADA PARA RECUBRIMIENTO DE TALUDES Y MORTERO<br>(analizado para malla electrosoldada de 5/16) |
| 418 | 812.3 | kg | MALLA DE ACERO CON RECUBRIMIENTO METÁLICO PARA GAVIONES PARA RECUBRIMIENTO DE TALUDES Y MORTERO |
| 419 | 812.4 | kg | MALLA DE GALLINERO PARA RECUBRIMIENTO DE TALUDES Y MORTERO |
| 420 | 820.1.1 | u | PLANTACIÓN DE ÁRBOLES - TIPO PAISAJÍSTICO<br>(No incluye mantenimiento) |
| 421 | 820.1.2 | ha | PLANTACIÓN DE ÁRBOLES - REFORESTACIÓN PROTECTORA DENSIDAD 1100<br>(No incluye mantenimiento) |
| 422 | 820.1.3 | u | MANTENIMIENTO A PLANTACIÓN DE ÁRBOLES - TIPO PAISAJÍSTICO |
| 423 | 820.1.4 | Un. / ha | MANTENIMIENTO A PLANTACIÓN DE ÁRBOLES - REFORESTACIÓN PROTECTORA DENSIDAD 1100 |
| 424 | 840.1 | m | CONSTRUCCIÓN FILTRO VIVO TIPO 1 O PRINCIPAL |
| 425 | 840.2 | m | CONSTRUCCIÓN FILTRO VIVO TIPO 2 O SECUNDARIO |
| 426 | 840.3 | m | TRINCHOS VIVOS |
| 427 | 840.4 | m | ZANJA DE DRENAJE |
| 428 | 840.5 | m | GUSANILLO O MONTÍCULO |
| 429 | 840.6 | m | TAPONAMIENTO DE GRIETAS |
| 430 | 840.7 | u | REVEGETALIZACIÓN MULTIESTRATO CON ESPECIES ARBÓREAS Y ARBUSTIVAS SEMBRADAS |
| 431 | 840.8 | m2 | REVEGETALIZACIÓN MULTIESTRATO CON ESPECIES RASTRERAS |
| 432 | 850.1 | m | SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE BIORROLLO Ø = 18 CM REVEGETADO O SIMILAR, PARA CONTROL DE EROSIÓN Y DISMINUCIÓN DE ENERGÍA DEL FLUJO EN ÁREAS DE ESCORRENTÍA |
| 433 | 850.2 | m | SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE BIOBARRERAS DE AMORTIGUAMIENTO O SIMILAR CON FINES DE CONTROL DE EROSIÓN, SEDIMENTACIÓN, FILTRADO DEL FLUJO DE ESCORRENTIA Y REMEDIACIÓN |

| | | | |
|---|---|---|---|
| 434 | 850.3 | m2 | SISTEMA PARA PROTECCIÓN, REVEGETAR, CONTROL DE EROSIÓN Y ESTABILIZACIÓN SUPERFICIAL DE TALUDES Y LADERAS CON GEOBIOMALLA |
| 435 | 850.4 | m2 | SUMINISTRO E INSTALACIÓN SISTEMA DE GEOBIOESTABILIZACIÓN COMBINADO PARA CONTROL DE EROSIÓN, REVEGETALIZAR Y ESTABILIZACIÓN DE TALUDES. INCLUYE GEOBIOMALLA O SIMILAR Y GEOMALLA BIAXIAL 50KN/M, ANCLADA Y ARRIOSTRADA |
| 436 | 850.15 | m2 | MANTENIMIENTO Y RIEGOS ADICIONALES PARA PROTECCIÓN VEGETAL |
| 437 | 850.16 | u | ANCLAJE SUPERFICIAL TIPO GUAYA HINCADOS POR PERCUSIÓN |
| 438 | 900.1 | m3 - E | TRANSPORTE DE MATERIALES PROVENIENTES DE LA EXCAVACION DE LA EXPLANACION, CANALES Y PRESTAMOS, ENTRE CIEN METROS (100 m) Y MIL METROS (1000 m) DE DISTANCIA<br>(Analizado para volqueta de 6 m3) |
| 439 | 900.2.1 | m3 - Km | TRANSPORTE DE MATERIALES PROVENIENTES DE LA EXCAVACIÓN DE LA EXPLANACIÓN, CANALES Y PRÉSTAMOS PARA DISTANCIAS MAYORES DE MIL METROS (1.000 m) MEDIDOS A PARTIR DE CIEN METROS (100 m)<br>(Analizado para volqueta de 6 m3) |
| 440 | 900.2.2 | m3 - km | TRANSPORTE DE MATERIALES PROVENIENTES DE LA EXCAVACIÓN DE LA EXPLANACIÓN, CANALES Y PRÉSTAMOS PARA DISTANCIAS MAYORES DE MIL METROS (1.000 m) MEDIDOS A PARTIR DE CIEN METROS (100 m)<br>(Analizado para volqueta de 14 m3) |
| 441 | 900.2.3 | m3 - km | TRANSPORTE DE MATERIALES PROVENIENTES DE LA EXCAVACIÓN DE LA EXPLANACIÓN, CANALES Y PRÉSTAMOS PARA DISTANCIAS MAYORES DE MIL METROS (1.000 m) MEDIDOS A PARTIR DE CIEN METROS (100 m)<br>(Analizado por precio de mercado para m3 - Km) |
| 442 | 900.3.1 | m3 - Km | TRANSPORTE DE MATERIALES PROVENIENTES DE DERRUMBES, MEDIDO A PARTIR DE CIEN METROS (100 m)<br>(Analizado con volqueta de 6m3) |
| 443 | 900.3.2 | m3 - km | TRANSPORTE DE MATERIALES PROVENIENTES DE DERRUMBES, MEDIDO A PARTIR DE CIEN METROS (100 m)<br>(Analizado para volqueta de 14 m3) |

| | | | |
|---|---|---|---|
| 444 | 900.3.3 | m3 - km | TRANSPORTE DE MATERIALES PROVENIENTES DE DERRUMBES, MEDIDO A PARTIR DE CIEN METROS (100 m)<br>(Analizado por precio de mercado para m3 - Km) |

# ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS CORRESPONDIENTES FORMATO MEPI-MN1-IN-10-FR-1 ANÁLISIS PRECIOS UNITARIOS.

| INSTITUTO NACIONAL DE VIAS<br>PROCESO GESTIÓN DE LA INFRAESTRUCTURA VIAL<br>MANUAL DE INTERVENTORÍA OBRA PÚBLICA<br>ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS | CÓDIGO | MINFRA-MN-IN-10-FR-1 | | |
|---|---|---|---|---|
| | VERSIÓN | 1 | | |
| | PÁGINA | | DE | |

| | | | |
|---|---|---|---|
| FECHA | 2 (Día) | 8 (Mes) | 2024 (Año) |

**ITEMS DE LA PROPUESTA ECONÓMICA** **ITEMS NO PREVISTOS** NP3

**UNIDAD EJECUTORA:** SUBDIRECCIÓN VIAS REGIONALES **DIRECCIÓN TERRITORIAL:** CÓRDOBA

**OBJETO DEL CONTRATO:** CONTRATO DE OBRA PUBLICA No LP-No.013-2022 - CONSTRUCCION DE UN PUENTE VEHICULAR SOBRE LA QUEBRADA SEVERINERA EN LA VIA QUE COMUNICA A LOS MUNICIPIOS DE PLANETA RICA Y TIERRALTA, DEPARTAMENTO DE CORDOBA, EN EL MARCO DEL CONVENIO INTERADMINISTRATIVO No. 1961 DE FECHA 12 DE NOVIEMBRE DE 2021

**CARRETERA:** VIA QUE COMUNICA A LOS MUNICIPIOS DE PLANETA RICA Y TIERRALTA, DEPARTAMENTO DE CORDOBA **SECTOR:** PUENTE SOBRE LA QUEBRADA SEVERINERA

**CONTRATISTA:** CONSORCIO PUENTES DE CORDOBA

**FECHA CIERRE PROCESO DE SELECCIÓN CONTRATO DE OBRA:** 3 (Día) 8 (Mes) 2022 (Año)

**DATOS ESPECÍFICOS**

| ITEM | DESCRIPCIÓN | GRUPO DE AJUSTE | UNIDAD | CANTIDAD |
|---|---|---|---|---|
| NP3 | SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE FORMALETA TEXTIL COLCHACRETO ARTICULADO 1300 | | M2 | |

**I. EQUIPO**

| DESCRIPCIÓN | TIPO | TARIFA/HORA | RENDIMIENTO | Vr. UNITARIO |
|---|---|---|---|---|
| MOTOBOMBA DE CONCRETO | | $ 81.512,00 | 25,00 | $ 3.260,00 |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | SUBTOTAL $ | $ 3.260,00 |

**II. MATERIALES**

| DESCRIPCIÓN | UNIDAD | CANTIDAD | PRECIO UNIT. | Vr. UNITARIO |
|---|---|---|---|---|
| FORMALETA TEXTIL COLCHACRETO ARTICULADO 1300 | M2 | 1,05 | $ 45.815,00 | $ 48.105,75 |
| CONCRETO CLASE F | M3 | 0,10 | $ 507.803,85 | $ 50.780,39 |
| | | | | |
| | | | SUBTOTAL $ | $ 98.886,14 |

**III. TRANSPORTES**

| MATERIAL | UNIDAD | CANTIDAD (1) | DISTANCIA (2) | (1) * (2) | TARIFA | Vr. UNITARIO |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | SUBTOTAL $ | |

**IV. MANO DE OBRA**

| TRABAJADOR | JORNAL | PRESTACIONES (%) | JORNAL TOTAL | RENDIMIENTO | Vr. UNITARIO |
|---|---|---|---|---|---|
| Oficial (1) | $ 66.666,00 | 1,85 | $ 123.332,10 | 8,00 | $ 15.416,51 |
| Obrero (5) | $ 33.333,00 | 1,85 | $ 308.330,25 | 8,00 | $ 38.541,28 |
| | | | | SUBTOTAL $ | 53.957,79 |
| | | | | TOTAL COSTO DIRECTO $ | $ 156.103,93 |

**V. COSTOS INDIRECTOS**

| Descripción | Porcentaje | Valor Total | |
|---|---|---|---|
| ADMINISTRACION | 20% | $ 31.220,79 | |
| IMPREVISTOS | 5% | $ 7.805,20 | |
| UTILIDAD | 5% | $ 7.805,20 | |
| | | SUBTOTAL $ | $ 46.831,19 |
| | | Precio Unitario Total Aproximado al Peso $ | $ 202.935,00 |

Firma

Nombre: MARIO ALBERTO PETRO REYES
Representante Legal CONSORCIO PUENTES DE CORDOBA
Matricula No. : 22202152753 COR

| SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE FORMALETA TEXTIL COLCHACRETO ARTICULADO 1300 | |
|---|---|
| ESPECIFICACION PARTICULAR | NP3 |

## NP1.1 DESCRIPCION

Este trabajo comprende todos los trabajos necesarios para realizar el suministro e instalación de formaleta textil colchacreto articulado 1300. Este trabajo comprende el suministro y colocación de formaletas textiles Colchacreto ARTICULADO llenas con concreto, reforzado con tendones de poliéster, de acuerdo con los alineamientos, dimensiones y longitud indicados en los planos del proyecto y según las indicaciones del Interventor. Debajo de los Colchacretos se deberá instalar un geotextil para control de erosión, cuyas características se indican en la especificación correspondiente.

## NP1.2 MATERIALES

El Contratista, deberá suministrar formaleta textil colchacreto articulado necesarios para la correcta ejecución de los trabajos, de acuerdo a los diseños.

De acuerdo a los diseños se realizará el relleno de las formaletas de colchacreto con concreto clase F.

## NP1.3 EQUIPOS

El equipo necesario para la ejecución de esta actividad, deberá ser compatible con los procedimientos de ejecución adoptados, teniendo en cuenta que su capacidad y eficiencia se ajuste al programa de ejecución de los trabajos y al cumplimiento de las exigencias de la presente especificación.

Para la inyección de la mezcla dentro de la formaleta deberá utilizase equipo de bombeo para morteros y/o motobomba de concreto, con el objetivo de garantizar la presión necesaria y constante durante el proceso.

## NP1.4 MANO DE OBRA

Se requiere de mano de obra para la instalación, amarre y llenado de las formaletas textil de colchacreto.

## NP1.5 EJECUCION DE LOS TRABAJOS

Las formaletas se llenarán hasta lograr el espesor indicado en los planos de construcción o el indicado por Interventoría, evitando en todo momento fugas de concreto, el estallido de la formaleta y la formación de cavidades con aire dentro de ésta. Las formaletas se deben colocar y llenar en el sitio y cotas especificadas en los planos o por la Interventoría. Las superficies sobre las cuales se colocarán los Colchacreto ARTICULADO, deberán ser conformadas y niveladas de acuerdo con las dimensiones y cotas indicadas en los planos y/o por la Interventoría.

Cada franja de formaleta deberá cerrarse en sus extremos mediante costura con hilo de poliéster de alta tenacidad, doblando los bordes a manera de refuerzo, con una longitud de puntada no mayor de dos centímetros, en forma tal que se eviten las fugas de mezcla durante el llenado. Las esquinas se deberán doblar y coser.

**NP1.6 CONDICIONES PARA EL RECIBO DE LOS TRABAJOS**

El Interventor aceptará el trabajo realizado donde las dimensiones y los lineamientos se ajusten a los requerimientos del proyecto y cuyos materiales y procedimientos de ejecución se realicen según lo prescrito en esta especificación.

**NP1.7 UNIDAD DE MEDIDA.**

Los trabajos ejecutados en esta especificación, serán medidos por metro cuadrado (m2), luego que las formaletas textiles de colchacreto, sean instaladas y debidamente llenados.

**NP1.8 FORMA DE PAGO.**

El pago se debe realizar al precio unitario del contrato por toda obra ejecutada de acuerdo con esta especificación y aceptada por el interventor.

**NP1.8 ÍTEM DE PAGO**

| ITEM | DESCRIPCIÓN | UNIDAD |
|---|---|---|
| NP3 | SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE FORMALETA TEXTIL COLCHACRETO ARTICULADO 1300 | M2 |

Cordialmente,

**Mario Alberto Petro Reyes**
**C. C. 73.203.584**
**Representante Legal**
**Consorcio Puentes de Córdoba**



SERTEC

SERVICIOS TÉCNICOS EN INGENIERÍA LTDA.

EUCLID CHEMICAL
TOXEMENT

Distribuidor Autorizado

**CALLE 19D No 43A - 20 Tel: 7 297351 Celular 311 769 3916 - 311 169 9390 San Juan de Pasto**

FECHA: **10 de mayo 2024**

SEÑORES: **CONSORCIO PUENTES DE CORDOBA** **NIT:901627711**

REF: **Mario Petro**

CIUDAD: **Montería**

| Código | Cantidad | Unidad | Descripción | Valor Unitario | Dto % | Valor Neto | IVA | Valor Total + IVA |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 2.080,5 | M2 | COLCHACRETO ARTICULADO 5.10 | 39.875 | | 82.959.937 | 15.762.388 | $ 98.722.325 |
| 2 | 3.590,5 | M2 | GEOTEXTIL HYDROTEX H95 | 21.650 | | 77.734.325 | 14.769.522 | $ 92.503.847 |
| 3 | 240 | ML | HYDROTUBE 150 H | 268.790 | | 64.509.600 | 12.256.824 | $ 75.766.424 |

**TOTAL $ 266.992.596**

**LUIS CARLOS RENDON CORDOBA**

Activa

**GEOMATRIX S.A.S.**
NIT 800.021.390-1 IVA RÉGIMEN COMÚN
Calle 15 No. 72 - 72
BOGOTÁ D. C. COLOMBIA
Teléfono: 57 (601) 4249999
Servicio al cliente: 57 (601) 4249996
servicioalcliente@geomatrix.com.co
www.geomatrix.co

**COTIZACIÓN PROFORMA No.** COT-63721-UXCZ

| **FECHA:** | 16/04/2024 |
|---|---|

| | | | |
|---|---|---|---|
| **EMPRESA:** | CONSORCIO PUENTES DE CORDOBA | **NIT/RUC:** | 901627711 |
| **CONTACTO:** | MARIO PETRO | **CELULAR:** | 3103638103 |
| **TELÉFONO:** | 6047948214 | **CORREO:** | consorciopuentesdecordoba2022@gmail.com |
| **DIRECCIÓN:** | CALLE 32 No 15 - 52 BARRIO EL EDEN | **CIUDAD:** | Montería |

En atención a su solicitud relacionamos los precios y condiciones para el suministro de materiales:

| DESCRIPCIÓN DEL MATERIAL | CANTIDAD | UNIDAD | VALOR UNITARIO ($) | VALOR TOTAL ($) |
|---|---|---|---|---|
| HYDROTUBE H150 /2<br><br>Ancho(m): 1,00<br>TuboGeotextil | 240,00 | m | $ 250.460,00 | $ 60.110.400,00 |
| COLCHACRETO ARTICULADO 1300 /5.10m<br>Ancho(m): 5,10<br>FormaletaTextil<br><br>Dimensiones Rollo<br>Ancho: 5.10 m<br>Largo: 40 m | 2.080,50 | m2 | $ 38.500,00 | $ 80.099.250,00 |
| GEOTEXTIL HYDROTEX 95 (G) 5.00m<br>Ancho(m): 5,00<br>GeotextilesTejidos | 3.590,50 | m2 | $ 20.500,00 | $ 73.605.250,00 |

| | | | |
|---|---|---|---|
| **SON:** | DOSCIENTOS CINCUENTA Y CUATRO MILLONES CUATROCIENTOS TREINTA Y NUEVE MIL SETECIENTOS TREINTA Y UNO | **TOTAL:** | $ 213.814.900,00 |
| | | **I.V.A:** | $ 40.624.831,00 |
| | | **TOTAL CON I.V.A:** | $ 254.439.731,00 |

**OBSERVACIONES:**

Forma de pago: Anticipado

Jesus Antonio Navarro Cuentas
Asesor Especialista Geosintéticos
Barranquilla, Colombia
Tel: 6014249999 Ext 3380
Cel: 57 3043325525
janavarro@geomatrix.com.co

Activa

**GEOMATRIX S.A.S.**
NIT 800.021.390-1 IVA RÉGIMEN COMÚN
Calle 15 No. 72 - 72
BOGOTÁ D. C. COLOMBIA
Teléfono: 57 (601) 4249999
Servicio al cliente: 57 (601) 4249996
servicioalcliente@geomatrix.com.co
www.geomatrix.co

Formalización del pedido: orden de compra dirigida a GEOMATRIX S.A.S. NIT: 800021390-1.
Disponibilidad: de acuerdo a verificación de inventario.
Vigencia de la oferta: 30

NOTA: Somos Grandes Contribuyentes, somos régimen común.
Favor no efectuar retención a título de renta, somos autoretenedores en el impuesto de renta y complementarios Resolución DIAN No. 007241 de 2009/07/10.
Favor no efectuar retención a título de impuesto sobre las ventas, somos agentes de retención del impuesto sobre las ventas Resolución DIAN No. 008207 de 2009/08/04, la cual entra en vigencia a partir del 1 de Septiembre de 2009.

Si efectúa pago por consignación bancaria hacerlo a nombre de Geomatrix S.A. NIT. 800.021.390-1 en:
Davivienda Cuenta de Ahorros No. 007200654270
Bancolombia Cuenta Corriente No. 03135192667
Favor enviar consignación al Fax: 57 (1) 4110980

**GEOMATRIX S.A.S. se reserva el derecho de cobrar intereses de mora, si el pago se hace después de la factura.**

Jesus Antonio Navarro Cuentas
Asesor Especialista Geosintéticos
Barranquilla, Colombia
Tel: 6014249999 Ext 3380
Cel: 57 3043325525
janavarro@geomatrix.com.co

**Mayo 16 de 2024**

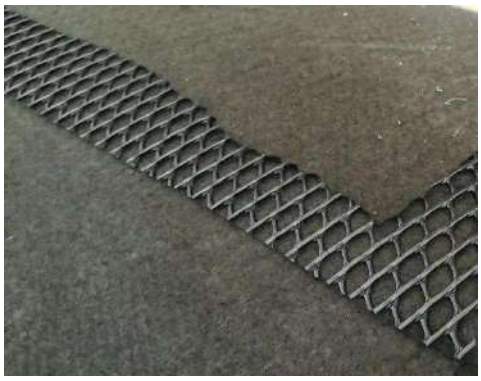
CONSORCIO PUENTES DE CORDOBA

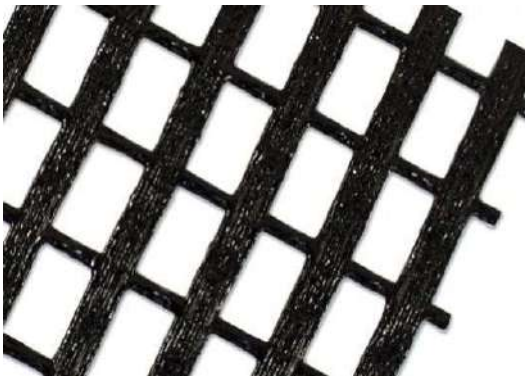
**QTE -10407-16-05-2024**

# ALCANCE
## *Scope*

Suministro de geosinteticos para el proyecto que tiene a su cargo. Los materiales suministrados por TRECK COLOMBIA, cumplen con políticas de calidad y pruebas de laboratorio bajo estándares internacionales.

## TRECKDREN
*Geodren planar , vial y tubería de drenaje*





## TRECKGRID
*Geomallas Biaxiales y Uniaxiales*

## TRECKTEX
*Geotextiles tejidos y no tejidos*



# PRECIOS
*Prices*

| Referencia | Detalle | Unidad | Cantidad | Valor Unitario | Valor Total |
|---|---|---|---|---|---|
| | TreckTube H150 | m | 240,00 | $ 375.690,00 | $ 90.165.600,00 |
| | Colchacreto Articulado | m2 | 2.080,50 | $ 57.750,00 | $ 120.148.875,00 |
| | Manto Antisocavacion H95 | m2 | 3.590,50 | $ 30.750,00 | $ 110.407.875,00 |
| | | | | | $ 320.722.350,00 |
| | | **IVA** | | **19%** | $ 60.937.246,50 |
| | | **Total** | | | $ 381.659.596,50 |

# Entrega
*Delivery*

Confirmado según programación de obra y/o disponibilidad de material en bodega. Por confirmación con el asesor del proyecto.

# FORMA DE PAGO
*Way to pay*

**Suministro:** ANTICIPADO

El pago de facturas generadas por los suministros únicamente se recibiría en cheque o transferencia indicadas en este documento.

- **BANCOLOMBIA –** Cuenta de ahorros 743-000010-77

A nombre de **TRECK COLOMBIA SAS** identificada con **NIT 901.506.451-4**

# VALIDEZ
*Validity*

La presente cotización tiene validez de 15 días calendario después de la fecha de envió y/o disponibilidad de inventario

# Cordialmente
*Regards*

**Felipe Gutiérrez**
+57 314 705 6944
**Ing Técnico comercial**
comercial@treck.com.co
Calle 69 bis a #68f 20
Bogota, Colombia
Treck Colombia S.A.S

# ESTUDIO HIDROLÓGICO E HIDRÁULICO PARA LA CONSTRUCCIÓN DE UN PUENTE VEHICULAR SOBRE LA QUEBRADA SEVERINERA EN LA VÍA QUE COMUNICA A LOS MUNICIPIO DE PLANETA RICA Y TIERRALTA, DEPARTAMENTO DE CÓRDOBA.

## CONSTRUCCIÓN DE UN PUENTE VEHICULAR SOBRE LA QUEBRADA SEVERINERA EN LA VÍA QUE COMUNICA A LOS MUNICIPIO DE PLANETA RICA Y TIERRALTA, DEPARTAMENTO DE CÓRDOBA

Contratista:

CONSORCIO PUENTES DE CÓRDOBA

Contratante:

Consultor:
JUAN FRANCISCO DURANGO GRISALES
**Ingeniero Civil**
**MSc. Recursos Hídricos**

**OCTUBRE DE 2024**

# CONTENIDO

1.1.1 ÍNDICE DE FIGURAS ..... IV
2.1.1 ÍNDICE DE TABLAS ..... VII
1. GENERALIDADES ..... 1
2. ALCANCE ..... 2
3. CÓDIGOS Y NORMATIVIDAD APLICABLE ..... 3
4. OBJETIVOS ..... 4
4.1 OBJETIVOS ESPECÍFICOS ..... 4
5. CUENCA QUEBRADA SEVERINERA ..... 4
5.1 CARACTERÍSTICAS MORFOMÉTRICAS ..... 4
5.2 ÁREA DE DRENAJE (A) ..... 5
5.3 PENDIENTE MEDIA DEL CAUCE ..... 7
5.4 CARACTERIZACIÓN MORFOMÉTRICA ..... 9
5.5 CARACTERIZACIÓN DEL RELIEVE ..... 11
5.6 CARACTERIZACIÓN DE LA RED DE DRENAJE ..... 11
5.7 PERÍODO DE RETORNO DE DISEÑO (Tr) ..... 13
5.8 COEFICIENTE DE ESCORRENTÍA (C) ..... 14
5.9 TIEMPO DE CONCENTRACIÓN (Tc) ..... 15
6. ANÁLISIS HIDROLÓGICO ..... 18
6.1 PRECIPITACIÓN ..... 18
6.2 VALIDACIÓN ESTADÍSTICA ..... 21
6.2.1 DATOS FALTANTES ..... 21
6.3 ANÁLISIS DE DOBLE MASA ..... 21
6.4 MÓDULO PLUVIOMÉTRICO ..... 24
6.5 PRECIPITACIONES ANUALES ..... 25

6.6 VARIABILIDAD TEMPORAL. ..... 28
6.7 PRECIPITACIÓN MEDIA MENSUAL ..... 29
6.8 VARIABILIDAD TEMPORAL ..... 30
6.9 ANÁLISIS DE FRECUENCIA: PRECIPITACIÓN ..... 30
6.9.1 ANÁLISIS DE DISTRIBUCIÓN DE AVENIDAS MÁXIMAS ..... 33
6.9.2 DISTRIBUCIÓN GUMBEL ..... 33
6.9.3 DISTRIBUCIÓN DE PROBABILIDAD PEARSON TIPO III ..... 35
6.9.4 DISTRIBUCIÓN DE PROBABILIDAD LOG PEARSON TIPO III ..... 36
6.9.5 DISTRIBUCIÓN NORMAL ..... 38
6.9.6 DISTRIBUCIÓN LOG-NORMAL DE 3 PARÁMETROS ..... 38
6.10 CRITERIO DE INFORMACIÓN DE AKAIKE ..... 40
7. CAUDALES Y ESCORRENTÍA ..... 43
7.1 ESTIMACIÓN DE CAUDAL POR EL MÉTODO RACIONAL ..... 43
7.2 INTENSIDAD DE DISEÑO ..... 45
7.3 HIETOGRAMA DE DISEÑO ..... 48
7.4 ESTIMACIÓN DE CAUDAL POR EL MÉTODO DEL HIDROGRAMA UNITARIO DEL SCS. ..... 50
7.4.1 NUMERO DE CURVA ..... 52
7.4.2 CÁLCULO DE CAUDALES DE APORTE POR EL MÉTODO DEL HIDROGRAMA UNITARIO DEL SCS ..... 55
8. CAUDAL DE DISEÑO ..... 57
8.1 COEFICIENTE DE MANNING (n) ..... 58
9. MODELO HIDRÁULICO ..... 65
9.1 DISEÑO HIDRÁULICO DEL PUENTE ..... 65
9.2 NIVEL DE AGUAS MÁXIMO ..... 68
10. CONTROL DE EROSIÓN ..... 80

11. ANÁLISIS DE LAS VELOCIDADES MÁXIMAS PERMISIBLES SEGÚN EL MATERIAL DE LA SOLUCIÓN PROPUESTA. ..... 83
12. SOCAVACIÓN DEL CAUCE ..... 84
12.1 SOCAVACIÓN GENERAL A LARGO PLAZO ..... 87
12.2 SOCAVACIÓN GENERAL POR CONTRACCIÓN ..... 87
12.3 RESULTADOS DEL CÁLCULO DE SOCAVACIÓN ..... 89
13. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES ..... 93
14. REFERENCIAS ..... 95

### 1.1.1 ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Localización del proyecto, quebrada Severinera. Fuente: SIG (2024). .... 2
Figura 2: Orden de las corrientes de la red de drenaje de la cuenca de la quebrada Severinera (Colombia) modelada utilizando el SIG. Fuente: Elaboración propia (2024). ..... 7
Figura 3: Mapa de distribución de pendientes de la cuenca hidrográfica de la quebrada Severinera, Colombia. Fuente: Elaboración propia (2024). ..... 8
Figura 4: Estimación de Lag Time. Fuente: HEC HMS (2024). ..... 18
Figura 5: Polígonos de Thiessen de estaciones cercanas a la cuenca de la quebrada Severinera. Fuente: Elaborado en SIG (2024). ..... 19
Figura 6: Localización de estaciones climatológicas. Fuente: Catalogo Nacional de estaciones de IDEAM (2024)..... 20
Figura 7: Curva masa de la estación SAN FRANCISCO. Fuente: Elaboración propia (2024). ..... 23
Figura 8: Histograma de precipitaciones totales anuales, estación SAN FRANCISCO. Fuente: Elaboración propia (2024). ..... 29
Figura 9: Precipitaciones mensuales multianuales, estación SAN FRANCISCO. Fuente: Elaboración propia (2024). ..... 29
Figura 10:Ajustes de distribución de probabilidad, estación SAN FRANCISCO. Fuente: Elaboración propia (2024). ..... 32
Figura 11: Histograma de frecuencias estación SAN FRANCISCO. Fuente: Elaboración propia (2024).} ..... 33
Figura 12: Probabilidad de ajuste tipo Gumbell. Fuente: Elaboración en HyFranPlus (2024). ..... 35
Figura 13: Probabilidad de ajuste tipo Pearson Type 3. Fuente: Elaboración en HyFranPlus (2024). ..... 36
Figura 14: Probabilidad de ajuste tipo LogPearson Type 3. Fuente: Elaboración en HyFranPlus (2024). ..... 37
Figura 15: Probabilidad de ajuste tipo GEV. Fuente: Elaboración en HyFranPlus (2024). ..... 39
Figura 16: Probabilidad de ajuste tipo LOG Normal. Fuente: Elaboración en

HyFranPlus (2024). ..... 39
Figura 17: Probabilidad de ajuste tipo Gamma. Fuente: Elaboración en HyFranPlus (2024). ..... 40
Figura 18: Comparación grafica de funciones de distribución de probabilidad. Fuente: Elaboración propia (2024). ..... 42
Figura 19: Curvas INTENSIDAD – DURACIÓN – FRECUENCIA de la estación SAN FRANCISCO. Fuente: Elaboración propia (2024). ..... 48
Figura 20: Hietograma de diseño por bloques alternos Tr 50 Años. Fuente: Elaboración propia (2024). ..... 50
Figura 21: Valores del número de curva para zonas urbanas. ..... 53
Figura 22: Valores del número de curva para zonas urbanas. Fuente: Hidrología e hidráulica Aplicada. Bernardo Díaz. ..... 53
Figura 23: Modelo hidrológico lluvia-escorrentía en HEC-HMS. Fuente: Elaboración propia (2024). ..... 56
Figura 24: Hidrograma unitario - SCS para Tr 50 años. Fuente: Elaborado en HECHS (2024). ..... 57
Figura 25: Topo-batimetría de la quebrada Severinera. Fuente: Equipo de topografía (2024). ..... 67
Figura 26: Geometría de la quebrada Severinera. Fuente: Elaborado con HEC-RAS (2024). ..... 68
Figura 27: Modelación de flujo en las secciones de la quebrada Severinera. Fuente: Elaboración con HEC-RAS (2024). ..... 69
Figura 28: Sección hidráulico de puente con estribos. Fuente: Elaborado en HECRAS (2024). ..... 72
Figura 29: Sección hidráulica de puente AGUAS ABAJO. Fuente: Elaborado en HEC RAS (2024)..... 73
Figura 30: Modelación de velocidad en las secciones de la quebrada Severinera con puente propuesto. Fuente: Elaboración con HEC-RAS (2024). ..... 75
Figura 31: Perfil hidráulico de la quebrada Severinera con puente. Fuente: Elaborado en HEC RAS (2024). ..... 76
Figura 32: Distribución de velocidades en el tramo analizado de la quebrada

Severinera con puente propuesto. Fuente: Elaborado en HEC RAS (2024). ..... 77
Figura 33: Distribución de velocidades en sección K0+210 del puente. Fuente: e: Elaborado en HEC RAS (2024). ..... 78
Figura 34: Representación esquemática de la evolución en el tiempo de la socavación en una pila de puente, para condiciones de aguas claras y lecho vivo. Fuente: FHWA, (2001). ..... 86
Figura 35: Ecuaciones para el cálculo de la socavación general a largo plazo en cauces naturales. Fuente: Toapaxi (2015). ..... 89
Figura 36: Ecuaciones recomendadas para el cálculo de la socavación local en estrechamientos. Fuente: Toapaxi (2015). ..... 89
Figura 37: Ecuaciones recomendadas para el cálculo de la socavación local en estribos. Fuente: Toapaxi (2015)..... 90
Figura 38 : Diseño estructural de puente. Fuente: Equipo estructural (2024). ..... 93

### 2.1.1 ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Características de la cuenca de acuerdo con el coeficiente de compacidad. Fuente. GÁMEZ MORALES, William. Texto básico de hidrología (Gámez Morales, 2009). ..... 10
Tabla 2: Características morfométricas de la cuenca Severinera. Fuente: Elaboración propia (2024). ..... 12
Tabla 3: Periodos de retorno especificados por el INVIAS para obras de drenaje. Fuente: INVIAS (2009). ..... 13
Tabla 4: Coeficiente de Escorrentía. Fuente: Manual de drenaje para carreteras, INVIAS (2011). ..... 14
Tabla 5: Estimación del tiempo de concentración para la cuenca Severinera. Fuente: Elaboración propia (2024). ..... 17
Tabla 6: Datos de estación SAN FRANCISCO. Fuente: Catalogo Nacional de estaciones de IDEAM (2024)..... 20
Tabla 7: Análisis de doble masa. Fuente: Elaboración propia (2024). ..... 22
Tabla 8: Módulos pluviométricos de la zona. Fuente: Elaboración propia (2024). 24
Tabla 9: Comportamiento estadístico de la precipitación para la estación SAN FRANCISCO. Fuente: Elaboración propia (2024). ..... 25
Tabla 10: Análisis estadístico mensual multianual de la estación SAN FRANCISCO. Fuente: Elaboración propia (2024). ..... 27
Tabla 11: Probabilidades para precipitaciones máx en 24 h anuales estación SAN FRANCISCO. Fuente: Elaboración propia (2024). ..... 31
Tabla 12: Ajustes de distribución de probabilidad. Fuente: Elaboración propia (2024). ..... 41
Tabla 13: Prueba de criterio de información de Akaike. Fuente: Elaboración propia (2024). ..... 42
Tabla 14: Precitaciones máximas en 24 horas anual multianual. Fuente: Elaboración propia (2024). ..... 46
Tabla 15: Coeficientes para cálculo de curvas IDF sintéticas región Caribe. Fuente: Curvas IDF sintéticas Díaz-Granados ..... 47
Tabla 16: Intensidades estimadas para la estación SAN FRANCISCO. Fuente:

Elaboración propia (2024). ..... 47
Tabla 17: Hietograma de diseño asociado a la duración de la lluvia Tr 50 Años. Fuente: Elaboración propia (2024). ..... 49
Tabla 18: Condición hidrológica de los suelos. Fuente: Ven Te Chow (1995). ..... 54
Tabla 19: Valores del número de curva para zona del proyecto. Fuente: Elaboración propia (2024). ..... 55
Tabla 20: Corrección del número de curva. Fuente: Elaboración propia (2024). .. 55
Tabla 21: Análisis morfométrico para estimación de caudales en HMS para subcuenca. Fuente: Elaboración propia (2020). ..... 56
Tabla 22: Caudales obtenidos con HEC-HMS. Fuente: Elaboración propia (2024). ..... 57
Tabla 23: Cálculos de caudales utilizando ecuaciones del SCS. Fuente: Elaboración propia (2024). ..... 58
Tabla 24: Valores base para la n de Manning. Fuente: Arcement y Schneider (1989). ..... 61
Tabla 25: Valores de ajuste para la estimación de la n de Manning, Grado de irregularidad (n1). Fuente: Arcement y Schneider (1989). ..... 61
Tabla 26: Valores de ajuste para la estimación de la n de Manning, Variación en la sección transversal del cauce (n2). Fuente: Arcement y Schneider (1989). ..... 62
Tabla 27: Valores de ajuste para la estimación de la n de Manning, Efecto de obstrucciones (n3). Fuente: Arcement y Schneider (1989). ..... 62
Tabla 28: Valores de ajuste para la estimación de la n de Manning, Cantidad de vegetación (n4). Fuente: Arcement y Schneider (1989). ..... 62
Tabla 29: Valores de ajuste para la estimación de la n de Manning, Grado de sinuosidad (m). Fuente: Arcement y Schneider (1989). ..... 63
Tabla 30: Calculo del coeficiente de Manning según Cowan. Fuente: Elaboración propia (2024). ..... 63
Tabla 31: Resumen de parámetros del modelo de la quebrada Severinera en HEC-RAS. Fuente: Elaboración propia (2024). ..... 65
Tabla 32: Resultados de modelación hidráulica de flujo con puente. Fuente: Elaborado con HEC-RAS (2024). ..... 70

Tabla 33: Tabla 38: Resultados hidráulicos para sección de puente. Fuente: Elaborado en HECRAS (2024). ..... 71
Tabla 34: Evento y cota de inundación. Fuente: Elaboración propia (2024). ..... 78
Tabla 35: Resumen de parámetros geométricos de la propuesta de puente vehicular. Fuente: Elaboración propia (2024). ..... 79
Tabla 36: Resumen de resultados del modelo de la quebrada Severinera en HEC-RAS para secciones cercanas al eje propuesto. Fuente: Elaboración propia (2024). ..... 79
Tabla 37: Velocidades medias permisibles en suelos sueltos. Fuente. Hidrología e hidráulica, Ingeniero Bernardo Diaz. ..... 83
Tabla 38: Cálculos de socavación para sección propuesta. Fuente: Elaboración propia (2024). ..... 91

## 1. GENERALIDADES

De acuerdo con la solicitud presentada por el CONTRATISTA, se realizó el estudio hidrológico e hidráulico para analizar la construcción de un puente sobre la quebrada Severinera.

Actualmente sobre la quebrada Severinera existe un puente el cual colapso por la socavación de los estribos y del caudal que transporta la corriente, ocasionando que las comunidades aledañas queden incomunicadas y presentando alto riesgo para las zonas rurales circundantes.

Frente a tal situación se hace necesario la construcción de una obra hidráulica de mayor envergadura que garantice la comunicación de las comunidades y no se vea afectado frente a avenidas máximas recurrentes al estar presentes fenómenos de variabilidad climática como La Niña; bajo estos aspectos se propone la construcción de un puente de 30 m de luz que permita el transito correcto y evite ser destruido por un caudal súbito.

En este informe se incluyen todos los aspectos tomados en cuenta para la realización del estudio hidrológico, que implica el análisis hidroclimatológicos de la quebrada Severinera y la determinación de los niveles máximo de avenida en la zona del proyecto. Así mismo se evalúa la estructura propuesta mediante el software HEC-RAS, para determinar los niveles máximos que se generan a partir del caudal de diseño en el punto del proyecto, el cual se muestra en la Figura 1.

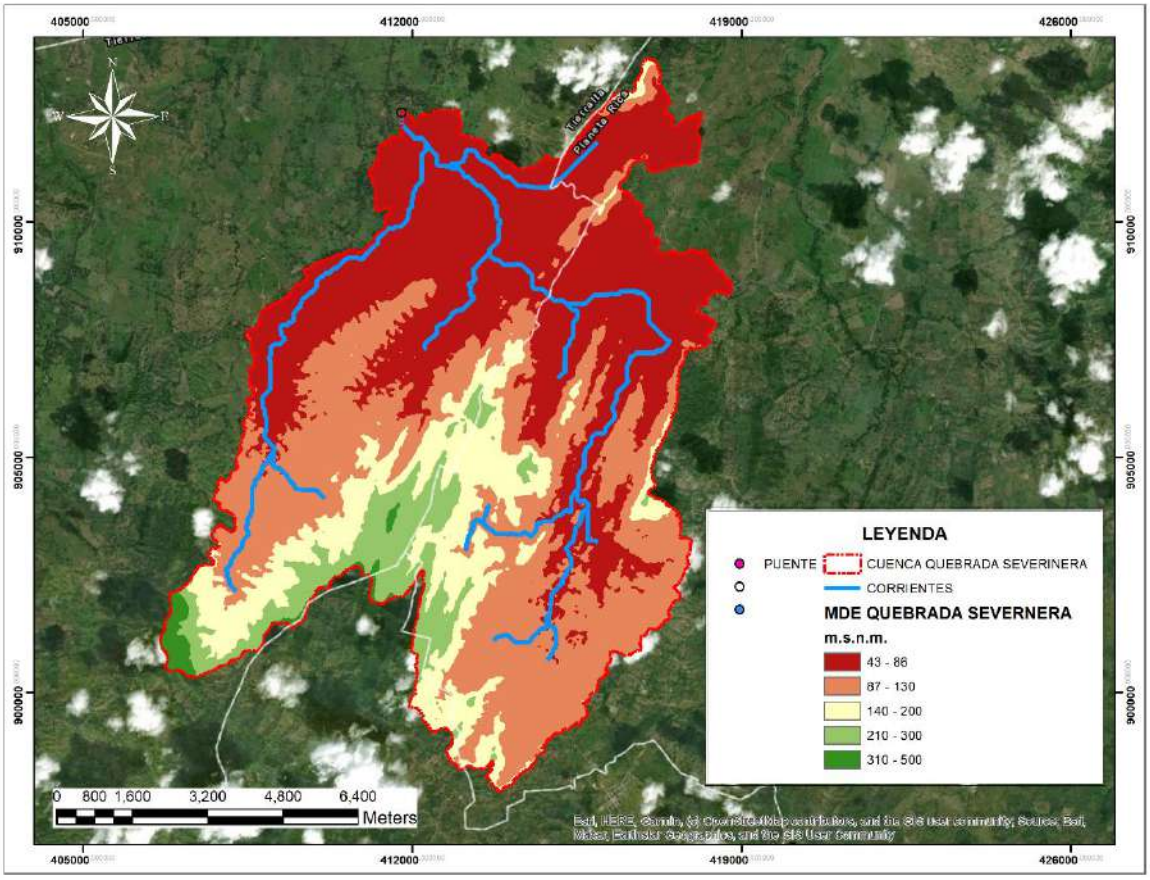



Figura 1: Localización del proyecto, quebrada Severinera. Fuente: SIG (2024).

## 2. ALCANCE

El alcance del proyecto es el siguiente.

- Revisar la información disponible referente a caudales que se presenta en la zona del proyecto para poder analizar los niveles de caudales en la quebrada Severinera que hacen parte de la zona de influencia del proyecto.
- Revisar los levantamientos topográficos y batimétricos que se realicen para poder implementar los modelos hidrológicos e hidráulicos.
- Realizar visitas de campo al sitio del proyecto para poder visualizar la problemática y revisar las condiciones actuales que se están presentando en los sitios donde se proyectan las obras.
- Realizar la estimación de los caudales máximos que se generan en cada

período de retorno evaluado.

- Se implementará un modelo hidráulico en el software HEC RAS, utilizando la información de caudales máximos encontrados mediante el estudio hidrológico y la información geométrica que se obtiene a partir del levantamiento topográfico y batimétrico. Este modelo permitirá conocer los datos básicos para el cálculo del nivel máximo de aguas extraordinarias, el perfil de velocidades.

## 3. CÓDIGOS Y NORMATIVIDAD APLICABLE

Los elementos considerados dentro del alcance del proyecto cumplirán con las normas vigentes, estándares de diseño, decretos y resoluciones legales nacionales que se listan a Continuación:

- INVIAS, MANUAL DE DRENAJE DE CARRETERAS
- US CORP ARMY
- FEDERAL ROADS – CANADÁ
- RAS 2000
- RESOLUCIÓN 0330 DE 2017
- MODELACIÓN HIDROLOGICA E HIDRÁULICA IDEAM

# 4. OBJETIVOS

## 4.1 OBJETIVO GENERAL

Realizar el estudio hidrológico e hidráulico para determinar las velocidades y los caudales máximos en los puntos críticos en el sector QUEBRADA SEVERINERA, municipio de Tierralta, Departamento de Córdoba, utilizando la información de estaciones pluviométricas, de topografía y morfológica, de tal manera que el caudal calculado para el período de retorno de diseño no sufra ningún riesgo ni afectación a la estabilidad.

## 4.1 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Realizar el análisis hidrológico de la zona de acuerdo con las series de precipitaciones para diferentes estaciones cercanas al proyecto.
- Estimar los caudales de la quebrada Severinera para diferentes periodos de retorno de acuerdo con la información de las series históricas de la estación pluviométrica más cercana.
- Realizar la modelación hidráulica del tramo del afluente en condiciones actuales, evaluada para diferentes caudales.
- Estimar los niveles máximos de aguas para los periodos de retorno seleccionada para la estructura del puente.

# 5. CUENCA QUEBRADA SEVERINERA

## 5.1 CARACTERÍSTICAS MORFOMÉTRICAS

Para modelación de la cuenca de la quebrada Severinera realizada mediante el SIG se utilizó un umbral de 5 km2, se realizaron correcciones manuales con el fin de unir las corrientes del mismo orden que tuvieran nodos separados, obteniendo un total de 1 cursos de agua con 4 ramificaciones.

## 5.2 ÁREA DE DRENAJE (A)

Una cuenca hidrográfica es el área de aguas superficiales o subterráneas que vierten a una red natural con una o varias corrientes superficiales, de caudal continuo o intermitente, que confluyen en un curso mayor, que a su vez puede desembocar en un río principal, en un depósito natural de aguas, en un pantano o directamente en el mar.

Las áreas de drenaje para cada una de las estructuras fueron delimitadas utilizando un sistema de información geográfico teniendo como insumo principal los archivos “shapes” para construir los modelos de elevación digital. La técnica que se utilizó fue la de encontrar las divisorias de agua teniendo como base los puntos demarcados en las abscisas sobre la vía.

El área de drenaje corresponde a la superficie delimitada por la divisoria de aguas de la zona de estudio. Las áreas se determinaron por medio de Google Earth y el sistema de información geográfica (SIG), las cuales contribuyen a los sistemas que se están diseñando. Con el fin de delimitar las áreas contribuyentes a la escorrentía superficial para cada vía se realizó el trazado de las áreas aferentes de cada una. Las áreas de drenaje corresponden a pequeños cultivos y canales artesanales construidos por la comunidad aledaña.

El área de drenaje está definida por una divisoria o parte aguas estructurada topográficamente en donde las gotas de lluvia que caen sobre ella tienden a ser drenadas, por uno o varios cursos de agua interconectados entre sí, hacia un único punto de salida.

Para realizar el modelamiento hidrológico fue necesario evaluar y determinar las corrientes que aportan a la condición de flujo de la cuenca a modelar, por lo que fue fundamental realizar un estudio hidrológico y una modelación de la zona de estudio que involucró a todas las corrientes a portantes a la escorrentía del sector, con la herramienta de hidrología que nos proporciona el sistema de información

geográfica y el cual nos permite identificar variables hidrológicas como: Los drenajes, la dirección del flujo, la acumulación del flujo, la delimitación de la cuenca y subcuencas y la clasificación del drenaje de acuerdo con su orden.

Los parámetros de la cuenca se determinaron con el siguiente procedimiento:

- Se identificaron las coordenadas del sitio de construcción, con el fin de delimitar la parte de la cuenca que drena hacia ese punto.
- Se procedió a conseguir los archivos tipo “shape” de cuerpos de un área amplia en donde pudiera estar comprendida la cuenca. Esto para poder procesar la información en un sistema de información geográfica, de curvas de nivel a modelo digital de elevación.
- Se montó el archivo “shape”, se generó el modelo ráster y se efectuó el modelo digital de elevación DEM.

Se logro determinar que el área de la cuenca es de 22.57 km2 y que presenta orden 3 con un patrón de drenaje dendrítico, es decir, se caracteriza por tener una distribución similar a un árbol con ramificaciones de afluentes en muchas direcciones y con ángulos variables (Singh et al., 2013). En la figura siguiente se presenta la delimitación del área de la cuenca utilizando el modelo digital de elevaciones del IGAC (2018), el cual posee una resolución de 12.5x12.5 m (se anexa documentación de MDE).

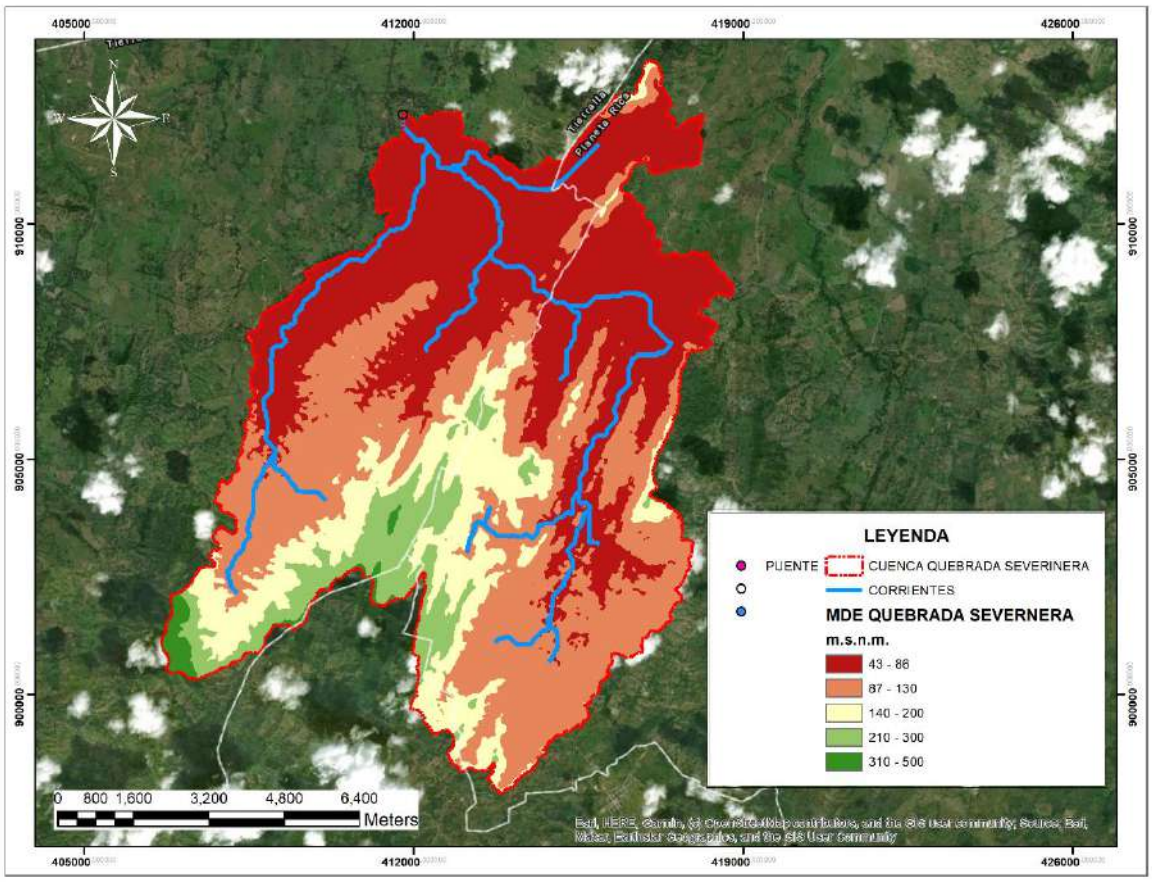



Figura 2: Orden de las corrientes de la red de drenaje de la cuenca de la quebrada Severinera (Colombia) modelada utilizando el SIG. Fuente: Elaboración propia (2024).

## 5.3 PENDIENTE MEDIA DEL CAUCE

Para la determinación de la pendiente media del cauce se empleó la metodología de Taylor y Schwarz, por medio de una muestra estadística de las pendientes normales a las curvas de nivel de las secciones escogidas.

$$S = \left[ \frac{L}{\sum \frac{Li}{\sqrt{Si}}} \right]^2$$

Donde,

S. pendiente ponderada del cauce en (m/m).

L. Longitud del cauce en (m)

li. Longitud de cada tramo.

si. Pendiente de cada subtramo.

En la Figura 3 se aprecia la distribución de pendientes de la cuenca de la quebrada Severinera, a partir de esta información se calcula la pendiente media del cauce y se compara con la estimación mediante la diferencia de cotas y la longitud del cauce principal.

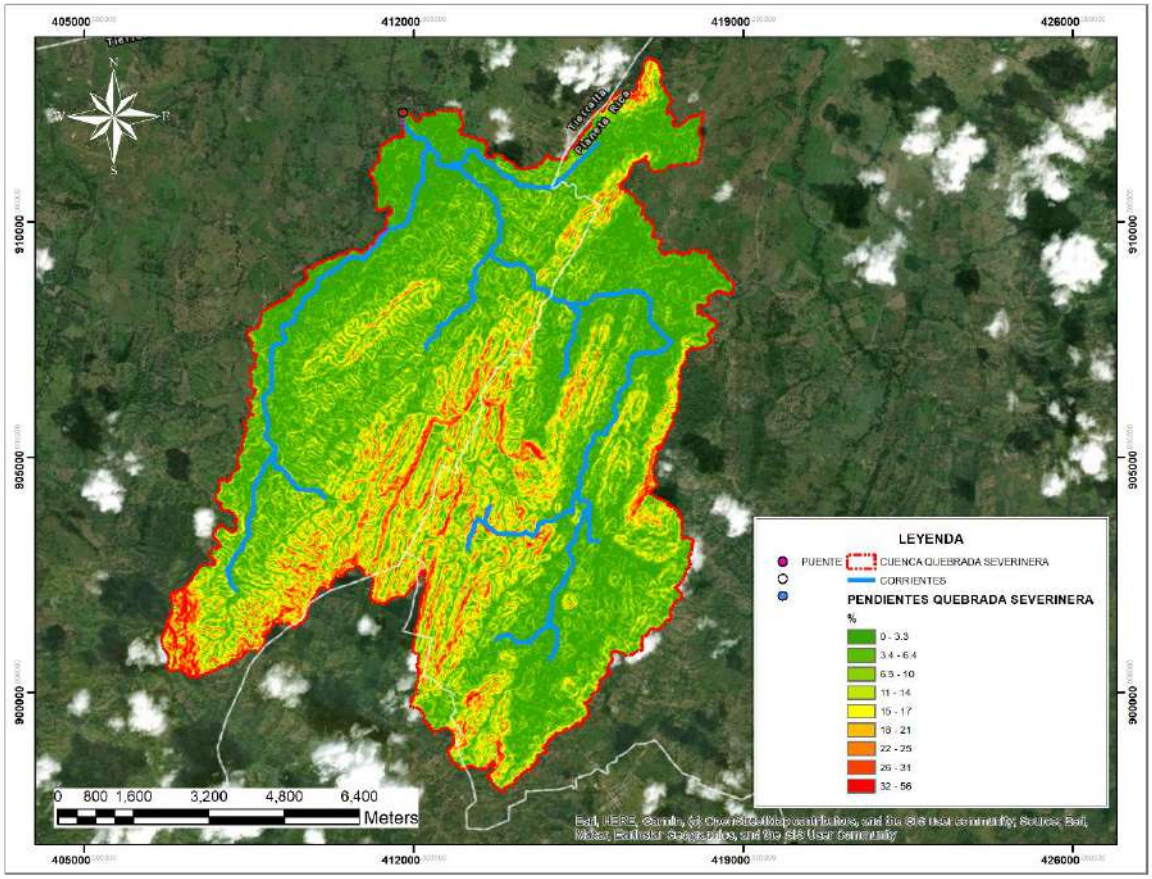



Figura 3: Mapa de distribución de pendientes de la cuenca hidrográfica de la quebrada Severinera, Colombia. Fuente: Elaboración propia (2024).

## 5.4 CARACTERIZACIÓN MORFOMÉTRICA

En hidrología, la morfometría hace referencia al análisis cuantitativo de la forma de una cuenca hidrográfica. Para el análisis morfométrico de la zona de estudio se usó, como información base, la cartografía básica a escala 1:25000 disponible en medio digital en los servidores del Instituto Geográfico Agustín Codazzi. Anexo a este informe se entrega una carpeta en la cual se encuentra los archivos extraídos para la zona de estudio.

La forma de la cuenca es importante porque se relaciona con el tiempo de concentración, el cual es el tiempo necesario, desde el inicio de la precipitación, para que toda la cuenca contribuya a la sección de la corriente en estudio, o, en otras palabras, el tiempo que toma el agua desde los limites más extremos de la cuenca hasta llegar a la salida de esta (Monsalve Saenz, 1999). En los siguientes apartados, se definen los parámetros que determinan la forma de cada subcuenca y que fueron evaluados en este estudio.

- Parteaguas. Conocido también como divisoria de aguas, se designa como la línea que separa las precipitaciones que caen en cuencas hidrográficas inmediatamente vecinas, y que encaminan la escorrentía resultante para uno u otro sistema fluvial (Monsalve Saenz, 1999).
- Área A. Se define como la proyección horizontal de la superficie de drenaje que va dirigida a un cauce y que está delimitada por la divisoria de aguas o parteaguas (Monsalve Saenz, 1999).
- Perímetro P. Es la longitud sobre el plano horizontal, que recorre la línea divisoria de aguas, dicho de otro modo, corresponde a la longitud del polígono cuya proyección horizontal, contiene el área de la cuenca hidrográfica.
- Coeficiente de Compacidad Kc**.** Se obtiene a partir de la siguiente expresión.

$$K_c = \frac{P}{2\pi\sqrt{A/\pi}}$$

Donde $P$ es el perímetro de la cuenca [Km], $A$ es el área de drenaje de la cuenca [Km$^2$].

Cuanto más irregular sea la cuenca mayor será su coeficiente de compacidad. Una cuenca circular posee el coeficiente mínimo, igual a uno. Hay mayor tendencia a las crecientes en la medida en que este número sea próximo a la unidad.

Tabla 1: Características de la cuenca de acuerdo con el coeficiente de compacidad. Fuente. GÁMEZ MORALES, William. Texto básico de hidrología (Gámez Morales, 2009).

| Valores de Kc | Forma |
|---|---|
| 1.00 - 1.25 | Redonda a oval redonda |
| 1.25 - 1.50 | Oval redonda a oval oblonga |
| 1.50 -1.75 | Oval oblonga a rectangular oblonga |

- Factor de forma Kf. Se determina a partir del cociente entre el área de la cuenca A**,** y el cuadrado de la longitud hidráulica de la cuenca hidrográfica.

$$K_f = \frac{A}{L_m^2}$$

Donde $A$ es el área de drenaje de la cuenca [Km$^2$]. $L_m$ es la longitud hidráulica o curso de agua más largo de la cuenca hidrográfica [Km]. Si $K_f$ > 1 la cuenca es achatada y tiende a formar fácilmente grandes crecidas; un $K_f$ < 1 indica que la cuenca es alargada, menos sujeta a crecientes que una de la misma área y mayor factor de forma; por otro lado, si $K_f$ = 1 la cuenca tiene forma de un cuadrado (Monsalve Saenz, 1999).

## 5.5 CARACTERIZACIÓN DEL RELIEVE

En cuanto al relieve de una hoya hidrográfica, se pueden definir varios parámetros topográficos que controlan la velocidad con que se da la escorrentía superficial y por lo tanto el tiempo de concentración. A continuación, se definirán estas características.

- Pendiente media. Es el valor medio del declive del terreno y la inclinación, respecto a la horizontal, de la vertiente sobre la cual se ubica la hoya. Constituye una característica importante, puesto que condiciona la velocidad del escurrimiento superficial y subterráneo en la hoya hidrográfica (Gámez Morales, 2009).
- Elevación Media. Esta es una característica que está relacionada con la temperatura y la precipitación, a su vez la variación de la temperatura influye en la variación de pérdidas de agua por evaporación, por esta razón en hidrología se utiliza como parámetro representativo (Gámez Morales, 2009).

## 5.6 CARACTERIZACIÓN DE LA RED DE DRENAJE

La red de drenaje se puede definir como la trayectoria, disposición o arreglo de los cauces y lechos por donde de manera superficial y aparente corre el agua excedente, producto de la precipitación hacia un depósito natural o artificial (Gámez Morales, 2009).

- Cauce principal**.** Es la corriente que pasa por la salida de esta. Toda cuenca tiene una y solo una corriente principal.
- Pendiente del cauce principal**.** La pendiente del cauce principal se calcula a partir del cociente entre la desnivelación entre los puntos definidos por las cotas que marcan la desembocadura y el nacimiento del cauce principal y la longitud de este. Este parámetro es indispensable para determinar el tiempo de concentración de una cuenca e influye directamente en la velocidad del agua que fluye por el cauce principal (Barros Cantillo, 1994).
- Cota mayor y menor del cauce principal**.** Corresponde a la elevación más alta y baja del cauce principal respectivamente.

- Longitud hidráulica Lm. Corresponde a la mayor trayectoria de flujo desde el parteaguas de la cuenca hasta el punto de salida de esta.

En la siguiente tabla se presentan los cálculos de la teoría relacionada en los numerales 5.4, 5.5 y 5.6.

Tabla 2: Características morfométricas de la cuenca Severinera. Fuente: Elaboración propia (2024).

| **Datos de la cuenca** | | |
|---|---|---|
| **Geometría** | | |
| Área | Km² | 22.57 |
| Perímetro | Km | 25.87 |
| Ancho máximo | Km | 9.10 |
| Longitud | Km | 17.87 |
| **Valores de las Cotas** | | |
| Cota mínima | m.s.n.m. | 43.00 |
| Cota Máxima | m.s.n.m. | 500 |
| **Coordenadas** | | |
| Centroide X | W | 413296.38 |
| Centroide Y | N | 949940.91 |
| Centroide Z | m.s.n.m. | 91 |
| **Pendiente de la cuenca** | | |
| Pendiente de la cuenca | m/m | 0.02 |
| **Hidrografía** | | |
| Longitud del Cauce Principal | km | 7.90 |
| Orden de la red hídrica | Adimensional | 3 |
| Longitud de la red hídrica | km | 48.81 |
| Pendiente promedio de la red hídrica | m/m | 0.0104 |

| **Parámetros Geomorfológicos de la cuenca** | | | |
|---|---|---|---|
| **Nombre del Parámetro** | **Símbolo** | **Valor** | **Unidad** |
| Factor Forma | F | 0.07 | S/N |
| Índice de Gravelious (Compacidad) | K | 1.52 | S/N |
| Rectángulo Equivalente (Lado Mayor) | L | 10.86 | km |
| Rectángulo Equivalente (Lado Menor) | l | 2.08 | km |
| Densidad de Drenaje | Dd | 2.16 | Km/km² |

## 5.7 PERÍODO DE RETORNO DE DISEÑO (Tr)

El período de retorno puede definirse como el intervalo de recurrencia promedio entre eventos que igualan o exceden una magnitud especifica. La probabilidad de ocurrencia del evento X ≥ xt en cualquier observación puede relacionarse con el periodo de retorno de la siguiente manera:

$$T = \frac{1}{P(X \geq xt)} = \frac{1}{1 - P(X \leq xt)}$$

Siguiendo las indicaciones establecidas por el INVIAS (2009, 2013) se recomiendan unos periodos de retorno de diseño para las obras viales se escoge de acuerdo con la Tabla 3, la cual presenta la normatividad según el Manual de Drenaje de Carreteras del INVIAS.

Tabla 3: Periodos de retorno especificados por el INVIAS para obras de drenaje. Fuente: INVIAS (2009).

| OBRAS DE DRENAJE | Tr |
|---|---|
| Drenaje superficial | 2 |
| Cunetas | 5 |
| Zanjas de coronación | 10 |
| Estructuras de caída | 10 |
| Alcantarillas de 0,9 m de diámetro | 10 |
| Alcantarillas mayores de 0,9 m de diámetro | 20 |
| Puentes menores (luz menor a 10 m) | 25 |
| Puentes de luz entre 10 m y 50 m | 50 |
| Puentes de luz mayor o igual a 50 m | 100 |

El período de retorno de diseño debe determinarse de acuerdo con la importancia de las áreas y con los daños, perjuicios o molestias que las inundaciones periódicas puedan ocasionar a los habitantes, tráfico vehicular. La selección del período de diseño está asociada entonces con las características de protección e importancia del área de estudio. Para el caso del puente se utilizó un periodo de retorno de 50 años, de igual forma siguiendo la recomendación del Norma Colombiana de Diseño de Puentes CCP14 (2014) se calculó el caudal de 500 años y se evaluó la

socavación para 100 años.

## 5.8 COEFICIENTE DE ESCORRENTÍA (C)

El coeficiente de escorrentía es la relación entre la parte de la precipitación que circula superficialmente y la precipitación total, entendiendo que la parte superficial es menor que la precipitación total al descontar la evaporación, evapotranspiración, almacenamiento, etc. Como puede comprenderse, el proceso de escorrentía es complejo y en la práctica deben introducirse simplificaciones. El coeficiente de escorrentía es un valor adimensional comprendido entre 0 y 1.

La escorrentía dependerá de la zona urbana a que corresponda y a los materiales constituyentes de la superficie. Atendiendo a la zonificación pueden adoptarse los siguientes valores:

Tabla 4: Coeficiente de Escorrentía. Fuente: Manual de drenaje para carreteras, INVIAS (2011).

| CARACTERÍSTICAS DE LA SUPERFICIE | PERÍODO DE RETORNO (AÑOS) | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 2 | 5 | 10 | 25 | 50 | 100 | 500 |
| **ÁREAS DESARROLLADAS** | | | | | | | |
| Asfáltico | 0.73 | 0.7 | 0. | 0.86 | 0.9 | 0.95 | 1 |
| Concreto - Techo - Zonas verdes (jardines, parques, etc.) | 0.75 | 0. | **0.** | 0.88 | 0.92 | 0.97 | 1 |
| **Condición pobre (cubierta de pasto menor del 50% del área)** | | | | | | | |
| Plano 0-2% | 0.32 | 0.3 | 0. | 0.4 | 0.44 | 0.47 | 0.58 |
| Promedio 2-7% | 0.37 | 0.4 | 0.43 | 0.46 | 0.49 | 0.53 | 0.61 |
| **CARACTERÍSTICAS DE LA SUPERFICIE** | **PERÍODO DE RETORNO (AÑOS)** | | | | | | |
| | **2** | **5** | **10** | **25** | **50** | **100** | **500** |
| Pendiente superior a 7% | 0.4 | 0.43 | 0.45 | 0.49 | 0.52 | 0.55 | 0.62 |
| Condición promedio (cubierta de pasto del 50 al 75% del área) | | | | | | | |
| Plano 0-2% | 0.25 | 0.28 | 0.3 | 0.34 | 0.37 | 0.41 | 0.53 |

| CARACTERÍSTICAS DE LA SUPERFICIE | PERÍODO DE RETORNO (AÑOS) | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 2 | 5 | 10 | 25 | 50 | 100 | 500 |
| Promedio 2-7% | 0.33 | 0.36 | 0.38 | 0.42 | 0.45 | 0.49 | 0.58 |
| Pendiente superior a 7% | 0.37 | 0.4 | 0.42 | 0.46 | 0.49 | 0.53 | 0.6 |
| Condición buena (cubierta de pasto mayor del 75% del área) | | | | | | | |
| Plano 0-2% | 0.21 | 0.23 | 0.25 | 0.29 | 0.32 | 0.36 | 0.49 |
| Promedio 2-7% | 0.29 | 0.32 | 0.35 | 0.39 | 0.42 | 0.46 | 0.56 |
| Pendiente superior a 7% | 0.34 | 0.37 | 0.4 | 0.44 | 0.47 | 0.51 | 0.58 |
| | | | | | | | |
| **ÁREAS NO DESARROLLADAS** | | | | | | | |
| **Áreas de cultivos** | | | | | | | |
| Plano 0-2% | 0.31 | 0.34 | 0.36 | 0.4 | 0.43 | 0.47 | 0.57 |
| Promedio 2-7% | 0.35 | 0.38 | 0.41 | 0.44 | 0.48 | 0.51 | 0.6 |
| Pendiente superior a 7% | 0.39 | 0.42 | 0.44 | 0.48 | 0.51 | 0.54 | 0.61 |
| **Pastizales** | | | | | | | |
| Plano 0-2% | 0.25 | 0.28 | **0.3** | 0.34 | 0.37 | 0.41 | 0.53 |
| Promedio 2-7% | 0.33 | 0.36 | **0.38** | 0.42 | 0.45 | 0.49 | 0.58 |
| Pendiente superior a 7% | 0.37 | 0.4 | 0.42 | 0.46 | 0.49 | 0.53 | 0.6 |
| **Bosques** | | | | | | | |
| Plano 0-2% | 0.22 | 0.25 | 0.28 | 0.31 | 0.35 | 0.39 | 0.48 |
| Promedio 2-7% | 0.31 | 0.34 | 0.36 | 0.4 | 0.43 | 0.47 | 0.56 |
| Pendiente superior a 7% | 0.35 | 0.39 | 0.41 | 0.45 | 0.48 | 0.52 | 0.58 |

## 5.9 TIEMPO DE CONCENTRACIÓN (Tc)

Se define como el tiempo necesario, desde el inicio de la precipitación, para que toda la cuenca contribuya al sitio de la obra de drenaje en consideración, o, en otras palabras, el tiempo que toma el agua desde los límites más extremos de la hoya hasta llegar a la salida de esta. En general, el tiempo de concentración se calcula por medio de ecuaciones empíricas, dentro de las cuales se cuentan las siguientes:

- **Ecuación de Kirpich (1940):**

$$t_c = 0.06628(\frac{L}{S^{0.5}})^{0.77}$$

Donde: Tc: Tiempo de concentración, en horas (h). L: Longitud del cauce principal, en kilómetros (km). S: Pendiente entre las elevaciones máxima y mínima (pendiente total) del cauce principal, en metros por metro (m/m).

- **Ecuación de Témez:**

$$t_c = 0.30(\frac{L}{S^{0.25}})^{0.76}$$

Donde: Tc: Tiempo de concentración, en horas (h). L: Longitud del cauce principal, en kilómetros (km). S: Pendiente total del cauce principal, en porcentaje (%).

- **Ecuación de Ventura - Heras:**

$$t_c = 0.30(\frac{L}{S^{0.25}})^{0.75}$$

Donde, Tc: Tiempo de concentración, en horas (h). L: Longitud del cauce principal, en kilómetros (km). S: Pendiente total del cauce principal, en metros por metro (m/m).

Para el presente proyecto se utilizan las diferentes metodologías para estimar el tiempo de concentración y se adopta el Kirpich al ser el más recomendado por la literatura y el INVIAS (2009).

Tabla 5: Estimación del tiempo de concentración para la cuenca Severinera. Fuente: Elaboración propia (2024).

| Tiempo de concentración (min) | | | |
|---|---|---|---|
| **Kirpich** | **USCE** | **Chow** | **Adop** |
| 113 | 206 | 191 | 113 |
| 113 | 206 | 191 | 113 |
| 113 | 206 | 191 | 113 |
| 113 | 206 | 191 | 113 |
| 113 | 206 | 191 | 113 |
| 113 | 206 | 191 | 113 |
| 113 | 206 | 191 | 113 |

Adicional a esto para la herramienta HEC-HMS se hace necesario el parámetro de LAG TIME, el cual corresponde al tiempo de la avenida máxima y es equivalente al 60% del tiempo de concentración.

En el método de enrutamiento de retraso el flujo de entrada al alcance se retrasa en el tiempo por una cantidad de tiempo especificada. En consecuencia, se adapta mejor a segmentos de flujo cortos con un tiempo de viaje que no varía con las condiciones cambiantes. Los parámetros que se requieren para utilizar este método dentro de HEC-HMS incluyen las condiciones iniciales y el tiempo de retraso Lag Time[minutos].

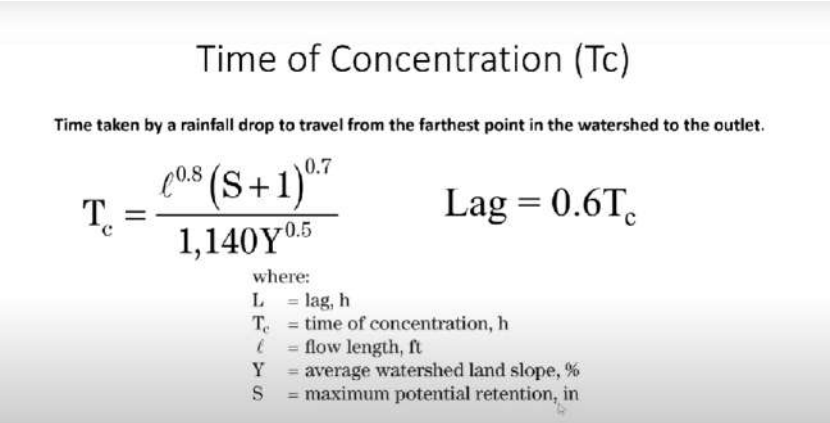



Figura 4: Estimación de Lag Time. Fuente: HEC HMS (2024).

## 6. ANÁLISIS HIDROLÓGICO

### 6.1 PRECIPITACIÓN

Para seleccionar la estación más cercana a la zona se empleó la metodología de polígonos de Thiessen, la cual es implementada para delimitar áreas de influencia de estaciones meteorológicas y obtener la precipitación ponderada que afecta a una zona específica (X. Liu, Ye, Liu, Xie, & Fan, 2015); este método se desarrolla mediante la creación de figuras geométricas regulares, cuyos límites están formados por las bisectrices perpendiculares a las líneas que unen pluviómetros adyacentes (Carlo, Guelfi, & López-vázquez, 2015); para este caso solo se utilizó para determinar las estaciones que tenían influencia directa en la zona de estudio tal como lo muestra la siguiente figura:

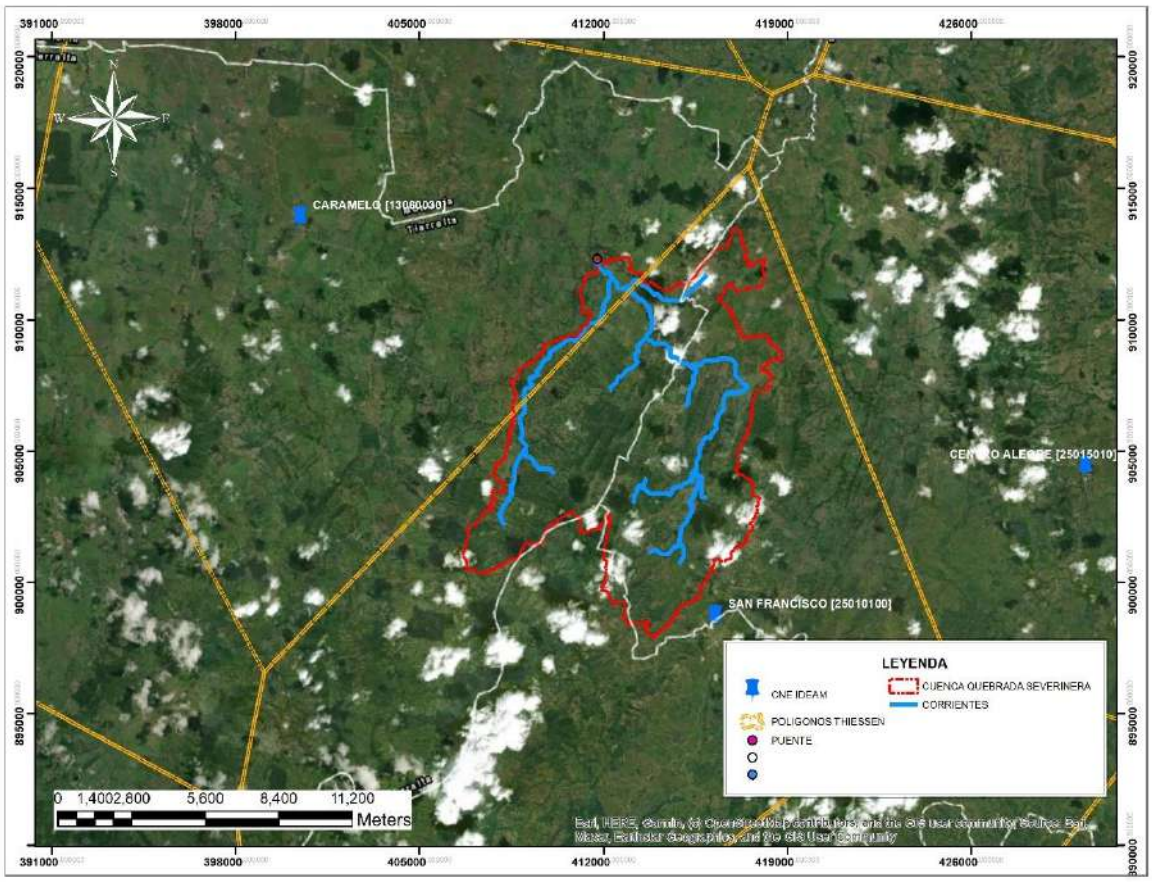



Figura 5: Polígonos de Thiessen de estaciones cercanas a la cuenca de la quebrada Severinera.
Fuente: Elaborado en SIG (2024).

Con base en la figura anterior, se puede apreciar que las estaciones que tienen incidencia directa sobre la cuenca son CARAMELO y SAN FRANCISCO, estando la primera a 3 Km y la segunda a 5 Km del sitio del puente, sin embargo se aprecia que el 90% del área de la cuenca tiene influencia la estación SAN FRANCISCO, por tal razón se escoge esta estación para realizar el análisis hidrológico de la zona, se utilizaron los valores de precipitación total diaria de la estación SAN FRANCISCO, localizada como se muestra a continuación:

Tabla 6: Datos de estación SAN FRANCISCO. Fuente: Catalogo Nacional de estaciones de IDEAM (2024).

| DATOS ESTACIÓN | |
|---|---|
| **CODIGO** | 25010100 |
| **NOMBRE** | SAN FRANCISCO [25010100] |
| **CATEGORIA** | PLUVIOMÉTRICA |
| **ELEVACIÓN (m.s.n.m)** | 160 |
| **LATITUD** | 8.12916667 |
| **LONGITUD** | -75.76 |
| **DEPARTAMENTO** | Córdoba |
| **MUNICIPIO** | Montelíbano |

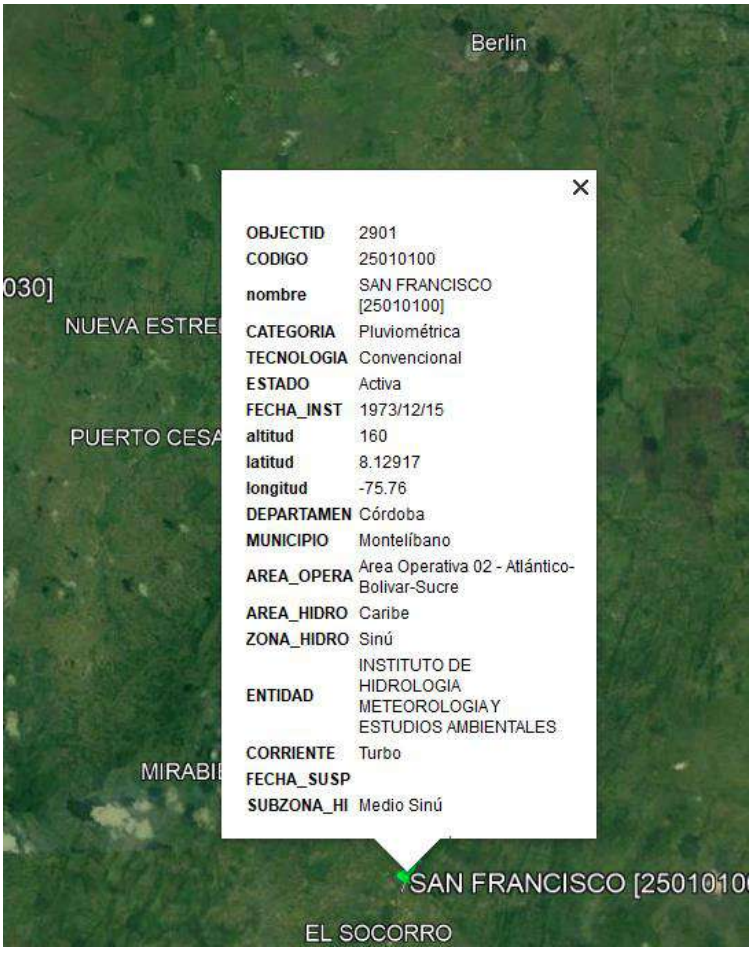



Figura 6: Localización de estaciones climatológicas. Fuente: Catalogo Nacional de estaciones de IDEAM (2024).

## 6.2 VALIDACIÓN ESTADÍSTICA

### 6.2.1 DATOS FALTANTES

Para completar los datos faltantes, se emplea la siguiente formulación:

$$Px = \frac{1}{n}\left[\left(\frac{Nx}{N1}\right)P1 + \left(\frac{Nx}{N1}\right)P2 + \cdots + \left(\frac{Nx}{Nn}\right)Pn\right]$$

Donde N es el número de estaciones pluviométricas con datos de registros continuos cercanas a la estación “x”, la cual será completada en su registro. Px es la precipitación de la estación “X” durante el periodo de tiempo a completar. P1…Pn es la precipitación de la estacione 1 a la n durante el mismo periodo de tiempo que se desea completar. Nx es la precipitación media multianual histórica de la estación “X”.

## 6.3 ANÁLISIS DE DOBLE MASA

Para el estudio se utilizó el análisis de doble masa, este método se aplica para determinar la consistencia de la información de precipitación obtenida, y considera que, para zonas meteorológicas homogéneas de precipitación obtenidos en diferentes puntos para un mismo periodo anual, deben guardar una relación de tal manera que se pueda representar gráficamente. Su metodología se enseña a continuación:

- Se selecciona el periodo en común del grupo de estaciones utilizadas para el estudio
- Se determina la precipitación anual para cada estación; estimando los datos si los tienen.
- Los valores de precipitación anual se deben acumular en orden cronológico, a partir del año más antiguo en común de las estaciones utilizadas, hasta el más reciente, en este caso son 1979 y 2013, respectivamente.
- Se grafican los valores de las precipitaciones acumuladas de cada estación, para determinar la estación patrón.

- Si los puntos en la gráfica presentan una tendencia, es decir, si se puede trazar una recta sin quiebres sobre ellos, significa que son estadísticamente consistentes.
- Si los puntos presentan mucha dispersión, los datos no son estadísticamente significativos y se debe proceder a su eliminación.

En la siguiente tabla se presenta la precipitación anual cada estación y su precipitación anual acumulada:

Tabla 7: Análisis de doble masa. Fuente: Elaboración propia (2024).

| AÑO/MES | TOTALES | ACUMULADO |
|---|---|---|
| 1976 | 1438 | 1438 |
| 1977 | 1879 | 3317 |
| 1978 | 1981 | 5298 |
| 1979 | 1675 | 6973 |
| 1980 | 1804 | 8777.4 |
| 1981 | 2266 | 11043.4 |
| 1982 | 1905 | 12948.4 |
| 1983 | 2011 | 14959.4 |
| 1984 | 1748 | 16707.4 |
| 1985 | 1897 | 18604.4 |
| 1986 | 1407 | 20011 |
| 1987 | 1565 | 21576.1 |
| 1988 | 2091 | 23667.1 |
| 1989 | 1868 | 25535.1 |
| 1990 | 1702 | 27237.1 |
| 1991 | 1902 | 29139.1 |
| 1992 | 1442 | 30581.1 |
| 1993 | 1768 | 32349.1 |
| 1994 | 1441 | 33790.1 |
| 1995 | 1950 | 35740.1 |
| 1996 | 1835 | 37575.1 |
| 1997 | 1827 | 39402.1 |
| 1998 | 1720 | 41122.1 |
| 1999 | 1943 | 43064.6 |
| 2000 | 1608 | 44672.6 |
| 2001 | 1560 | 46232.6 |
| 2002 | 1939 | 48171.6 |
| 2003 | 1887 | 50058.6 |

| AÑO/MES | TOTALES | ACUMULADO |
|---|---|---|
| 2004 | 1670 | 51728.9 |
| 2005 | 2465 | 54193.9 |
| 2006 | 2257 | 56450.4 |
| 2007 | 1856 | 58306.5 |
| 2008 | 1736 | 60042.4 |
| 2009 | 1453 | 61495.4 |
| 2010 | 2819 | 64314.4 |
| 2011 | 2811 | 67124.9 |
| 2012 | 2197 | 69321.9 |
| 2013 | 1325 | 70646.9 |
| 2014 | 1105 | 71751.9 |
| 2015 | 1803 | 73554.9 |
| 2016 | 2071 | 75625.9 |
| 2017 | 3252 | 78877.9 |
| 2018 | 1827 | 80704.9 |
| 2019 | 1544 | 82248.9 |
| 2020 | 1434 | 83682.9 |
| 2021 | 3269 | 86951.9 |

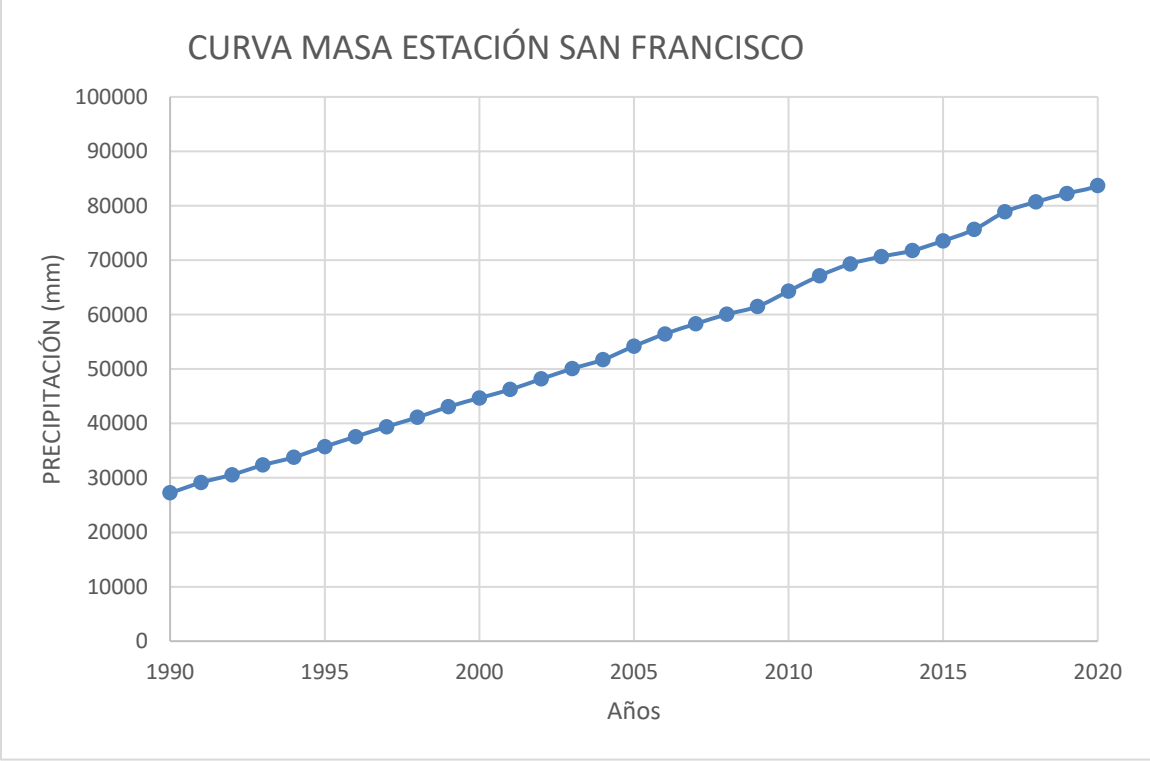



Figura 7: Curva masa de la estación SAN FRANCISCO. Fuente: Elaboración propia (2024).

## 6.4 MÓDULO PLUVIOMÉTRICO

A continuación, se presentan los módulos pluviométricos anuales de las estaciones, entendiéndose por modulo pluviométrico de una estación al promedio aritmético de las precipitaciones anuales registradas.

Se toman los datos comprendidos entre los años 1976 y 2023, el cual es el periodo común para las estaciones.

Tabla 8: Módulos pluviométricos de la zona. Fuente: Elaboración propia (2024).

| **ESTACIÓN** | **SANTA CRUZ HDA** |
|---|---|
| **MODULO PLUVIOMÉTRICO (mm)** | 1890.3 |

Determinado con la siguiente formula:

$$\bar{X} = \frac{\sum P}{n}$$

Donde P es el módulo pluviométrico de las diferentes estaciones y n el número de módulos obtenidos para hacer el promedio.

**NOTA:** La precipitación dada por el IDEAM el municipio de Tierralta está de los 1900 mm/anuales.

## 6.5 PRECIPITACIONES ANUALES

La precipitación es cualquier producto de la condensación del vapor de agua que se deposita en la superficie de la tierra. Ocurre cuando la atmósfera (que es una gran solución gaseosa) se satura con el vapor de agua, y el agua se y cae de la solución, es decir, precipita. El aire a través de dos procesos: por enfriamiento y añadiendo humedad.

En el municipio de Tierralta los valores de precipitación no presentan grandes cambios, lo que contribuye a mantener un factor climático casi homogéneo, con precipitaciones mayores a 1000 mm, a excepción de las cercanías de la zona sur. En las tablas siguientes se muestra el comportamiento de las lluvias a escala anual para la estación SAN FRANCISCO, la cual registra mayores valores de precipitación media anual.

Tabla 9: Comportamiento estadístico de la precipitación para la estación SAN FRANCISCO.
Fuente: Elaboración propia (2024).

| AÑO | PRECIPITACIÓN TOTAL DIARIA (mm) | | |
|---|---|---|---|
| | MÁXIMA | MÍNIMA | TOTAL ANUAL |
| 1976 | 70 | 0 | 1438 |
| 1977 | 127 | 0 | 1879 |
| 1978 | 125 | 0 | 1981 |
| 1979 | 78 | 0 | 1675 |
| 1980 | 170 | 0 | 1804 |
| 1981 | 97 | 0 | 2266 |
| 1982 | 107 | 0 | 1905 |
| 1983 | 158 | 0 | 2011 |
| 1984 | 80 | 0 | 1748 |
| 1985 | 128 | 0 | 1897 |
| 1986 | 99 | 0 | 1407 |
| 1987 | 77 | 0 | 1565 |
| 1988 | 107 | 0 | 2091 |
| 1989 | 82 | 0 | 1868 |
| 1990 | 100 | 0 | 1702 |
| 1991 | 101 | 0 | 1902 |
| 1992 | 65 | 0 | 1442 |
| 1993 | 106 | 0 | 1768 |
| 1994 | 82 | 0 | 1441 |

| AÑO | PRECIPITACIÓN TOTAL DIARIA (mm) | | |
|---|---|---|---|
| | MÁXIMA | MÍNIMA | TOTAL ANUAL |
| 1995 | 133 | 0 | 1950 |
| 1996 | 91 | 0 | 1835 |
| 1997 | 93 | 0 | 1827 |
| 1998 | 150 | 0 | 1720 |
| 1999 | 100 | 0 | 1943 |
| 2000 | 82 | 0 | 1608 |
| 2001 | 109 | 0 | 1560 |
| 2002 | 121 | 0 | 1939 |
| 2003 | 100 | 0 | 1887 |
| 2004 | 99 | 0 | 1670 |
| 2005 | 110 | 0 | 2465 |
| 2006 | 105 | 0 | 2257 |
| 2007 | 84 | 0 | 1856 |
| 2008 | 84 | 0 | 1736 |
| 2009 | 91 | 0 | 1453 |
| 2010 | 96 | 0 | 2819 |
| 2011 | 102 | 0 | 2811 |
| 2012 | 110 | 0 | 2197 |
| 2013 | 110 | 0 | 1325 |
| 2014 | 46 | 0 | 1105 |
| 2015 | 115 | 0 | 1803 |
| 2016 | 145 | 0 | 2071 |
| 2017 | 96 | 0 | 3252 |
| 2018 | 150 | 0 | 1827 |
| 2019 | 105 | 0 | 1544 |
| 2020 | 110 | 0 | 1434 |
| 2021 | 132 | 0 | 3269 |
| **PROMEDIO** | 105 | 0 | 1806 |
| **MÍN** | 65 | 0 | 1407 |
| **MÁX** | 170 | 0 | 2465 |
| **D.E** | 24.96 | 0 | 236.52 |
| **VARIANZA** | 622.63 | 0 | 55937.91 |
| **COEF. ASIMETRIA** | 0.84 | | 0.47 |
| **CURTOSÍS** | 0.54 | | 0.88 |

La desviación estándar obtenida de la dispersión de los datos respecto al valor promedio, y el coeficiente de variación representa el grado de variabilidad de la desviación respecto a la media, debido a que los valores obtenidos de C.V. son inferiores a 30% (bajo), es válido decir que los valores de precipitación son homogéneos.

Tabla 10: Análisis estadístico mensual multianual de la estación SAN FRANCISCO. Fuente: Elaboración propia (2024).

| AÑO/MES | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **1976** | 3 | 35 | 18 | 107 | 98 | 288 | 195 | 170 | 202 | 212 | 55 | 55 |
| **1977** | 34 | 5 | 6 | 69 | 458 | 405 | 290 | 193 | 219 | 140 | 35 | 25 |
| **1978** | 12 | 5 | 181 | 97 | 146 | 258 | 254 | 346 | 155 | 252 | 192 | 83 |
| **1979** | 1 | 28 | 45 | 197 | 305 | 266 | 89 | 165 | 283 | 199 | 33 | 64 |
| **1980** | 14.4 | 31 | 9 | 134 | 343 | 99 | 486 | 281 | 138 | 118 | 28 | 123 |
| **1981** | 25 | 89 | 92 | 176 | 329 | 242 | 368 | 217 | 395 | 175 | 110 | 48 |
| **1982** | 81 | 46 | 68 | 367 | 157 | 230 | 297 | 84 | 262 | 279 | 14 | 20 |
| **1983** | 0 | 48 | 14 | 215 | 268 | 352 | 341 | 289 | 204 | 211 | 45 | 24 |
| **1984** | 37 | 155 | 4 | 108 | 176 | 271 | 258 | 265 | 265 | 151 | 42 | 16 |
| **1985** | 0 | 46 | 22 | 50 | 206 | 339 | 436 | 202 | 384 | 164 | 39 | 9 |
| **1986** | 20 | 12 | 51 | 204 | 127 | 351.1 | 86 | 180 | 127.1 | 134.3 | 98.1 | 16 |
| **1987** | 58 | 28 | 8 | 162.1 | 140 | 159 | 140 | 297 | 189 | 119 | 190 | 75 |
| **1988** | 3 | 30 | 11 | 176 | 180 | 297 | 363 | 275 | 263 | 190 | 236 | 67 |
| **1989** | 85 | 50 | 115 | 173 | 263 | 252 | 173 | 191 | 143 | 368 | 55 | 0 |
| **1990** | 50 | 47 | 104 | 125 | 418 | 135 | 127 | 287 | 176 | 140 | 93 | 0 |
| **1991** | 8 | 49 | 88 | 199 | 366 | 179 | 249 | 212 | 337 | 132 | 78 | 5 |
| **1992** | 56 | 57 | 0 | 114 | 234 | 167 | 297 | 120 | 165 | 111 | 115 | 6 |
| **1993** | 19 | 0 | 71 | 85 | 158 | 69 | 430 | 154 | 251 | 171 | 352 | 8 |
| **1994** | 10 | 0 | 19 | 99 | 269 | 164 | 120 | 408 | 102 | 128 | 90 | 32 |
| **1995** | 28 | 3 | 34 | 153 | 182 | 358 | 350 | 232 | 279 | 281 | 50 | 0 |
| **1996** | 46 | 115 | 97 | 130 | 253 | 271 | 0 | 329 | 299 | 154 | 106 | 35 |
| **1997** | 0 | 33 | 0 | 89 | 256 | 370 | 253 | 137 | 239 | 249 | 201 | 0 |
| **1998** | 2 | 9 | 102 | 66 | 306 | 156 | 202 | 327 | 99 | 158 | 151 | 142 |
| **1999** | 16 | 137 | 43 | 293 | 180.5 | 257 | 186 | 301 | 101 | 133 | 197 | 98 |
| **2000** | 43 | 14 | 14 | 166 | 211 | 180 | 240 | 185 | 261 | 212 | 24 | 58 |
| **2001** | 17 | 0 | 6 | 128 | 119 | 203 | 116 | 243 | 241 | 295 | 161 | 31 |
| **2002** | 27 | 22 | 101 | 253 | 161 | 296 | 238 | 194 | 183 | 132 | 268 | 64 |
| **2003** | 1 | 52 | 49 | 251 | 346 | 177 | 96 | 479 | 130 | 172 | 133 | 1 |
| **2004** | 0 | 0 | 0 | 118 | 223 | 300 | 198.3 | 188 | 285 | 82 | 213 | 63 |
| **2005** | 80 | 3 | 25 | 232 | 356 | 542 | 309 | 140 | 103 | 350 | 295 | 30 |
| **2006** | 23 | 35 | 99 | 111 | 398 | 335 | 381 | 335 | 154 | 193.5 | 89 | 103 |
| **2007** | 0 | 1 | 84 | 106 | 176 | 377 | 235 | 276 | 169 | 233 | 198.1 | 1 |
| **2008** | 52 | 22 | 66 | 61 | 160 | 144 | 137 | 187 | 356 | 391.9 | 104 | 55 |
| **2009** | 20 | 21 | 34 | 87 | 120 | 233 | 289 | 209 | 234 | 155 | 25 | 26 |
| **2010** | 0 | 11 | 111 | 297 | 226 | 332 | 246 | 236 | 327 | 316 | 380 | 337 |
| **2011** | 4 | 75 | 55.7 | 398 | 430 | 360.8 | 332 | 244 | 472 | 85 | 268 | 86 |
| **2012** | 26 | 0 | 141 | 274 | 358 | 262 | 324 | 192 | 258 | 264 | 82 | 16 |

| AÑO/MES | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 2013 | 0 | 0 | 134 | 121 | 59 | 122 | 160 | 261 | 203 | 180 | 77 | 8 |
| 2014 | 36 | 25 | 24 | 168 | 43 | 286 | 82 | 141 | 74 | 139 | 66 | 21 |
| 2015 | 2 | 0 | 5 | 121 | 94 | 210 | 182 | 440 | 297 | 230 | 204 | 18 |
| 2016 | 0 | 0 | 0 | 73 | 397 | 217 | 208 | 262 | 355 | 245 | 188 | 126 |
| 2017 | 11 | 8 | 352 | 390 | 286 | 249 | 727 | 339 | 255 | 439 | 113 | 83 |
| 2018 | 60 | 0 | 86 | 128 | 247 | 281 | 192 | 381 | 334 | 58 | 51 | 9 |
| 2019 | 0 | 0 | 42 | 95 | 364 | 248 | 160 | 238 | 139 | 99 | 109 | 50 |
| 2020 | 4 | 0 | 0 | 35 | 100 | 155 | 192 | 86 | 312 | 266 | 245 | 39 |
| 2021 | 130 | 4 | 160 | 140 | 145 | 303 | 344 | 838 | 564 | 374 | 187 | 80 |
| | | | | | | | | | | | | |
| TOTALES | 1144.40 | 1351.00 | 2790.70 | 7341.10 | 10837.50 | 11747.90 | 11378.30 | 11756.00 | 10983.10 | 9280.70 | 6085.20 | 2256.00 |
| MEDIA | 24.88 | 29.37 | 60.67 | 159.59 | 235.60 | 255.39 | 247.36 | 255.57 | 238.77 | 201.76 | 132.29 | 49.05 |
| MODA | 0 | 0 | 0 | 176 | 176 | 271 | 297 | #N/D | #N/D | 212 | 55 | 0 |
| DESVIACIÓN ESTANDAR | 28.85 | 36.27 | 65.13 | 87.66 | 107.04 | 91.59 | 127.73 | 123.86 | 102.78 | 88.62 | 91.32 | 57.39 |
| VARIANZA | 814.15 | 1286.5 | 4148.94 | 7516.6 | 11207.4 | 8204.61 | 15959.1 | 15007.56 | 10332.5 | 7681.35 | 8156.56 | 3221.09 |
| CURTOSIS | 2.84 | 3.65 | 7.75 | 1.01 | -0.87 | 0.84 | 3.21 | 10.04 | 1.07 | 0.19 | 0.12 | 13.41 |
| ASIMETRÍA | 1.6 | 1.86 | 2.22 | 1.19 | 0.29 | 0.44 | 1.16 | 2.46 | 0.81 | 0.84 | 0.85 | 3.03 |
| MÍNIMO | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 35.00 | 43.00 | 69.00 | 0.00 | 84.00 | 74.00 | 58.00 | 14.00 | 0.00 |
| MÁXIMO | 130.00 | 155.00 | 352.00 | 398.00 | 458.00 | 542.00 | 727.00 | 838.00 | 564.00 | 439.00 | 380.00 | 337.00 |

## 6.6 VARIABILIDAD TEMPORAL.

Para el registro de precipitación de se observa que a escala anual las lluvias no presentan gran variabilidad de un año a otro, presentando coeficientes de variación de (19.80%), lo que indica que no hay cambios marcados entre años y húmedos.

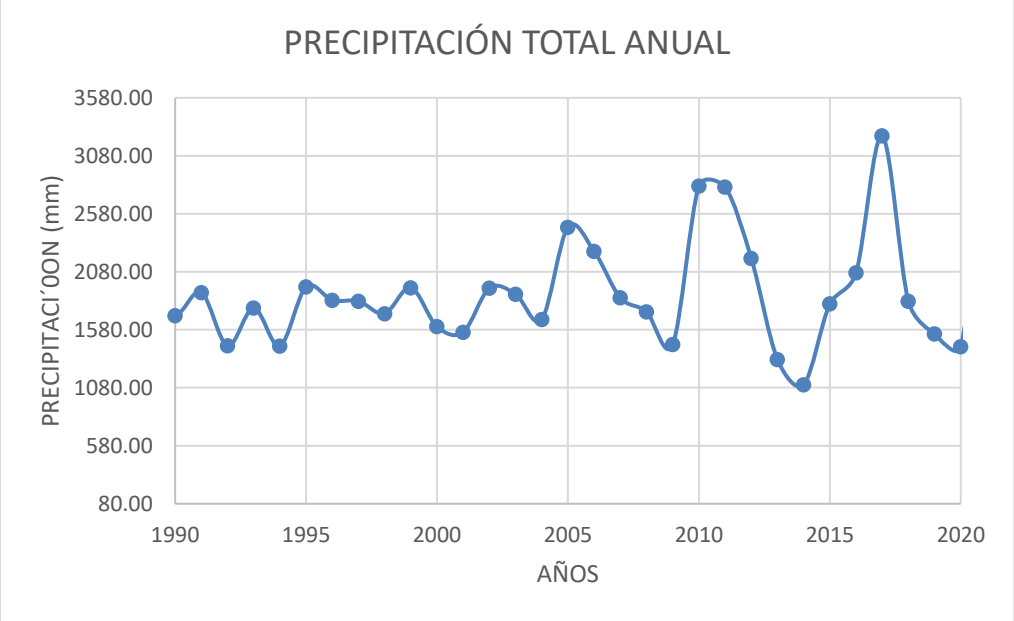



Figura 8: Histograma de precipitaciones totales anuales, estación SAN FRANCISCO. Fuente: Elaboración propia (2024).

## 6.7 PRECIPITACIÓN MEDIA MENSUAL

El comportamiento de las lluvias promedio mensual en las estaciones fluctúa entre 0.00 mm y 300.00 mm, tal como lo muestra la siguiente figura:

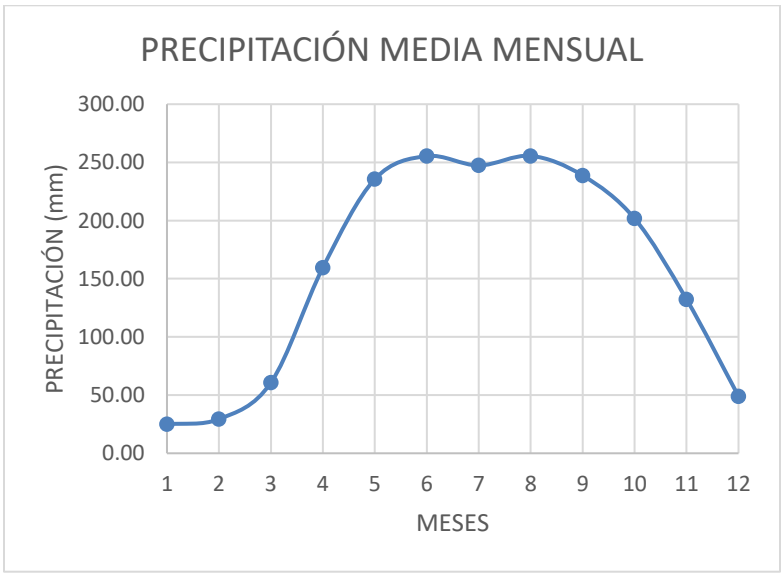



Figura 9: Precipitaciones mensuales multianuales, estación SAN FRANCISCO. Fuente: Elaboración propia (2024).

Como característica general de la región se aprecia un periodo de lluvia entre mayo y octubre y un periodo seco de diciembre a marzo.

## 6.8 VARIABILIDAD TEMPORAL

Las variaciones de la precipitación mensual están marcadas por climatología general de la región, dada a la ubicación de esta cuenca, el régimen se encuentra regulado un poco más por el clima caribeño, el cual tiene más influencia en la zona media y baja de la cuenca de la quebrada Severinera. La zona anualmente está controlada por el movimiento cíclico de la Zona de Convergencia Intertropical (ZCIT) (Poveda, 1998).

En resumen, la interacción entre la zona de convergencia intertropical y la orografía en la cuenca, son los principales mecanismos que controlan la climatología de la cuenca de la quebrada Severinera y por ende de la zona de estudio. Sin embargo, las variaciones interanuales y las anomalías climáticas podrían estar alteradas por el ENSO (El Niño, Oscilación del Sur) y la Oscilación del Atlántico Norte (NAO). El ciclo anual de la precipitación presenta un régimen casi unimodal, con valores mínimos de enero a febrero, y valores máximos entre los meses mayo, agosto y septiembre.

## 6.9 ANÁLISIS DE FRECUENCIA: PRECIPITACIÓN

A continuación, se presenta el análisis de frecuencia de precipitaciones máximas en 24 horas anuales de la estación SAN FRANCISCO, empleando los diferentes modelos de distribución:

Tabla 11: Probabilidades para precipitaciones máx en 24 h anuales estación SAN FRANCISCO.

Fuente: Elaboración propia (2024).

| AÑO | PRECIPITACIÓN | P ORDENADA | m | N | PROBABILIDADES DE OCURRENCIA (P) | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | CALIFORNIA | HAZEN | WEIBULL | CHEGODAYEV | BLOM | TURKEY | GRINGORTON |
| 1976 | 70.00 | 170.00 | 1 | 46 | 2.2% | 1.1% | 2.1% | 1.5% | 1.4% | 1.4% | 1.3% |
| 1977 | 127.00 | 158.00 | 2 | | 4.3% | 3.3% | 4.3% | 3.7% | 3.6% | 3.6% | 3.5% |
| 1978 | 125.00 | 150.00 | 3 | | 6.5% | 5.4% | 6.4% | 5.8% | 5.7% | 5.8% | 5.6% |
| 1979 | 78.00 | 150.00 | 4 | | 8.7% | 7.6% | 8.5% | 8.0% | 7.9% | 7.9% | 7.8% |
| 1980 | 170.00 | 145.00 | 5 | | 10.9% | 9.8% | 10.6% | 10.1% | 10.1% | 10.1% | 10.0% |
| 1981 | 97.00 | 133.00 | 6 | | 13.0% | 12.0% | 12.8% | 12.3% | 12.3% | 12.2% | 12.1% |
| 1982 | 107.00 | 132.00 | 7 | | 15.2% | 14.1% | 14.9% | 14.4% | 14.5% | 14.4% | 14.3% |
| 1983 | 158.00 | 128.00 | 8 | | 17.4% | 16.3% | 17.0% | 16.6% | 16.7% | 16.5% | 16.5% |
| 1984 | 80.00 | 127.00 | 9 | | 19.6% | 18.5% | 19.1% | 18.8% | 18.9% | 18.7% | 18.6% |
| 1985 | 128.00 | 125.00 | 10 | | 21.7% | 20.7% | 21.3% | 20.9% | 21.0% | 20.9% | 20.8% |
| 1986 | 99.00 | 121.00 | 11 | | 23.9% | 22.8% | 23.4% | 23.1% | 23.2% | 23.0% | 23.0% |
| 1987 | 77.00 | 115.00 | 12 | | 26.1% | 25.0% | 25.5% | 25.2% | 25.4% | 25.2% | 25.2% |
| 1988 | 107.00 | 110.00 | 13 | | 28.3% | 27.2% | 27.7% | 27.4% | 27.6% | 27.3% | 27.3% |
| 1989 | 82.00 | 110.00 | 14 | | 30.4% | 29.3% | 29.8% | 29.5% | 29.8% | 29.5% | 29.5% |
| 1990 | 100.00 | 110.00 | 15 | | 32.6% | 31.5% | 31.9% | 31.7% | 32.0% | 31.7% | 31.7% |
| 1991 | 101.00 | 110.00 | 16 | | 34.8% | 33.7% | 34.0% | 33.8% | 34.2% | 33.8% | 33.8% |
| 1992 | 65.00 | 109.00 | 17 | | 37.0% | 35.9% | 36.2% | 36.0% | 36.3% | 36.0% | 36.0% |
| 1993 | 106.00 | 107.00 | 18 | | 39.1% | 38.0% | 38.3% | 38.1% | 38.5% | 38.1% | 38.2% |
| 1994 | 82.00 | 107.00 | 19 | | 41.3% | 40.2% | 40.4% | 40.3% | 40.7% | 40.3% | 40.3% |
| 1995 | 133.00 | 106.00 | 20 | | 43.5% | 42.4% | 42.6% | 42.5% | 42.9% | 42.4% | 42.5% |
| 1996 | 91.00 | 105.00 | 21 | | 45.7% | 44.6% | 44.7% | 44.6% | 45.1% | 44.6% | 44.7% |
| 1997 | 93.00 | 105.00 | 22 | | 47.8% | 46.7% | 46.8% | 46.8% | 47.3% | 46.8% | 46.8% |
| 1998 | 150.00 | 102.00 | 23 | | 50.0% | 48.9% | 48.9% | 48.9% | 49.5% | 48.9% | 49.0% |
| 1999 | 100.00 | 101.00 | 24 | | 52.2% | 51.1% | 51.1% | 51.1% | 51.6% | 51.1% | 51.2% |
| 2000 | 82.00 | 100.00 | 25 | | 54.3% | 53.3% | 53.2% | 53.2% | 53.8% | 53.2% | 53.3% |
| 2001 | 109.00 | 100.00 | 26 | | 56.5% | 55.4% | 55.3% | 55.4% | 56.0% | 55.4% | 55.5% |
| 2002 | 121.00 | 100.00 | 27 | | 58.7% | 57.6% | 57.4% | 57.5% | 58.2% | 57.6% | 57.7% |
| 2003 | 100.00 | 99.00 | 28 | | 60.9% | 59.8% | 59.6% | 59.7% | 60.4% | 59.7% | 59.8% |
| 2004 | 99.00 | 99.00 | 29 | | 63.0% | 62.0% | 61.7% | 61.9% | 62.6% | 61.9% | 62.0% |
| 2005 | 110.00 | 97.00 | 30 | | 65.2% | 64.1% | 63.8% | 64.0% | 64.8% | 64.0% | 64.2% |
| 2006 | 105.00 | 96 | 31 | | 67.4% | 66.3% | 66.0% | 66.2% | 66.9% | 66.2% | 66.3% |
| 2007 | 84.00 | 96 | 32 | | 69.6% | 68.5% | 68.1% | 68.3% | 69.1% | 68.3% | 68.5% |
| 2008 | 84.00 | 93 | 33 | | 71.7% | 70.7% | 70.2% | 70.5% | 71.3% | 70.5% | 70.7% |
| 2009 | 91.00 | 91 | 34 | | 73.9% | 72.8% | 72.3% | 72.6% | 73.5% | 72.7% | 72.9% |
| 2010 | 96.00 | 91 | 35 | | 76.1% | 75.0% | 74.5% | 74.8% | 75.7% | 74.8% | 75.0% |
| 2011 | 102.00 | 84 | 36 | | 78.3% | 77.2% | 76.6% | 76.9% | 77.9% | 77.0% | 77.2% |
| 2012 | 110.00 | 84 | 37 | | 80.4% | 79.3% | 78.7% | 79.1% | 80.1% | 79.1% | 79.4% |
| 2013 | 110.00 | 82 | 38 | | 82.6% | 81.5% | 80.9% | 81.3% | 82.2% | 81.3% | 81.5% |

| AÑO | PRECIPITACIÓN | P ORDENADA | m | N | PROBABILIDADES DE OCURRENCIA (P) | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | CALIFORNIA | HAZEN | WEIBULL | CHEGODAYEV | BLOM | TURKEY | GRINGORTON |
| 2014 | 46.00 | 82 | 39 | | 84.8% | 83.7% | 83.0% | 83.4% | 84.4% | 83.5% | 83.7% |
| 2015 | 115.00 | 82 | 40 | | 87.0% | 85.9% | 85.1% | 85.6% | 86.6% | 85.6% | 85.9% |
| 2016 | 145.00 | 80 | 41 | | 89.1% | 88.0% | 87.2% | 87.7% | 88.8% | 87.8% | 88.0% |
| 2017 | 96.00 | 78 | 42 | | 91.3% | 90.2% | 89.4% | 89.9% | 91.0% | 89.9% | 90.2% |
| 2018 | 150.00 | 77 | 43 | | 93.5% | 92.4% | 91.5% | 92.0% | 93.2% | 92.1% | 92.4% |
| 2019 | 105.00 | 70 | 44 | | 95.7% | 94.6% | 93.6% | 94.2% | 95.4% | 94.2% | 94.5% |
| 2020 | 110.00 | 65 | 45 | | 97.8% | 96.7% | 95.7% | 96.3% | 97.5% | 96.4% | 96.7% |
| 2021 | 132.00 | 46 | 46 | | 100.0% | 98.9% | 97.9% | 98.5% | 99.7% | 98.6% | 98.9% |

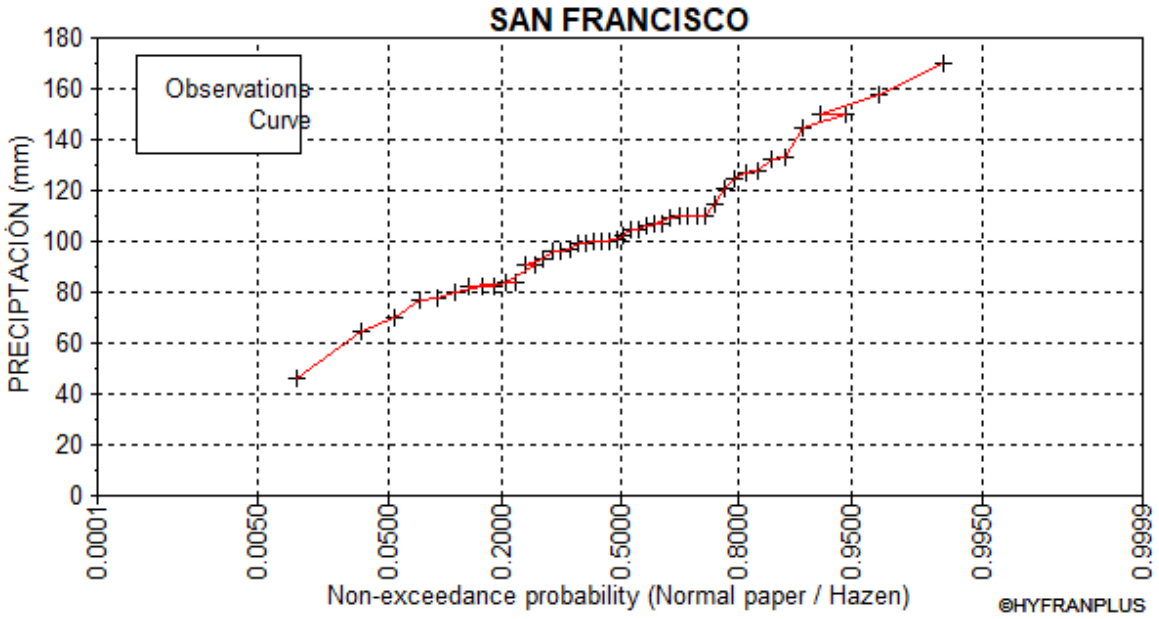



Figura 10:Ajustes de distribución de probabilidad, estación SAN FRANCISCO. Fuente: Elaboración propia (2024).

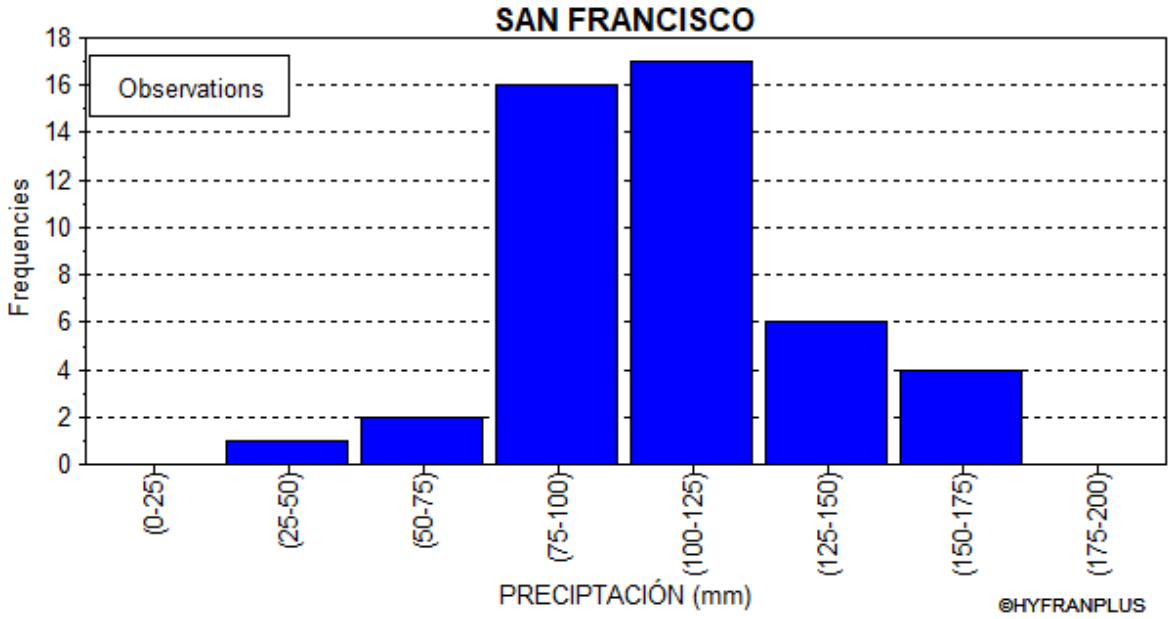



Figura 11: Histograma de frecuencias estación SAN FRANCISCO. Fuente: Elaboración propia (2024).}

### 6.9.1 ANÁLISIS DE DISTRIBUCIÓN DE AVENIDAS MÁXIMAS

Este análisis es un procedimiento para estimar la frecuencia de ocurrencia de eventos pasados o futuros, se realiza calculando el factor de frecuencia empleando diferentes métodos para finalmente escoger el método con el mejor ajuste de las distribuciones de probabilidades. Los valores máximos en hidrología de drenaje (precipitación o caudales), deben ser tratados a través de distribuciones probabilísticas. Aunque existen numerosas distribuciones de probabilidad para valores máximos, es muy común en hidrología utilizar para estos valores las distribuciones de probabilidad Gumbel (escuela europea) y log-Pearson Tipo III (escuela americana). (Invias, 2009).

### 6.9.2 DISTRIBUCIÓN GUMBEL

La distribución Gumbel se usa para el cálculo de variables meteorológicas, entre ellas precipitaciones y caudales máximos, teniendo buenos resultados (Aparicio, 1992). La función de distribución que representa esta distribución es:

$$F(x) = e^{-e^{-\alpha(x-\beta)}}$$

La función de densidad de densidad de probabilidad es:

$$F(x) = \alpha e^{[-\alpha(x-\beta)-e^{-\alpha(x-\beta)}]}$$

Donde α y β son parámetros de la función y se estiman de la siguiente forma:

$$\alpha = \frac{1.2825}{S}$$
$$\beta = \bar{x} - 0.45\,S$$

La función teórica de probabilidad de Gumbel posee un coeficiente de asimetría o sesgo Cs igual 1.139. Esto significa que, si los datos de una muestra se ajustan a esta distribución, su coeficiente de asimetría debe estar cercano a este valor. Para el caso de esta distribución de probabilidad de Gumbel, para calcular la recta de mejor ajuste de los datos históricos, en el método de momentos se utilizan las características estadísticas de la muestra, como media y desviación típica, y se relacionan con la variable original y la variable reducida mediante una ecuación (que, a su vez, está ligada a la probabilidad) para el cálculo de la recta de mejor ajuste, la cual es graficada en papel probabilístico. (Invias, 2009).

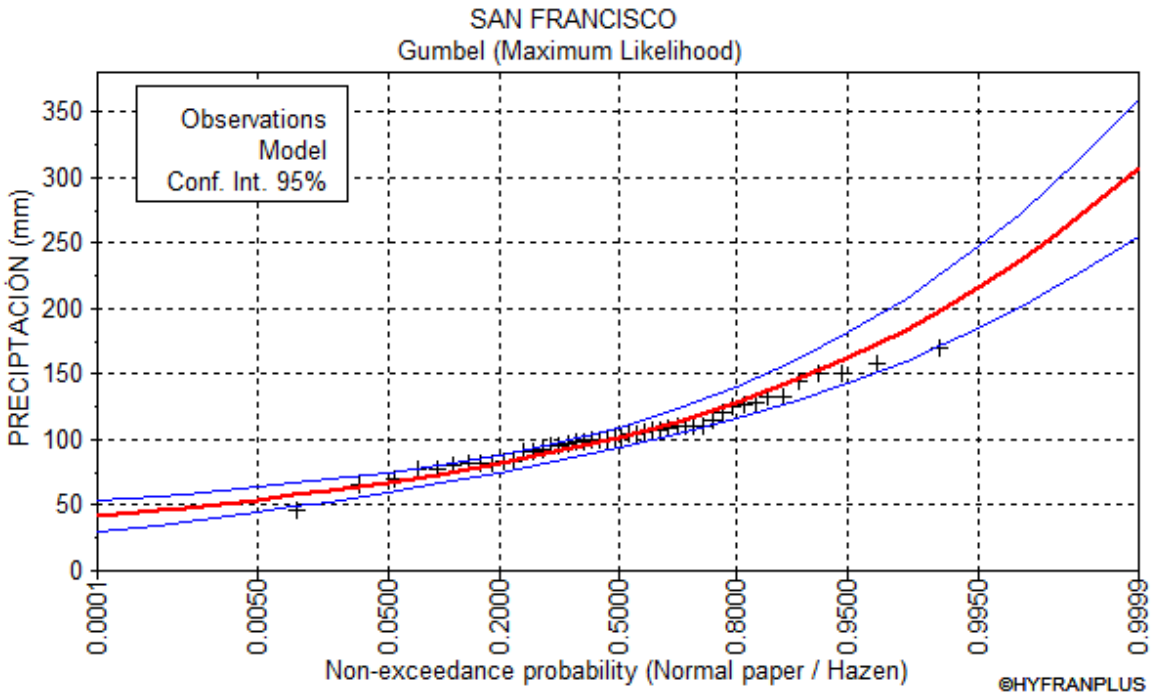



Figura 12: Probabilidad de ajuste tipo Gumbell. Fuente: Elaboración en HyFranPlus (2024).

### 6.9.3 DISTRIBUCIÓN DE PROBABILIDAD PEARSON TIPO III

Esta distribución ha sido una de las más utilizadas en hidrología. Como la mayoría de las variables hidrológicas son sesgadas, la función Pearson se utiliza para ajustar la distribución de frecuencia de variables tales como crecientes máximas anuales, Caudales mínimos, Volúmenes de flujo anuales y estacionales, valores de precipitaciones extremas y volúmenes de lluvia de corta duración. (Aparicio, 1992). Esta función se define como:

$$F(x) = \frac{1}{\alpha_1(\beta_1)}\left\{\frac{x-\delta_1}{\alpha_1}\right\}^{\beta_1-1} e^{-\frac{x-\beta_1}{\alpha_1}}$$

Donde α, β, δ son parámetros de la función de probabilidad.

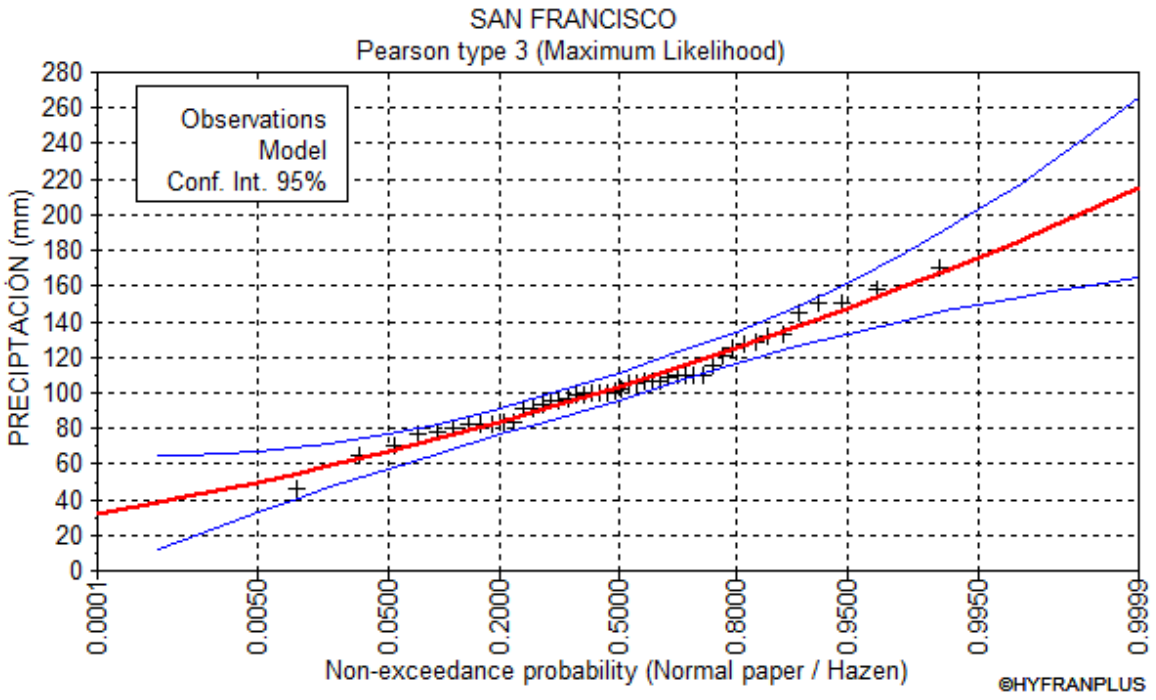



Figura 13: Probabilidad de ajuste tipo Pearson Type 3. Fuente: Elaboración en HyFranPlus (2024).

### 6.9.4 DISTRIBUCIÓN DE PROBABILIDAD LOG PEARSON TIPO III

Esta distribución es ampliamente usada en el mundo para el análisis de frecuencia de Caudales máximos. Esta se trabaja igual que para la Pearson Tipo III pero con Xy y Sy como la media y desviación estándar de los logaritmos de la variable original X (Aparicio, 1992).

$$F(x) = \frac{\lambda^{\beta}(y-\epsilon)^{\beta-1}e^{-\lambda(y-e)}}{xr(\beta)}$$

Donde:

$$y = \log x$$

$$\log x \geq \epsilon$$

$$\lambda = \frac{S_y}{\sqrt{\beta}}$$

$$\beta = \left[\frac{2}{C_s(y)}\right]^2$$

$$\epsilon = \bar{y} - S_y\sqrt{\beta}$$

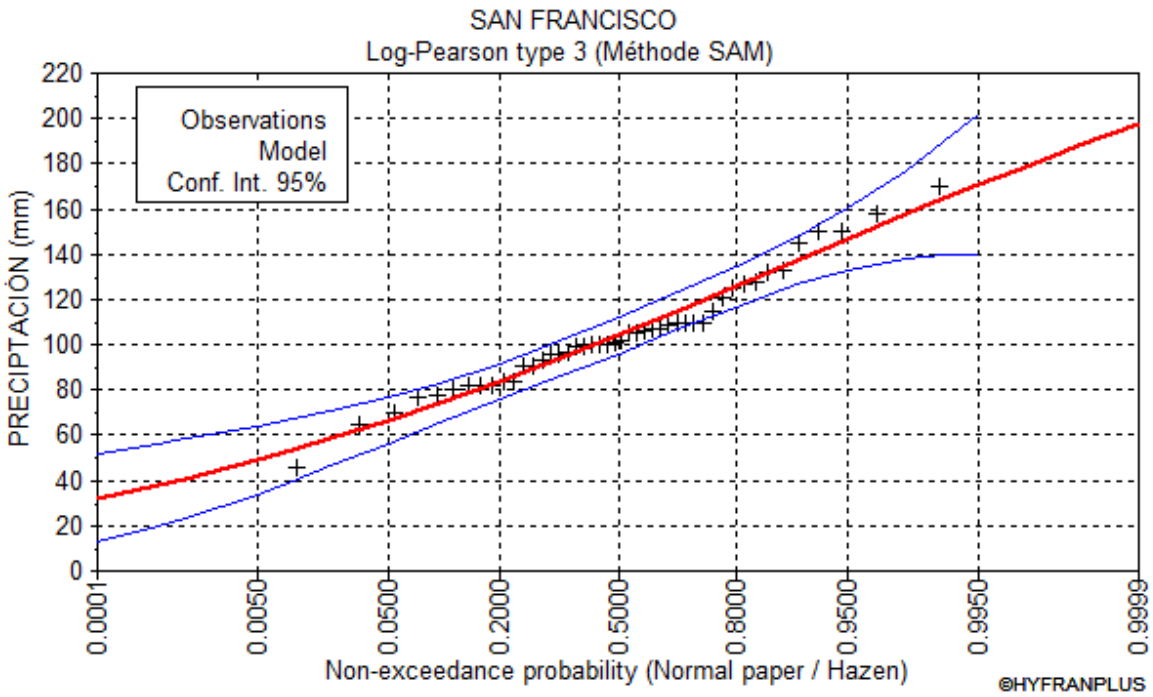



Figura 14: Probabilidad de ajuste tipo LogPearson Type 3. Fuente: Elaboración en HyFranPlus (2024).

### 6.9.5 DISTRIBUCIÓN NORMAL

Este tipo de distribución establece que si una secuencia de variables aleatorias *X* son independientes y están idénticamente distribuidas con media (μ) y varianza; entonces la distribución de la suma de N de esas variables aleatorias, tienden a la distribución normal. (Aparicio, 1992).

$$F(x) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{\left(-\frac{(x-\mu)^2}{2\sigma^2}\right)}$$

Donde: X son los datos de caudal, μ es el valor promedio, σes la varianza de la serie de datos.

Para que el grupo de datos se ajuste a la distribución Normal se deben cumplir las siguientes condiciones:

- Las probabilidades deben ser estables
- Los valores consecutivos deben ser independientes
- La variable debe ser continua.

### 6.9.6 DISTRIBUCIÓN LOG-NORMAL DE 3 PARÁMETROS

La distribución Log-Normal se puede aplicar si la variable aleatoria esta normalmente distribuida, se aplica a variables hidrológicas formadas como productos de otras variables. (Aparicio, 1992).

$$F(x) = \frac{1}{x\sigma\sqrt{2\pi}} e^{\left(-\frac{(y-\mu_y)^2}{2\sigma_y{}^2}\right)}$$

Donde: y es el logaritmo natural de la serie; x es la serie registrada y μ es la varianza de datos en Y.

Algunas limitaciones de este tipo de distribución son que solamente tiene dos parámetros y por otro lado que requiere que los logaritmos de los datos sean

simétricos alrededor de su media.

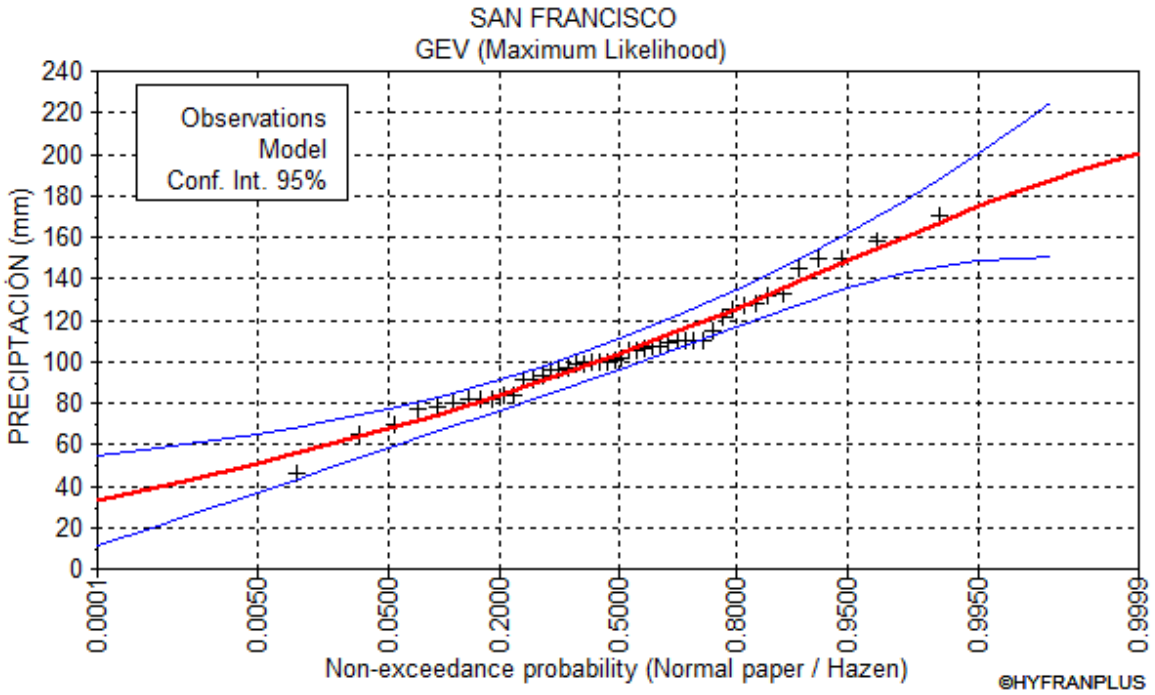



Figura 15: Probabilidad de ajuste tipo GEV. Fuente: Elaboración en HyFranPlus (2024).

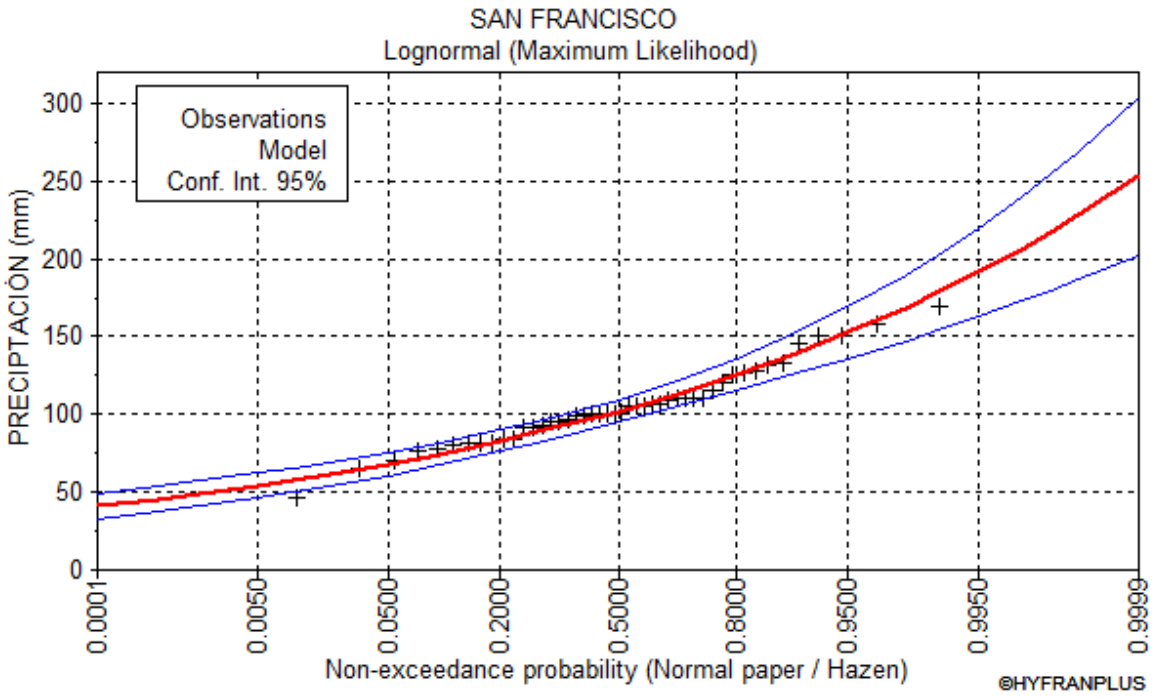



Figura 16: Probabilidad de ajuste tipo LOG Normal. Fuente: Elaboración en HyFranPlus (2024).

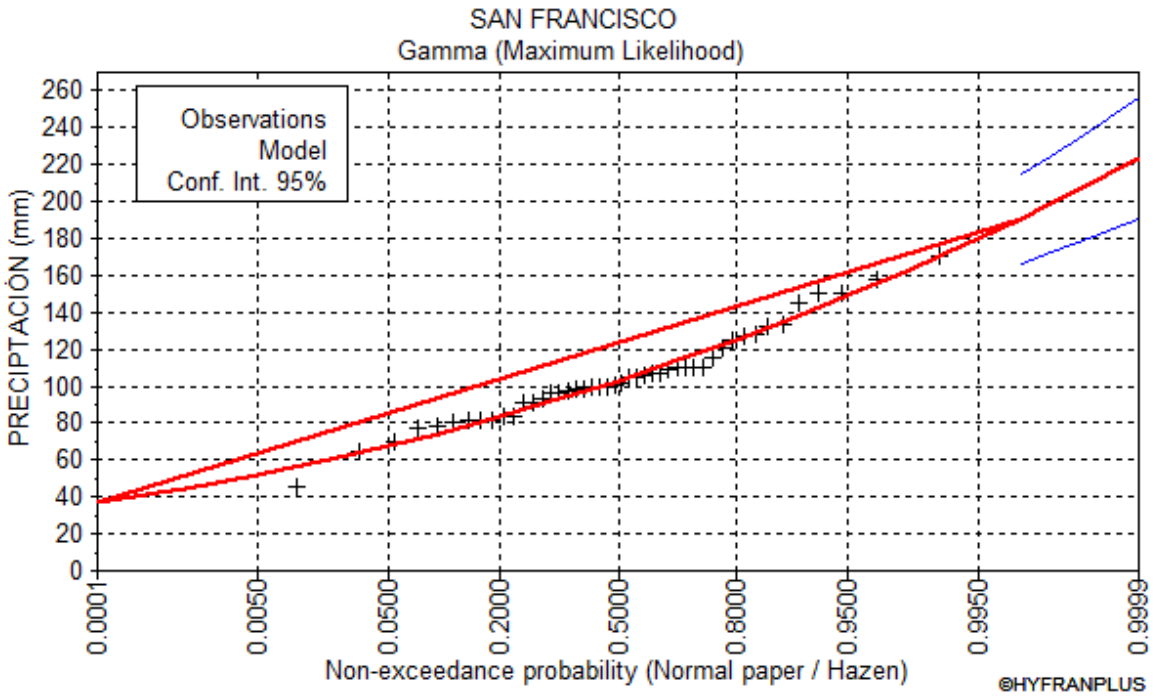



Figura 17: Probabilidad de ajuste tipo Gamma. Fuente: Elaboración en HyFranPlus (2024).

## 6.10 CRITERIO DE INFORMACIÓN DE AKAIKE

Tradicionalmente el proceso de construcción de un modelo para una serie temporal se basa en la utilización de un conjunto de prueba de hipótesis que van a permitir ir definiendo paso a paso el modelo que mejor se ajusta. Pero los contrastes estadísticos formales pierden su significado cuando no conocemos exactamente el mecanismo que ha generado los datos, ni la forma funcional con que intervienen las variables en el modelo, ni tampoco los desfases temporales que pueden existir, además no debemos olvidar que la elección del nivel de significación es puramente subjetiva.

Akaike (1974) propone estudiar el problema de la identificación desde la perspectiva de la teoría de la decisión estadística, lo que traslada el problema del ajuste de un modelo a la elección de la función de pérdida más adecuada. La solución dada por Akaike es elegir la función de pérdida (o criterio de especificación) el mínimo del criterio de información AIC, que simboliza por MAICE. Este criterio, definido por Akaike (1973) como" An Information Criterion", se basa en la medida de información

de Kullback-Leibler (1951), la cual permite interpretar la distancia entre dos distribuciones (la observada a partir de la muestra y la teórica) a partir de la log-verosimilitud de un modelo. El cálculo del AIC se realiza a partir de la siguiente expresión:

$$AIC = 2k - 2\ln(L)$$

Donde k es el número de parámetros y L el valor máximo en la función de verosimilitud (Maximum likelihood). Por lo tanto, AIC mide la bondad de ajuste a partir de la máxima verosimilitud del modelo, y la complejidad a partir el número de parámetros. La verosimilitud, p(y|θk), es la probabilidad de los datos condicionada a los k parámetros del modelo. Esta es una medida inversa a la suma de las distancias euclídeas de cada uno de los datos al modelo. Existe un único conjunto de valores de los parámetros que maximiza la función de verosimilitud (= que minimiza la suma de distancias euclídeas de los datos al modelo). Por lo tanto, cuanto más alto sea el valor de máxima verosimilitud mejor ajustado estará el modelo a los datos. Esto depende tanto de la forma del modelo como del grado de dispersión de los datos.

Tabla 12: Ajustes de distribución de probabilidad. Fuente: Elaboración propia (2024).

| TR | LOG PEARSON | PEARSON | GAMMA | LOG NORMAL | GEV | GUMBEL |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 500 | 178 | 186 | 191 | 206 | 182 | 237 |
| 100 | 164 | 168 | 171 | 191 | 168 | 200 |
| 50 | 157 | 160 | 162 | 180 | 160 | 184 |
| 25 | 147 | 148 | 149 | 169 | 148 | 162 |
| 10 | 137 | 137 | 138 | 153 | 138 | 145 |
| 5 | 126 | 125 | 125 | 140 | 126 | 128 |
| 3 | 115 | 115 | 114 | 125 | 114 | 114 |
| 2.3 | 104 | 104 | 103 | 113 | 103 | 102 |

En la siguiente tabla se presentan los resultados criterio de información de akaike para escoger la mejor distribución de probabilidad:

Tabla 13: Prueba de criterio de información de Akaike. Fuente: Elaboración propia (2024).

| MODELO | Nb Param | Xt | P(Mi) | P (Mi \| x) | BIC | AIC |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Lognormal | 2 | 180.125 | 20 | 46.19 | 433.052 | 429.395 |
| GEV | 2 | 167.868 | 20 | 13.88 | 435.456 | 429.97 |
| Pearson type 3 | 2 | 168.219 | 20 | 13.27 | 435.546 | 430.06 |
| Log-Pearson type 3 | 2 | 164.452 | 20 | 10.1 | 436.092 | 430.607 |
| Gumbel | 2 | 199.937 | 20 | 16.56 | 435.104 | 431.447 |

De acuerdo con los resultados de la prueba de bondad de ajuste, la distribución Gumbel presenta mayor valor, debido a que este se acerca más a los datos de la estación para periodos de retorno mayores a 10 años.

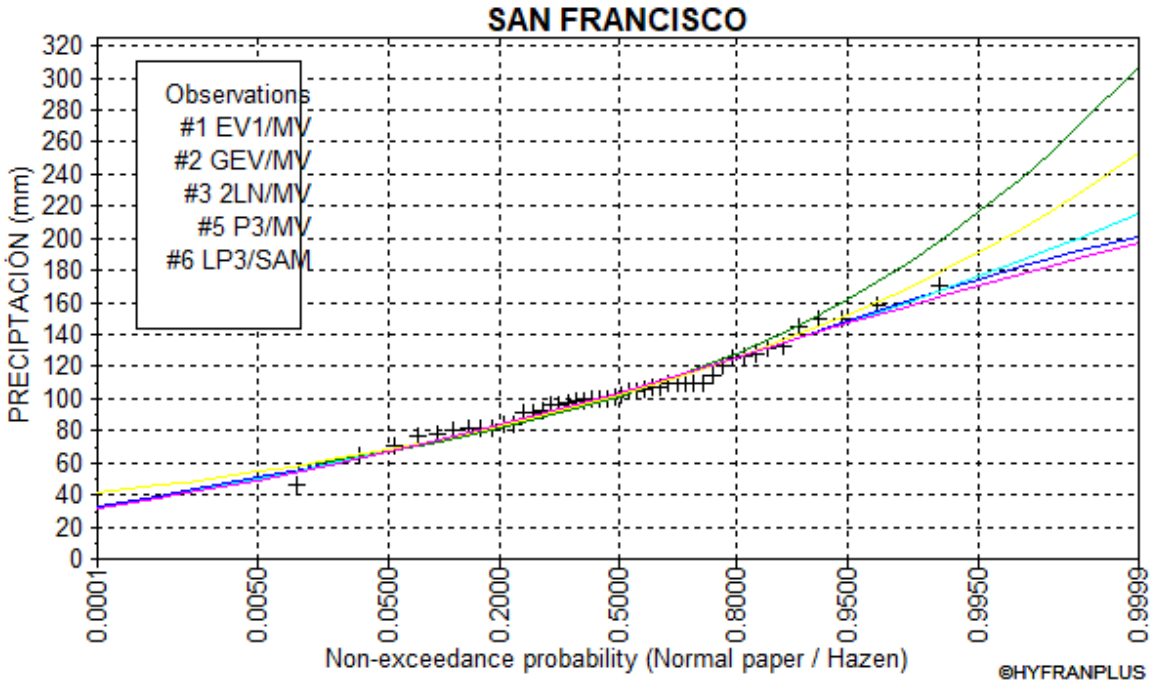



Figura 18: Comparación grafica de funciones de distribución de probabilidad. Fuente: Elaboración propia (2024).

## 7. CAUDALES Y ESCORRENTÍA

Para la determinación del caudal de diseño es necesario determinar inicialmente la escorrentía, la cual se puede definir como la cantidad de agua de una tormenta que drena o escurre sobre la superficie del suelo. Cuando se produce, fluye a los cauces incrementando su volumen; a medida que llega agua de las partes más lejanas comienza suavemente a decrecer el caudal al poco tiempo de terminada lluvia.
La escorrentía está en función de las precipitaciones máximas (P) y de la infiltración potencial (S), esta última a su vez depende del número de curva (CN). La ecuación que relaciona todas estas variables se muestra a continuación y está dada por la *Soil Conservation Service:*

$$E = \frac{(P - 0.2S)^2}{P + 0.8S}$$

Donde P es la precipitación en mm, S es la infiltración potencial en mm. El valor de es calculado mediante la siguiente expresión:

$$S = \frac{25400}{CN} - 254$$

Donde CN es el número de curva, el cual depende de la cobertura del área de drenaje.

### 7.1 ESTIMACIÓN DE CAUDAL POR EL MÉTODO RACIONAL

A partir de la identificación de la red hídrica de drenajes obtenida con la caracterización de las microcuencas, se logró establecer un drenaje principal que se acumula en los puntos de más bajo nivel de la zona; también se identificó un drenaje secundario que discurre directamente a un canal de excedentes existente sobre el costado sur hasta encontrarse con el drenaje principal.

Para la estimación de los caudales máximos de entrada al predio del proyecto, se utilizó el Método del Racional, en razón a que el área de la microcuenca aportante es menor a 90 Ha, que es la recomendación del INVIAS (2011). La duración de las lluvias de diseño se establece igual al tiempo de concentración de la cuenca, toda vez que esta es la condición más desfavorable y que es una práctica recomendada en hidrología (Chow, 1994).

El método o fórmula racional es una de las ecuaciones más adecuadas para el cálculo del caudal pico en pequeñas áreas asociadas con el drenaje de vías, esta metodología se considera válida para áreas inferiores a 0,9 km² (ASCE, 1992) (Rodríguez, 2013) y se fundamenta en la siguiente ecuación:

$$Q = 0.278\, C * I * A$$

Donde Q es el caudal en $m^3/s$; C es el coeficiente de escorrentía que depende las pendientes, el tipo y uso del suelo; A es el área de drenaje de la cuenca y 0.278 corresponde al factor de conversión de unidades.

Esta metodología establece que el caudal pico ocurre cuando toda el área contribuye al flujo y la intensidad de la lluvia es uniforme en un tiempo igual al tiempo de concentración de la hoya (o microcuenca, en este caso) (H. Rodríguez, 2013). El coeficiente de escorrentía es la relación entre la tasa pico de escorrentía directa y la intensidad de la precipitación en un período de tiempo dado (Chow, 1994). La selección de este coeficiente en general se realizar de acuerdo con las coberturas del suelo. Este valor también se puede calcular para una lluvia de características conocidas, siempre y cuando se conozca la respuesta de la hoya en términos del caudal de escorrentía superficial (Monsalve, 2004).

## 7.2 INTENSIDAD DE DISEÑO

Las curvas IDF se definen como la representación gráfica de una intensidad de precipitación (mm/h) que puede variar durante la duración de una tormenta, para una duración en intervalos iguales en minutos u horas desde el inicio hasta el fin de la lluvia asociado a un periodo de retorno llamado frecuencia, en otras palabras, una precipitación de 1/50 significa que es probable que se presente una vez cada 50 años (periodo de retorno).

La metodología simplificada de cálculo de las curvas intensidad – duración – frecuencia se debe llevar a cabo siempre y cuando no se disponga de datos históricos de precipitación de corta duración (datos pluviográficos). Para Colombia se propone el método de Vargas & Diaz-Granados (1998). En este estudio se dedujeron curvas intensidad-duración frecuencia por correlación con la precipitación máxima promedio anual en 24 horas, el número promedio de días de lluvia al año, la precipitación total media anual y la elevación de la estación. La mejor correlación obtenida, sin embargo, fue la que se obtuvo con la precipitación máxima promedio anual en 24 horas en una estación, y es la que se propone para los estudios, además de que es la más sencilla de utilizar.

$$i = \frac{axT^b xM^d}{T^c}$$

Dónde:

- I = Intensidad de precipitación (mm/h)
- T = Periodo de retorno (años)
- t = Tiempo de duración (min)
- M = Precipitación media en 24 horas (mm)
- a, b, c, d: coeficientes de regresión para la región de interés

Como no se cuenta con información de pluviogramas, para la elaboración de las curvas IDF se utilizó la ecuación sintética de Díaz – Granados para la región caribe a con sus respectivos coeficientes regresión obtenidos por los autores mencionados, las precipitaciones máximas en 24 horas por año son las que se muestran en la Tabla 14:

Tabla 14: Precitaciones máximas en 24 horas anual multianual. Fuente: Elaboración propia (2024).

| Año | No. Días Lluvia | Prec. Máx 24h |
|---|---|---|
| 1976 | 90 | 70 |
| 1977 | 98 | 127 |
| 1978 | 129 | 125 |
| 1979 | 118 | 78 |
| 1980 | 101 | 170 |
| 1981 | 126 | 97 |
| 1982 | 94 | 107 |
| 1983 | 112 | 158 |
| 1984 | 109 | 80 |
| 1985 | 114 | 128 |
| 1986 | 105 | 99 |
| 1987 | 113 | 77 |
| 1988 | 142 | 107 |
| 1989 | 99 | 82 |
| 1990 | 108 | 100 |
| 1991 | 107 | 101 |
| 1992 | 80 | 65 |
| 1993 | 108 | 106 |
| 1994 | 109 | 82 |
| 1995 | 129 | 133 |
| 1996 | 112 | 91 |
| 1997 | 87 | 93 |
| 1998 | 94 | 150 |
| 1999 | 97 | 100 |
| 2000 | 100 | 82 |
| 2001 | 98 | 109 |
| 2002 | 91 | 121 |
| 2003 | 82 | 100 |
| 2004 | 72 | 99 |
| 2005 | 105 | 110 |
| 2006 | 91 | 105 |
| 2007 | 109 | 84 |

| Año | No. Días Lluvia | Prec. Máx 24h |
|---|---|---|
| 2008 | 94 | 84 |
| 2009 | 88 | 91 |
| 2010 | 136 | 96 |
| 2011 | 127 | 102 |
| 2012 | 93 | 110 |
| 2013 | 82 | 110 |
| 2014 | 69 | 46 |
| 2015 | 61 | 115 |
| 2016 | 93 | 145 |
| 2017 | 136 | 96 |
| 2018 | 91 | 150 |
| 2019 | 74 | 105 |
| 2020 | 86 | 110 |
| 2021 | 128 | 132 |
| **PROMEDIO** | **101.89** | **104.96** |

Se utilizan los coeficientes de regresión de la región caribe (R2) en la Tabla 15.

Tabla 15: Coeficientes para cálculo de curvas IDF sintéticas región Caribe. Fuente: Curvas IDF sintéticas Díaz-Granados

| REGIÓN | a | b | c | d |
|---|---|---|---|---|
| ANDINA (R1) | 0.94 | 0.18 | 0.66 | 0.83 |
| CARIBE (R2) | 24.85 | 0.22 | 0.5 | 0.1 |
| PACIFICO (R3) | 13.92 | 0.19 | 0.58 | 0.2 |
| ORINOQUIA (R4) | 5.53 | 0.17 | 0.63 | 0.42 |

Tabla 16: Intensidades estimadas para la estación SAN FRANCISCO. Fuente: Elaboración propia (2024).

| | Intensidades (mm/h) | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| **Tr (años)** | **10** | **20** | **30** | **60** | **120** | **360** |
| **2.33** | 116.77 | 82.57 | 67.42 | 47.67 | 33.71 | 19.46 |
| **5** | 138.13 | 97.67 | 79.75 | 56.39 | 39.87 | 23.02 |
| **10** | 160.88 | 113.76 | 92.88 | 65.68 | 46.44 | 26.81 |
| **25** | 196.81 | 139.17 | 113.63 | 80.35 | 56.81 | 32.80 |
| **50** | 229.23 | 162.09 | 132.35 | 93.58 | 66.17 | 38.21 |
| **100** | 267.00 | 188.79 | 154.15 | 109.00 | 77.08 | 44.50 |
| **500** | 380.43 | 269.01 | 219.64 | 155.31 | 109.82 | 63.41 |

Las curvas intensidad-duración-frecuencia (IDF) para la zona del proyecto se muestran en la Figura 19:

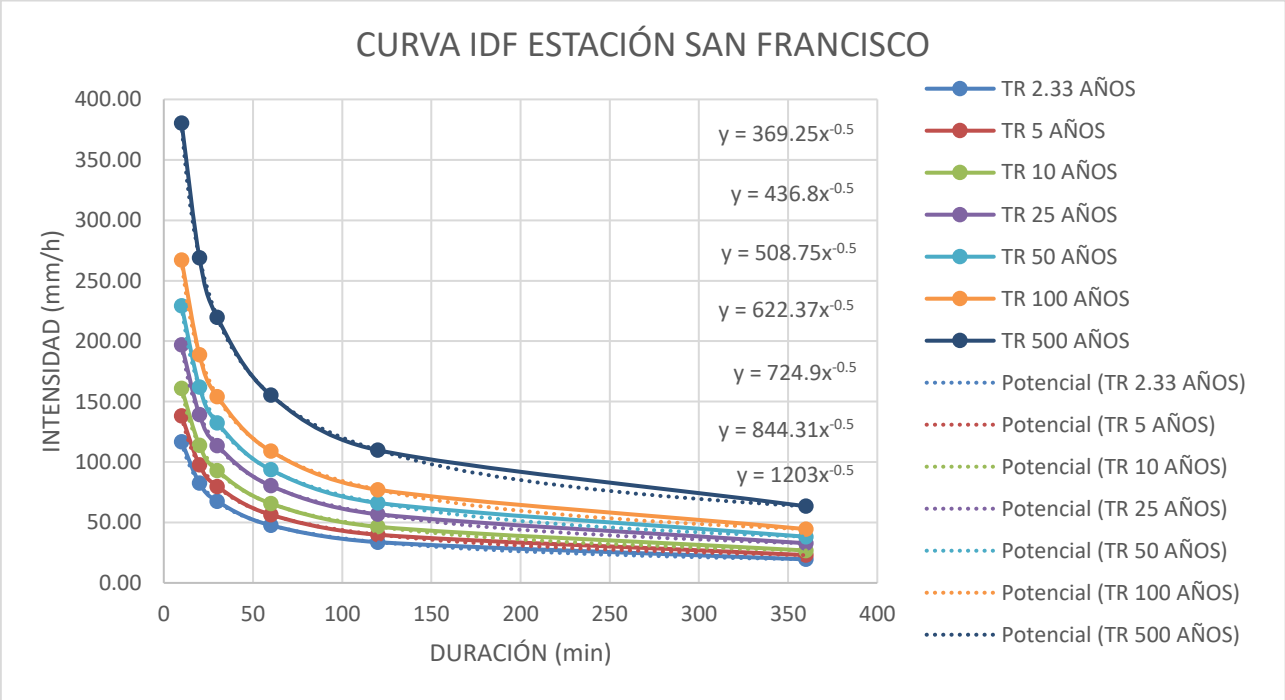



Figura 19: Curvas INTENSIDAD – DURACIÓN – FRECUENCIA de la estación SAN FRANCISCO.
Fuente: Elaboración propia (2024).

## 7.3 HIETOGRAMA DE DISEÑO

Los hietogramas de diseño permiten reflejar la distribución de las precipitaciones producidas a lo largo de las horas más lluviosas asociadas para un periodo de retorno definido. Para desarrollar este método es necesario definir un periodo de retorno para un tiempo específico, en este caso se escoge un periodo de retorno de 25 años para confeccionar un hietograma de lluvias asociado a un tiempo específico (tiempo de duración de la lluvia). Para generar el hietograma de diseño, es necesario conocer la intensidad de precipitación, para lo cual se utiliza los valores obtenidos en el numeral 7.2.

Para el tiempo de duración del evento proyectó una lluvia típica de 180 minutos y se generó el hietograma asociado al periodo de retorno, por el método de bloques alternos. En la Tabla 17 se observa la distribución de las lluvias en intervalos de 5

min y en la Figura 20 se presenta el comportamiento del evento desde que inicia hasta que termina.

Tabla 17: Hietograma de diseño asociado a la duración de la lluvia Tr 50 Años. Fuente: Elaboración propia (2024).

| HIETOGRAMA DE PRECIPITACION DE DISEÑO | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| **DURACION** | **INTENSIDAD** | **PROFUNDIDA ACUMULADA** | **PROFUNDIDAD INCREMENTAL** | **TIEMPO** | **PRECIPITACION** |
| **min** | **mm/hr** | **mm** | **mm** | **min** | **mm** |
| 60 | 32.546 | 32.546 | 32.546 | 0-60 | 0.757 |
| 120 | 19.339 | 38.677 | 6.131 | 60-120 | 0.809 |
| 180 | 14.262 | 42.786 | 4.109 | 120-180 | 0.871 |
| 240 | 11.491 | 45.964 | 3.177 | 180-240 | 0.945 |
| 300 | 9.718 | 48.590 | 2.626 | 240-300 | 1.035 |
| 360 | 8.474 | 50.847 | 2.257 | 300-360 | 1.148 |
| 420 | 7.548 | 52.837 | 1.990 | 360-420 | 1.295 |
| 480 | 6.828 | 54.623 | 1.786 | 420-480 | 1.495 |
| 540 | 6.250 | 56.249 | 1.626 | 480-540 | 1.786 |
| 600 | 5.774 | 57.744 | 1.495 | 540-600 | 2.257 |
| 660 | 5.376 | 59.131 | 1.387 | 600-660 | 3.177 |
| 720 | 5.035 | 60.426 | 1.295 | 660-720 | 6.131 |
| 780 | 4.742 | 61.642 | 1.216 | 720-780 | 32.546 |
| 840 | 4.485 | 62.790 | 1.148 | 780-840 | 4.109 |
| 900 | 4.259 | 63.879 | 1.088 | 840-900 | 2.626 |
| 960 | 4.057 | 64.913 | 1.035 | 900-960 | 1.990 |
| 1020 | 3.877 | 65.901 | 0.987 | 960-1020 | 1.626 |
| 1080 | 3.714 | 66.845 | 0.945 | 1020-1080 | 1.387 |
| 1140 | 3.566 | 67.751 | 0.906 | 1080-1140 | 1.216 |
| 1200 | 3.431 | 68.622 | 0.871 | 1140-1200 | 1.088 |
| 1260 | 3.308 | 69.461 | 0.839 | 1200-1260 | 0.987 |
| 1320 | 3.194 | 70.270 | 0.809 | 1260-1320 | 0.906 |
| 1380 | 3.089 | 71.053 | 0.782 | 1320-1380 | 0.839 |
| 1440 | 2.992 | 71.810 | 0.757 | 1380-1440 | 0.782 |

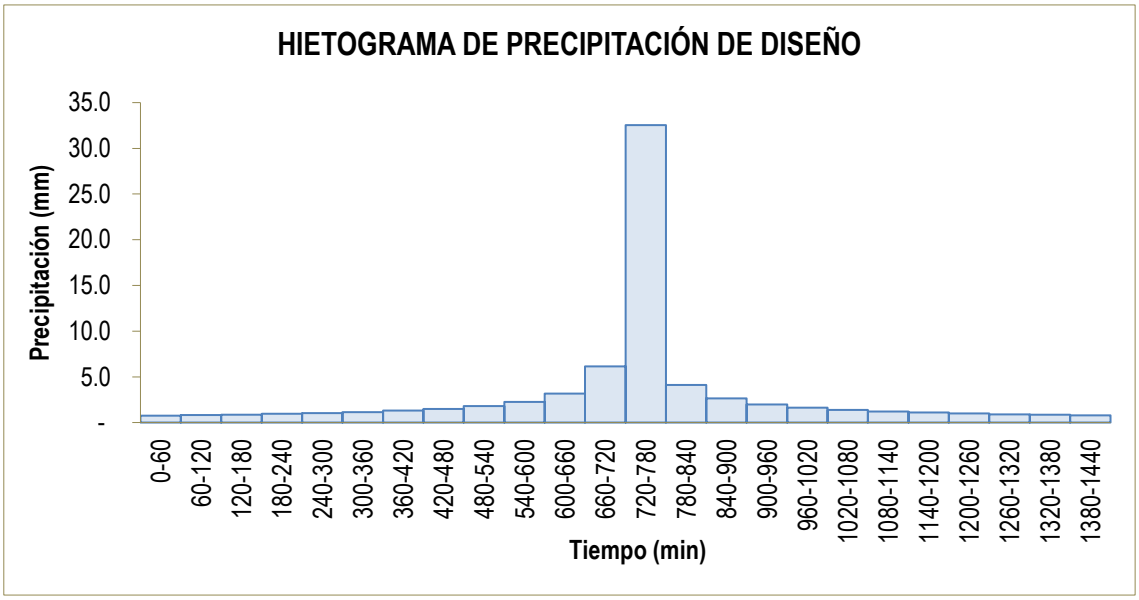



Figura 20: Hietograma de diseño por bloques alternos Tr 50 Años. Fuente: Elaboración propia (2024).

## 7.4 ESTIMACIÓN DE CAUDAL POR EL MÉTODO DEL HIDROGRAMA UNITARIO DEL SCS.

Dado que no se cuenta con series de registros de caudales para las cuencas, y las áreas aferentes a algunas estructuras son mayores a 80 hectáreas, se procede a determinar el caudal de diseño a través de los métodos lluvia escorrentía. Para este caso se empleará el método del Hidrograma Unitario Triangular desarrollado por el US Soil Conservation Service (SCS).

El hidrograma unitario es el hidrograma de escorrentía superficial total resultante de un volumen unitario de lluvia neta, uniformemente distribuido en espacio y tiempo. La altura de la lluvia neta equivale a la altura de escorrentía superficial total del hidrograma unitario.

$$d \times A = \int_0^t QEdt$$

Dónde: d es la lluvia neta total (mm); A es área de drenaje (Km2); QE es el caudal de escorrentía superficial total (m3/s) y t es el tiempo del hidrograma unitario de la

hoya (hr).

Existen dos suposiciones básicas en la teoría del hidrograma unitario:

- ✓ Las variaciones estacionales en las características superficiales de la hoya no se tienen en cuenta, es decir, se considera que las precipitaciones antecedentes no influencian en la distribución en el tiempo de la escorrentía superficial producida por una lluvia determinada.

- ✓ Para calcular la escorrentía superficial producida por cualquier otra lluvia neta diferente de una lluvia neta unitaria, se supone que el sistema es linear y no varía con el tiempo.

Con estos principios, Sherman introdujo el denominado hidrograma unitario, el cual es una herramienta útil en la transformación de datos de lluvia a caudal.
Para el presente estudio se utilizó el hidrograma unitario desarrollado por la U.S Soil Conservation Service (SCS), que define el caudal pico como:

$$qp = 0.2083 \times \frac{A \times E}{tp}$$

Dónde: qp es el caudal unitario máximo en $m^3/s$ por mm de escorrentía; A: es el área de drenaje ($Km^2$); E es la escorrentía unitaria (mm); tp es el tiempo al pico medido desde el comienzo del hidrograma unitario (hr). El tiempo pico se obtiene con la expresión:

$$tp = \frac{d}{2} + t1$$

Dónde d es la duración del exceso de precipitación unitaria (hr), y se estima de acuerdo con la siguiente expresión:

$$d = 0.133 \times tc$$

t1: Tiempo de retraso (hr), se estima como:

$$t1 = 0.6 \times tc$$

Dónde Tc es el tiempo de concentración de una cuenca.

### 7.4.1 NUMERO DE CURVA

El número de curva depende de la cobertura del suelo en el área de drenaje y de la precipitación antecedente. La cobertura del suelo en el área de drenaje se determina con ayuda de la Figura 21 y la Figura 22. La pertenencia a un grupo hidrológico ya sea A, B, C o D, depende del potencial de escorrentía del suelo, como se muestra en la Figura 21 y la Figura 22.

Por otro lado, el volumen de precipitación en un periodo de 3 días a 30 días precediendo a una tormenta determinada se le llama precipitación antecedente, y las condiciones que se producen en la cuenca con respecto al escurrimiento potencial se les llama condiciones antecedentes. En general, cuanto mayor es la precipitación antecedente, mayor será el escurrimiento directo que puede ocurrir en una tormenta dada. Los efectos de la infiltración y de la evapotranspiración durante el periodo antecedente también son importantes, porque pueden aumentar o disminuir el efecto de la lluvia antecedente.

| | Uso del suelo y cobertura | Tratamiento del suelo | Condición para la infiltración | Grupo hidrológico del suelo | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | A | B | C | D |
| ÁREAS URBANAS | **Residencial[1]** | | | | | | |
| | Tamaño promedio del lote | | % promedio de impermeabilidad [2] | | | | |
| | 0,05 ha o menor | | 65 | 77 | 85 | 90 | 92 |
| | 0,10 ha | | 38 | 61 | 75 | 83 | 87 |
| | 0,13 ha | | 30 | 57 | 72 | 81 | 86 |
| | 1 0,20 ha | | 25 | 54 | 70 | 80 | 85 |
| | 0,40 ha | | 20 | 51 | 68 | 79 | 84 |
| | **Parqueaderos pavimentados, techos, garajes, etc.** | | | 98 | 98 | 98 | 98 |
| | **Calles y carreteras:** | | | | | | |
| | Pavimentadas con sardineles y drenajes de aguas lluvias[3] | | | 98 | 98 | 98 | 98 |
| | En grava | | | 76 | 85 | 89 | 91 |
| | En tierra sin afirmar | | | 72 | 82 | 87 | 89 |
| | **Áreas comerciales y de negocios** | | 85% de impermeabilidad | 89 | 92 | 94 | 95 |
| | **Zonas industriales** | | 72% de impermeabilidad | 81 | 88 | 91 | 93 |
| | **Espacios abiertos, prados, parques, campos de golf, cementerios, etc.** | | | | | | |
| | Buenas condiciones: cobertura de pasto en más del 75% del área | | | 39 | 61 | 74 | 80 |
| | Malas condiciones: cobertura de 1 pasto entre el 50% y 75% del área | | | 49 | 69 | 79 | 84 |

Figura 21: Valores del número de curva para zonas urbanas.

| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| ÁREAS NO URBANAS | Barbecho | Hileras rectas | Mala | 77 | 86 | 91 | 94 |
| | Cultivo en hileras | Hileras rectas | Mala | 72 | 81 | 88 | 91 |
| | | Hileras rectas | Buena | 67 | 78 | 85 | 89 |
| | | Líneas de nivel | Mala | 70 | 79 | 84 | 88 |
| | | Líneas de nivel | Buena | 65 | 75 | 82 | 86 |
| | | Terrazas a nivel | Mala | 66 | 74 | 80 | 82 |
| | | Terrazas a nivel | Buena | 62 | 71 | 78 | 81 |
| | Cereales | Hileras rectas | Mala | 65 | 76 | 84 | 88 |
| | | Hileras rectas | Buena | 63 | 75 | 83 | 87 |
| | | Líneas de nivel | Mala | 63 | 74 | 82 | 85 |
| | | Líneas de nivel | Buena | 61 | 73 | 81 | 84 |
| | | Terrazas a nivel | Mala | 61 | 72 | 79 | 82 |
| | | Terrazas a nivel | Buena | 59 | 70 | 78 | 81 |
| | Leguminosas o praderas con rotación*** | Hileras rectas | Mala | 66 | 77 | 85 | 89 |
| | | Hileras rectas | Buena | 58 | 72 | 81 | 85 |
| | | Líneas de nivel | Mala | 64 | 75 | 83 | 85 |
| | | Líneas de nivel | Buena | 55 | 69 | 78 | 83 |
| | | Terrazas a nivel | Mala | 63 | 73 | 80 | 83 |
| | | Terrazas a nivel | Buena | 51 | 67 | 76 | 80 |
| | Pastizales | - | Mala | 68 | 79 | 86 | 89 |
| | | - | Regular | 49 | 69 | 79 | 84 |
| | | - | Buena | 39 | 61 | 74 | 80 |
| | | Líneas de nivel | Mala | 47 | 67 | 81 | 88 |
| | | Líneas de nivel | Regular | 25 | 59 | 75 | 83 |
| | | Líneas de nivel | Buena | 6 | 35 | 70 | 79 |
| | Pradera permanente | -- | - | 30 | 58 | 71 | 78 |
| | Bosques naturales | -- | Mala | 45 | 66 | 77 | 83 |
| | | -- | Regular | 36 | 60 | 73 | 79 |
| | | -- | Buena | 25 | 55 | 70 | 77 |
| | Hacienda | -- | -- | 59 | 74 | 82 | 86 |

(1) Los; números de curva son calculados asumiendo que la escorrentía desde la casa y el garaje es dirigida hacia la calle con un mínimo de agua del techo dirigida hacia el prado donde puede ocurrir infiltración.
(2) La condición para estos números de curva es que las áreas permeables adicionales (prados) son consideradas sembradas con pastos de buena condición.
(3) Sembradas en conjunto.

Figura 22: Valores del número de curva para zonas urbanas. Fuente: Hidrología e hidráulica Aplicada. Bernardo Díaz.

Tabla 18: Condición hidrológica de los suelos. Fuente: Ven Te Chow (1995).

| **Tipo de suelo** | **Característica (Potencial de escorrentía)** |
|---|---|
| A | Bajo |
| B | Moderadamente bajo |
| C | Moderadamente alto |
| D | Alto |

Debido a las dificultades para determinar las condiciones antecedentes producidas por la lluvia, las condiciones reducen a los siguientes tres casos:

- ✓ Condición 1: esta es la condición que presentan los suelos de una cuenca en la que los suelos están secos, pero no hasta el punto de marchitamiento, y cuando se aran o se cultivan bien. Esta condición no se considera aplicable al cálculo para determinar la avenida del proyecto.

- ✓ Condición 2: El caso promedio para avenidas anuales, es decir, un promedio de las condiciones que han precedido a la ocurrencia de la avenida máxima anual en numerosas cuencas.

- ✓ Condición 3: Que se presenta cuando ha llovido mucho o poco y han ocurrido bajas temperaturas durante los cinco días anteriores a la tormenta y el suelo está casi saturado.

Para el uso del suelo de acuerdo con el método Corine Land Cover, la zona del proyecto corresponde a zonas no urbanas. Las demás características del suelo y el cálculo del CN se muestran en la Tabla 18.

Tabla 19: Valores del número de curva para zona del proyecto. Fuente: Elaboración propia (2024).

| Uso del suelo y cobertura | Tratamiento del suelo | Condición para la infiltración | Grupo hidrológico del suelo | CN II: |
|---|---|---|---|---|
| Bosques | Ninguno | Regular | C | 86 |

Los valores del Número de Curva calculados en la Tabla 19 corresponden a la condición 2, y se escoge la condición crítica, es decir, la condición 3 por lo cual hay que realizar una corrección al CNII para determinar el CNIII de acuerdo con la siguiente expresión:

$$CNIII = \frac{23 \times CNII}{10 + 0.13 \times CNII}$$

Tabla 20: Corrección del número de curva. Fuente: Elaboración propia (2024).

| | |
|---|---|
| **CN II** | 86 |
| **CN III** | 94 |

### 7.4.2 CÁLCULO DE CAUDALES DE APORTE POR EL MÉTODO DEL HIDROGRAMA UNITARIO DEL SCS

Con el valor del número de curva se puede determinar la infiltración potencial, y por ende la escorrentía, que es el dato faltante para la determinación del caudal de diseño para diferentes periodos de retorno.

A partir de las áreas aportantes a cada una de las estructuras proyectadas se estimaron los tiempos de concentración para cada subcuenca, el número de curva seleccionado (60) se estiman los caudales generados. En la Tabla 21 se muestran los parámetros utilizados y el esquema de tránsito de caudales.

Tabla 21: Análisis morfométrico para estimación de caudales en HMS para subcuenca. Fuente: Elaboración propia (2020).

| PARAMETRO | RESULTADO | UNIDAD |
|---|---|---|
| Área de la cuenca | 22.57 | km2 |
| Perímetro | 25.87 | km |
| Elevación máxima | 500 | m.s.n.m. |
| Elevación mínima | 43 | m.s.n.m. |
| Desnivel | 457 | m.s.n.m. |
| Longitud de la cuenca | 17.87 | Km |
| Ancho máximo de la cuenca | 9.10 | Km |
| Longitud del cauce principal | 7.900 | km |
| Altura máxima del cauce principal | 125 | m.s.n.m. |
| Altura mínima del cauce principal | 43 | m.s.n.m. |
| Pendiente del cauce principal | 0.0104 | m/m |
| Tiempo de concentración Kirpich | 113.36 | minutos |
| Lag Time (min) | 68.02 | minutos |

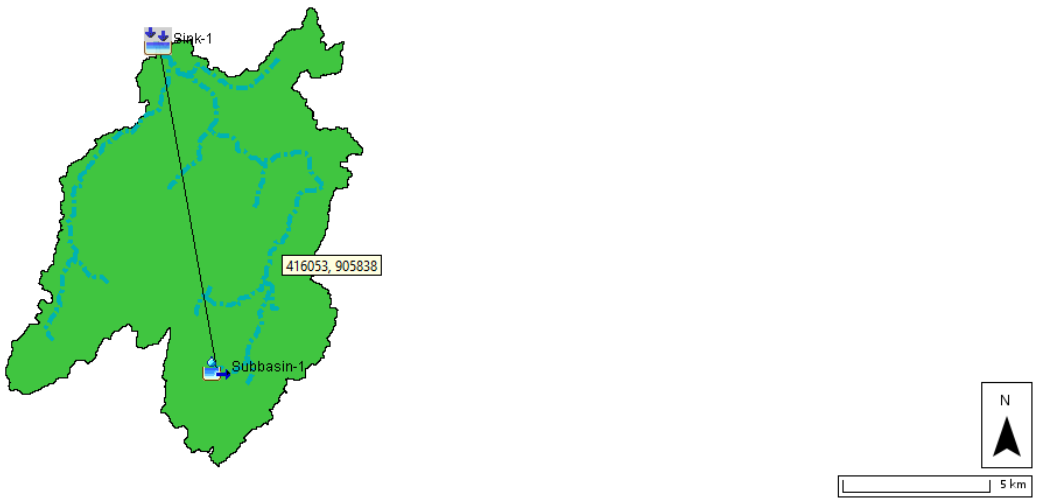



Figura 23: Modelo hidrológico lluvia-escorrentía en HEC-HMS. Fuente: Elaboración propia (2024).

En la Tabla 22 se muestran los caudales calculados para cada una de periodos de retorno evaluado por esta metodología.

Tabla 22: Caudales obtenidos con HEC-HMS. Fuente: Elaboración propia (2024).

| Tr (años) | Ecuación IDF | Tc (min) | Intensidad máxima (mm/hr) | Area (Km2) | Número de Curva (CN) | Caudal US SCS (m3/s) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 2 | 369.25*((x)^-0.5) | 113.36 | 34.680324 | 22.57 | 94 | 72.6 |
| 5 | 436.8*((x)^-0.5) | 113.36 | 41.024687 | 22.57 | 94 | 92.2 |
| 10 | 508.75*((x)^-0.5) | 113.36 | 47.782302 | 22.57 | 94 | 113.5 |
| 25 | 622.37*((x)^-0.5) | 113.36 | 58.453604 | 22.57 | 94 | 141.2 |
| 50 | 724.9*((x)^-0.5) | 113.36 | 68.083323 | 22.57 | 94 | 179 |
| 100 | 844.31*((x)^-0.5) | 113.36 | 79.298428 | 22.57 | 94 | 215.8 |
| 500 | 1203*((x)^-0.5) | 113.36 | 112.98695 | 22.57 | 94 | 327.4 |

## 8. CAUDAL DE DISEÑO

Se presentan los caudales para diferentes periodos de retorno mediante la herramienta HEC-HMS y aplicando las ecuaciones descritas en el numeral 7.3.

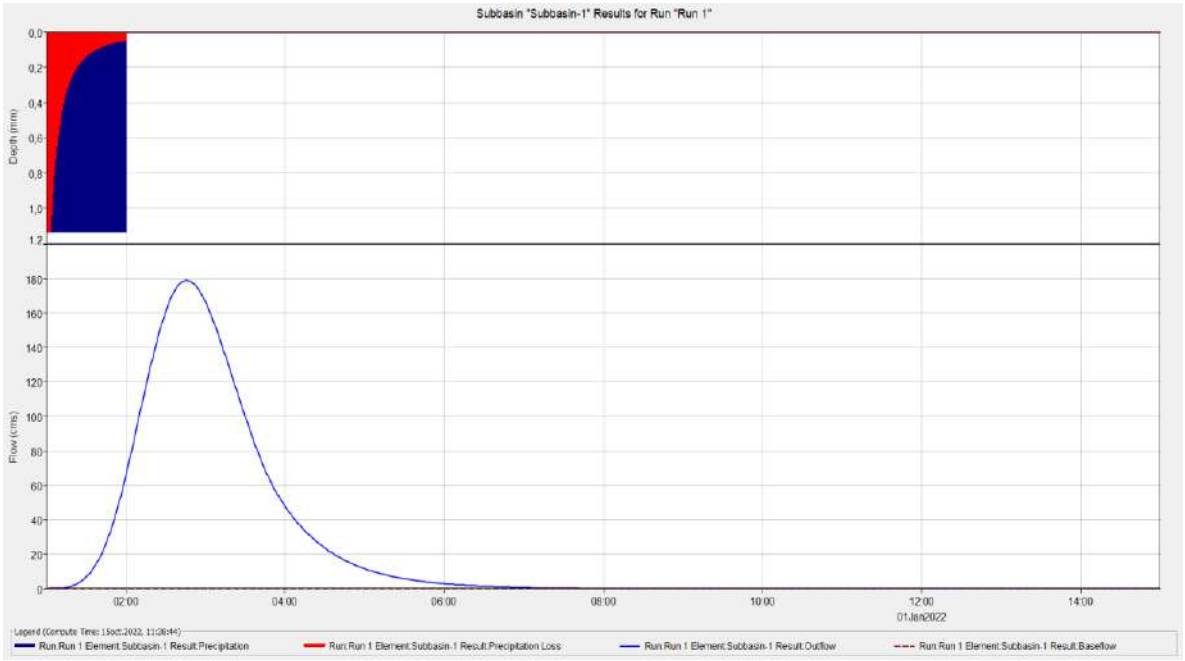



Figura 24: Hidrograma unitario - SCS para Tr 50 años. Fuente: Elaborado en HECHS (2024).

Tabla 23: Cálculos de caudales utilizando ecuaciones del SCS. Fuente: Elaboración propia (2024).

| Tr | Cálculo de caudal | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Tc (h) | T al pico (h) | q pico ($m^3/s/mm$) | CN II | CN III | S (mm) | Ia (mm) | Esc (mm) | Q ($m^3/s$) |
| 2.33 | 1.89 | 1.26 | 3.73 | 86 | 94 | 15.10 | 3.02 | 21.44 | 79.946 |
| 5 | 1.89 | 1.26 | 3.73 | 86 | 94 | 15.10 | 3.02 | 27.20 | 101.433 |
| 10 | 1.89 | 1.26 | 3.73 | 86 | 94 | 15.10 | 3.02 | 33.47 | 124.826 |
| 25 | 1.89 | 1.26 | 3.73 | 86 | 94 | 15.10 | 3.02 | 43.57 | 162.471 |
| 50 | 1.89 | 1.26 | 3.73 | 86 | 94 | 15.10 | 3.02 | 52.81 | 196.933 |
| 100 | 1.89 | 1.26 | 3.73 | 86 | 94 | 15.10 | 3.02 | 63.68 | 237.453 |
| 500 | 1.89 | 1.26 | 3.73 | 86 | 94 | 15.10 | 3.02 | 96.69 | 360.574 |

## 8.1 COEFICIENTE DE MANNING (n)

Los modelos hidráulicos en general, incluido el HEC-RAS, incluyen dentro de sus formulaciones numéricas un término que representa la resistencia al flujo en canales. Este término incluye a su vez un coeficiente de rugosidad, el cual representa el efecto de resistencia al flujo de las superficies del fondo y de las paredes del canal. Una de las ecuaciones de resistencia más utilizadas en la hidráulica fluvial es la ecuación de Manning, la cual se puede escribir como:

$$v = \frac{1}{n}\sqrt{s}Rh^{2/3}$$

Donde v es la velocidad media en la sección transversal, n es el coeficiente de rugosidad de Manning, s es la pendiente de la línea de energía del flujo, Rh es el radio hidráulico de la sección transversal de flujo.

En el caso de la ecuación de Manning, el parámetro n (llamado comúnmente "n de Manning") es el coeficiente de rugosidad utilizado, el cual representa las condiciones imperantes en la sección transversal y el cual depende de una cantidad de factores, como la rugosidad absoluta de los materiales en el lecho y los bancos del cauce, de las irregularidades de este, de la presencia de obstrucciones y vegetación, del régimen de transporte de sedimentos y del régimen de flujo.

Existen diversas metodologías para estimar el coeficiente de Manning en un cauce natural. Estas metodologías tienen en común el cálculo de un valor base de n en función de la rugosidad absoluta o de la granulometría de los materiales del lecho. Para ello existen metodologías empíricas y fórmulas analíticas. Algunas de las fórmulas analíticas más comunes utilizadas para este fin tienen la forma y concepto de las ecuaciones de Strickler, Hey y Limerinos (Chang 1992, USACE 1994, USACE 2010, García 2007, entre otros):

- ✓ ***Strickler:***

$$n = 0.0474 K_s^{\,1/16}$$

Donde $K_s$ (en metros) está correlacionado con el tamaño de la partícula, usualmente con el d50. Supone condiciones de lecho rígido y una variación de n sólo con la rugosidad absoluta del lecho.

- ✓ ***Hey:***

$$\frac{1}{\sqrt{f}} = 2.031 \log\left(\frac{11.75 Rh}{3.5\, d_{84}}\right)$$

Donde $Rh$ es el radio hidráulico del flujo, $d_{84}$ es el tamaño de partícula (para el que el 84% del sedimento es más fino) y f el factor de fricción de Darcy-Weisbach. Esta ecuación es del tipo Keulegan para lecho rígido, ecuaciones semi-logarítmicas que se basan en la ecuación de Prandtl-von Karman ya que la fricción en la frontera del canal crea una capa de cortante similar a la capa límite en tuberías. Estas ecuaciones demuestran que la resistencia al flujo aumenta para tirantes bajos.

- ✓ ***Limerinos:***

$$n = \frac{0.0926 Rh^{1/6}}{1.16 + 2\log\left(\frac{Rh}{d_{84}}\right)}$$

Donde $Rh$ es el radio hidráulico del flujo, $d_{84}$ es el tamaño de partícula (para el que el 84% del sedimento es más fino). Esta ecuación está derivada para fondos móviles y materiales relativamente gruesos (arenas gruesas y gravas) y es aplicable sólo en la ausencia de formas de fondo (e.g. dunas) y en el régimen alto de transporte de sedimentos.

- ✓ ***Cowan:***

Existen asimismo otro tipo de metodologías, en donde el n base para un cauce se escoge empíricamente a través de tablas y fotografías que describen y muestran las características más relevantes de los cauces. Esta es una metodología muy generalizada y práctica, desarrollada inicialmente por Chow en 1959 y posteriormente desarrollada por Arcement y Schneider en su texto “Guide for selecting Manning’s Roughness Coefficients for natural Channels and Flood Plains” (1989). Según estos autores, el valor de n de Manning para el cauce principal se obtiene de la siguiente fórmula, propuesta originalmente por Cowan (Chow, 1994):

$$n = (n_b + n_1 + n_2 + n_3 + n_4)m$$

Donde $n_b$ es el valor de base para un canal recto, uniforme y liso conformado por materiales naturales; $n_1$ es el factor de corrección por irregularidades presentes en la superficie; $n_2$ es el valor para variaciones en forma y tamaño de la sección transversal del canal; $n_3$ es el valor para obstrucciones presentes; $n_4$ es el valor

para presencia de vegetación y condiciones de flujo y m factor de corrección por el efecto de la sinuosidad a lo largo del cauce.

Cowan (1994) recomienda obtener los valores de $n_b$ de la Tabla 24 realizar estimaciones con las ecuaciones analíticas como las referidas anteriormente:

Tabla 24: Valores base para la n de Manning. Fuente: Arcement y Schneider (1989).

| Material del fondo | Tamaño medio del material (mm) | Valor base de n | |
|---|---|---|---|
| | | Canal recto y uniforme | Canal liso |
| Concreto | --- | 0,012 – 0,018 | 0,011 |
| Roca | --- | --- | 0,025 |
| Suelo firme | --- | 0,025 – 0,032 | 0,020 |
| Arena gruesa | 1-2 | 0,026 – 0,035 | --- |
| Gravas finas | --- | --- | 0,024 |
| Gravas | 2-64 | 0,028 – 0,035 | --- |
| Gravas gruesas | --- | --- | 0,026 |
| Pequeños cantos rodados | 64-256 | 0,030 – 0,050 | --- |
| Cantos rodados | >256 | 0,040 – 0,070 | --- |

De igual forma Cowan (1994) recomienda que los coeficientes de ajuste n1, n2, n3, n4 y m, se obtengan de las siguientes tablas.

Tabla 25: Valores de ajuste para la estimación de la n de Manning, Grado de irregularidad (n1). Fuente: Arcement y Schneider (1989).

| Grado de irregularidad | Valor de ajuste n1 |
|---|---|
| Liso | 0,000 |
| Menor | 0,001 – 0,005 |
| Moderada | 0,006 – 0,010 |
| Severa | 0,011 – 0,020 |

Tabla 26: Valores de ajuste para la estimación de la n de Manning, Variación en la sección transversal del cauce (n2). Fuente: Arcement y Schneider (1989).

| **Variación en la sección transversal del cauce** | **Valor de ajuste n2** |
|---|---|
| Gradual | 0,000 |
| Alternan ocasionalmente | 0,001 – 0,005 |
| Alternan frecuentemente | 0,010 – 0,015 |

Tabla 27: Valores de ajuste para la estimación de la n de Manning, Efecto de obstrucciones (n3). Fuente: Arcement y Schneider (1989).

| **Efecto de obstrucciones** | **Valor de ajuste n3** |
|---|---|
| Despreciable (ocupa menos del 5% del área de la sección transversal) | 0,000 – 0,004 |
| Menor (ocupa menos del 15% del área de la sección transversal) | 0,005 – 0,015 |
| Apreciable (ocupa entre el 15% y el 50% del área de la sección transversal) | 0,020 – 0,030 |
| Severo (ocupa más del 50% del área de la sección transversal) | 0,040 – 0,050 |

Tabla 28: Valores de ajuste para la estimación de la n de Manning, Cantidad de vegetación (n4). Fuente: Arcement y Schneider (1989).

| **Cantidad de vegetación** | **Valor de ajuste n4** |
|---|---|
| Pequeña | 0,002 – 0,010 |
| Mediana | 0,010 – 0,025 |
| Grande | 0,025 – 0,050 |
| Muy grande | 0,050 – 0,100 |

Tabla 29: Valores de ajuste para la estimación de la n de Manning, Grado de sinuosidad (m).

Fuente: Arcement y Schneider (1989).

| Grado de sinuosidad | Valor de ajuste m |
|---|---|
| Menor (Relación entre longitud real del cauce y longitud en línea recta entre 1 y 1,2) | 1 |
| Apreciable (Relación entre longitud real del cauce y longitud en línea recta entre 1,2 y 1,5) | 1,15 |
| Severo (Relación entre longitud real del cauce y longitud en línea recta mayor a 1,5) | 1,3 |

Para definir las condiciones de frontera del modelo se analizaron las características prevalecientes en el cauce. Aguas arriba no existen elementos físicos específicos que definan un control hidráulico. Aguas abajo se definió asimismo una condición de flujo normal con pendiente de 0,0104 m/m, valor promedio de lo que se observa a lo largo de los 480 m del tramo analizado.

Tabla 30: Calculo del coeficiente de Manning según Cowan. Fuente: Elaboración propia (2024).

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | **SEGÚN COWAN:** | | | | |
| | **Condiciones del río:** | | | | |
| Material del cauce: | A | terroso | | | |
| | B | rocoso | | | |
| | C | gravoso fino | | | |
| | D | gravoso grueso | | | |
| | **material del cauce adoptado:** | | A | = | 0.02 |
| Grado de irregularidad: | | | | | |
| | A | ninguna | | | |
| | B | leve | | | |
| | C | regular | | | |
| | D | severo | | | |
| | **Grado de irregularidad adoptado:** | | A | = | 0 |
| Secciones Variables | | | | | |
| | A | leve | | | |
| | B | regular | | | |
| | C | severo | | | |

**SEGÚN COWAN:**

**Condiciones del río:**

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| **variación de la sección adoptada:** | | A | = | 0 |
| Efecto de las obstrucciones: | A | despreciables | | |
| | B | menor | | |
| | C | apreciable | | |
| | D | severo | | |
| **Efecto de las obstrucciones adoptado:** | | B | = | 0.01 |
| Vegetación: | A | ninguna | | |
| | B | poco | | |
| | C | regular | | |
| | D | alta | | |
| **vegetación adoptada:** | | B | = | 0.01 |
| Grado de sinuosidad: | A | Insignificante | | |
| | B | regular | | |
| | C | considerable | | |
| **grado de sinuosidad adoptado:** | | A | = | 1 |

**valor de " n " adoptado según COWAM n = 0.04**

En cuanto al coeficiente de rugosidad de Manning, para el cauce de la quebrada Severinera se tomó un valor de n base de 0,040, correspondiente a la textura y granulometría de los materiales presentes en el cauce. La irregularidad baja de las formas del canal, la presencia menor de obstrucciones y una cantidad alta de vegetación en las márgenes del cauce dan como resultado un coeficiente de Manning de 0,040 en el cauce a lo largo del tramo modelado. Para las simulaciones, se evaluó el caudal para un periodo de retorno de 50 años según las recomendaciones del INVIAS (2009), Un resumen de las características del modelo se presenta en la Tabla 31.

Tabla 31: Resumen de parámetros del modelo de la quebrada Severinera en HEC-RAS. Fuente: Elaboración propia (2024).

| **Características geométricas** | |
|---|---|
| Número de secciones | 25 |
| Estación aguas abajo | 0+000,00 |
| Estación aguas arriba | 0+480,00 |
| Condición de frontera aguas arriba | Profundidad normal s=0,0104 m/m |
| Condición de frontera aguas abajo | Profundidad normal s=0.0104 m/m |
| **Coeficientes de rugosidad (Manning)** | |
| Cauce principal y planicies | 0,040 |
| **Condiciones de caudal** | |
| Q50años | 179 m3/s |

# 9. MODELO HIDRÁULICO

## 9.1 DISEÑO HIDRÁULICO DEL PUENTE

El modelo seleccionado para la simulación hidráulica fue el programa HEC-RAS (River Analysis System del Hydrologic Engineering Center) del Cuerpo de Ingenieros del Ejército de Estados Unidos. Este modelo unidimensional se basa en el cálculo de Flujo Gradualmente Variado (FGV) mediante la solución de la ecuación de energía en una dimensión. Considera las pérdidas de energía producto de la fricción a lo largo del cauce y de procesos de expansión y contracción del flujo. Para casos de Flujo Rápidamente Variado (FRV), como saltos hidráulicos, confluencias y flujo en puentes el modelo incorpora la solución de la ecuación de momentum del flujo. Las características específicas del modelo, su fundamento hidráulico y sus formulaciones y métodos de solución numéricos son tratados ampliamente en USACE (2010), documento que puede utilizarse como referencia hidráulica del modelo.

Para la corriente objeto del presente estudio, el uso de un modelo hidráulico unidimensional como el HEC-RAS es suficiente y adecuado para estimar las características del flujo, en particular los niveles para los caudales de diseño y los parámetros hidráulicos relacionados con los cálculos de socavación.

El modelo HEC-RAS requiere la inclusión de la geometría de las secciones transversales, a partir de las cuales se obtienen los parámetros hidráulicos de las secciones para el cálculo de las condiciones de flujo analizadas. Para lograr una correcta aplicación del modelo unidimensional, se utilizaron secciones transversales detalladas y se definieron tramos de análisis y separación de secciones adecuadas para la variación esperada del gradiente de energía en condición de crecientes.

La resistencia al flujo se modela mediante el coeficiente n de Manning, el cual puede ser variado a lo ancho de la sección transversal y a lo largo del tramo analizado. El modelo también requiere de la fijación de condiciones de frontera, las cuales se pueden especificar como condiciones de profundidad crítica o profundidad normal, como un nivel de agua conocido o como una curva de descarga, tanto aguas arriba como aguas abajo del tramo correspondiente. En el caso del presente estudio, se realizó el modelado en régimen permanente, es decir, sin considerar la variación del flujo en el tiempo.

El modelo supone que las secciones de la corriente (tanto transversal como longitudinalmente) son fronteras rígidas y de esta forma distribuye la totalidad del caudal llenando horizontalmente a la sección de la corriente hasta alcanzar la capacidad hidráulica necesaria para la avenida que se está simulando. Estos cálculos los puede realizar en régimen supercrítico, régimen subcrítico o en un régimen mixto. Los resultados del modelo hidráulico se obtienen tabularmente como un resumen completo de las condiciones hidráulicas de cada sección transversal (niveles de agua, energía, caudal, velocidad, profundidad, área, radio hidráulico, número de Froude, entre otros) y también gráficamente en cada sección transversal y en el perfil de la corriente. La metodología descrita se desarrolló a través del software de modelación de canales HEC-RAS, el cual proporciona datos específicos del comportamiento de caudal dentro de un canal o río, o fuente de agua, teniendo como datos de entrada: la geometría, el caudal, los valores de Manning.

Para construir el modelo de la quebrada Severinera en el programa HEC-RAS se contó con el levantamiento topográfico del cauce (ver Figura 25). El levantamiento topográfico del sitio de interés fue hecho empleando un sistema de referencia local

de elevaciones, específico al sitio, ligado a las elevaciones absolutas del sistema nacional. Se levantó un tramo de 300 m, que cubre 150 m aguas arriba y 150 m aguas abajo a partir del sitio de interés. La longitud del tramo fue definida en función de las características hidráulicas del río y resultó suficiente para el modelado hidráulico. A partir del levantamiento topográfico, se elaboró un plano topográfico detallado con curvas de nivel, y se generó una superficie tridimensional del cauce (ver Figura 26).

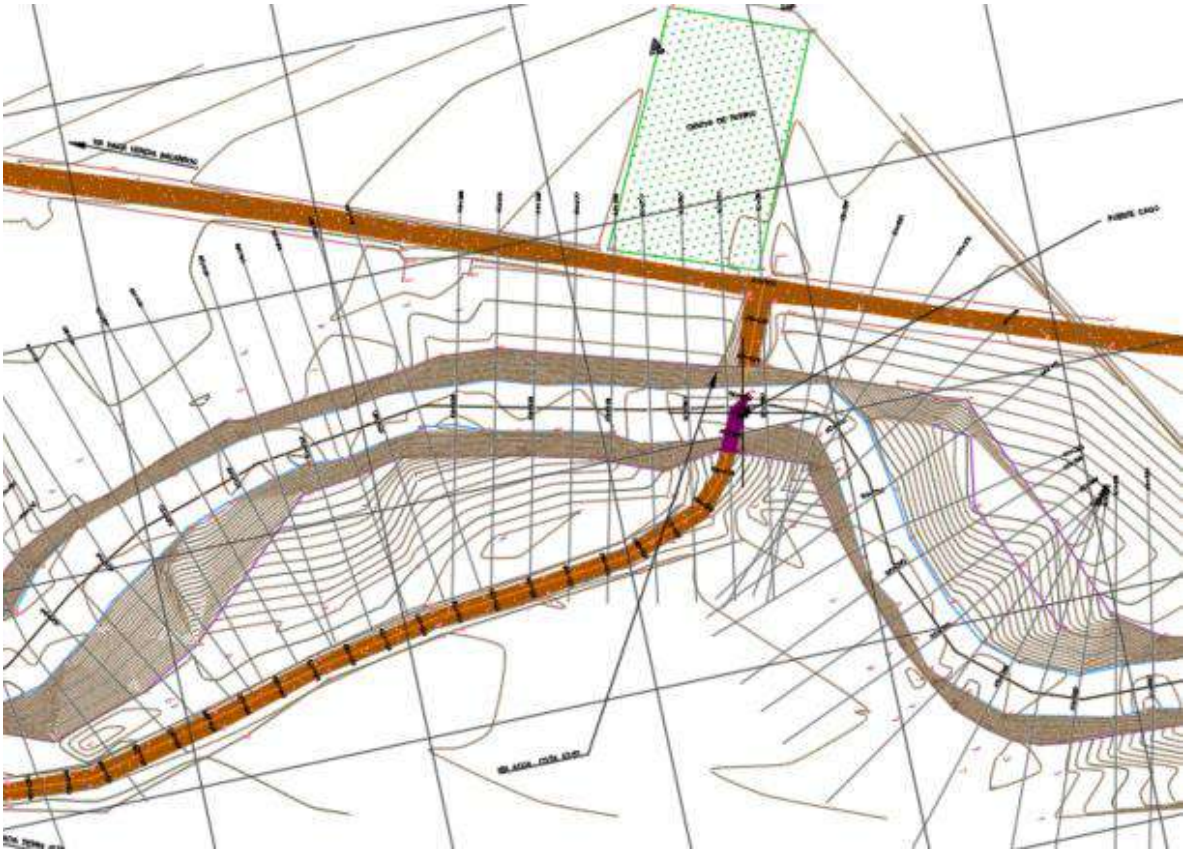


Figura 25: Topo-batimetría de la quebrada Severinera. Fuente: Equipo de topografía (2024).

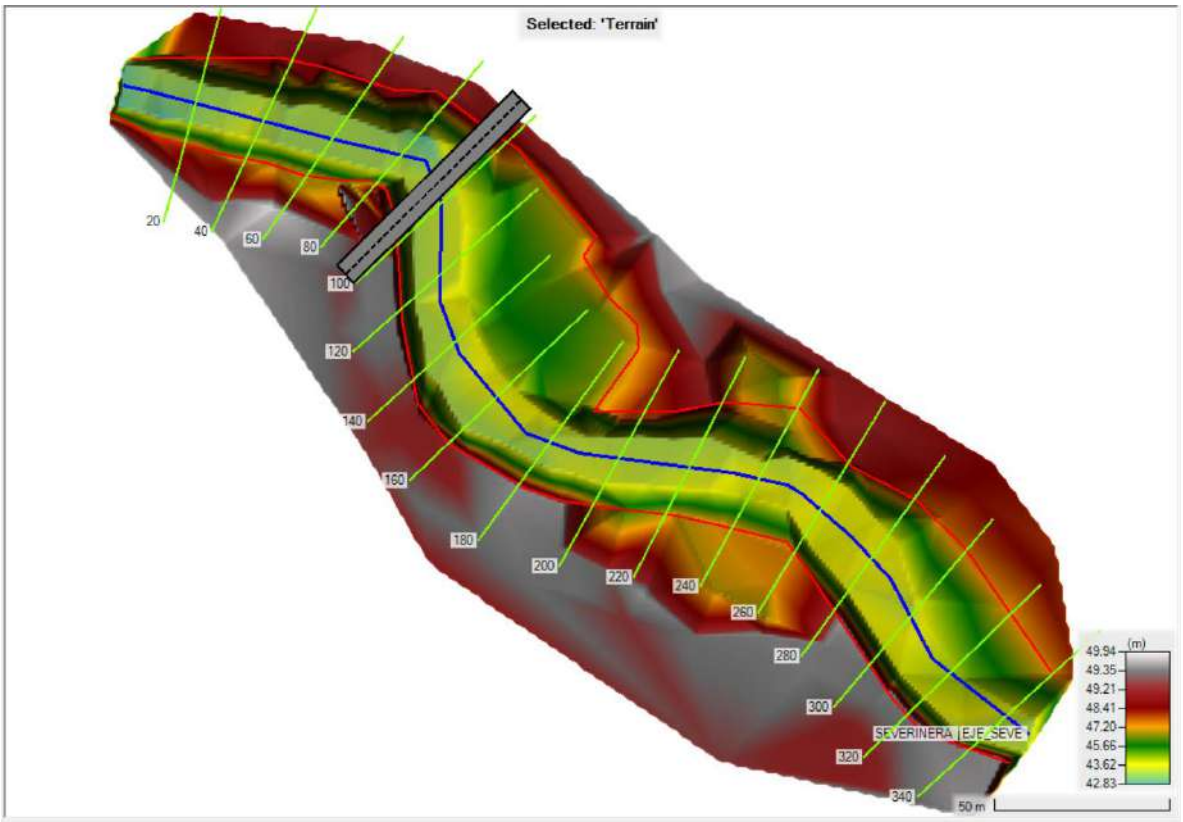



Figura 26: Geometría de la quebrada Severinera. Fuente: Elaborado con HEC-RAS (2024).

A partir de la superficie tridimensional digital se generaron secciones transversales espaciadas cada 20 metros y con una extensión media de 100 m a cada lado del eje del cauce. En total, 25 secciones transversales conformaron el modelo hidráulico final de la quebrada Severinera.

## 9.2 NIVEL DE AGUAS MÁXIMO

Las simulaciones en HEC-RAS, se evaluaron en régimen subcrítico permitiendo obtener las condiciones del flujo del cauce. La siguiente ilustración es una vista tridimensional de los niveles de agua en el cauce con el periodo de retorno seleccionado para las condiciones de cauce natural sin obras, cauce con box culvert y puente propuesto y las ilustraciones anexas representan cada sección transversal con el caudal de diseño evaluado.

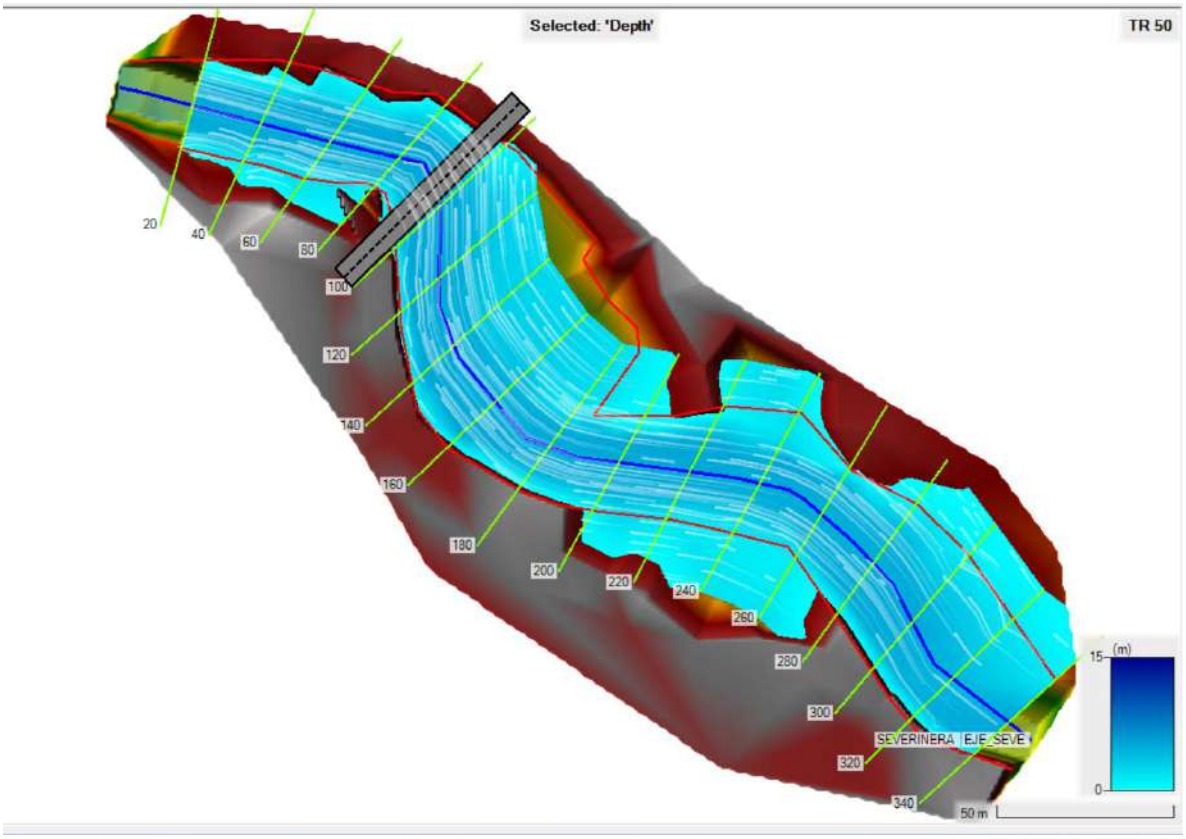



Figura 27: Modelación de flujo en las secciones de la quebrada Severinera. Fuente: Elaboración con HEC-RAS (2024).

Tabla 32: Resultados de modelación hidráulica de flujo con puente. Fuente: Elaborado con HEC-RAS (2024).

| Reach | River Sta | Profile | Q Total | Min Ch El | W.S. Elev | Max Chl Dpth | 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) | (m/s) | (m2) | (m) | |
| EJE_SEVE | 340 | TR 50 | 179 | 43.27 | 48.44 | 5.17 | | 48.54 | 0.00066 | 1.45 | 127.9 | 48.88 | 0.25 |
| EJE_SEVE | 320 | TR 50 | 179 | 43.68 | 48.43 | 4.75 | | 48.53 | 0.000686 | 1.44 | 131.93 | 51.05 | 0.25 |
| EJE_SEVE | 300 | TR 50 | 179 | 43.4 | 48.43 | 5.03 | | 48.51 | 0.000403 | 1.24 | 152.79 | 52.52 | 0.2 |
| EJE_SEVE | 280 | TR 50 | 179 | 43.54 | 48.42 | 4.88 | | 48.5 | 0.000433 | 1.27 | 144.31 | 44.56 | 0.2 |
| EJE_SEVE | 260 | TR 50 | 179 | 43.61 | 48.4 | 4.79 | | 48.49 | 0.000571 | 1.4 | 140.16 | 49.93 | 0.23 |
| EJE_SEVE | 240 | TR 50 | 179 | 43.38 | 48.4 | 5.02 | | 48.47 | 0.000506 | 1.27 | 159.72 | 68.88 | 0.22 |
| EJE_SEVE | 220 | TR 50 | 179 | 43.26 | 48.38 | 5.12 | | 48.46 | 0.00047 | 1.29 | 151.9 | 60.21 | 0.21 |
| EJE_SEVE | 200 | TR 50 | 179 | 43.27 | 48.32 | 5.05 | | 48.45 | 0.000801 | 1.58 | 116.06 | 54.51 | 0.28 |
| EJE_SEVE | 180 | TR 50 | 179 | 43.23 | 48.34 | 5.11 | | 48.42 | 0.000586 | 1.32 | 145.67 | 49.21 | 0.23 |
| EJE_SEVE | 160 | TR 50 | 179 | 43.22 | 48.35 | 5.13 | | 48.4 | 0.000254 | 1.03 | 190.47 | 52.94 | 0.16 |
| EJE_SEVE | 140 | TR 50 | 179 | 43.27 | 48.35 | 5.08 | | 48.4 | 0.000266 | 1.04 | 186.96 | 52.05 | 0.16 |
| EJE_SEVE | 120 | TR 50 | 179 | 43.26 | 48.34 | 5.08 | | 48.39 | 0.000226 | 1 | 194.49 | 52.1 | 0.15 |
| EJE_SEVE | 100 | TR 50 | 179 | 43.24 | 48.31 | 5.07 | 45.3 | 48.38 | 0.000342 | 1.17 | 157.44 | 44.36 | 0.18 |
| EJE_SEVE | 82 | | Bridge | | | | | | | | | | |
| EJE_SEVE | 80 | TR 50 | 179 | 42.91 | 48.25 | 5.34 | 45.4 | 48.37 | 0.000683 | 1.53 | 116.77 | 30.6 | 0.25 |
| EJE_SEVE | 60 | TR 50 | 179 | 43.2 | 48.24 | 5.04 | | 48.35 | 0.000712 | 1.51 | 121.15 | 38.23 | 0.26 |
| EJE_SEVE | 40 | TR 50 | 179 | 43.3 | 48.16 | 4.86 | | 48.33 | 0.001211 | 1.81 | 99.04 | 32.7 | 0.32 |
| EJE_SEVE | 20 | TR 50 | 179 | 43.07 | 48.09 | 5.02 | 45.7 | 48.3 | 0.001503 | 2 | 89.6 | 27.09 | 0.35 |

Donde Min Ch El corresponde a la elevación mínima del fondo del caucel; W.S Elev es la superficie máxima de la línea de agua, Crit W.S es el tirante critico de la lámina de agua, E.G Elv es la energía desde el fondo del cauce, Vel Chnl es la velocidad del fluido en el cauce, Flow Area hace referencia al área hidráulica y Top Width hace referencia al ancho de la sección analizada.

Para incluir el puente en el modelo HEC-RAS se empleó el módulo de puentes, en el cual se esquematiza la geometría propuesta y se definen los criterios de cálculo hidráulico.

Tabla 33: Tabla 38: Resultados hidráulicos para sección de puente. Fuente: Elaborado en HECRAS (2024).

| E.G. US. (m) | 47.85 | Element | Inside BR US | Inside BR DS |
|---|---|---|---|---|
| W.S. US. (m) | 47.54 | E.G. Elev (m) | 47.85 | 47.82 |
| Q Total (m3/s) | 179 | W.S. Elev (m) | 47.54 | 47.55 |
| Q Bridge (m3/s) | 179 | Crit W.S. (m) | 45.67 | 45.73 |
| Q Weir (m3/s) | | Max Chl Dpth (m) | 4.54 | 4.3 |
| Weir Sta Lft (m) | | Vel Total (m/s) | 2.49 | 2.32 |
| Weir Sta Rgt (m) | | Flow Area (m2) | 72.01 | 77.3 |
| Weir Submerg | | Froude # Chl | 0.42 | 0.4 |
| Weir Max Depth (m) | | Specif Force (m3) | 193.18 | 193.35 |
| Min El Weir Flow (m) | 49.11 | Hydr Depth (m) | 3.65 | 3.5 |
| Min El Prs (m) | 51.04 | W.P. Total (m) | 24.39 | 26.81 |
| Delta EG (m) | 0.06 | Conv. Total (m3/s) | 3705.2 | 3915.1 |
| Delta WS (m) | 0.02 | Top Width (m) | 19.7 | 22.07 |
| BR Open Area (m2) | 146.85 | Frctn Loss (m) | 0.01 | 0.03 |
| BR Open Vel (m/s) | 2.49 | C & E Loss (m) | 0.01 | 0 |
| BR Sluice Coef | | Shear Total (N/m2) | 67.58 | 59.11 |
| BR Sel Method | Energy only | Power Total (N/m s) | 168 | 136.88 |


juan.durangogr@gmail.com
juandurangogrisales@hotmail.com
3207675124

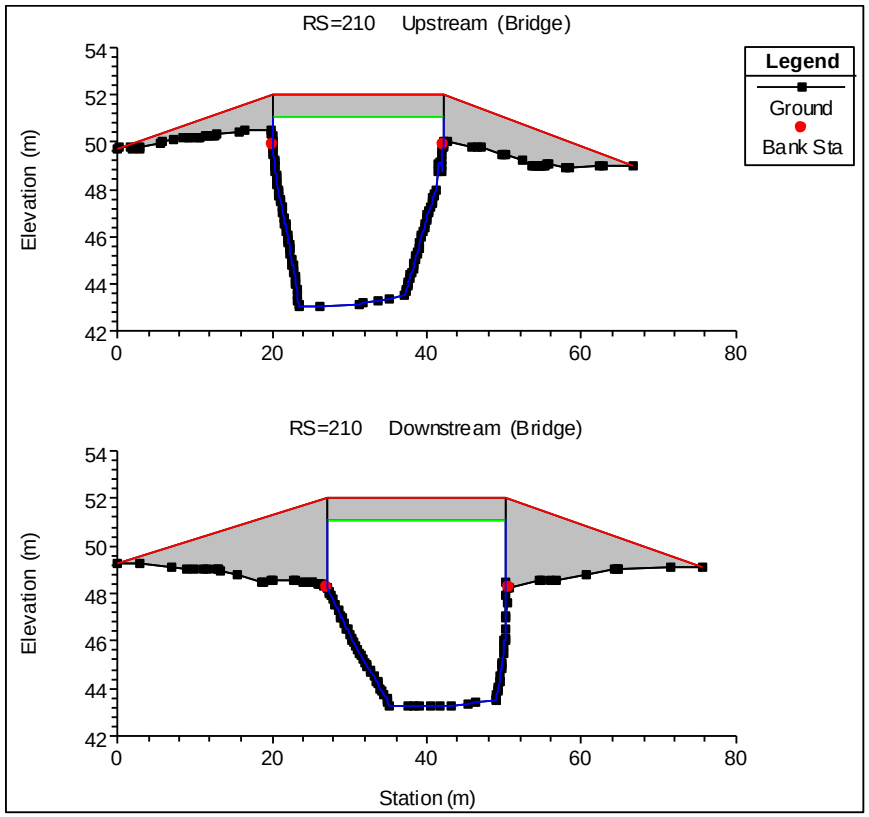



Figura 28: Sección hidráulico de puente con estribos. Fuente: Elaborado en HECRAS (2024).

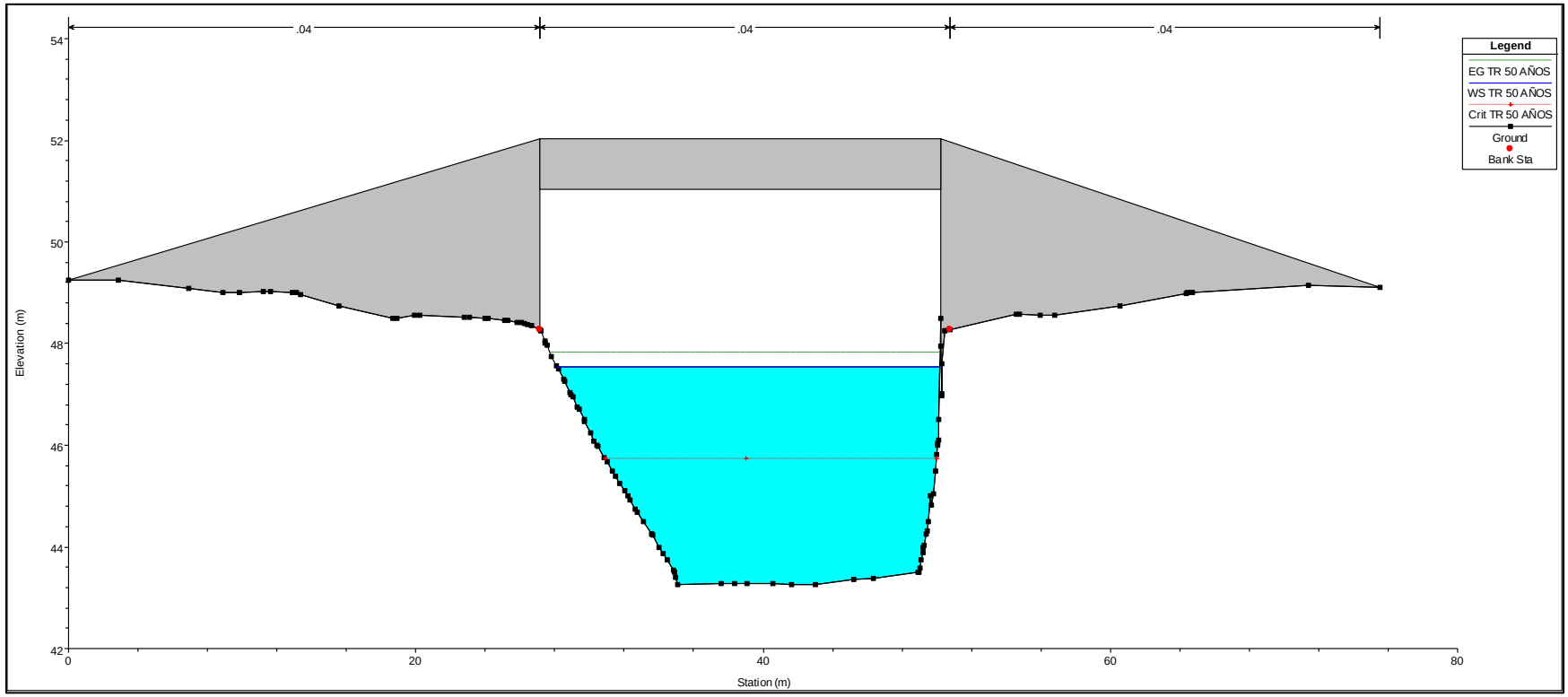
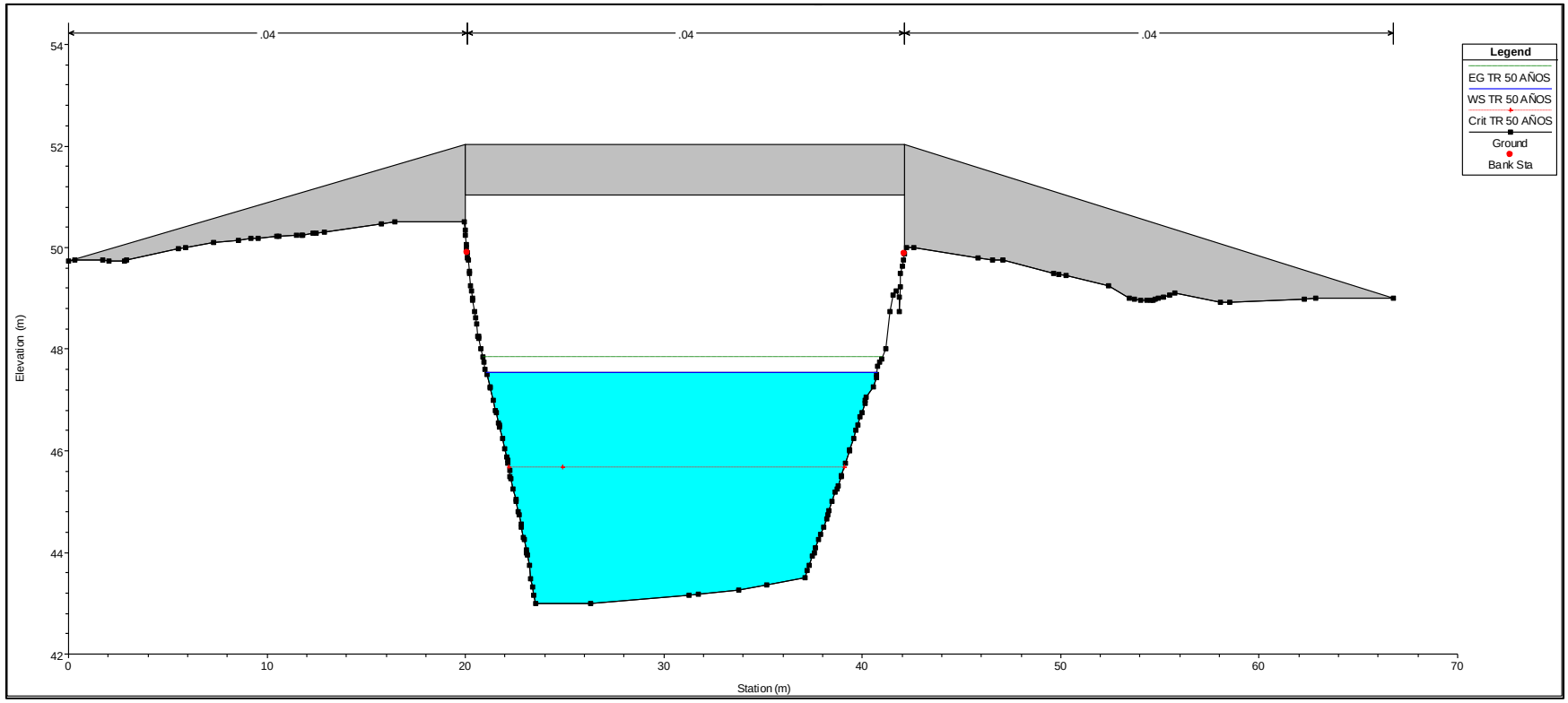



Figura 29: Sección hidráulica de puente AGUAS ABAJO. Fuente: Elaborado en HEC RAS (2024).




Ingeniero Civil
Universidad Pontificia Bolivariana

juan.durangogr@gmail.com
juandurangogrisales@hotmail.com
3207675124

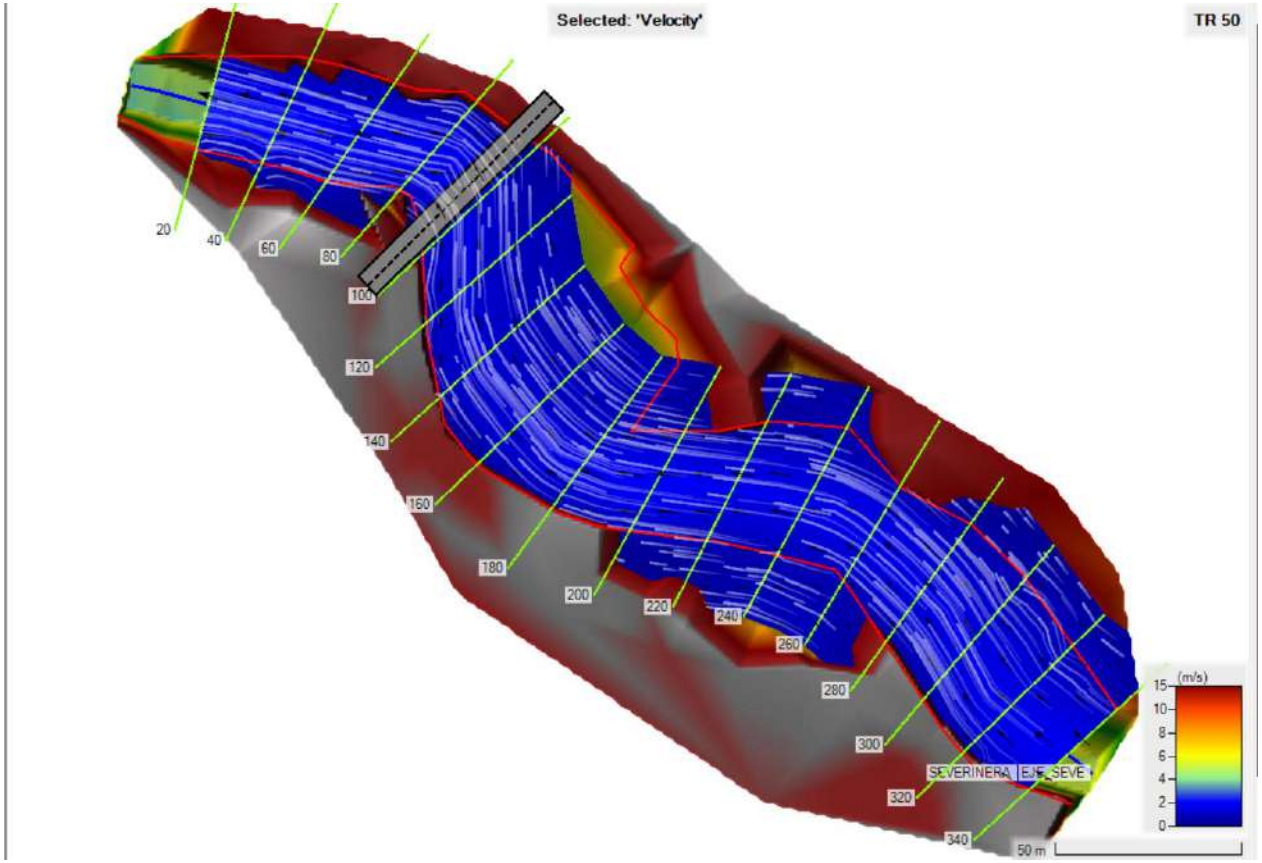



Figura 30: Modelación de velocidad en las secciones de la quebrada Severinera con puente propuesto. Fuente: Elaboración con HEC-RAS (2024).

Las simulaciones en HEC-RAS, mediante cálculos a régimen subcrítico, permitieron obtener las condiciones de flujo la quebrada Severinera en el tramo del puente. La Figura 31 muestra el perfil del río para los caudales de 50 años de período de retorno. La Figura 30 muestra mediante una vista tridimensional los niveles de agua en la quebrada Severinera para un período de retorno de 50 años. La Figura 29 muestra los niveles de agua en la sección del puente para los caudales analizados.

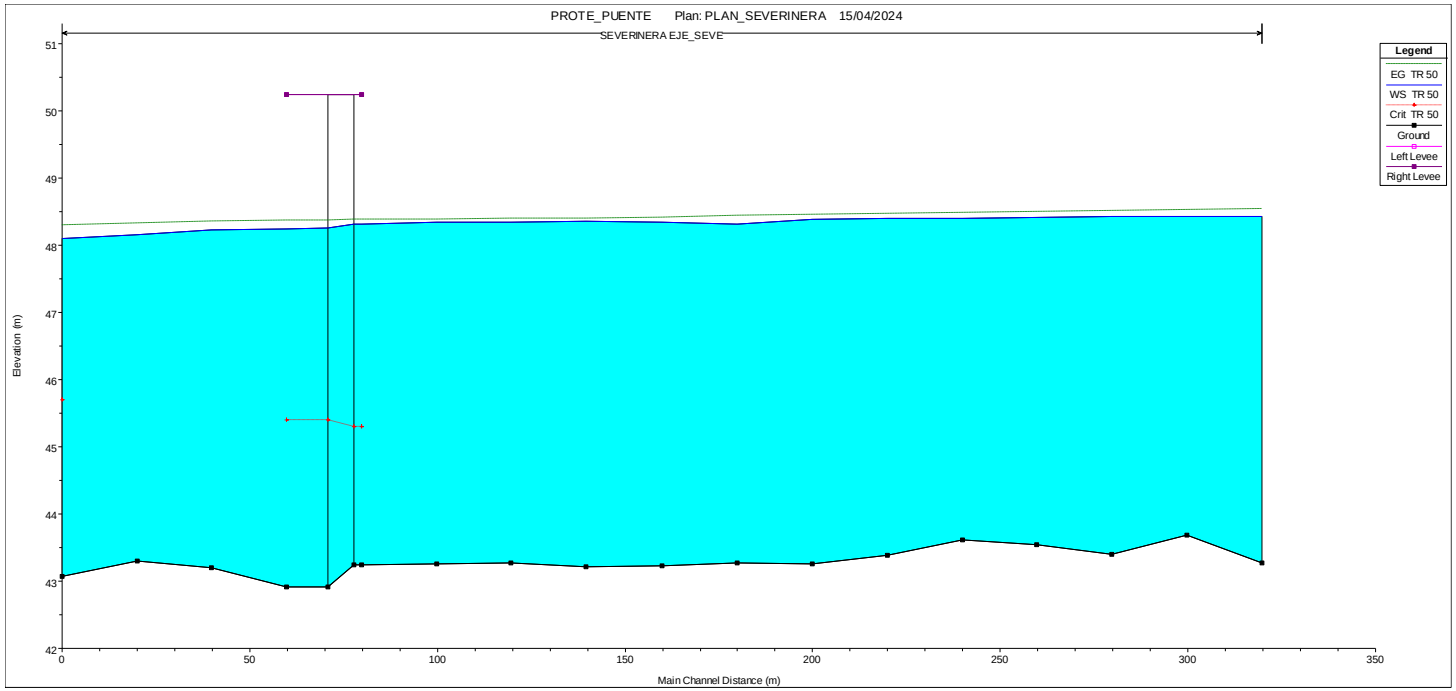



Figura 31: Perfil hidráulico de la quebrada Severinera con puente. Fuente: Elaborado en HEC RAS (2024).

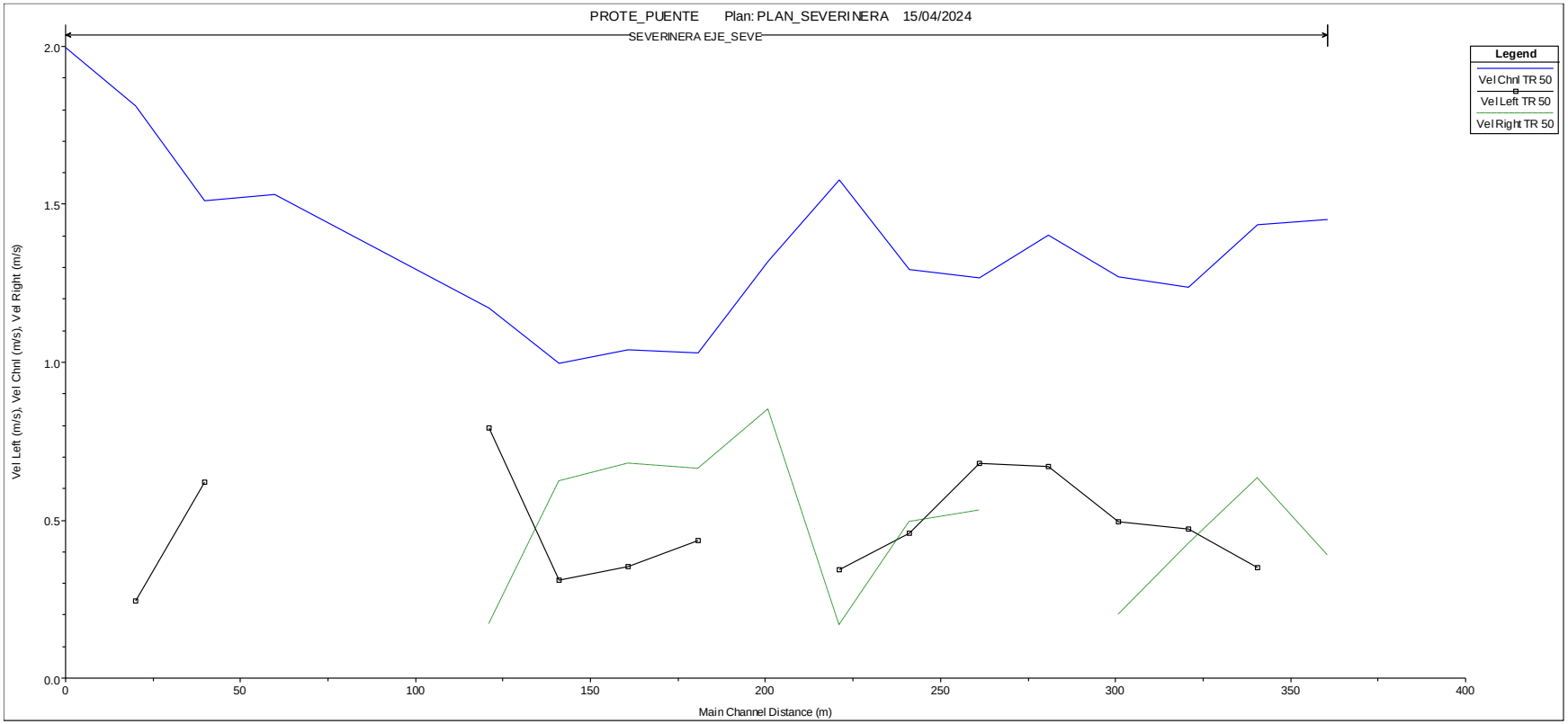



Figura 32: Distribución de velocidades en el tramo analizado de la quebrada Severinera con puente propuesto. Fuente: Elaborado en HEC RAS (2024).

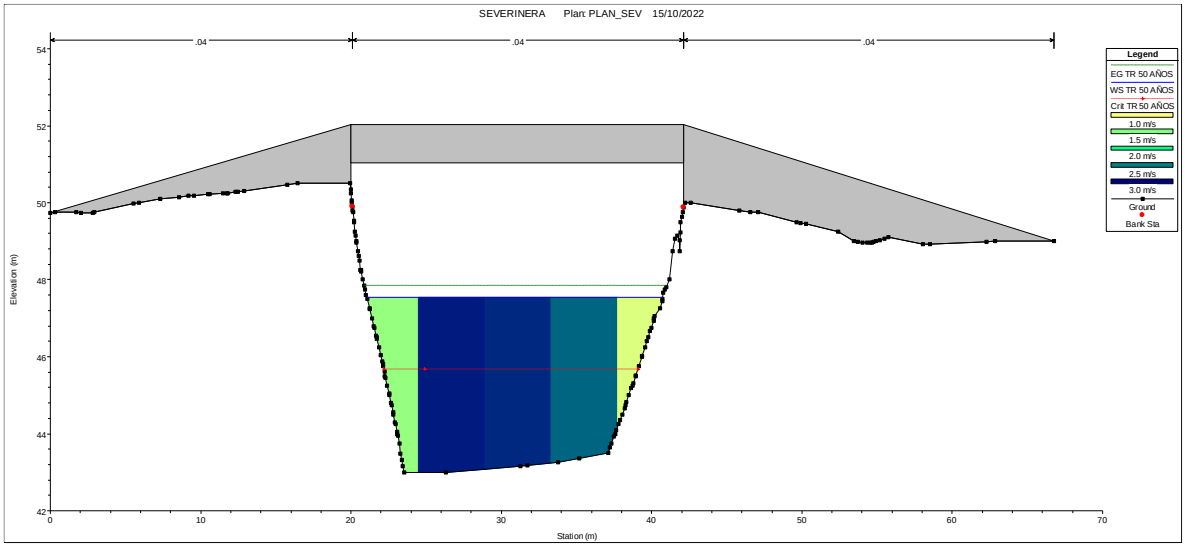



Figura 33: Distribución de velocidades en sección K0+210 del puente. Fuente: e: Elaborado en HEC RAS (2024).

A partir de las tablas y figuras anteriores se tiene una velocidad máxima 3.86 m/s, una elevación mínima de aguas de 46.33 m.s.n.m. y un nivel de aguas máximo de 48.04 m.s.n.m. Como resultado del levantamiento topográfico realizado en la zona de estudio se conoce que el nivel máximo alcanzado por la inundación corresponde una cota de 49.10 m.s.n.m, la cual fue utilizada para el análisis del puente. A partir de la cota de inundación correspondiente a campo y los resultados de la modelación hidráulica, se definen las siguientes cotas para los periodos de retorno:

Tabla 34: Evento y cota de inundación. Fuente: Elaboración propia (2024).

| EVENTO DE INUNDACIÓN | COTA (m.s.n.m.) |
|---|---|
| Cota de aguas máximas en campo | 49.10 |
| Periodo de retorno 50 años | 49.04 |
| Periodo de retorno 100 años | 50.21 |

El proceso de verificación y definición de propuesta geométrica final se llevó a cabo iterativamente, realizando simulaciones en HEC-RAS con la propuesta inicial y planteando cambios en la geometría que permitieran cumplir con los criterios del manual de drenaje para carreteras del INVIAS (2011), particularmente que el puente

cuente con una altura libre de 2.0 m entre el nivel del agua y el nivel de fondo de viga, llamado galibo. Tras los análisis iniciales, se determinó que el fondo de viga debía ubicarse sobre la cota 51.04 m.s.n.m. Los resultados de la modelación hidráulica para la propuesta final del puente se presentan en detalle en el siguiente apartado. Un resumen de las características geométricas finales del puente se muestra en la Tabla 35, las cuales describen la sección hidráulica mínima con la que debe implantarse el puente para contar con suficiente capacidad y condiciones adecuadas de flujo.

Tabla 35: Resumen de parámetros geométricos de la propuesta de puente vehicular. Fuente: Elaboración propia (2024).

| Parámetro geométrico | Valor |
|---|---|
| Luz libre estructural | 30 m |
| Taludes de sección interna | 2,0H:1,0V |
| Nivel inferior de viga | 51.04 m.s.n.m. |
| Nivel mínimo de fondo de cauce | 43.36 m.s.n.m. |
| Galibo | 2.0 m |
| Ancho mínimo de fondo de cauce | 20 m |

En la Tabla 36 se muestran los resultados obtenidos de nivel máximo de aguas extraordinarios para la sección del puente.

Tabla 36: Resumen de resultados del modelo de la quebrada Severinera en HEC-RAS para secciones cercanas al eje propuesto. Fuente: Elaboración propia (2024).

| | |
|---|---|
| **Q (m3/s)** | 179 |
| **Sección** | 210 |
| **Elevación fondo del cauce (m.s.n.m)** | 46.33 |
| **Elevación del agua (m.s.n.m)** | 48.04 |
| **Elevación línea de energía (m.s.n.m)** | 48.85 |
| **Velocidad media cauce (m/s)** | 2.5 |
| **Velocidad máxima del cauce (m/s)** | 3.85 |
| **Froude cauce** | 0.42 |

## 10. CONTROL DE EROSIÓN

Teniendo en cuenta la propuesta de solución del informe geotécnico se analizan las condiciones de velocidad del cauce. Los componentes de la solución son los siguientes:

- •Perfilado de taludes: Se realizará perfilado de taludes en las secciones hasta
- alcanzar taludes de inclinación 2H:1V.
- Muro en gaviones: Se utilizarán en los taludes con inclinaciones mayores a 2H:1V, esto es entre las abscisas K0+470 y K0+510, K0+250 a la K0+310, y de la K0+050 a la K0+090. Detrás de los gaviones se debe reemplazar el material de terreno natural por material granular.
- Revestimiento en colchagavión: Se utilizará en todo el tramo de análisis con taludes de inclinaciones de 2H:1V, anclados al terreno natural a través de contrafuertes correspondientes a una hilera de gaviones de 1.00X1.00X1.00 m.
- Dique sumergido en roca suelta: Se utilizará en todo el tramo de análisis y servirá para darle estabilidad al revestimiento en colchagavión en el pie del talud y para rellenar el fondo del cauce frente a los procesos de socavación.
- Se propone perfilar el terreno a la menor pendiente posible y revestirlo con un manto de colchagavión o geoestera de fácil acomodación al terreno, es importante que este recubrimiento cubra en al menos un metro el enrocado conformado entre la estructura inferior y el terreno natural.
- Con respecto a la socavación en el fondo se considera conveniente conformar un enrocado para llenar estas oquedades, tanto aguas abajo como arriba, hasta formar una superficie uniforme a la cota de los bordes que se mantuvieron sin hundirse. Para estos enrocados; el del fondo y alrededor de las pilas se recomienda que el tamaño predominante, 70%, sea mayor a 40 cm y el 30% restante sea con material más pequeño para reducir los espacios intersticiales y lograr así un enrocado con una rugosidad adecuada para que no genere grandes perturbaciones en el flujo pero que si logre disminuir su

energía y, por lo tanto, su capacidad erosiva.

Se selecciona una alternativa combinada (mano anti-socavación + hydrotube + colchacreto) la cual ofrece mayor resistencia y durabilidad en el tiempo, dado que una vez degrada la formaleta del Colchacreto, el mismo queda como recubrimiento de los Hydrotube. Se presentan las justificaciones de selección.

- Colchacreto y Hydrotube ofrecen una mayor flexibilidad y adaptabilidad a las irregularidades del terreno y a las fluctuaciones hidráulicas del río. Esto es especialmente importante en entornos fluviales donde el terreno puede ser variado y las condiciones hidráulicas pueden cambiar con el tiempo.
- A menudo, la instalación de gaviones implica la extracción y transporte de grandes cantidades de roca, lo que puede tener un impacto ambiental significativo. Por otro lado, Colchacreto y Hydrotube suelen requerir menos material de relleno y pueden ser instalados con menos perturbación del entorno natural.
- Colchacreto y Hydrotube ofrecen una mayor resistencia a la erosión que los gaviones. La combinación de concreto proyectado y geotextiles en Colchacreto y la estructura tubular flexible de Hydrotube proporcionan una protección más efectiva contra el desgaste causado por la acción del agua y los sedimentos. Hidráulicamente disminuye en mayor porcentaje la velocidad del golpe sobre la orilla en mención comparado con los gaviones tradicionales.
- Debido a su mayor resistencia a la erosión y su capacidad para adaptarse a las condiciones cambiantes del río, Colchacreto y Hydrotube suelen requerir menos mantenimiento a largo plazo en comparación con los gaviones. Esto puede resultar en ahorros significativos en costos y esfuerzos de mantenimiento a lo largo de la vida útil de la estructura de protección de la ladera.
- Colchacreto y Hydrotube ofrecen opciones de diseño más flexibles y pueden integrarse más fácilmente en el entorno natural, lo que puede ser especialmente importante en áreas del paisaje fluvial.

- El manto anti-socavación es necesario para disminuir los efectos de arrastre de solidos o material granular del fondo o de la talud por el mismo tránsito del caudal, siendo esta una geomembrana que impide el paso del agua y el contacto de esta sobre el material de terreno natural, de igual forma se garantiza la estabilidad del talud o ladera donde se situaran las estructuras de defensa ribereña como el Colchacreto y el Hydrotube.

En resumen, la elección de Colchacreto y Hydrotube sobre los gaviones en roca para la protección de laderas en ríos se basa en su mayor flexibilidad, menor impacto ambiental, mayor resistencia a la erosión, menor necesidad de mantenimiento a largo plazo. Estos aspectos hacen que estas soluciones sean más efectivas y sostenibles en muchos contextos fluviales. Es de aclarar que las soluciones antes mencionadas funcionan en conjunto, es decir la suma de las 3 garantiza disminución de la velocidad, de la erosión y de la socavación.

## 11. ANÁLISIS DE LAS VELOCIDADES MÁXIMAS PERMISIBLES SEGÚN EL MATERIAL DE LA SOLUCIÓN PROPUESTA.

La velocidad máxima permisible es la mayor velocidad que no causara arrastre de material ubicado en el fondo del cauce. A continuación, se presentan las velocidades máximas permisibles:

Tabla 37: Velocidades medias permisibles en suelos sueltos. Fuente. Hidrología e hidráulica, Ingeniero Bernardo Diaz.

| Suelo | Diámetro de partículas (mm) | Velocidades medias en (m/s) en función de la altura media de la corriente (m) | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | 0.4 | 1 | 2 | 3 |
| **1. Limos** | 0.005 - 0.05 | 0.12 - 0.17 | 0.15 - 0.21 | 0.17 - 0.24 | 0.19 - 0.26 |
| **2. Arenas** | | | | | |
| **a) Fina** | 0.05 - 0.25 | 0.17 - 0.27 | 0.21 - 0.32 | 0.24 - 0.37 | 0.26 - 0.40 |
| **b) Media** | 0.25 - 1.00 | 0.27 - 0.47 | 0.32 - 0.57 | 0.37 - 0.65 | 0.40 - 0.70 |
| **c) Gruesa** | 1.00 - 2.50 | 0.47 - 0.53 | 0.57 - 0.65 | 0.65 - 0.75 | 0.70 - 0.80 |
| **3. Grava** | | | | | |
| **a) Fina** | 0.5 - 5.00 | 0.53 - 0.65 | 0.65 - 0.80 | 0.75 - 0.90 | 0.80 - 0.95 |
| | 5.00 - 10.00 | 0.65 - 0.80 | 0.80 - 1.00 | 0.90 - 1.10 | 0.95 - 1.20 |
| **b) Media** | 10.00 - 15.00 | 0.80 - 0.95 | 1.00 - 1.20 | 1.10 - 1.30 | 1.20 - 1.40 |
| | 15.00 - 25.00 | 0.95 - 1.20 | 1.20 - 1.40 | 1.30 - 1.60 | 1.40 - 1.80 |
| **c) Gruesa** | 25.00 - 40.00 | 1.20 - 1.50 | 1.40 - 1.80 | 1.60 - 2.10 | 1.80 - 2.20 |
| | **40.00 -75.00** | 1.50 - 2.00 | 1.80 - 2.40 | 2.10 - 2.80 | **2.20 - 3.00** |
| | 75.00 - 100.00 | 2.00 - 2.30 | 2.40 - 2.80 | 2.80 - 3.20 | 3.00 - 3.40 |
| | 100.00 - 150.00 | 2.30 - 2.80 | 2.80 - 3.40 | 3.20 - 3.90 | 3.40 - 4.20 |
| | 150.00 - 200.00 | 2.80 - 3.20 | 3.40 - 3.90 | 3.90 - 4.50 | 4.20 - 4.90 |
| | 200 | 3.2 | 3.9 | 4.5 | 4.9 |

Teniendo en cuenta el dique sumergido en roca suelta del informe geotécnico con diámetro entre 0.15 y 0.75 m para el material rocoso, la velocidad permisible para no general arrastre de este material seria de 3.86 m/s, lo cual se cumple debido a que la velocidad máxima que se presenta en el tramo del punto crítico es de 2.36 m/s. Las velocidades varían entre 1.45 y 2.36 m/s para el periodo de retorno de 50 años en el tramo del proyecto en condiciones proyectadas.

## 12. SOCAVACIÓN DEL CAUCE

De acuerdo con la American Society of Civil Engineerring (ASCE), la socavación es la acción erosiva del agua de una corriente, que excava y transporta el suelo de los lechos y de las márgenes. La socavación puede tener lugar tanto en suelos sueltos como en roca sólida. La ocurrencia de crecientes extremas conduce a los procesos de socavación general en cauces y local alrededor de pilas y estribos que, sumados a factores de índole hidráulica y geotécnica e inadecuadamente analizados, se convierten en las causas más comunes de falla de los puentes. Este es un fenómeno natural que ocurre en las corrientes aluviales, pero no se limita de ninguna manera a tales corrientes, en virtud de que el desplazamiento del lecho del cauce y del terreno en las márgenes por procesos de socavación es un fenómeno que puede encontrarse en todo tipo de corrientes. Establecer la permanencia y estabilidad de la sección del cauce cuando es sometida a los procesos erosivos generados por la corriente que transporta agua y sedimentos por debajo y alrededor de pilas y estribos, es de gran importancia cuando se trata de determinar las condiciones para el diseño de las cimentaciones de una estructura de paso, dicha estructura debe resistir las fuerzas de arrastre generadas durante los eventos extraordinarios. En los análisis de socavación general y local, ya sea en puentes o en obras hidráulicas menores, el proyectista deberá tener un conocimiento integral de los aspectos hidrológicos, hidráulicos, geotécnicos y topográficos del sitio en estudio. Por tal razón, resultan de gran importancia estos estudios y el nivel de análisis de la información primaria y secundaria recopilada durante la etapa previa de ellos. Por otro lado, la evaluación de la socavación en puentes y, en general, en estructuras hidráulicas, es un tema sobre el que no se ha dicho la última palabra, por lo que aún se trabaja en el desarrollo de metodologías para determinar la profundidad de socavación al presentarse una creciente. En general, las diferentes ecuaciones propuestas para el cálculo de la socavación son el resultado de investigaciones de laboratorio con limitada verificación en campo, razón por la cual la profundidad de socavación calculada puede diferir entre un autor y otro.

La socavación que se produce en un río no puede ser calculada con exactitud, solo estimada, muchos factores intervienen en la ocurrencia de este fenómeno, tales como:

- ✓ El caudal.
- ✓ Tamaño y conformación del material del cauce.
- ✓ Cantidad de transporte de sólidos.

En un puente, la socavación total potencial se puede subdividir en tres componentes principales (FHWA 2001, Hamill 1999, Julien 2002, García 2007, Leopold et.al., 1995, entre otros):

- ✓ • Socavación general a largo plazo
- ✓ • Socavación general en el puente (socavación por contracción)
- ✓ • Socavación local en pilas o estribos

Estos tres aspectos de la socavación son aditivos, por lo que los tres componentes se deben calcular para cada puente y su suma será la socavación potencial total esperada en cada sitio. Adicionalmente a estos factores, la posibilidad de migración lateral del curso de agua debe analizarse con el fin de tener un panorama completo sobre la estabilidad del sitio donde se erigirá el puente (FHWA, 2001).

Cuando en el cauce de un río existen materiales aluviales que pueden ser transportados por el flujo, se pueden identificar dos condiciones en las que puede ocurrir la socavación: socavación de aguas claras y socavación de lecho vivo. Esta división se basa en la relación entre la velocidad del flujo aguas arriba de la sección aguas arriba (v) y la velocidad crítica de transporte de los sedimentos presentes en la sección (vc). Si la velocidad del flujo es mayor que la velocidad crítica para transporte (v>vc), existe un movimiento generalizado de material del lecho, condición denominada de lecho vivo. En ese caso el flujo de aproximación trae consigo un suministro continuo de sedimento hacia la zona de socavación, la cual es causada no por el movimiento del material por el fondo sino por la existencia de contracciones u obstrucciones al flujo (Hamill, 1999).

Si por el contrario la velocidad del flujo es menor que la velocidad crítica (v<vc) el material del lecho está en reposo y la condición se denomina de aguas claras. En este caso cualquier material removido por efecto de la socavación no va a ser reemplazado por material proveniente de aguas arriba, y por lo tanto se alcanzará un nivel de socavación tal que la profundidad socavada reduzca la velocidad y el proceso de erosión se detenga (Hamill, 1999). Esta condición se puede presentar en ríos con materiales gruesos con transporte por el fondo reducido, en cauces con acorazamiento y en cauces de baja pendiente (García, 2007).

En la Figura 34 se muestra esquemáticamente la relevancia de uno u otro tipo de socavación en función de la evolución de la profundidad socavada: en condiciones de aguas claras el proceso tiende a ser más lento, pero a alcanzar una profundidad mayor; en las condiciones de lecho vivo el proceso es más rápido y va a experimentar fluctuaciones importantes en el tiempo, que pueden llegar a ser mayores a las condiciones de aguas claras.

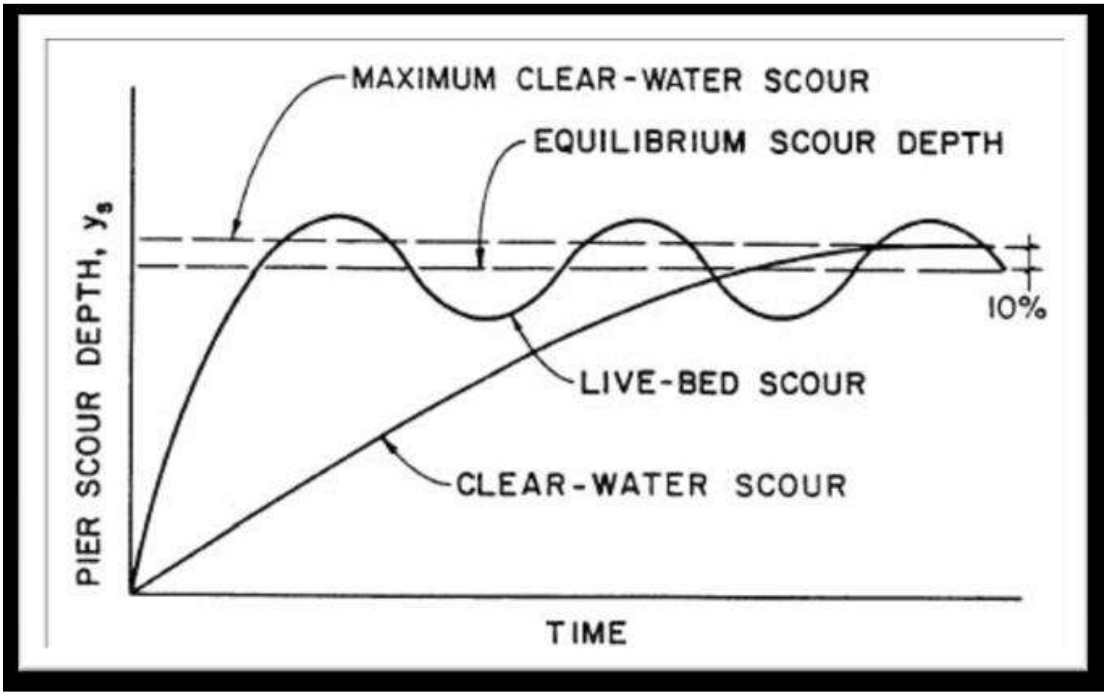



Figura 34: Representación esquemática de la evolución en el tiempo de la socavación en una pila de puente, para condiciones de aguas claras y lecho vivo. Fuente: FHWA, (2001).

## 12.1 SOCAVACIÓN GENERAL A LARGO PLAZO

El término degradación se refiere a la pérdida de material en un tramo de río, mientras que agradación se refiere al aumento del lecho del cauce producto de la depositación de sedimentos. Ambos procesos son fenómenos que ocurren en tramos largos de los ríos y en lapsos de tiempo relativamente extensos, por lo que no son efectos locales ni inmediatos. Pueden ser producto de procesos naturales o de cambios producidos por actividades humanas en los ríos. Extracción de agua, construcción de una presa, extracción de material de los cauces de los ríos, rectificación de cauces pueden ser algunas de las causas antropogénicas de la degradación o agradación a largo plazo.

La ruptura del equilibrio entre el caudal sólido, el caudal líquido y el tamaño de partícula en un cauce causan ajustes en la pendiente longitudinal del mismo, los cuales se manifiestan en cambios en los procesos de transporte y por lo tanto en la erosión y depositación de material en el fondo del cauce.

En el análisis de socavación total un puente, la socavación de largo plazo producto de estos cambios en la morfología del cauce debe ser evaluada y considerada. Si existen actividades que afecten o puedan llegar a afectar el equilibrio longitudinal del cauce deberá determinarse su magnitud y potencial impacto para decidir si es necesario realizar estudios geomorfológicos para sumar a la socavación general y local el efecto de la degradación.

## 12.2 SOCAVACIÓN GENERAL POR CONTRACCIÓN

La socavación general es un proceso mediante el cual el cauce se profundiza debido a la remoción de material de fondo producto del aumento de la velocidad ante la ocurrencia de una contracción en el flujo. Estas condiciones de flujo pueden ser naturales (e.g. contracción natural, flujos secundarios debidos a una curva) o puede ser el resultado de la contracción que implica la construcción de un puente o de sus estribos de aproximación.

La socavación por contracción en sitios de puentes puede dividirse en cuatro condiciones o casos, dependiendo del tipo de contracción, y si hay flujo sobre los bancos. Para todos estos casos, la socavación por contracción puede evaluarse con dos ecuaciones básicas: socavación de lecho vivo, y socavación de aguas claras.

Para el cálculo de la socavación por contracción en condiciones de lecho vivo se recomienda el uso de la ecuación modificada de Laursen (García, 2007) que con ciertas consideraciones se puede escribir como:

$$\frac{y_2}{y_1} = \left(\frac{Q_2}{Q_1}\right)^{6/7} \left(\frac{W_1}{W_2}\right)^{k_1}$$

$$y_s = y_2 - y_0$$

Donde ys es la profundidad media de socavación (m), y1 es profundidad media aguas arriba de la sección contraída (m), y2 es la profundidad media en la sección contraída, después de la socavación (m), y0 es la profundidad media en la sección contraída, antes de la socavación (m), Q1 es el caudal aguas arriba en el canal principal y que transporta sedimentos (m3/s), Q2 es el caudal en sección contraída (m3/s), W1 es el ancho del fondo del canal principal aguas arriba (m), W2 es el ancho del canal principal en la sección contraída menos ancho de las pilas (m), k1 es el exponente que depende de las condiciones de arrastre de fondo y que varía entre 0,59 y 0,69.

## 12.3 RESULTADOS DEL CÁLCULO DE SOCAVACIÓN

La metodología que se utilizó fue la propuesta por el INVIAS (2011); las ecuaciones que se presentan a continuación son una guía para estimar la geometría hidráulica del cauce de un río. Las mismas están en función del material granular del cauce.

| SOCAVACIÓN GENERAL (A LARGO PLAZO) | | |
|---|---|---|
| **AUTOR** | **ECUACIÓN** | **OBSERVACIONES** |
| *Lacey (1930)* | $h_{ms} = 0{,}389 \left(\frac{Q^{1/3}}{d_m{}^{1/6}}\right)$ | |
| *Blench (1969)* | Para arenas de 0,06mm<d50<2mm $h_{ms} = 1{,}200 \left(\frac{q^{2/3}}{d_{50}{}^{1/6}}\right)$ | Basado en estudios de ríos de grava gruesa |
| | Para arenas de d50>2mm $h_{ms} = 1{,}230 \left(\frac{q^{2/3}}{d_{50}{}^{1/12}}\right)$ | |
| *Maza & Echavarría (1973)* | $h_{ms} = 0{,}365 \left(\frac{Q^{0{,}784}}{B^{0{,}784} d_{50}{}^{0{,}157}}\right)$ | Basado en alcances de varios autores, incluyendo estudios en Sudamérica $d_{50}$ en (m) |
| *Lischtvan & Levediev (-)* | $h_{ms} = 0{,}333 \left(\frac{q^{0{,}710}}{d_{50}{}^{0{,}199}}\right)$ | Válido para el rango de las arenas $d_{50}$ en (m) |
| *Kellerhals (-)* | $h_{ms} = 0{,}470 \left(\frac{q^{0{,}800}}{d_{90}{}^{0{,}120}}\right)$ | Válido para lechos de grava $d_{90}$ en (m) |

Figura 35: Ecuaciones para el cálculo de la socavación general a largo plazo en cauces naturales.

Fuente: Toapaxi (2015).

| SOCAVACIÓN LOCAL EN ESTRECHAMIENTOS | | |
|---|---|---|
| **AUTOR** | **ECUACIÓN** | **OBSERVACIONES** |
| *Laursen (1958, 1960, 1962, 1963)* | $\frac{y_2}{y_1} = \left(\frac{W_1}{W_2}\right)^{k_1}$ | **Socavación en Lecho Móvil** $Q_2=Q_{1m}$ (contracción cercana al canal principal) $n_1=n_2$ (Coeficiente de rugosidad de Manning) $k_1 = 0{,}59$ para $u^*/w < 0{,}5$ $k_1 = 0{,}64$ para $0{,}5 < u^*/w < 2$ $k_1 = 0{,}69$ para $u^*/w > 2$ |
| | $\frac{y_2}{y_1} = \left(\frac{W_1}{W_2}\right)^{6/7} \left(\frac{V_1{}^2}{36\, y_1{}^{1/3} d_{50}{}^{2/3}}\right)^{3/7}$ | **Socavación en Agua Clara** Unidades en S.I. |
| *Parker (1985)* | $\frac{y_2}{y_1} = \left(\frac{W_1}{W_2}\right)^{k_4}$ | **Socavación en Lecho Móvil** Cauces de grava, no considera el acorazamiento (conservadora) $k_4$ varia entre 0,675 a 0,825 |
| *Richardson& Davis (1995)* | $\frac{y_2}{y_1} = \left(\frac{Q_1}{Q_{1m}}\right)^{6/7} \left(\frac{W_1}{W_2}\right)^{k_1}$ | **Socavación en Lecho Móvil** basada en estudios anteriores incluyendo la ecuación de Laursen (1960) |
| *Richardson& Davis (1995)/ HEC-18* | $y_2 = 1{,}48 \left(\frac{Q_2}{d_m{}^{1/3} W_2}\right)^{6/7}$ | **Socavación en Agua Clara** |

Figura 36: Ecuaciones recomendadas para el cálculo de la socavación local en estrechamientos.

Fuente: Toapaxi (2015).

| SOCAVACIÓN LOCAL EN ESTRIBOS | | |
|---|---|---|
| **AUTOR** | **ECUACIÓN** | **OBSERVACIONES** |
| *Liu et al. (1961)* | $\frac{d_s}{L} = 1{,}10 \left(\frac{y}{L}\right)^{0.6} Fr^{0.33}$ | Aplicable para **lecho móvil** en estribos en contrafuerte a lo largo del río. |
| | $\frac{d_s}{L} = 2{,}15 \left(\frac{y}{L}\right)^{0.6} Fr^{0.33}$ | Aplicable para **lecho móvil** en estribos en pared vertical y estribos con aleta. |
| *Laursen (1962)* | $\frac{d_s}{L} \approx 1{,}57 \left(\frac{y}{L}\right)^{0.5}$ | Se aplica en **lecho móvil** en un estribo situado en el cauce principal. |
| *Laursen (1963)* | $\frac{d_s}{L} \approx 1{,}89 \left(\frac{y}{L}\right)^{0.5}$ | Válido en condiciones de umbral del movimiento. Se aplica para **agua clara** en un estribo situado en el cauce principal. |
| *Frochlich (1989a)/ HEC-18* | **Para lecho móvil o agua clara:** $\frac{d_s}{L} = 2{,}27 K_s K_\theta \left(\frac{y_a}{L}\right)^{0.57} Fr^{0.61}$ Fr=Vc/(g ya)0,5; Vc=Qc/Ac Qc=Caudal obstruido por el estribo y terraplén; Ac= Área mojada correspondiente a Qc | |
| *Melville. (1992)* | $\frac{d_s}{L} = K_y K_s K_d K_G K_\theta K_I$ | $ds_{max} = 2L$ L/y<1<br>$ds_{max} = 2(yL)^{0.5}$ 1<L/y<25<br>$ds_{max} = 10y$ L/y>25 |
| *Richardson & Davis (1995)* | $\frac{d_s}{L} = 7{,}27 K_s K_\theta \left(\frac{y_a}{L}\right) Fr^{0.33}$ | Aplicable para L/y>25 |
| *Melville (1997)* | En condiciones de umbral de movimiento, para **agua clara** o **lecho móvil** $d_s = K_{yL} K_s K_d K_I K_\theta K_G$ | $K_{yL} = 2L$ L/y<1<br>$K_{yL} = 2(yL)^{0.5}$ 1<L/y<25<br>$K_{yL} = 10y$ L/y>25 |

Figura 37: Ecuaciones recomendadas para el cálculo de la socavación local en estribos. Fuente: Toapaxi (2015).

Se analizaron las condiciones de socavación en el sitio de interés, dadas las condiciones geométricas del cauce y las condiciones hidráulicas del flujo para las crecientes de hasta 50 años de período de retorno. Los cálculos de socavación se realizaron utilizando las fórmulas de materiales no cohesivos, detalladas en el apartado anterior. A continuación, se comentan los resultados de este análisis, cuyo resumen se muestra en la Tabla 38.

Tabla 38: Cálculos de socavación para sección propuesta. Fuente: Elaboración propia (2024).

| | | |
|---|---|---|
| Tr | 50 | años |
| Q | 179 | m3/s |
| D50 | 0.00008 | m |
| Dm | 0.0001 | m |
| Be | 40 | m |
| q | 4.48 | m3/s/m |
| A | 72.01 | m2 |
| D50 | 0.08 | mm |
| Dm | 0.1 | mm |
| **Lacey** | | |
| Ys | 10.17576991 | m |
| Socavación | 2.6 | m |
| **Blench** | | |
| Ys | 4.122648476 | m |
| Socavación | 0.55 | m |
| **Lischtvan & Levediev** | | |
| Ys | 2.306557856 | m |
| Socavación | 0.28 | m |
| **Lischtvan & Levediev INVIAS** | | |
| Yo | 2.58 | m |
| Ym | 2.09 | m |
| alfa | 1.310 | |
| beta | 1.174 | |
| Vc | 0.312 | m/s |
| Vm | 2.486 | m/s |
| Chequeo | LIVE BED | |
| miu | 0.975 | |
| phi | 1 | CLEAR WATER |
| phi | 2.231169 | LIVE BED |
| Y arena | 1.83 | Tn/m3 |
| Z | 0.426947 | |
| Ys | 3.901806814 | m |

| | | |
|---|---|---|
| Socavación | 0.33 | m |
| **Maza-Alvarez INVIAS** | | |
| D84 | 0.055 | m |
| Ys | 2.093650427 | m |
| Socavación | 0.49 | m |
| **Maza-Echevarría** | | |
| Ys | 2.196721938 | m |
| Socavación | 0.39 | m |
| **Kellerhals** | | |
| Ys | 2.126791608 | m |
| D90 | 0.075 | |
| Socavación | 0.46 | m |
| | | |
| **Socavación promedio** | **3.63** | **m** |
| Estribos | | |
| **Froehlich** | | |
| K1 | 1 | |
| θ | 90 | ° |
| K2 | 1 | |
| L' | 5 | m |
| Ya | 3.27 | m |
| Fr | 0.24 | |
| Ys | 4.73081776 | m |
| Socavación | 2.16 | m |
| **Socavación total** | **5.79** | **m** |
| COTA MÍNIMA DEL FONDO DEL CAUCE | 43.36 | m.s.n.m. |
| COTA MÁXIMA DEL FONDO SOCAVADO | 37.57 | m.s.n.m. |
| COTA MÍMIMA DE LA VIGA | 51.04 | m.s.n.m. |
| GALIBO | 2 | m |
| COTA DE NIVEL DE AGUAS MÁXIMAS EXTRAORDINARIAS | 49.04 | m.s.n.m. |
| LUZ | 30 | m |
| ANCHO DEL TABLERO | 6 | m |

La socavación general del cauce se calcula por acción de la velocidad del fluido en la sección del cauce; los estribos del puente se ubicarán fuera de la sección del cauce por lo cual no generara en gran medida afectación por la socavación, quedando así de igual forma calculada en la tabla anterior.

## 13. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

De acuerdo con el análisis realizado, es posible concluir lo siguiente:

- El área de drenaje de la quebrada Severinera hasta el sitio de interés se calculó en 22.57 Km2, la cual se obtuvo empleando el MDE del IGAC en su versión 2020.
- El caudal de escorrentía generado por esta área para el periodo de retorno de diseño, es decir, 50 años, es de 179 m3/s.
- El dimensionamiento del puente se realiza teniendo en cuenta el nivel de aguas máximas obtenida para un periodo de retorno de 50 años, este nivel presenta una cota de 49.04 msnm.
- La parte inferior de la viga del puente deberá estar ubicada 2.00 m por encima del nivel de aguas máximas, es decir, en la cota 51.04 msnm.
- Se proyecta un puente de 30 m de longitud cuya altura con respecto al fondo de la quebrada será de 7.68 m.
- La socavación máxima esperada para la sección sobre la cual se proyecta el puente es de 5.79 m
- El puente se construirá sobre estribos y no sobre pilas; los estribos estarán apoyados sobre pilotes y la socavación estimada incluye el cálculo por socavación general, por contracción y por estribos.

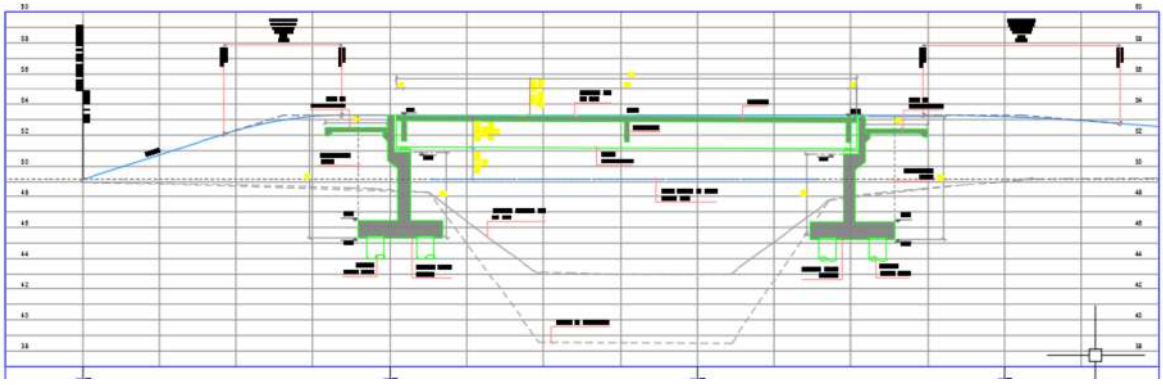


Figura 38 : Diseño estructural de puente. Fuente: Equipo estructural (2024).

- Se debe realizar una limpieza del fondo del cauce con el fin de retirar los escombros y residuos de estructuras antiguas que afectan el régimen del flujo de la quebrada.
- La abscisa K0+210 mencionada en el informe corresponde a la abscisa K0+270 del levantamiento topográfico inicial. Es de aclarar que la primera abscisa hace referencia al modelo hidráulica de HEC-RAS.
- Se recomienda la construcción de un revestimiento como mecanismo de protección del fondo y de la ribera del puente, este apartado deberá ser desarrollado en el estudio geotécnico para la construcción del puente.

Las recomendaciones planteadas en el presente estudio se basan en los resultados de las investigaciones de campo, y en los análisis de ingeniería anteriormente descritos. Si durante la construcción del proyecto llegaran a presentarse condiciones diferentes a las enunciadas y asumidas como típicas, o surgiese cualquier dificultad imprevista, está situación deberá ser informada oportunamente a fin de realizar los ajustes y evaluaciones pertinentes.



***Juan Francisco Durango Grisales***
*C.C. No. 1.067.939.423 de Tierralta*
*Ingeniero Civil – UPB*
*Magister en Recursos Hídricos - UABC*

## 14. REFERENCIAS

Aparicio, F. (1992). Fundamentos de hidrología de superficie. (G. N. Editores, Ed.) México DF: Limusa.

IDEAM. (2011). Diagnóstico situación de riesgos hidrometereológicos en Colombia y avances en la zonificación de riesgos.

IDEAM INSTITUCIONAL. (s.f.). Obtenido de http://institucional.ideam.gov.co.

IGAC. (2008). Atlas Básico de Colombia. Bogotá, Colombia.

IGAC, IDEAM, DANE. (2011). Reporte final de áreas afectadas por inundaciones 2010-2011.

Imirland. (2007). "Revelant criteria to assess vulnerability and risk". Torino, Italia.

Leone, F. (1996). Concept de vulnerabilite applique a l'evaluation des risques generes par les phenomenes de mouvements de terrain. Tesis doctoral, Universite Joseph Fourier.

Monsalve, G. (1995). Hidrología en la ingeniería. Bogotá: Escuela Colombiana de Ingeniería.

PNUD, SNGR. (2012). Metodología para el análisis de vulnerabilidad a nivel municipal. Ecuador.

Rodriguez Diaz, H. A. (2013). Drenaje urbano. Elementos de diseño. Bogotá: Escuela Colombiana de Ingeniería.

Suárez Díaz, J. (2001). Control de erosión en zonas tropicales. Bucaramanga: Universidad Industrial de Santander.

Suarez, J. (2001). Control de Erosión en zonas tropicales. Bucaramanga - Colombia:

División Editorial y de Publicaciones UIS.

VEN TE CHOW. (1959). Open Chanels Hydraulics. McGraw Hill.

# NP4- SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE MANTO ANTISOCAVACIÓN EN HYDROTEX 95

Montería, 2 de agosto del 2024

**INGENIERO**
**JUAN E. VILLALOBOS**
**Director de interventoría**
**CONSORCIO VIAL NACIONAL**

**REF.** CONTRATO DE OBRA PÚBLICA NO LP-NO.013-2022 - CONSTRUCCIÓN DE UN PUENTE VEHICULAR SOBRE LA QUEBRADA SEVERINERA EN LA VÍA QUE COMUNICA A LOS MUNICIPIOS DE PLANETA RICA Y TIERRALTA, DEPARTAMENTO DE CÓRDOBA, EN EL MARCO DEL CONVENIO INTERADMINISTRATIVO NO. 1961 DE FECHA 12 DE NOVIEMBRE DE 2021.

**ASUNTO:** JUSTIFICACION SOLICITUD ITEM NO PREVISTO – NP4- SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE MANTO ANTISOCAVACIÓN EN HYDROTEX 95

**JUSTIFICACION TECNICA**

1. De acuerdo al diseño hidráulico y geotécnico aprobado mediante oficio No CVN-922-2022 del 25 de abril del 2024 y No CVN-959-2022 del 20 de mayo del 2024 respectivamente, la interventoría da el aval de cumplimiento a la revisión de estudio y diseño de las obras de protección , el cual contempla la construcción de 170 ml de obras de protección (k0+280 a k0+320 margen izquierda y k0+280 a k0+410 margen derecha), en dichas obras se requiere de acuerdo a los diseños instalar mato antisocavación en la superficie.

**JUSTIFICACION JURIDICA**

1. El dia 2 de abril del 2024, se realiza ADICIONAL EN VALOR Y PLAZO No. 1 AL CONTRATO DE OBRA PÚBLICA No. LP-013-2022QUE TIENE POR OBJETO: CONSTRUCCION DE UN PUENTE VEHICULAR SOBRE LA QUEBRADA SEVERINERA EN LA VIA QUE COMUNICA A LOS MUNICIPIOS DE PLANETA RICA Y TIERRALTA, DEPARTAMENTO DE CORDOBA EN EL MARCO DEL CONVENIO INTERADMINISTRATIVO No. 1961 DE FECHA 12 DE NOVIEMBRE DE 2021.

2. El adicional nace de la las siguientes necesidades:
   2.1 En la epata 1 del proyecto, correspondiente a revisión de estudios y diseños se presentaron las siguientes recomendaciones:
   ESTUDIO HIDROLÓGICO E HIDRÁULICO

   > • Se recomienda la construcción de un revestimiento como mecanismo de protección del fondo y de la ribera del puente, este apartado deberá ser desarrollado en el estudio geotécnico para la construcción del puente.

**Pag. 101**

INFORME GEOTECNICO.

- En el caso de la existencia del fenómeno de socavación en la zona de implantación de cada de la estructura tipo puente analizados, se hará necesario el establecimiento de una estructura de protección del puente y sus zonas adyacentes (aguas arriba y aguas abajo), con el fin de evitar daños en esta, y así garantizar un óptimo funcionamiento en su periodo de diseño. Todo esto, debe ser evaluado y analizado en los estudio hidrológico e hidráulico.

**Pag. 148**

2.2 El día 18 de julio del 2023 y el 30 de octubre del 2023, se aprueba balance No 1 y No 2, respectivamente, en estos, de acuerdo a las necesidades prioritarias del proyecto, no fue posible mantener la meta física inicialmente programada en el proyecto, como fueron las obras correspondientes al capitulo IV, pavimento en concreto hidráulico. Asociado a esto los recursos no fueron suficiente para atender las recomendaciones dadas en el estudio hidráulico y geotécnico, en el que se informan que es necesario realizar protecciones en las zonas adyacentes al puente (aguas arriba y aguas abajo), con el fin de garantizar el óptimo funcionamiento del puente en su periodo de diseño.

2. Dentro de la etapa de estudios y diseños del adicional No 1, se contempló implementar el suministro e manto anti socavación.
3. Dentro del presupuesto del adicional No 1, no se tiene contemplada la actividad suministro e instalación de mato antisocavación (ver imagen).

| COLOMBIA RURAL | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| MUNICIPIO | | | | VIA | Long (Km) | PR Inicial | PR Final |
| Tierralta | | | | Vía Tierralta -planeta Rica | 0,43 | Construcción de puente | |

## ADICIONAL No 1

**SECCIÓN 2 - ITEMS DE OBRA CONSTRUCCIÓN PUENTE SOBRE ALA QUEBRADA SEVERINERA DE LA VÍA QUE COMUNICA A LOS MUNICIPIO DE TIERRALTA Y PLANETA RICA**

| No | ITEM DE PAGO | ESPECIFICACIONES | | DESCRIPCION | UNID | CANTIDAD | VALOR UNITARIO | VALOR TOTAL |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | GENERAL 2018 | PARTICULAR | | | | | |
| I.PAVIMENTO EN | | | | | | | | |
| 1 | 320.3 | 320 | | Subbase Granular Clase C. | m3 | 440,00 | $ 296.822,00 | $ 130.601.680,00 |
| 2 | 311.1 | 311 | | Afirmado (Material para mejoramiento ) | m3 | 330,00 | $ 213.578,00 | $ 70.480.740,00 |
| 3 | 500.1 | 500 | | PAVIMENTO DE CONCRETO HIDRAULICO | m3 | 400,00 | $ 935.666,00 | $ 374.266.400,00 |
| 4 | 630.4 | 630 | | Concreto clase D (210 kg/cm2 ó 3000 PSI) - CUNETAS | m3 | 120,00 | $ 770.236,00 | $ 92.428.320,00 |
| 5 | 640.1 | 640 | | Acero de refuerzo de FY = 4.200 Kg/cm 2 (60.000 PSI). | kg | 6000,00 | $ 8.638,00 | $ 51.828.000,00 |
| **Subtotal** | | | | | | | | **$ 719.605.140,00** |
| II. OBRAS DE | | | | | | | | |
| OBRAS | | DE | PROTECCION | | | | | |
| 6 | 630.7P | 630 | PART | Revestimiento en piedra pegada para protección de talud y fondo | m3 | 544,00 | $ 770.531,00 | $ 419.168.864,00 |
| 7 | 600.2.4 | 600 | | Excavaciones varias en material común bajo agua. | m3 | 1208,00 | $ 79.452,00 | $ 95.978.016,00 |
| 8 | 600.2.3 | 600 | | Excavaciones varias en material común en seco . | m3 | 1712,00 | $ 74.410,00 | $ 127.389.920,00 |
| 9 | 220.1 | 220 | | Terraplenes | m3 | 3100,00 | $ 32.020,00 | $ 99.262.000,00 |
| 10 | 900.2 | 900 | | Transporte de materiales provenientes de la excavación de la explanación, canales y préstamos para distancias mayores de mil metros (1.000 m) medidos a partir de cien metros (100 m). | m3 | 279000,00 | $ 1.807,00 | $ 504.153.000,00 |
| | | | | | | | | **$ 1.245.951.800,00** |
| **BASICO TOTAL DE OBRA** | | | | | | | | **$ 1.965.556.940,00** |
| REVISIÓN Y/O AJUSTES A ESTUDIOS Y DISEÑOS (Placa Huella, Pavimento y Estructuras de Drenaje) | | | | | | | | $ 28.943.747,90 |
| IVA | | | | | | | | $ 5.499.312,10 |
| TOTAL ESTUDI | | | | | | | | **$ 34.443.060,00** |
| **VALOR TOTAL ADICIONAL** | | | | | | | | **$ 2.000.000.000,00** |

## JUSTIFICACION FINANCIERA.

Se realizo balance de mayores y menores cantidades, con el fin de determinar la disponibilidad del recurso de acuerdo a las condiciones contractuales actualizadas. En el mismo se determinó que la implementación del ítem no previsto NP4, no afecta el presupuesto del contrato es decir no se requiere adición financiera al contrato.

El análisis financiero para determinar el valor unitario del SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE MANTO ANTISOCAVACIÓN EN HYDROTEX 95, se realizó teniendo en cuenta cotizaciones (ver anexo), con tres empresas que contaran con disponibilidad de suministro del material en la zona.

Las cotizaciones fueron las siguientes:

| Empresa | Valor cotización |
|---|---|
| SERTEC | $ 25.763 |
| GEOMATRIX | $ 24.395 |
| TRECK | $ 36.592 |

**JUSTIFICACION AMBIENTAL.**

La implementación del item no previsto NP4 SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE MANTO ANTISOCAVACIÓN EN HYDROTEX 95 no afecta el componente ambiental.

**JUSTIFICACION SOCIAL.**

La implementación del item no previsto NP4 SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE MANTO ANTISOCAVACIÓN EN HYDROTEX 95

Sin otro particular.

Cordialmente,

**Mario Alberto Petro Reyes**
**C. C. 73.203.584**
**Representante Legal**
**Consorcio Puentes de Córdoba**

Montería, 2 de agosto del 2024

**INGENIERO**
**JUAN E. VILLALOBOS**
**Director de interventoría**
**CONSORCIO VIAL NACIONAL**

**REF.** CONTRATO DE OBRA PÚBLICA NO LP-NO.013-2022 - CONSTRUCCIÓN DE UN PUENTE VEHICULAR SOBRE LA QUEBRADA SEVERINERA EN LA VÍA QUE COMUNICA A LOS MUNICIPIOS DE PLANETA RICA Y TIERRALTA, DEPARTAMENTO DE CÓRDOBA, EN EL MARCO DEL CONVENIO INTERADMINISTRATIVO NO. 1961 DE FECHA 12 DE NOVIEMBRE DE 2021.

**ASUNTO:** JUSTIFICACION TECNICA ITEM NO PREVISTO NP4 - SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE MANTO ANTISOCAVACIÓN EN HYDROTEX 95

Apreciado Ingeniero Villalobos, reciba un cordial saludo.

Por medio de la presente informo que, de acuerdo al diseño hidráulico de las obras de protección, el diseñador estiplulo lo siguiente, dice textual:

*Se selecciona una alternativa combinada (mano anti-socavación + hydrotube + colchacreto) la cual ofrece mayor resistencia y durabilidad en el tiempo, dado que una vez degrada la formaleta del Colchacreto, el mismo queda como recubrimiento de los Hydrotube. Se presentan las justificaciones de selección.*

*• Colchacreto y Hydrotube ofrecen una mayor flexibilidad y adaptabilidad a las irregularidades del terreno y a las fluctuaciones hidráulicas del río. Esto es especialmente importante en entornos fluviales donde el terreno puede ser variado y las condiciones hidráulicas pueden cambiar con el tiempo.*

*• A menudo, la instalación de gaviones implica la extracción y transporte de grandes cantidades de roca, lo que puede tener un impacto ambiental significativo. Por otro lado, Colchacreto y Hydrotube suelen requerir menos material de relleno y pueden ser instalados con menos perturbación del entorno natural.*

*• Colchacreto y Hydrotube ofrecen una mayor resistencia a la erosión que los gaviones. La combinación de concreto proyectado y geotextiles en Colchacreto y la estructura tubular flexible de Hydrotube proporcionan una protección más efectiva contra el desgaste causado por la acción del agua y los sedimentos. Hidráulicamente disminuye en mayor porcentaje la velocidad del golpe sobre la orilla en mención comparado con los gaviones tradicionales.*

*• Debido a su mayor resistencia a la erosión y su capacidad para adaptarse a las condiciones cambiantes del río, Colchacreto y Hydrotube suelen requerir menos mantenimiento a largo plazo en comparación con los gaviones. Esto puede resultar en ahorros significativos en costos y esfuerzos de mantenimiento a lo largo de la vida útil de la estructura de protección de la ladera.*

*• Colchacreto y Hydrotube ofrecen opciones de diseño más flexibles y pueden integrarse más fácilmente en el entorno natural, lo que puede ser especialmente importante en áreas del paisaje fluvial.*

*• El manto anti-socavación es necesario para disminuir los efectos de arrastre de solidos o material granular del fondo o de la talud por el mismo tránsito del caudal, siendo esta una geomembrana que impide el paso del agua y el contacto de esta sobre el material de terreno natural, de igual forma se garantiza la estabilidad del talud o ladera donde se situaran las estructuras de defensa ribereña como el Colchacreto y el Hydrotube.*

*En resumen, la elección de Colchacreto y Hydrotube sobre los gaviones en roca para la protección de laderas en ríos se basa en su mayor flexibilidad, menor impacto ambiental, mayor resistencia a la erosión, menor necesidad de mantenimiento a largo plazo. Estos aspectos hacen que estas soluciones sean más efectivas y sostenibles en muchos contextos fluviales. Es de aclarar que las soluciones antes mencionadas funcionan en conjunto, es decir la suma de las 3 garantiza disminución de la velocidad, de la erosión y de la socavación.*

La inmersión del ítem no previsto NP4, no afecta las condiciones financiaras actuales del proyecto, es decir no es necesario solicitar adicional económico al contrato, por lo tanto, no existiría modificación o adición al valor inicial del contrato.

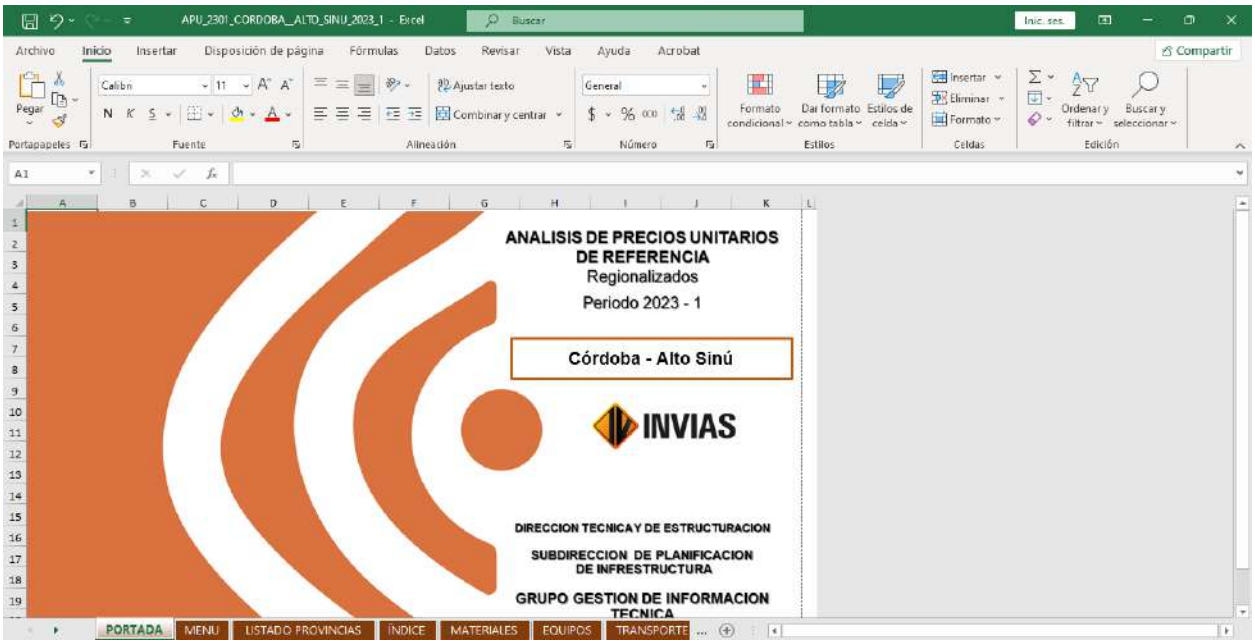
Sin otro particular.

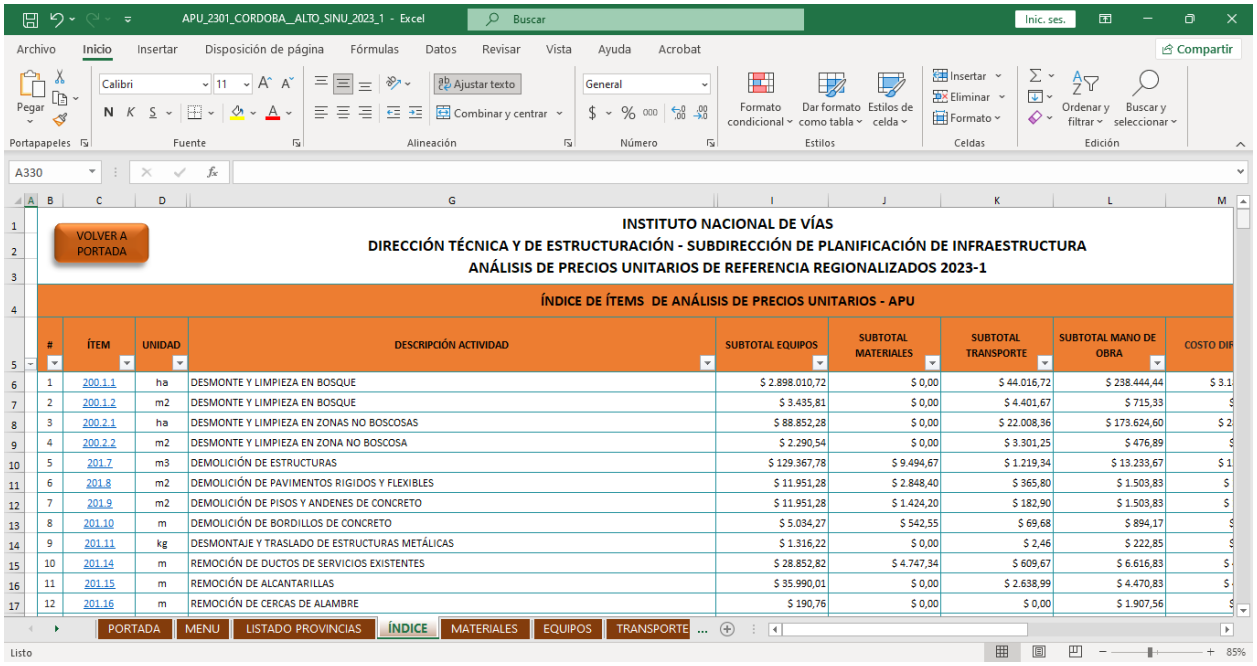
Cordialmente,

**Aylen Carrascal**
**C. C. 26.2033117**
**Directora de Obra**
**Consorcio Puentes de Córdoba**

# COPIA DE LA CONSULTA DEL PRECIO DE LOS ÍTEMS NO PREVISTOS, EN LA PÁGINA WEB DEL INVIAS Y EN LAS BASES DE DATOS EXISTENTES EN LA ENTIDAD.

Dentro de la última actualización de la consulta de los Análisis de Precios Unitarios -APU, del Instituto Nacional de Vias -INVIAS, no se evidencio dentro del índice APU el suministro e instalación de formaleta textil colchacreto articulado 1300 (se anexa APU)






| # | ÍTEM | UNIDAD | DESCRIPCIÓN ACTIVIDAD |
|---|---|---|---|
| 1 | 200.1.1 | ha | DESMONTE Y LIMPIEZA EN BOSQUE |
| 2 | 200.1.2 | m2 | DESMONTE Y LIMPIEZA EN BOSQUE |
| 3 | 200.2.1 | ha | DESMONTE Y LIMPIEZA EN ZONAS NO BOSCOSAS |
| 4 | 200.2.2 | m2 | DESMONTE Y LIMPIEZA EN ZONA NO BOSCOSA |
| 5 | 201.7 | m3 | DEMOLICIÓN DE ESTRUCTURAS |
| 6 | 201.8 | m2 | DEMOLICIÓN DE PAVIMENTOS RIGIDOS Y FLEXIBLES |
| 7 | 201.9 | m2 | DEMOLICIÓN DE PISOS Y ANDENES DE CONCRETO |
| 8 | 201.10 | m | DEMOLICIÓN DE BORDILLOS DE CONCRETO |
| 9 | 201.11 | kg | DESMONTAJE Y TRASLADO DE ESTRUCTURAS METÁLICAS |
| 10 | 201.14 | m | REMOCIÓN DE DUCTOS DE SERVICIOS EXISTENTES |
| 11 | 201.15 | m | REMOCIÓN DE ALCANTARILLAS |
| 12 | 201.16 | m | REMOCIÓN DE CERCAS DE ALAMBRE |

| | | | |
|---|---|---|---|
| 13 | 201.19 | m | REMOCIÓN DE RIELES |
| 14 | 201.20 | m | REMOCIÓN DE DEFENSAS METÁLICAS |
| 15 | 201.21 | m | REMOCIÓN DE BARRERAS DE SEGURIDAD |
| 16 | 203.1 | u | TRANSPLANTE DE ARBOLES TIPO I TRASLADO CORTO |
| 17 | 203.2 | u | TRANSPLANTE DE ARBOLES TIPO I TRASLADO LARGO |
| 18 | 203.3 | u | TRANSPLANTE DE ARBOLES TIPO I TRASLADO ESPECIAL |
| 19 | 203.4 | u | TRANSPLANTE DE ARBOLES TIPO II TRASLADO CORTO |
| 20 | 203.5 | u | TRANSPLANTE DE ARBOLES TIPO II. TRASLADO LARGO |
| 21 | 203.6 | u | TRANSPLANTE DE ARBOLES TIPO II TRASLADO ESPECIAL |
| 22 | 203.7 | u | TRANSPLANTE DE ARBOLES TIPO III TRASLADO CORTO |
| 23 | 203.8 | u | TRANSPLANTE DE ARBOLE TIPO III TRASLADO LARGO |
| 24 | 203.9 | u | TRANSPLANTE DE ARBOLES TIPO III TRASLADO ESPECIAL |
| 25 | 203.10 | u | TRANSPLANTE DE ARBOLES TIPO IV TRASLADO CORTO |
| 26 | 203.11 | u | TRANSPLANTE DE ARBOLES TIPO IV TRASLADO LARGO |
| 27 | 203.12 | u | TRANSPLANTE DE ARBOLES TIPO IV TRASLADO ESPECIAL |
| 28 | 210.1.1 | m3 | EXCAVACIÓN SIN CLASIFICAR DE LA EXPLANACIÓN Y CANALES |
| 29 | 210.1.2 | m3 | EXCAVACION SIN CLASIFICAR DE PRESTAMOS |
| 30 | 210.2.1 | m3 | EXCAVACIÓN EN ROCA DE LA EXPLANACIÓN Y CANALES |
| 31 | 210.2.2 | m3 | EXCAVACIÓN EN MATERIAL COMÚN DE LA EXPLANACIÓN Y CANALES |
| 32 | 210.2.3 | m3 | EXCAVACIÓN EN ROCA DE PRÉSTAMOS |
| 33 | 210.2.4 | m3 | EXCAVACIÓN EN MATERIAL COMÚN DE PRÉSTAMOS |
| 34 | 211.1 | m3 | REMOCIÓN DE DERRUMBES |
| 35 | 220.1 | m3 | TERRAPLENES |
| 36 | 221.1 | m3 | PEDRAPLÉN COMPACTO |
| 37 | 221.2 | m3 | PEDRAPLÉN SUELTO |
| 38 | 223.1 | m2 | GEOTEXTIL DE REFUERZO TIPO ____ PARA TERRAPLENES REFORZADOS CON GEOSINTÉTICOS. (Analizado para un Geotextil tipo TEJIDO). |

| | | | |
|---|---|---|---|
| 39 | 223.2 | m2 | GEOMALLA DE REFUERZO TIPO ____ PARA TERRAPLENES REFORZADOS CON GEOSINTÉTICOS. (Analizado para una Geomalla tipo UNIAXIAL). |
| 40 | 223.3.1 | m3 | RELLENO TIPO _____ PARA TERRAPLENES REFORZADOS CON GEOSINTÉTICOS (Analizado para un relleno tipo recebo) |
| 41 | 223.3.2.1 | m3 | RELLENO TIPO _____ PARA TERRAPLENES REFORZADOS CON GEOSINTÉTICOS (Analizado para un relleno tipo SBG 50 clase C) |
| 42 | 223.3.2.2 | m3 | RELLENO TIPO _____ PARA TERRAPLENES REFORZADOS CON GEOSINTÉTICOS (Analizado para un relleno tipo SBG 38 clase C) |
| 43 | 223.3.2.3 | m3 | RELLENO TIPO _____ PARA TERRAPLENES REFORZADOS CON GEOSINTÉTICOS (Analizado para un relleno tipo SBG 20 clase C) |
| 44 | 223.3.3 | m3 | RELLENO TIPO _____ PARA TERRAPLENES REFORZADOS CON GEOSINTÉTICOS (Analizado para una BG25 clase C) |
| 45 | 230.1 | m2 | MEJORAMIENTO DE LA SUBRASANTE CON ADICION DE MATERIALES |
| 46 | 231.1.1 | m2 | GEOTEXTIL TEJIDO PARA SEPARACIÓN DE SUELOS DE SUBRASANTE Y CAPAS GRANULARES (Analizado para geotextil tipo tejido) |
| 47 | 231.1.2 | m2 | GEOTEXTIL NO TEJIDO PARA SEPARACIÓN DE SUELOS DE SUBRASANTE Y CAPAS GRANULARES (Analizado para geotextil no tejido) |
| 48 | 232.1 | m2 | GEOTEXTIL PARA ESTABILIZACIÓN DE LA SUBRASANTE |
| 49 | 233.1 | m2 | GEOMALLA PARA ESTABILIZACION DE SUELOS DE SUBRASANTE (Analizado para geomalla biaxial) |
| 50 | 233.10 | m2 | GEOMALLA PARA REFUERZO DE CAPAS GRANULARES (Analizado para geomalla biaxial) |
| 51 | 234.1 | m2 | CONFORMACIÓN DE TALUDES EXISTENTES |
| 52 | 235.1 | m3 | SUBRASANTE ESTABILIZADA CON CEMENTO (Incluye suministro de cemento) |
| 53 | 235.10 | m3 | SUBRASANTE ESTABILIZADA CON CEMENTO (No incluye suministro del cemento) |
| 54 | 235.11 | kg | CEMENTO PARA ESTABILIZACIÓN DE SUELO |
| 55 | 236.1 | m3 | SUELO DE SUBRASANTE ESTABILIZADO CON CAL (Incluye suminisitro de la Cal) |
| 56 | 236.10 | m3 | SUELO DE SUBRASANTE ESTABILIZADA CON CAL (No incluye suministro de la Cal) |

| | | | |
|---|---|---|---|
| 57 | 236.11 | kg | CAL PARA ESTABILIZACION DE SUELOS |
| 58 | 237.1.1 | m3 | CAPA ESTABILIZADA CON PRODUCTOS QUÍMICOS NO TRADICIONALES (INCLUYE EL SUMINISTRO DEL PRODUCTO ESTABILIZADOR) (Analizada para producto químico del TIPO 1 - emulsiones enzimáticas y suelo in situ) |
| 59 | 237.1.2.1 | m3 | CAPA ESTABILIZADA CON PRODUCTOS QUÍMICOS NO TRADICIONALES (INCLUYE EL SUMINISTRO DEL PRODUCTO ESTABILIZADOR) (Analizada para producto químico del TIPO 2 - materiales puzolánicos y suelo in situ) |
| 60 | 237.1.2.2 | m3 | CAPA ESTABILIZADA CON PRODUCTOS QUÍMICOS NO TRADICIONALES (INCLUYE EL SUMINISTRO DEL PRODUCTO ESTABILIZADOR) (Analizada para producto químico del TIPO 2 - materiales puzolánicos y suelo in situ) |
| 61 | 237.1.3.1 | m3 | CAPA ESTABILIZADA CON PRODUCTOS QUÍMICOS NO TRADICIONALES (INCLUYE EL SUMINISTRO DEL PRODUCTO ESTABILIZADOR) (Analizada para producto químico del TIPO 3 - polímeros y organosilanos y suelo in situ) |
| 62 | 237.1.3.2 | m3 | CAPA ESTABILIZADA CON PRODUCTOS QUÍMICOS NO TRADICIONALES (INCLUYE EL SUMINISTRO DEL PRODUCTO ESTABILIZADOR) (Analizada para producto químico del TIPO 3 - polímeros y organosilanos y suelo in situ) |
| 63 | 237.1.3.3 | m3 | CAPA ESTABILIZADA CON PRODUCTOS QUÍMICOS NO TRADICIONALES (INCLUYE EL SUMINISTRO DEL PRODUCTO ESTABILIZADOR) (Analizada para producto químico del TIPO 3 - polímeros y organosilanos y suelo in situ) |
| 64 | 237.1.3.4 | m3 | CAPA ESTABILIZADA CON PRODUCTOS QUÍMICOS NO TRADICIONALES (INCLUYE EL SUMINISTRO DEL PRODUCTO ESTABILIZADOR) (Analizada para producto químico del TIPO 3 - polímeros y organosilanos y suelo in situ) |
| 65 | 237.1.4.1 | m3 | CAPA ESTABILIZADA CON PRODUCTOS QUÍMICOS NO TRADICIONALES (INCLUYE EL SUMINISTRO DEL PRODUCTO ESTABILIZADOR) (Analizada para producto químico del TIPO 4 - sales inorgánicas y suelo in situ) |

| | | | |
|---|---|---|---|
| 66 | 237.1.4.2 | m3 | CAPA ESTABILIZADA CON PRODUCTOS QUÍMICOS NO TRADICIONALES (INCLUYE EL SUMINISTRO DEL PRODUCTO ESTABILIZADOR)<br>(Analizada para producto químico del TIPO 4 - sales inorgánicas y suelo in situ) |
| 67 | 237.1.5.1 | m3 | CAPA ESTABILIZADA CON PRODUCTOS QUÍMICOS NO TRADICIONALES (INCLUYE EL SUMINISTRO DEL PRODUCTO ESTABILIZADOR)<br>(Analizada para producto químico del TIPO 5 – aceites sulfonados - sales orgánicas y suelo in situ) |
| 68 | 237.1.5.2 | m3 | CAPA ESTABILIZADA CON PRODUCTOS QUÍMICOS NO TRADICIONALES (INCLUYE EL SUMINISTRO DEL PRODUCTO ESTABILIZADOR)<br>(Analizada para producto químico del TIPO 5 – aceites sulfonados - sales orgánicas y suelo in situ) |
| 69 | 237.1.5.3 | m3 | CAPA ESTABILIZADA CON PRODUCTOS QUÍMICOS NO TRADICIONALES (INCLUYE EL SUMINISTRO DEL PRODUCTO ESTABILIZADOR)<br>(Analizada para producto químico del TIPO 5 – aceites sulfonados - sales orgánicas y suelo in situ) |
| 70 | 237.1.5.4 | m3 | CAPA ESTABILIZADA CON PRODUCTOS QUÍMICOS NO TRADICIONALES (INCLUYE EL SUMINISTRO DEL PRODUCTO ESTABILIZADOR)<br>(Analizada para producto químico del TIPO 5 – aceites sulfonados - sales orgánicas y suelo in situ) |
| 71 | 310.1 | m2 | CONFORMACIÓN DE LA CALZADA EXISTENTE |
| 72 | 311.1 | m3 | AFIRMADO |
| 73 | 312.1 | kg | TRATAMIENTO PALIATIVO DE POLVO APLICADO EN FORMA SÓLIDA EN HOJUELAS |
| 74 | 312.2 | kg | TRATAMIENTO PALIATIVO DE POLVO APLICADO EN FORMA SÓLIDA EN ESFERAS |
| 75 | 312.3 | L | TRATAMIENTO PALIATIVO DE POLVO APLICADO EN FORMA LÍQUIDA |
| 76 | 312.4 | m3 | MATERIAL GRANULAR DE ADICIÓN |
| 77 | 320.1.1 | m3 | SUB-BASE GRANULAR CLASE A<br>(Analizada para tipo de gradacion SGB-50 clase A) |
| 78 | 320.1.2 | m3 | SUB-BASE GRANULAR CLASE A<br>(Analizada para tipo de gradacion SBG-38 clase A) |
| 79 | 320.2.1 | m3 | SUB-BASE GRANULAR CLASE B<br>(Analizada para tipo de gradacion SGB-50, clase B) |

| | | | |
|---|---|---|---|
| 80 | 320.2.2 | m3 | SUB-BASE GRANULAR CLASE B<br>(Analizada para tipo de gradacion SBG-38, clase B) |
| 81 | 320.3.1 | m3 | SUBBASE GRANULAR CLASE C<br>(Analizada para tipo de gradacion SGB-50, clase C) |
| 82 | 320.3.2 | m3 | SUBBASE GRANULAR CLASE C<br>(Analizada para tipo de gradacion SBG-38, clase C) |
| 83 | 320.4.1 | m3 | SUB-BASE GRANULAR PARA BACHEO CLASE A<br>(Analizada para tipo de gradacion SGB-50, clase A) |
| 84 | 320.4.2 | m3 | SUB-BASE GRANULAR PARA BACHEO CLASE A<br>(Analizada para tipo de gradacion SBG-38, clase A) |
| 85 | 320.5.1 | m3 | SUB-BASE GRANULAR PARA BACHEO CLASE B<br>(Analizada para tipo de gradacion SGB-50, clase B) |
| 86 | 320.5.2 | m3 | SUB-BASE GRANULAR PARA BACHEO CLASE B<br>(Analizada para tipo de gradacion SBG-38, clase B) |
| 87 | 320.6.1 | m3 | SUB-BASE GRANULAR PARA BACHEO CLASE C<br>(Analizada para tipo de gradacion SGB-50, Clase C) |
| 88 | 320.6.2 | m3 | SUB-BASE GRANULAR PARA BACHEO CLASE C<br>(Analizada para tipo de gradacion SBG-38, Clase C). |
| 89 | 321.1 | m3 | SUBBASE ESTABILIZADA CON MEZCLA ASFÁLTICA NATURAL TIPO SBEMAN-50<br>(Analizada para tipo de gradación SGB-50, NT3, clase A) |
| 90 | 321.2 | m3 | SUBBASE ESTABILIZADA CON MEZCLA ASFÁLTICA NATURAL TIPO SBEMAN-38<br>(Analizada para tipo de gradación SGB-38, NT2, clase B) |
| 91 | 323.1 | m3 | SUBBASE GRANULAR CON AGREGADO SIDERÚRGICO CLASE A<br>(Analizada para un tránsito NT3 y una gradación SBG-50) |
| 92 | 323.2.1 | m3 | SUBBASE GRANULAR CON AGREGADO SIDERÚRGICO CLASE B<br>(Analizada para un tránsito NT2 y una gradación SBG-50) |
| 93 | 323.2.2 | m3 | SUBBASE GRANULAR CON AGREGADO SIDERÚRGICO CLASE B<br>(Analizada para un tránsito NT2 y una gradación SBD-38) |

| | | | |
|---|---|---|---|
| 94 | 323.3.1 | m3 | SUBBASE GRANULAR CON AGREGADO SIDERÚRGICO CLASE C<br>(Analizada para un tránsito NT1 y una gradación SBG-50) |
| 95 | 323.3.2 | m3 | SUBBASE GRANULAR CON AGREGADO SIDERÚRGICO CLASE A<br>(Analizada para un tránsito NT3 y una gradación SBG-50) |
| 96 | 323.4 | m3 | SUBBASE GRANULAR CON AGREGADO SIDERÚRGICO PARA BACHEO CLASE A<br>(Analizada para un tránsito NT3 y una gradación SBG-50) |
| 97 | 323.5.1 | m3 | SUBBASE GRANULAR CON AGREGADO SIDERÚRGICO PARA BACHEO CLASE B<br>(Analizada para un tránsito NT2 y una gradación SBG-50) |
| 98 | 323.5.2 | m3 | SUBBASE GRANULAR CON AGREGADO SIDERÚRGICO PARA BACHEO CLASE B<br>(Analizada para un tránsito NT2 y una gradación SBD-38) |
| 99 | 323.6.1 | m3 | SUBBASE GRANULAR CON AGREGADO SIDERÚRGICO PARA BACHEO CLASE C<br>(Analizada para un tránsito NT1 y una gradación SBG-50) |
| 100 | 323.6.2 | m3 | SUBBASE GRANULAR CON AGREGADO SIDERÚRGICO PARA BACHEO CLASE C<br>(Analizada para un tránsito NT1 y una gradación SBD-38) |
| 101 | 330.1.1 | m3 | BASE GRANULAR CLASE A<br>(Analizada para NT3, tipo de gradacion BG 38, clase A) |
| 102 | 330.1.2 | m3 | BASE GRANULAR CLASE A<br>(Analizada para NT3, tipo de gradacion BG 40, clase A.) |
| 103 | 330.2.1 | m3 | BASE GRANULAR CLASE B<br>(Analizada para tipo NT2, de gradacion BG 38, clase B) |
| 104 | 330.2.2 | m3 | BASE GRANULAR CLASE B<br>(Analizada para tipo NT2, de gradacion BG 40, clase B) |
| 105 | 330.3.1 | m3 | BASE GRANULAR CLASE C<br>(Analizada para tipo NT1, de gradacion BG 25, clase C) |
| 106 | 330.3.2 | m3 | BASE GRANULAR CLASE C<br>(Analizada para tipo NT1, de gradacion BG 27, clase C) |

| | | | |
|---|---|---|---|
| 107 | 330.4.1 | m3 | BASE GRANULAR PARA BACHEO CLASE A<br>(Analizada para tipo NT3, de gradacion BG 38, clase A) |
| 108 | 330.4.2 | m3 | BASE GRANULAR PARA BACHEO CLASE A<br>(Analizada para tipo NT3, de gradacion BG 40, clase A) |
| 109 | 330.5.1 | m3 | BASE GRANULAR PARA BACHEO CLASE B<br>(Analizada para tipo NT2, de gradacion BG 38, clase B) |
| 110 | 330.5.2 | m3 | BASE GRANULAR PARA BACHEO CLASE B<br>(Analizada para tipo NT2, de gradacion BG 40, clase B) |
| 111 | 330.6.1 | m3 | BASE GRANULAR PARA BACHEO CLASE C<br>(Analizada para tipo NT1, de gradacion BG 25, clase C) |
| 112 | 330.6.2 | m3 | BASE GRANULAR PARA BACHEO CLASE C<br>(Analizada para tipo NT1, de gradacion BG 27, clase C) |
| 113 | 340.1 | m3 | BASE ESTABILIZADA CON EMULSIÓN ASFÁLTICA TIPO BEE-38 |
| 114 | 340.2 | m3 | BASE ESTABILIZADA CON EMULSIÓN ASFÁLTICA TIPO BEE-25 |
| 115 | 340.3 | m3 | BASE ESTABILIZADA CON EMULSIÓN ASFÁLTICA TIPO BEE-5 |
| 116 | 341.1 | m3 | BASE ESTABILIZADA CON MEZCLA ASFÁLTICA NATURAL TIPO BEMAN-38<br>(Analizada para NT3, tipo de gradación BG 38, clase A) |
| 117 | 341.2 | m3 | SUBBASE ESTABILIZADA CON MEZCLA ASFÁLTICA NATURAL TIPO SBEMAN-25<br>(Analizada para NT1, tipo de gradación BG 25, clase C) |
| 118 | 350.1 | m3 | MATERIAL GRANULAR TRATADO CON CEMENTO (MGTC) CLASE 1<br>(no incluye suministro del cemento)<br>Analizado para Material fino o granular clase 1, NT1 |
| 119 | 350.2 | m3 | MATERIAL GRANULAR TRATADO CON CEMENTO (MGTC) CLASE 2<br>(no incluye suministro del cemento)<br>Analizado para Material fino o granular clase 2, NT1 |
| 120 | 350.3 | m3 | MATERIAL GRANULAR TRATADO CON CEMENTO (MGTC) CLASE 3, GRADACION TIPO MGTC-25<br>(no incluye suministro del cemento)<br>Analizado para Material Correlacion BG -25 CLASE B, NT2 |
| 121 | 350.4 | m3 | MATERIAL GRANULAR TRATADO CON CEMENTO (MGTC) CLASE 3, GRADACION TIPO MGTC-38<br>(no incluye suministro del cemento)<br>Analizado para Material Correlacion BG -38 CLASE B, NT2 |

| | | | |
|---|---|---|---|
| 122 | 350.5 | m3 | MATERIAL GRANULAR TRATADO CON CEMENTO (MGTC) CLASE 3, GRADACION TIPO MGTC-50 (no incluye suministro del cemento) Analizado para Material Correlacion BG -40 CLASE B, NT2 |
| 123 | 350.6 | m3 | MATERIAL GRANULAR TRATADO CON CEMENTO (MGTC) CLASE 4, GRADACION TIPO MGTC-25 (no incluye suministro del cemento) Analizado para Material Correlacion BG -25 CLASE A, NT3 |
| 124 | 350.7 | m3 | MATERIAL GRANULAR TRATADO CON CEMENTO (MGTC) CLASE 4, GRADACION TIPO MGTC-38 (no incluye suministro del cemento) Analizado para Material Correlacion BG -38 CLASE A, NT3 |
| 125 | 350.8 | m3 | "MATERIAL GRANULAR TRATADO CON CEMENTO (MGTC) CLASE 4, GRADACION TIPO MGTC-50 (no incluye suministro del cemento) Analizado para Material Correlacion BG -50 CLASE A, NT3" |
| 126 | 350.9 | Kg | CEMENTO HIDRÁULICO PARA CAPA TRATADA CON CEMENTO |
| 127 | 410.1 | kg | CEMENTO ASFÁLTICO DE PENETRACIÓN 40-50 (Analizado sin transporte) |
| 128 | 410.2 | kg | SUMINISTRO DE CEMENTO ASFÁLTICO DE PENETRACIÓN 60-70 (Analizado sin transporte) |
| 129 | 410.3 | kg | CEMENTO ASFÁLTICO DE PENETRACIÓN 80-100 (Analizado sin transporte) |
| 130 | 411.1 | L | EMULSIÓN ASFÁLTICA DE ROTURA MEDIA CRM-65 |
| 131 | 411.2 | L | EMULSIÓN ASFÁLTICA DE ROTURA LENTA CRL-40 (Analizado para una base de cemento asfaltico ARD) |
| 132 | 411.3 | L | EMULSIÓN ASFÁLTICA DE ROTURA LENTA CRL-57 (Analizado para una base de cemento asfáltica ARD) |
| 133 | 411.4 | L | EMULSIÓN ASFÁLTICA DE ROTURA LENTA CRL-57h |
| 134 | 411.5 | L | EMULSIÓN ASFÁLTICA DE ROTURA RAPIDA CRR-60 |
| 135 | 411.6 | L | EMULSIÓN ASFÁLTICA DE ROTURA RAPIDA CRR-65 |
| 136 | 413.1 | kg | CEMENTO ASFÁLTICO MODIFICADO CON GRANO DE CAUCHO RECICLADO (GCR) TIPO I |

| | | | |
|---|---|---|---|
| 137 | 413.2 | kg | CEMENTO ASFÁLTICO MODIFICADO CON GRANO DE CAUCHO (GCR) RECICLADO TIPO II |
| 138 | 413.3 | kg | CEMENTO ASFÁLTICO MODIFICADO CON GRANO DE CAUCHO RECICLADO (GCR) TIPO III |
| 139 | 414.1 | kg | CEMENTO ASFÁLTICO MODIFICADO CON POLIMEROS TIPO CAM-4 |
| 140 | 414.2 | kg | CEMENTO ASFALTICO MODIFICADO CON POLIMEROS TIPO CAM-2 |
| 141 | 414.3 | kg | CEMENTO ASFALTICO MODIFIFCADO CON POLIMEROS TIPO CAM-3 |
| 142 | 414.4 | kg | CEMENTO ASFALTICO MODIFICADO CON POLIMEROS TIPO CAM-5 |
| 143 | 414.5 | kg | CEMENTO ASFALTICO MODIFICADO CON POLIMEROS TIPO CAM-6 |
| 144 | 414.6 | kg | CEMENTO ASFALTICO MODIFICADO CON POLIMEROS TIPO CAM-1 |
| 145 | 415.1 | L | EMULSIÓN ASFÁLTICA DE ROTURA MEDIA MODIFICADA CON POLIMEROS, CRM-60m |
| 146 | 415.2 | L | EMULSIÓN ASFÁLTICA DE ROTURA RÁPIDA MODIFICADA CON POLÍMEROS, CRR-60m |
| 147 | 415.3 | L | EMULSIÓN ASFÁLTICA DE ROTURA RÁPIDA MODIFICADA CON POLÍMEROS, CRR-65m |
| 148 | 415.4 | L | EMULSIÓN ASFÁLTICA DE ROTURA LENTA MODIFICADA CON POLÍMEROS, CRL-57hm |
| 149 | 418.1 | kg | FIBRAS SINTÉTICAS DE ARAMIDA Y POLIOLEFINA (Para adición a mezclas asfáltica - método de vía seca) |
| 150 | 420.1 | m2 | RIEGO DE IMPRIMACIÓN CON EMULSIÓN ASFÁLTICA CRL-40 |
| 151 | 420.2 | m2 | RIEGO DE IMPRIMACIÓN CON EMULSIÓN ASFÁLTICA CRL-57 |
| 152 | 420.3 | m2 | RIEGO DE IMPRIMACIÓN CON ASFALTO LIQUIDO MC-30 |
| 153 | 421.1 | m2 | RIEGO DE LIGA CON EMULSIÓN ASFÁLTICA CRR-60 |
| 154 | 421.2 | m2 | RIEGO DE LIGA CON EMULSION ASFALTICA CRR-65 |
| 155 | 421.3 | m2 | RIEGO DE LIGA CON EMULSIÓN MODIFICADA CON POLIMEROS CRR-60m |
| 156 | 421.4 | m2 | RIEGO DE LIGA CON EMULSIÓN MODIFICADA CON POLIMEROS CRR-65m |
| 157 | 430.1.1 | m2 | TRATAMIENTO SUPERFICIAL SIMPLE CON EMULSIÓN CRR-65 (Analizado para Agregado para tratamiento superficial tipo TSS-19/TSD-19) |

| | | | |
|---|---|---|---|
| 158 | 430.1.2 | m2 | TRATAMIENTO SUPERFICIAL SIMPLE CON EMULSIÓN CRR-65<br>(Analizado para Agregado para tratamiento superficial tipo TSS-13/TSD-13) |
| 159 | 430.2.1 | m2 | TRATAMIENTO SUPERFICIAL SIMPLE CON EMULSIÓN CRR-65m<br>(Analizado para Agregado para tratamiento superficial tipo TSS-19/TSD-19) |
| 160 | 430.2.2 | m2 | TRATAMIENTO SUPERFICIAL SIMPLE CON EMULSIÓN CRR-65m<br>(Analizado para Agregado para tratamiento superficial tipo TSS-13/TSD-13) |
| 161 | 430.3.1 | m2 | TRATAMIENTO SUPERFICIAL DOBLE CON EMULSIÓN CRR-65 TIPO 3<br>(Analizado para Agregado para un tratamiento superficial tipo 3) |
| 162 | 430.3.2 | m2 | TRATAMIENTO SUPERFICIAL DOBLE CON EMULSIÓN CRR-65 TIPO 4<br>(Analizado para Agregado para tratamiento superficial tipo 4) |
| 163 | 430.4.1 | m2 | TRATAMIENTO SUPERFICIAL DOBLE CON EMULSIÓN CRR-65m<br>(Analizado para Agregado para tratamiento superficial tipo 3) |
| 164 | 430.4.2 | m2 | TRATAMIENTO SUPERFICIAL DOBLE CON EMULSIÓN CRR-65m<br>(Analizado para Agregado para tratamiento superficial tipo 4) |
| 165 | 432.1 | m2 | SELLO DE ARENA-ASFALTO CON EMULSION CRR-65 |
| 166 | 432.2 | m2 | SELLO DE ARENA-ASFALTO CON EMULSION CRR-65m |
| 167 | 433.1 | m2 | LECHADA ASFÁLTICA CON EMULSIÓN CRL-57h, TIPO LA-13 |
| 168 | 433.2 | m2 | LECHADA ASFÁLTICA CON EMULSIÓN CRL-57h, TIPO LA-10 |
| 169 | 433.3 | m2 | LECHADA ASFÁLTICA CON EMULSIÓN CRL-57h, TIPO LA-5 |
| 170 | 433.4 | m2 | LECHADA ASFÁLTICA CON EMULSIÓN CRL-57h, TIPO LA-3 |
| 171 | 433.5 | m2 | LECHADA ASFÁLTICA CON EMULSIÓN CRL-57hm, TIPO LA-13 |
| 172 | 433.6 | m2 | LECHADA ASFÁLTICA CON EMULSIÓN CRL-57hm, TIPO LA-10 |

| | | | |
|---|---|---|---|
| 173 | 433.7 | m2 | LECHADA ASFÁLTICA CON EMULSIÓN CRL-57hm, TIPO LA-5 |
| 174 | 433.8 | m2 | LECHADA ASFÁLTICA CON EMULSIÓN CRL-57hm, TIPO LA-3 |
| 175 | 440.1 | m3 | MEZCLA DENSA EN FRÍO TIPO MDF-38 |
| 176 | 440.2 | m3 | MEZCLA DENSA EN FRÍO TIPO MDF-25 |
| 177 | 440.3 | m3 | MEZCLA DENSA EN FRÍO TIPO MDF-19 |
| 178 | 440.4.1 | m3 | MEZCLA DENSA EN FRÍO PARA BACHEO (Analizado para tipo MDF-19) |
| 179 | 440.4.2 | m3 | MEZCLA DENSA EN FRÍO PARA BACHEO TIPO MDF-25 |
| 180 | 440.5 | m3 | MEZCLA ABIERTA EN FRIO TIPO MAF-19 |
| 181 | 440.6 | m3 | MEZCLA ABIERTA EN FRIO TIPO MAF-25 |
| 182 | 440.7 | m3 | MEZCLA ABIERTA EN FRIO TIPO MAF-38 |
| 183 | 440.8 | m3 | MEZCLA ABIERTA EN FRÍO TIPO MAF- 38 PARA BACHEO |
| 184 | 442.1 | m3 | MEZCLA ASFÁLTICA NATURAL TIPO MAN-38 |
| 185 | 442.2 | m3 | MEZCLA ASFÁLTICA NATURAL TIPO MAN-25 |
| 186 | 442.3 | m3 | MEZCLA ASFÁLTICA NATURAL TIPO MAN-19 |
| 187 | 442.4 | m3 | MEZCLA ASFÁLTICA NATURAL PARA BACHEO (Analizada con una mezcla mezcla asfáltica natural tipo MAN-25) |
| 188 | 450.1 | m3 | MEZCLA DENSA EN CALIENTE TIPO MDC-25 (Mezcla in situ) |
| 189 | 450.1P | m3 | MEZCLA DENSA EN CALIENTE TIPO MDC-25 (Compra de mezcla) |
| 190 | 450.2 | m3 | MEZCLA DENSA EN CALIENTE TIPO MDC-19 (Mezcla in situ) |
| 191 | 450.2P | m3 | MEZCLA DENSA EN CALIENTE TIPO MDC-19 (Compra de mezcla) |
| 192 | 450.3 | m3 | MEZCLA DENSA EN CALIENTE TIPO MDC-10 (Mezcla in situ) |
| 193 | 450.3P | m3 | MEZCLA DENSA EN CALIENTE TIPO MDC-10 (Compra de mezcla) |

| | | | |
|---|---|---|---|
| 194 | 450.4 | m3 | MEZCLA SEMIDENSA EN CALIENTE TIPO MSC-25 (Mezcla in situ) |
| 195 | 450.4P | m3 | MEZCLA SEMIDENSA EN CALIENTE TIPO MSC-25 (Compra de mezcla) |
| 196 | 450.5 | m3 | MEZCLA SEMIDENSA EN CALIENTE TIPO MSC-19 (Mezcla in situ) |
| 197 | 450.5P | m3 | MEZCLA SEMIDENSA EN CALIENTE TIPO MSC-19 (Compra de mezcla) |
| 198 | 450.6 | m3 | MEZCLA GRUESA EN CALIENTE TIPO MGC-38 (Mezcla in situ) |
| 199 | 450.6P | m3 | MEZCLA GRUESA EN CALIENTE TIPO MGC-38 (Compra de mezcla) |
| 200 | 450.7 | m3 | MEZCLA GRUESA EN CALIENTE TIPO MGC-25 (Mezcla in situ) |
| 201 | 450.7P | m3 | MEZCLA GRUESA EN CALIENTE TIPO MGC-25 (Compra de mezcla) |
| 202 | 450.8 | m3 | MEZCLA DE ALTO MÓDULO MAM-25 (Compra de Mezcla) |
| 203 | 450.10 | m3 | MEZCLA EN CALIENTE PARA BACHEO MSC-25 (Compra de Mezcla) |
| 204 | 450.11 | m3 | MEZCLA EN CALIENTE PARA BACHEO MGC-25 (Compra de Mezcla) |
| 205 | 450.12 | m3 | MEZCLA EN CALIENTE PARA BACHEO MGC-38 (Compra de Mezcla) |
| 206 | 450.13 | m3 | MEZCLA DE ALTO MÓDULO MAM-19 (Compra de Mezcla) |
| 207 | 451.1 | m3 | MEZCLA ABIERTA EN CALIENTE TIPO MAC-75 (Mezcla in situ) |
| 208 | 451.1P | m3 | MEZCLA ABIERTA EN CALIENTE TIPO MAC-75 (Compra de mezcla) |
| 209 | 451.2 | m3 | MEZCLA ABIERTA EN CALIENTE TIPO MAC-63 (Mezcla in situ) |
| 210 | 451.2P | m3 | MEZCLA ABIERTA EN CALIENTE TIPO MAC-63 (Compra de mezcla) |

| | | | |
|---|---|---|---|
| 211 | 451.3 | m3 | MEZCLA ABIERTA EN CALIENTE TIPO MAC-50<br>(Mezcla in situ) |
| 212 | 451.3P | m3 | MEZCLA ABIERTA EN CALIENTE TIPO MAC-50<br>(Compra de mezcla) |
| 213 | 451.4 | m3 | MEZCLA ABIERTA EN CALIENTE TIPO MAC-50 PARA BACHEO<br>(Compra de mezcla) |
| 214 | 452.1 | m3 | MEZCLA DISCONTINUA EN CALIENTE TIPO M-13<br>(Mezcla in situ) |
| 215 | 452.1P | m3 | MEZCLA DISCONTINUA EN CALIENTE TIPO M-13<br>(Compra de mezcla) |
| 216 | 452.2 | m3 | MEZCLA DISCONTINUA EN CALIENTE TIPO M-10<br>(Mezcla in situ) |
| 217 | 452.2P | m3 | MEZCLA DISCONTINUA EN CALIENTE TIPO M-10<br>(Compra de mezcla) |
| 218 | 452.3 | m3 | MEZCLA DISCONTINUA EN CALIENTE TIPO F-13<br>(Mezcla in situ) |
| 219 | 452.3P | m3 | MEZCLA DISCONTINUA EN CALIENTE TIPO F-13<br>(Compra de mezcla) |
| 220 | 452.4 | m3 | MEZCLA DISCONTINUA EN CALIENTE TIPO F-10<br>(Mezcla in situ) |
| 221 | 452.4P | m3 | MEZCLA DISCONTINUA EN CALIENTE TIPO F-10<br>(Compra de mezcla) |
| 222 | 453.1 | m3 | MEZCLA DRENANTE<br>(Mezcla in situ) |
| 223 | 453.1P | m3 | MEZCLA DRENANTE<br>(Compra de mezcla) |
| 224 | 457.1 | m3 | MEZCLA PREFABRICADA ALMACENADA MP-25 PARA PARCHEO EN PAVIMENTO FLEXIBLE<br>(Fabricada en planta) |
| 225 | 457.2 | m3 | MEZCLA PREFABRICADA ALMACENADA MP-19 PARA PARCHEO EN PAVIMENTO FLEXIBLE<br>(Fabricada en planta) |
| 226 | 457.3 | m3 | MEZCLA PREFABRICADA ALMACENADA MP-12 PARA PARCHEO EN PAVIMENTO FLEXIBLE<br>(Fabricada en planta) |

| | | | |
|---|---|---|---|
| 227 | 460.1.1 | m2 | FRESADO DE PAVIMENTO ASFÁLTICO _____cm<br>( Analizado para espesor de 10 cm) |
| 228 | 460.1.2 | m2 | FRESADO DE PAVIMENTO ASFÁLTICO _____cm<br>( Analizado para espesor de 5 cm) |
| 229 | 461.1 | m3 | PAVIMENTO RECICLADO IN SITU CON EMULSIÓN ASFÁLTICA |
| 230 | 461.2 | m3 | PAVIMENTO RECICLADO IN SITU CON ASFALTO ESPUMADO |
| 231 | 462.1.1 | m3 | MEZCLA ASFÁLTICA RECICLADA EN CALIENTE DEL TIPO _____<br>(Analizado para el tipo MDC-19) |
| 232 | 462.1.2 | m3 | MEZCLA ASFÁLTICA RECICLADA EN CALIENTE DEL TIPO _____<br>(Analizado para el tipo MDC-25) |
| 233 | 462.2.1 | m3 | MEZCLA ASFÁLTICA RECICLADA EN CALIENTE DEL TIPO _____ PARA BACHEO<br>(Analizado para el tipo MDC-19) |
| 234 | 462.2.2 | m3 | MEZCLA ASFÁLTICA RECICLADA EN CALIENTE DEL TIPO _____ PARA BACHEO<br>(Analizado para el tipo MDC-25) |
| 235 | 464.1.1 | m2 | GEOTEXTIL PARA REPAVIMENTACIÓN<br>(Analizado para un Geotextil NT con resist. a la tensión Grab mín. de 450 N y una Emulsión asf. CRR-60) |
| 236 | 464.1.2 | m2 | GEOTEXTIL PARA REPAVIMENTACIÓN<br>(Analizado para un Geotextil NT con resist. a la tensión Grab mín. de 450 N y una Emulsión Asf. Modificada CRR-60) |
| 237 | 465.1 | m3 | EXCAVACIÓN PARA REPARACIÓN DE PAVIMENTO ASFÁLTICO EXISTENTE INCLUYENDO EL CORTE Y LA REMOCIÓN DE LAS CAPAS ASFÁLTICAS Y DE LAS SUBYACENTES |
| 238 | 465.2 | m3 | EXCAVACIÓN PARA LA REPARACIÓN DE PAVIMENTO ASFÁLTICO EXISTENTE EXCLUYENDO EL CORTE Y LA REMOCIÓN DE LAS CAPAS ASFÁLTICAS Y DE LAS SUBYACENTES |
| 239 | 466.1 | m | SELLO DE GRIETAS EN PAVIMENTO ASFÁLTICO SIN RUTEO |
| 240 | 466.2 | m | SELLO DE GRIETAS EN PAVIMENTO ASFÁLTICO CON RUTEO |
| 241 | 467.1 | m3 | MEZCLA ASFÁLTICA CON ASFALTO MODIFICADO CON GCR (M-GCR-25) |

| | | | |
|---|---|---|---|
| 242 | 467.2 | m3 | MEZCLA ASFÁLTICA CON ASFALTO MODIFICADO CON GCR (M-GCR-19) |
| 243 | 467.3 | m3 | MEZCLA ASFÁLTICA CON ASFALTO MODIFICADO CON GCR (M-GCR-12) |
| 244 | 500.1.1 | m3 | PAVIMENTO DE CONCRETO HIDRÁULICO (Analizado para un tránsito NT3) |
| 245 | 500.1.2 | m3 | PAVIMENTO DE CONCRETO HIDRÁULICO (Analizado para un tránsito NT2) |
| 246 | 500.2 | m3 | PAVIMENTO DE CONCRETO HIDRÁULICO DE FRAGUADO RÁPIDO (FAST TRACK) |
| 247 | 501.1 | kg | CEMENTO PORTLAND, NORMA ASTM C150, TIPO ___ (Analizado para cemento hidraúlico TIPO I) |
| 248 | 501.10 | kg | CEMENTO HIDRÁULICO ADICIONADO, NORMA ASTM C595, TIPO ___ (Analizado para cemento hidraúlico TIPO IP) |
| 249 | 501.20 | kg | CEMENTO HIDRÁULICO ESPECIFICADO POR DESEMPEÑO, NORMA NTC 121, TIPO __ (Analizado para cemento hidraúlico TIPO UG) |
| 250 | 505.1 | m3 | BASE DE CONCRETO HIDRAULICO (Analizado para un tránsito NT2) |
| 251 | 510.1 | m2 | PAVIMENTO DE ADOQUINES DE CONCRETO |
| 252 | 600.1.1 | m3 | EXCAVACIONES VARIAS SIN CLASIFICAR |
| 253 | 600.2.1 | m3 | EXCAVACIONES VARIAS EN ROCA EN SECO |
| 254 | 600.2.2 | m3 | EXCAVACIONES VARIAS EN ROCA BAJO AGUA |
| 255 | 600.2.3 | m3 | EXCAVACIONES VARIAS EN MATERIAL COMUN EN SECO |
| 256 | 600.2.4 | m3 | EXCAVACIONES VARIAS EN MATERIAL COMÚN BAJO AGUA |
| 257 | 610.1 | m3 | RELLENOS PARA ESTRUCTURAS CON SUELO (analizado sin preparacion de la superficie base del relleno) |
| 258 | 610.2 | m3 | RELLENOS PARA ESTRUCTURAS CON RECEBO (Analizado sin preparacion de superficie base del relleno) |
| 259 | 610.3 | m3 | RELLENOS PARA ESTRUCTURA CON MATERIAL GRANULAR TIPO SBG-50 (Analizado sin preparación de la superficie base del relleno) |

| | | | |
|---|---|---|---|
| 260 | 610.4 | m3 | RELLENOS PARA ESTRUCTURAS CON MATERIAL GRANULAR TIPO SBG-38<br>(Analizado sin preparación de la superficie base del relleno) |
| 261 | 610.5 | m3 | RELLENOS PARA ESTRUCTURAS CON MATERIAL GRANULAR TIPO SBG-20<br>(Analizado sin preparación de la superficie base del relleno) |
| 262 | 610.6 | m3 | RELLENOS PARA ESTRUCTURAS CON MATERIAL GRANULAR TIPO BG 38<br>(Analizado sin preparación de la superficie base del relleno) |
| 263 | 610.7 | m3 | RELLENOS PARA ESTRUCTURAS CON MATERIAL GRANULAR TIPO BG 25<br>(Analizado sin preparación de la superficie base del relleno) |
| 264 | 610.8 | m3 | RELLENOS CON MATERIAL FILTRANTE<br>(Analizado sin preparación de la superficie base del relleno) |
| 265 | 610.9 | m3 | RELLENOS CON GRAVILLA<br>(Analizado sin preparación de la superficie base del relleno) |
| 266 | 610.10 | m3 | RELLENOS CON ARENA<br>(Analizado sin preparación de la superficie base del relleno) |
| 267 | 611.1.1 | m3 | CONCRETO CELULAR PARA RELLENO ____ DENSIDAD _____kg/m3, RESISTENCIA ____MPa<br>(Analizado para concreto celular para relleno clase I, Densidad 385 kg/m3, Resistencia 0,07 Mpa) |
| 268 | 611.1.2 | m3 | CONCRETO CELULAR PARA RELLENO ____ DENSIDAD _____kg/m3, RESISTENCIA ____MPa<br>(Analizado para concreto celular para relleno clase II, Densidad 480 kg/m3, Resistencia 0,28 Mpa) |
| 269 | 611.1.3 | m3 | CONCRETO CELULAR PARA RELLENO ____ DENSIDAD _____kg/m3, RESISTENCIA ____MPa<br>(Analizado para concreto celular para relleno clase III, Densidad 575 kg/m3, Resistencia 0,55 Mpa) |
| 270 | 611.1.4 | m3 | CONCRETO CELULAR PARA RELLENO ____ DENSIDAD _____kg/m3, RESISTENCIA ____MPa<br>(Analizado para concreto celular para relleno clase IV, Densidad 670 kg/m3, Resistencia 0,83 Mpa) |
| 271 | 620.1 | m | PILOTES PREFABRICADOS DE CONCRETO, DE SECCION _____ |

| | | | |
|---|---|---|---|
| | | | (Analizado para pilote prefabricado concreto 28 Mpa sección circular Diam. Ext. = 0,40 m) |
| 272 | 620.2 | m | EXTENSIÓN DE PILOTES DE SECCION_____ (Analizado para pilote INSITU tipo seccion circular Diam. = 0,40 m) |
| 273 | 620.3 | u | PRUEBA DE CARGA TIPO _____ |
| 274 | 621.1.1 | m | PILOTE DE CONCRETO VACIADO IN SITU DE DIÁMETRO_____ (analizado para pilote de concreto 28 Mpa IN SITU seccion circular diametro 1 m ) |
| 275 | 621.1.2 | m | PILOTE DE CONCRETO VACIADO IN SITU, DE DIÁMETRO _____ (Analizado para pilote de concreto 28 Mpa IN SITU seccion circular diametro 1,2 m ) |
| 276 | 621.2 | m3 | BASE ACAMPANADA |
| 277 | 621.3 | m | PERFORACION DE PRUEBA PARA PILOTE, DE DIÁMETRO _____ |
| 278 | 621.4 | m3 | PERFORACION DE PRUEBA PARA BASE ACAMPANADA |
| 279 | 621.5 | m | CAMISA PERMANENTE DE DIÁMETRO EXTERIOR _____ (Analizado para una camisa metálica de diam. ext. = 1,0 m) |
| 280 | 621.5P | m | CAMISA PERMANENTE DE DIÁMETRO EXTERIOR _____ (Analizado para una camisa en concreto de diam. ext. = 1,50 m) |
| 281 | 621.6 | u | PRUEBA DE CARGA TIPO _____ (Analizado para PRUEBA TIPO ESTATICA BIDIRECCIONAL (axial - lateral)) |
| 282 | 621.7 | u | PRUEBA DE INTEGRIDAD TIPO ____ (Analizado para prueba tipo de baja deformacion por impacto) |
| 283 | 621.8 | m3 | DESCABECE DE PILOTES (Analizado para un pilote de diametro exterior = 1 m) |
| 284 | 622.1 | m2 | TABLESTACADO DE MADERA |
| 285 | 622.2 | m2 | TABLESTACADO METÁLICO |
| 286 | 622.3 | m2 | TABLESTACADO DE CONCRETO REFORZADO |
| 287 | 622.4 | m2 | TABLESTACADO DE CONCRETO PREESFORZADO |

| | | | |
|---|---|---|---|
| 288 | 622.5 | m | CORTE DEL EXTREMO SUPERIOR DEL ELEMENTO |
| 289 | 623.1 | m | ANCLAJE TIPO _____ (ROCA) |
| 290 | 623.2 | u | PRUEBA DE CARGA |
| 291 | 630.1.1 | m3 | TIPO DE CONCRETO_____<br>(Analizado para concreto pretensado, postensado o reforzado, con<br>resistencia 35 Mpa, compra de mezcla) |
| 292 | 630.1.2 | m3 | TIPO DE CONCRETO _____<br>(Analizado concreto pretensado, postensado o reforzado, con<br>resistencia resitencia 32 Mpa, compra de mezcla) |
| 293 | 630.1.3.1 | m3 | TIPO DE CONCRETO_____<br>(Analizado para concreto pretensado, postensado o reforzado, con<br>resistencia resistencia 28 Mpa, mezcla in situ) |
| 294 | 630.1.3.2 | m3 | TIPO DE CONCRETO_____<br>(Analizado para concreto reforzado resistencia 28 Mpa, compra de mezcla) |
| 295 | 630.1.4.1 | m3 | TIPO DE CONCRETO<br>(Analizado para concreto reforzado resistencia 21 Mpa, mezcla in situ) |
| 296 | 630.1.4.2 | m3 | TIPO DE CONCRETO_____<br>(Analizado para concreto reforzado de resistencia 21 Mpa, compra de mezcla) |
| 297 | 630.1.5.1 | m3 | TIPO DE CONCRETO_____<br>(Analizado para concreto simple con resistencia 17 Mpa, mezcla in situ) |
| 298 | 630.1.6 | m3 | TIPO DE CONCRETO_____<br>(Analizado para concreto liviano resistencia 14 Mpa, mezcla in situ) |
| 299 | 630.1.7 | m3 | TIPO DE CONCRETO_____<br>(Analizado para concreto ciclopeo con resistencia 17 Mpa) |
| 300 | 632.1.1 | m | BARANDA DE CONCRETO<br>(Analizado para baranda de concreto de resistencia 21mpa (d) sin incluir acero de refuerzo) |
| 301 | 632.1.2 | m | BARANDA DE CONCRETO<br>(Analizado para baranda de concreto de resistencia 28 mpa sin incluir acero de refuerzo) |
| 302 | 640.1 | kg | ACERO DE REFUERZO fy = _____ MPa<br>(Analizado para acero de refuerzo de Fy 4200 Mpa) |

| | | | |
|---|---|---|---|
| 303 | 640.2 | kg | MALLA DE REFUERZO fy = ____ MPa<br>(Analizado para malla de refuerzo Fy = 420 Mpa) |
| 304 | 641.1 | tf-m | ACERO DE PREESFUERZO |
| 305 | 642.1 | u | APOYO ELASTOMÉRICO<br>(Analizado para apoyo elastomerico reforzado dureza 60) |
| 306 | 642.2.1 | m | SELLO PARA JUNTAS DE PUENTES<br>(analizado paara sello PVC CINTA) |
| 307 | 642.2.2 | m | SELLO PARA JUNTAS DE PUENTES<br>(analizado para sello de compresion) |
| 308 | 650.2 | kg | FABRICACIÓN DE LA ESTRUCTURA METÁLICA |
| 309 | 650.3 | kg | TRANSPORTE DE ESTRUCTURA METÁLICA |
| 310 | 650.4 | kg | MONTAJE Y PINTURA DE ESTRUCTURA METÁLICA |
| 311 | 660.1.1 | m | TUBERÍA DE CONCRETO SIMPLE CLASE _____ DE _____ MM DE DIAMETRO INTERIOR<br>(Analizado para tubería concreto simple clase II de 450mm de diámetro interior) |
| 312 | 660.1.2 | m | TUBERÍA DE CONCRETO SIMPLE CLASE _____ DE _____ MM DE DIAMETRO INTERIOR<br>(Analizado para tubería concreto simple clase II de 500mm de diámetro interior)) |
| 313 | 660.1.3 | m | TUBERÍA DE CONCRETO SIMPLE CLASE _____ DE _____ MM DE DIAMETRO INTERIOR<br>(Analizado para tubería concreto simple clase III de 500mm de diámetro interior) |
| 314 | 660.1.4 | m | TUBERÍA DE CONCRETO SIMPLE CLASE _____ DE _____ MM DE DIAMETRO INTERIOR<br>(Analizado para tubería concreto simple clase III de 600mm de diámetro interior) |
| 315 | 661.1.1 | m | TUBERÍA DE CONCRETO REFORZADO CLASE _____ DE _____ MM DE DIAMETRO INTERIOR<br>(Analizado para TCR, clase II de 600mm de diámetro interior) |
| 316 | 661.1.2 | m | TUBERÍA DE CONCRETO REFORZADO, CLASE ___ DE ___ MM DE DIÁMETRO INTERIOR.<br>(Analizado para TCR clase II de 900 mm de Diam. int.) |
| 317 | 661.1.3 | m | TUBERÍA DE CONCRETO REFORZADO CLASE _____ DE _____ MM DE DIAMETRO INTERIOR<br>(Analizado para TRC, clase III de 900mm de diámetro interior) |

| | | | |
|---|---|---|---|
| 318 | 662.1 | m | TUBERÍA CORRUGADA DE ACERO GALVANIZADO, DE LÁMINA CALIBRE _____ Y DIÁMETRO NOMINAL _____ (mm)<br>(Analizado para tubería corrugada de acero galvanizado lámina calibre 12 y diámetro 600mm) |
| 319 | 662.2 | m | TUBERÍA CORRUGADA DE ACERO CON RECUBRIMIENTO ASFÁLTICO (BITUMINOSO), DE LÁMINA CALIBRE ____ Y DIÁMETRO NOMINAL_____ (mm)<br>(Analizado para tubería corrugada de acero con recubrimiento bituminoso, de lámina calibre 12 y diámetro 600mm) |
| 320 | 663.1 | m | TUBERÍA DE PLÁSTICO TIPO ____, NORMA___, DE DIÁMETRO INTERNO___ mm<br>(Analizado para tubería de plastico tipo pvc norma ntc-5055 de diámetro interno 900 mm) |
| 321 | 670.1 | m3 | DISIPADORES DE ENERGÍA Y SEDIMENTADORES EN GAVIONES DE ALAMBRE DE ACERO ENTRELAZADO CLASE 1: RECUBRIMIENTO DE ZINC (GALVANIZADO) |
| 322 | 670.2 | m3 | DISIPADORES DE ENERGÍA Y SEDIMENTADORES EN GAVIONES DE ALAMBRE DE ACERO ENTRELAZADO CLASE 2: RECUBRIMIENTO DE ALEACION ZN-5A1-MM |
| 323 | 670.3 | m3 | DISIPADORES DE ENERGÍA Y SEDIMENTADORES EN GAVIONES DE ALAMBRE DE ACERO ENTRELAZADO CLASE 3: RECUBRIMIENTO DE ZINC (GALVANIZADO) Y PVC |
| 324 | 670.5 | m3 | DISIPADORES DE ENERGIA Y SEDIMENTADORES DE CONCRETO CICLOPEO |
| 325 | 670.5P | m3 | DISIPADORES DE ENERGIA Y SEDIMENTADORES DE CONCRETO 17 Mpa |
| 326 | 671.1 | m3 | CUNETA DE CONCRETO VACIADA IN SITU; NO INCLUYE LA CONFORMACION DE LA SUPERFICIE DE APOYO |
| 327 | 671.2 | m | CUNETA DE PIEZAS PREFABRICADAS DE CONCRETO; NO INCLUYE LA CONFORMACIÓN DE LA SUPERFICIE DE APOYO |
| 328 | 671.3 | m3 | CUNETA DE CONCRETO VACIADA IN SITU; INCLUYE LA CONFORMACIÓN DE LA SUPERFICIE DE APOYO |
| 329 | 671.4 | m | CUNETA DE PIEZAS PREFABRICADAS DE CONCRETO; INCLUYE LA CONFORMACIÓN DE LA SUPERFICIE DE APOYO |
| 330 | 672.1 | m | BORDILLO DE CONCRETO VACIADO IN SITU; NO INCLUYE LA PREPARACION DE LA SUPERFICIE DE APOYO |

| | | | |
|---|---|---|---|
| 331 | 672.2 | m | BORDILLO DE PIEZA PREFABRICADA DE CONCRETO; NO INCLUYE LA PREPARACION DE LA SUPERFICIE DE APOYO.<br>(Analizado para bordillos prefabricados en concreto dimensiones 0,20 x 0,35 x 0,80 m) |
| 332 | 672.3 | m | BORDILLO EN CONCRETO VACIADO IN SITU; INCLUYE LA PREPARACION DE LA SUPERFICIE DE APOYO |
| 333 | 672.4 | m | BORDILLO DE PIEZAS PREFABRICADAS DE CONCRETO; INCLUYE LA PREPARACION DE LA SUPERFICIE DE APOYO<br>(Analizado para bordillos prefabricados en concreto dimensiones 0,20 x 0,35 x 0,80) |
| 334 | 673.1.1 | m2 | GEOTEXTIL TIPO _____<br>(Analizado para geotextil tipo no tejido con resistencia a la tensión grab mínima de 700 n ) |
| 335 | 673.1.2 | m2 | GEOTEXTIL TIPO _____<br>(Analizado para geotextil tipo tejido con resistencia a la tensión grab mínima de 1400 N ) |
| 336 | 673.2 | m3 | MATERIAL GRANULAR DRENANTE |
| 337 | 673.3.1 | m3 | MATERIAL DE COBERTURA TIPO _____<br>(Analizada para material cobertura tipo sub- base clase c sbg-50) |
| 338 | 673.3.2 | m3 | MATERIAL DE COBERTURA TIPO _____<br>(Analizada para material de cobertura tipo sub- base clase c sbg-38) |
| 339 | 673.3.3 | m3 | MATERIAL DE COBERTURA TIPO _____<br>(Analizada para material de cobertura tipo sub- base clase c sbg-20) |
| 340 | 674.1 | m | DREN HORIZONTAL DE LONGITUD MENOR O IGUAL A VEINTE METROS (20 m) |
| 341 | 674.2 | m | DREN HORIZONTAL DE LONGITUD MAYOR A VEINTE (20) METROS |
| 342 | 680.1 | m2 | PANELES DE CONCRETO |
| 343 | 680.2 | m | ARMADURA GALVANIZADA |
| 344 | 680.3 | m3 | RELLENO GRANULAR PARA TIERRA MECANICAMENTE ESTABILIZADA CON PÁNELES DE CONCRETO |
| 345 | 681.1 | m3 | GAVIONES O COLCHOGAVIONES DE MALLA DE ALAMBRE DE ACERO ENTRELAZADO ESTILO 1: RECUBRIMIENTO DE ZINC (GALVANIZADO)<br>(analizado para gavion de vol 2m3 (2 modulo de celda de 1 mt x 1mt x 1mt)) |

| | | | |
|---|---|---|---|
| 346 | 681.2 | m3 | GAVIONES O COLCHOGAVIONES DE MALLA DE ALAMBRE DE ACERO ENTRELAZADO ESTILO 2: RECUBRIMIENTO DE ALEACIÓN Zn-5A1-MM (analizado para gavion de vol 2m3 (2 modulo de celda de 1 mt x 1mt x 1mt)) |
| 347 | 681.3 | m3 | GAVIONES O COLCHOGAVIONES DE MALLA DE ALAMBRE ACERO ENTRELAZADO ESTILO 3: RECUBRIMIENTO DE ZINC (GALVANIZADO) Y PVC (analizado para gavion de vol 2m3 (2 modulo de celda de 1 mt x 1mt x 1mt)) |
| 348 | 681.4 | m3 | GAVIONES O COLCHOGAVIONES DE MALLA DE ALAMBRE DE ACERO ENTRELAZADO ESTILO 4: RECUBRIMIENTO DE ALUMINIO (aluminizado) (analizado para gavion de vol 2m3 (2 modulo de celda de 1 mt x 1mt x 1mt)) |
| 349 | 681.5 | m3 | GAVIÓNES O COLCHOGAVIONES DE MALLA DE ALAMBRE DE ACERO ENTRELAZADO ESTILO 5: RECUBRIMIENTO DE ALEACIÓN Zn-5A1-MM Y PVC (analizado para gavion de vol 2m3 (2 modulo de celda de 1 mt x 1mt x 1mt)) |
| 350 | 683.1 | m2 | GEOTEXTIL DE REFUERZO TIPO_____PARA MUROS DE TIERRA ESTABILIZADA MECANICAMENTE CON GEOSINTETICOS (analizado para geotextil tipo tejido resistencia 1400 N (MD) Y 1500 N (TD)) |
| 351 | 683.2 | m2 | GEOMALLA DE REFUERZO TIPO_____ PARA MUROS DE TIERRA ESTABILIZADA MECANICAMENTE CON GEOSINTETICOS (analizado para geomalla tipo uniaxial T 115) |
| 352 | 683.3 | m2 | GEOTEXTIL DE FACHADA TIPO_____ PARA MUROS DE TIERRA ESTABILIZADA MECANICAMENTE CON GEOSINTETICOS (analizado para geotextil de fachada tipo tejido MD1400 - TD1500N) |
| 353 | 683.4 | m2 | GEOMALLA DE FACHADA TIPO_____ PARA MUROS DE TIERRA ESTABILIZADA MECANICAMENTE CON GEOSINTETICOS (analizado para geomalla de fachada tipo uniaxial de poliester T 115kN/m) |
| 354 | 683.5 | m3 | RELLENO TIPO_____ PARA MUROS DE TIERRA ESTABILIZADA MECANICAMENTE CON GEOSINTETICOS (analizado para relleno tipo material seleccionado) |

| | | | |
|---|---|---|---|
| 355 | 683.6 | m3 | MURO DE TIERRA ESTABILIZADA MECANICAMENTE CON GEOSINTETICO TIPO_____ Y RELLENO TIPO _____<br>(Analizado para geotextil tipo tejido Resistencia 1400 N (MD) Y 1500 N (TD) ) y relleno tipo material seleccionado) |
| 356 | 685.8.1 | m2 | BOLSAS GIGANTES DE GEOTEXTIL. (BGG)<br>(Analizado para una superficie de 1m2, considerando dimensiones de la BGG en 4,25 m x 2,28 m x 1,45 m de capacidad máxima de 14 m3 -<br>incluye hilo de alta tenacidad para sellado) |
| 357 | 685.8.2.1 | m3 | Material de relleno, cargue, transporte,e instalación de BGG<br>(Analizado para Instalación 1: Con formaleta fija) |
| 358 | 685.8.2.2 | m3 | MATERIAL DE RELLENO, CARGUE, TRANSPORTE E INSTALACION DE BGG<br>(Analizado para Instalación 2: Lanzado) |
| 359 | 686.1 | m2 | PANELES DE CONCRETO (INCLUYE CONEXIONES ENTRE PANELES)<br>(Analizado para obras de excavaciones) |
| 360 | 686.2 | u | CLAVO, LONGITUD _____<br>(Analizado para un clavo de longitud 3,0 m; con resistencia a la tensión min. de 170 kN) |
| 361 | 690.1.1 | m2 | IMPERMEABILIZACIÓN DE ESTRUCTURAS LIQUIDO/MEMBRANA/LAMINA<br>(Analizado para Impermeabilizante líquido acrílico y/o poliuretano para concreto) |
| 362 | 690.1.2 | m2 | IMPERMEABILIZACIÓN DE ESTRUCTURAS EN LÁMINAS<br>(Analizado para láminas impermeabilizantes de concreto con película asfáltica y polímeros de polipropileno) |
| 363 | 690.1.3 | m2 | IMPERMEABILIZACIÓN DE ESTRUCTURAS EN MEMBRANA<br>(Analizado para Impermeabilización con membrana para concreto) |
| 364 | 700.1 | m | LÍNEA DE DEMARCACIÓN CON PINTURA EN FRÍO |
| 365 | 700.2 | m | LÍNEA DE DEMARCACIÓN CON RESINA TERMOPLÁSTICA |
| 366 | 700.3 | m2 | MARCA VIAL CON PINTURA EN FRÍO |
| 367 | 700.4 | m2 | MARCA VIAL CON RESINA TERMOPLÁSTICA |
| 368 | 701.1.1 | u | TACHA REFLECTIVA TIPO _____<br>(Analizado para tacha tipo a con adhesivo bituminoso y/o termoplástico) |

| | | | |
|---|---|---|---|
| 369 | 701.1.2 | u | TACHA REFLECTIVA TIPO _____<br>(Analizado para tacha reflectivo tipo a con adhesivo epóxico) |
| 370 | 702.1.1 | u | TACHA REFLECTIVA CON ESPIGO TIPO _____<br>(Analizado con espigo tipo A retrorreflectiva bidireccional de un (1) solo color) |
| 371 | 703.1.1 | u | TACHA ELECTRÓNICA SOLAR MONOCROMÁTICA AUTÓNOMA<br>(Analizado Para Tacha Electrónicas Solares Led Monocromaticas Autonomas Unidireccional) |
| 372 | 703.1.2 | u | TACHA ELECTRÓNICA SOLAR MONOCROMÁTICA AUTÓNOMA<br>(Analizado para tacha bidireccional) |
| 373 | 703.1.3 | u | TACHA ELECTRÓNICA SOLAR MONOCROMÁTICA AUTÓNOMA<br>(Analizado para tacha bidireccional de 2 colores) |
| 374 | 703.2.1 | u | TACHA ELECTRÓNICA SOLAR MONOCROMÁTICA SINCRONIZABLE<br>(Analizado para tacha unidireccional) |
| 375 | 703.2.2 | u | TACHA ELECTRÓNICA SOLAR MONOCROMÁTICA SINCRONIZABLE<br>(Analizado para tacha bidireccional) |
| 376 | 703.2.3 | u | TACHA ELECTRÓNICA SOLAR MONOCROMÁTICA SINCRONIZABLE<br>(Analizado para tacha bidireccional de 2 colores) |
| 377 | 703.3 | u | TACHA ELECTRÓNICA SOLAR MULTICOLOR SINCRONIZABLE CON SEMÁFORO |
| 378 | 703.4 | u | TACHA ELECTRÓNICA SOLAR MULTICOLOR SINCRONIZABLE CON RADAR DE VELOCIDAD |
| 379 | 703.5 | u | TACHA ELECTRÓNICA SOLAR MULTICOLOR SINCRONIZABLE CON RADAR DE VELOCIDAD, CONTADOR Y CLASIFICADOR VEHICULAR |
| 380 | 710.1.1 | u | SEÑAL VERTICAL DE TRANSITO TIPO _____ DIIMENSIONES _____ CON LAMINA RETRORREFLECTIVA TIPO_____<br>(Analizado para señal tipo sr, sp y/o si, dimension 75x75 cm en lámina galvanizada con lamina retrorreflectiva tipo IV) |
| 381 | 710.1.2 | u | SEÑAL VERTICAL DE TRANSITO TIPO _____ DIMENSIONES _____ CON LAMINA RETRORREFLECTIVA TIPO_____<br>(Analizado para señal tipo sr, sp y/o si, dimension 90x90 cm en lámina galvanizada con lámina retrorreflectiva tipo IV) |

| | | | |
|---|---|---|---|
| 382 | 710.1.3 | u | SEÑAL VERTICAL DE TRANSITO TIPO _____ DIMENSIONES _____ CON LAMINA RETRORREFLECTIVA TIPO_____ (Analizado para señal tipo si-04 (postes de referencia), dimencion (1,25m x 0,45m) en lamina galvanizada retrorreflectiva tipo IV) |
| 383 | 710.1.4 | u | SEÑAL VERTICAL DE TRANSITO TIPO _____ DIMENSIONES _____ CON LAMINA RETRORREFLECTIVA TIPO_____ (Analizado para señal tipo sp-54 dimensión (1,70m x 0,25m) en lámina galvanizada retrorreflectiva tipo iv) |
| 384 | 710.1.5 | u | SEÑAL VERTICAL DE TRANSITO TIPO _____ DIMENSIONES _____ CON LAMINA RETRORREFLECTIVA TIPO_____ (Analizado para señal tipo sp -75 dimensión (75x60cm) en lámina galvanizada reflectivo tipo IV) |
| 385 | 710.2.1 | m2 | SEÑAL VERTICAL DE TRANSITO TIPO _____ CON LAMINA RETRORREFLECTIVA TIPO_____ (Analizado para señal tipo si elevada (si-05 y/o si-06) en lámina galvanizada y retrorreflectiva tipo iv) |
| 386 | 710.2.2 | m2 | SEÑAL VERTICAL DE TRANSITO TIPO _____ CON LAMINA RETRORREFLECTIVA TIPO_____ (Analizado para señal tipo (si-05 y/o si-06) en làmina galvanizada calibre 20 y retroreflectiva tipo IV) |
| 387 | 710.2.3 | m2 | SEÑAL VERTICAL DE TRANSITO TIPO _____ MATERIAL_____ CON LAMINA RETRORREFLECTIVA TIPO_____ (Analizado para señal tipo si turística (rectangular o en forma de flecha) en lamina galvanizada y retrorreflectiva tipo IV) |
| 388 | 730.1 | m | DEFENSA METÁLICA |
| 389 | 730.2 | u | TERMINAL DE BARRERA EN FORMA DE U (Analizado para seccion final) |
| 390 | 730.3 | m | TERMINAL DE BARRERA ABATIDA Y EMPOTRADA |
| 391 | 730.4 | m | TERMINAL DE BARRERA EMPOTRADA EN TALUD |
| 392 | 731.1 | m | DEFENSA DE CONCRETO FUNDIDA INSITU |
| 393 | 731.2 | m | DEFENSA DE CONCRETO PREFABRICADA |
| 394 | 732.1 | m | DEFENSA METÁLICA CON RODILLOS |
| 395 | 740.1 | u | CAPTAFARO (analizado para CAPTAFARO para barreras de contención de vehículos metálicas) |

| | | | |
|---|---|---|---|
| 396 | 741.1.1 | u | DELINEADOR DE CORONA EN FORMA _____ MATERIAL_____ (analizado para DELINEADOR DE CORONA forma de A en lamina galvanizada cal. 16) |
| 397 | 741.1.2 | u | DELINEADOR DE CORONA EN FORMA _____ MATERIAL_____ (analizado para Delineador de corona forma circular en lámina galvanizada cal. 16) |
| 398 | 800.1 | m | CERCA DE ALAMBRE DE PÚAS CON POSTES DE MADERA |
| 399 | 800.2 | m | CERCA DE ALAMBRE DE PÚAS CON POSTES DE CONCRETO |
| 400 | 800.3 | m | CERCA DE MALLA CON POSTES DE MADERA |
| 401 | 800.4 | m | CERCA DE MALLA CON POSTES DE CONCRETO |
| 402 | 801.1 | m | CERCA DE ALAMBRE DE PÚAS CON POSTES DE PLÁSTICO RECICLADO PE (PEAD, PEBD), PP Y PVC |
| 403 | 802.1 | u | PODA DE LA PARTE AEREA DE ARBOLES TIPO I |
| 404 | 802.2 | u | PODA DE LA PARTE AÉREA DE ARBOLES TIPO II |
| 405 | 802.3 | u | PODA DE LA PARTE AÉREA DE ARBOLES TIPO III |
| 406 | 802.4 | u | PODA DE LA PARTE AEREA DE ARBOLES TIPO IV |
| 407 | 802.5 | u | PODA DE LA PARTE RADICULAR DE ARBOLES TIPO I |
| 408 | 802.6 | u | PODA DE LA PARTE RADICULAR DE ARBOLES TIPO II |
| 409 | 802.7 | u | PODA DE LA PARTE RADICULAR DE ARBOLES TIPO III |
| 410 | 802.8 | u | PODA DE LA PARTE RADICULAR DE ARBOLES TIPO IV |
| 411 | 810.1 | m2 | PROTECCIÓN DE TALUDES CON BLOQUES DE CÉSPED |
| 412 | 810.2 | m2 | PROTECCIÓN DE TALUDES CON TIERRA ORGÁNICA |
| 413 | 810.3 | m2 | PROTECCIÓN DE TALUDES CON HIDROSIEMBRA CONTROLADA |
| 414 | 811.1.1 | m2 | PROTECCIÓN DE TALUDES CON PRODUCTO ENROLLADO PARA CONTROL DE EROSIÓN DE TIPO_____ (Analizado para manto permanente para refuerzo de la vegetación (TRM)) |
| 415 | 811.1.2 | m2 | PROTECCION DE TALUDES CON PRODUCTO ENROLLADO PARA CONTROL DE EROSION DE TIPO _____ (Analizado para Manto temporal para control de erosión (MCE)) |

| | | | |
|---|---|---|---|
| 416 | 812.1 | m3 | MORTERO F'M = 12,4 MPa DE e = _____cm, PARA RECUBRIMIENTO DE TALUDES CON MALLA ELECTROSOLDADA Y MORTERO |
| 417 | 812.2 | kg | MALLA ELECTROSOLDADA PARA RECUBRIMIENTO DE TALUDES Y MORTERO<br>(analizado para malla electrosoldada de 5/16) |
| 418 | 812.3 | kg | MALLA DE ACERO CON RECUBRIMIENTO METÁLICO PARA GAVIONES PARA RECUBRIMIENTO DE TALUDES Y MORTERO |
| 419 | 812.4 | kg | MALLA DE GALLINERO PARA RECUBRIMIENTO DE TALUDES Y MORTERO |
| 420 | 820.1.1 | u | PLANTACIÓN DE ÁRBOLES - TIPO PAISAJÍSTICO<br>(No incluye mantenimiento) |
| 421 | 820.1.2 | ha | PLANTACIÓN DE ÁRBOLES - REFORESTACIÓN PROTECTORA DENSIDAD 1100<br>(No incluye mantenimiento) |
| 422 | 820.1.3 | u | MANTENIMIENTO A PLANTACIÓN DE ÁRBOLES - TIPO PAISAJÍSTICO |
| 423 | 820.1.4 | Un. / ha | MANTENIMIENTO A PLANTACIÓN DE ÁRBOLES - REFORESTACIÓN PROTECTORA DENSIDAD 1100 |
| 424 | 840.1 | m | CONSTRUCCIÓN FILTRO VIVO TIPO 1 O PRINCIPAL |
| 425 | 840.2 | m | CONSTRUCCIÓN FILTRO VIVO TIPO 2 O SECUNDARIO |
| 426 | 840.3 | m | TRINCHOS VIVOS |
| 427 | 840.4 | m | ZANJA DE DRENAJE |
| 428 | 840.5 | m | GUSANILLO O MONTÍCULO |
| 429 | 840.6 | m | TAPONAMIENTO DE GRIETAS |
| 430 | 840.7 | u | REVEGETALIZACIÓN MULTIESTRATO CON ESPECIES ARBÓREAS Y ARBUSTIVAS SEMBRADAS |
| 431 | 840.8 | m2 | REVEGETALIZACIÓN MULTIESTRATO CON ESPECIES RASTRERAS |
| 432 | 850.1 | m | SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE BIORROLLO Ø = 18 CM REVEGETADO O SIMILAR, PARA CONTROL DE EROSIÓN Y DISMINUCIÓN DE ENERGÍA DEL FLUJO EN ÁREAS DE ESCORRENTÍA |
| 433 | 850.2 | m | SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE BIOBARRERAS DE AMORTIGUAMIENTO O SIMILAR CON FINES DE CONTROL DE EROSIÓN, SEDIMENTACIÓN, FILTRADO DEL FLUJO DE ESCORRENTIA Y REMEDIACIÓN |

| | | | |
|---|---|---|---|
| 434 | 850.3 | m2 | SISTEMA PARA PROTECCIÓN, REVEGETAR, CONTROL DE EROSIÓN Y ESTABILIZACIÓN SUPERFICIAL DE TALUDES Y LADERAS CON GEOBIOMALLA |
| 435 | 850.4 | m2 | SUMINISTRO E INSTALACIÓN SISTEMA DE GEOBIOESTABILIZACIÓN COMBINADO PARA CONTROL DE EROSIÓN, REVEGETALIZAR Y ESTABILIZACIÓN DE TALUDES. INCLUYE GEOBIOMALLA O SIMILAR Y GEOMALLA BIAXIAL 50KN/M, ANCLADA Y ARRIOSTRADA |
| 436 | 850.15 | m2 | MANTENIMIENTO Y RIEGOS ADICIONALES PARA PROTECCIÓN VEGETAL |
| 437 | 850.16 | u | ANCLAJE SUPERFICIAL TIPO GUAYA HINCADOS POR PERCUSIÓN |
| 438 | 900.1 | m3 - E | TRANSPORTE DE MATERIALES PROVENIENTES DE LA EXCAVACION DE LA EXPLANACION, CANALES Y PRESTAMOS, ENTRE CIEN METROS (100 m) Y MIL METROS (1000 m) DE DISTANCIA<br>(Analizado para volqueta de 6 m3) |
| 439 | 900.2.1 | m3 - Km | TRANSPORTE DE MATERIALES PROVENIENTES DE LA EXCAVACIÓN DE LA EXPLANACIÓN, CANALES Y PRÉSTAMOS PARA DISTANCIAS MAYORES DE MIL METROS (1.000 m) MEDIDOS A PARTIR DE CIEN METROS (100 m)<br>(Analizado para volqueta de 6 m3) |
| 440 | 900.2.2 | m3 - km | TRANSPORTE DE MATERIALES PROVENIENTES DE LA EXCAVACIÓN DE LA EXPLANACIÓN, CANALES Y PRÉSTAMOS PARA DISTANCIAS MAYORES DE MIL METROS (1.000 m) MEDIDOS A PARTIR DE CIEN METROS (100 m)<br>(Analizado para volqueta de 14 m3) |
| 441 | 900.2.3 | m3 - km | TRANSPORTE DE MATERIALES PROVENIENTES DE LA EXCAVACIÓN DE LA EXPLANACIÓN, CANALES Y PRÉSTAMOS PARA DISTANCIAS MAYORES DE MIL METROS (1.000 m) MEDIDOS A PARTIR DE CIEN METROS (100 m)<br>(Analizado por precio de mercado para m3 - Km) |
| 442 | 900.3.1 | m3 - Km | TRANSPORTE DE MATERIALES PROVENIENTES DE DERRUMBES, MEDIDO A PARTIR DE CIEN METROS (100 m)<br>(Analizado con volqueta de 6m3) |
| 443 | 900.3.2 | m3 - km | TRANSPORTE DE MATERIALES PROVENIENTES DE DERRUMBES, MEDIDO A PARTIR DE CIEN METROS (100 m)<br>(Analizado para volqueta de 14 m3) |

| | | | |
|---|---|---|---|
| 444 | 900.3.3 | m3 - km | TRANSPORTE DE MATERIALES PROVENIENTES DE DERRUMBES, MEDIDO A PARTIR DE CIEN METROS (100 m)<br>(Analizado por precio de mercado para m3 - Km) |

# ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS CORRESPONDIENTES FORMATO MEPI-MN1-IN-10-FR-1 ANÁLISIS PRECIOS UNITARIOS.

| INSTITUTO NACIONAL DE VIAS<br>PROCESO GESTIÓN DE LA INFRAESTRUCTURA VIAL<br>MANUAL DE INTERVENTORÍA OBRA PÚBLICA<br>ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS | CÓDIGO | MINFRA-MN-IN-10-FR-1 | | |
|---|---|---|---|---|
| | VERSIÓN | 1 | | |
| | PÁGINA | | DE | |

| | | | |
|---|---|---|---|
| FECHA | 2 | 8 | 2024 |
| | (Día) | (Mes) | (Año) |

**ITEMS DE LA PROPUESTA ECONÓMICA** — **ITEMS NO PREVISTOS**

**UNIDAD EJECUTORA:** SUBDIRECCIÓN VIAS REGIONALES — **DIRECCIÓN TERRITORIAL:** CÓRDOBA

**OBJETO DEL CONTRATO:** CONTRATO DE OBRA PUBLICA No LP-No.013-2022 - CONSTRUCCION DE UN PUENTE VEHICULAR SOBRE LA QUEBRADA SEVERINERA EN LA VIA QUE COMUNICA A LOS MUNICIPIOS DE PLANETA RICA Y TIERRALTA, DEPARTAMENTO DE CORDOBA, EN EL MARCO DEL CONVENIO INTERADMINISTRATIVO No. 1961 DE FECHA 12 DE NOVIEMBRE DE 2021

**CARRETERA:** VIA QUE COMUNICA A LOS MUNICIPIOS DE PLANETA RICA Y TIERRALTA, DEPARTAMENTO DE CORDOBA — **SECTOR:** PUENTE SOBRE LA QUEBRADA SEVERINERA

**CONTRATISTA:** CONSORCIO PUENTES DE CORDOBA R.L MARIO ALBERTO PETRO REYES

**FECHA CIERRE PROCESO DE SELECCIÓN CONTRATO DE OBRA:** 3 (Día) — 8 (Mes) — 2022 (Año)

**DATOS ESPECÍFICOS**

| ITEM | DESCRIPCIÓN | GRUPO DE AJUSTE | UNIDAD | CANTIDAD |
|---|---|---|---|---|
| NP4 | SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE MANTO ANTISOCAVACIÓN EN HYDROTEX 95 | | M2 | |

**I. EQUIPO**

| DESCRIPCIÓN | TIPO | TARIFA/HORA | RENDIMIENTO | Vr. UNITARIO |
|---|---|---|---|---|
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | SUBTOTAL $ | $ - |

**II. MATERIALES**

| DESCRIPCIÓN | UNIDAD | CANTIDAD | PRECIO UNIT. | Vr. UNITARIO |
|---|---|---|---|---|
| MANTO ANTISOCAVACIÓN EN HYDROTEX 95 | M2 | 1,00 | $ 24.395,00 | $ 24.395,00 |
| | | | | $ - |
| | | | | |
| | | | SUBTOTAL $ | $ 24.395,00 |

**III. TRANSPORTES**

| MATERIAL | UNIDAD | CANTIDAD (1) | DISTANCIA (2) | (1) * (2) | TARIFA | Vr. UNITARIO |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | |
| | | | | | SUBTOTAL $ | $ - |

**IV. MANO DE OBRA**

| TRABAJADOR | JORNAL | PRESTACIONES (%) | JORNAL TOTAL | RENDIMIENTO | Vr. UNITARIO |
|---|---|---|---|---|---|
| Oficial (1) | $ 66.666,00 | 1,85 | $ 123.332,10 | 40,00 | $ 3.083,30 |
| Obrero (3) | $ 33.333,00 | 1,85 | $ 184.998,15 | 40,00 | $ 4.624,95 |
| | | | | SUBTOTAL $ | 7.708,25 |
| | | | | TOTAL COSTO DIRECTO $ | $ 32.103,25 |

**V. COSTOS INDIRECTOS**

| Descripción | Porcentaje | Valor Total | |
|---|---|---|---|
| ADMINISTRACION | 20% | $ 6.420,65 | |
| IMPREVISTOS | 5% | $ 1.605,16 | |
| UTILIDAD | 5% | $ 1.605,16 | |
| | | SUBTOTAL $ | $ 9.630,97 |
| | | Precio Unitario Total Aproximado al Peso $ | $ 41.734,00 |

Firma
Nombre: MARIO ALBERTO PETRO REYES
Representante Legal CONSORCIO PUENTES DE CORDOBA
Matricula No. : 22202152753 COR

| SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE MANTO ANTISOCAVACIÓN EN HYDROTEX 95 | |
|---|---|
| ESPECIFICACION PARTICULAR | NP4 |

## NP1.1 DESCRIPCION

Este trabajo comprende todos los trabajos necesarios para realizar el suministro e instalación DE MANTO ANTISOCAVACIÓN EN HYDROTEX 95. Esta especificación es aplicable al uso del geotextil como elemento para prevenir la pérdida de suelo ó material en sistemas de protección hidráulica conformados por una coraza para absorción de energía y el suelo in-situ; adicionalmente el geotextil actúa como elemento para prevenir sub-presiones hidráulicas que causan inestabilidad al sistema de control permanente de erosión.

## NP1.2 MATERIALES

El Contratista, deberá suministrar el manto anti socavación en hidrotex 95, necesario para la correcta ejecución de los trabajos, de acuerdo a los diseños.

## NP1.3 EQUIPOS

Para la ejecución de esta actividad no se requiere de equipos especializados.

## NP1.4 MANO DE OBRA

Se requiere de mano de obra para la instalación.

## NP1.5 EJECUCION DE LOS TRABAJOS

El geotextil deberá ser colocado en contacto con el suelo, sin arrugas ni dobleces, sobre una superficie perfilada y lisa, aprobada por el Ingeniero Interventor. El geotextil debe ser colocado de manera que, el llenado de los materiales encima de él, no lo estire hasta rasgarlo. En el área de cada franja y en las zonas de traslapo, se recomienda la utilización de grapas en forma de J de 10x10x30 cm en varilla de acero espaciadas entre 60 cm a 180 cm, dependiendo de la pendiente del área a cubrir.

El geotextil será colocado con su dirección principal MD (a lo largo del rollo) paralelo a la dirección del flujo de agua. Las franjas de geotextil adyacentes deberán unirse por costura ó traslapo. Los traslapos entre franjas adyacentes deben ser de 300 mm como mínimo; cada final de rollo (juntas transversales) deberá tener un mínimo de 300 mm, excepto cuando se colocan bajo agua, en cuyo caso se usará un traslapo mínimo de 1 m a menos que se indique algo distinto por el diseñador o responsable del proyecto.
.

Se debe tener cuidado durante la instalación para evitar daño en el geotextil. Si se dañara el geotextil durante la instalación, se colocará un parche de geotextil, sobre el área dañada, extendiéndose 1m más allá del perímetro dañado.

La colocación debe ser hecha de manera que evite estiramiento y posterior rasgado del geotextil. Los rellenos de tipo Rip-Rap y piedras pesadas no deben caer de alturas mayores a 1.0 m. Por ningún motivo se permitirá que piedras de masa superior a 100 Kg rueden sobre el talud.

**NP1.6 CONDICIONES PARA EL RECIBO DE LOS TRABAJOS**

El Interventor aceptará el trabajo realizado donde las dimensiones y los lineamientos se ajusten a los requerimientos del proyecto y cuyos materiales y procedimientos de ejecución se realicen según lo prescrito en esta especificación.

**NP1.7 UNIDAD DE MEDIDA.**

Los trabajos ejecutados en esta especificación, serán medidos por metro cuadrado (m2), luego de que el manto antisocavacion, este debidamente instalado.

**NP1.8 FORMA DE PAGO.**

El pago se debe realizar al precio unitario del contrato por toda obra ejecutada de acuerdo con esta especificación y aceptada por el interventor.

**NP1.8 ÍTEM DE PAGO**

| ITEM | DESCRIPCIÓN | UNIDAD |
|---|---|---|
| NP4 | SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE MANTO ANTISOCAVACIÓN EN HYDROTEX 95 | M2 |

Cordialmente,

**Mario Alberto Petro Reyes**
**C. C. 73.203.584**
**Representante Legal**
**Consorcio Puentes de Córdoba**



SERTEC

SERVICIOS TÉCNICOS EN INGENIERÍA LTDA.

EUCLID CHEMICAL
TOXEMENT

Distribuidor Autorizado

**CALLE 19D No 43A - 20 Tel: 7 297351 Celular 311 769 3916 - 311 169 9390 San Juan de Pasto**

FECHA: **10 de mayo 2024**

SEÑORES: **CONSORCIO PUENTES DE CORDOBA** **NIT:901627711**

REF: **Mario Petro**

CIUDAD: **Montería**

| Código | Cantidad | Unidad | Descripción | Valor Unitario | Dto % | Valor Neto | IVA | Valor Total + IVA |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 2.080,5 | M2 | COLCHACRETO ARTICULADO 5.10 | 39.875 | | 82.959.937 | 15.762.388 | $ 98.722.325 |
| 2 | 3.590,5 | M2 | GEOTEXTIL HYDROTEX H95 | 21.650 | | 77.734.325 | 14.769.522 | $ 92.503.847 |
| 3 | 240 | ML | HYDROTUBE 150 H | 268.790 | | 64.509.600 | 12.256.824 | $ 75.766.424 |

**TOTAL $ 266.992.596**

**LUIS CARLOS RENDON CORDOBA**

Activa

**GEOMATRIX S.A.S.**
NIT 800.021.390-1 IVA RÉGIMEN COMÚN
Calle 15 No. 72 - 72
BOGOTÁ D. C. COLOMBIA
Teléfono: 57 (601) 4249999
Servicio al cliente: 57 (601) 4249996
servicioalcliente@geomatrix.com.co
www.geomatrix.co

**COTIZACIÓN PROFORMA No.** COT-63721-UXCZ

| **FECHA:** | 16/04/2024 |
|---|---|

| | | | |
|---|---|---|---|
| **EMPRESA:** | CONSORCIO PUENTES DE CORDOBA | **NIT/RUC:** | 901627711 |
| **CONTACTO:** | MARIO PETRO | **CELULAR:** | 3103638103 |
| **TELÉFONO:** | 6047948214 | **CORREO:** | consorciopuentesdecordoba2022@gmail.com |
| **DIRECCIÓN:** | CALLE 32 No 15 - 52 BARRIO EL EDEN | **CIUDAD:** | Montería |

En atención a su solicitud relacionamos los precios y condiciones para el suministro de materiales:

| DESCRIPCIÓN DEL MATERIAL | CANTIDAD | UNIDAD | VALOR UNITARIO ($) | VALOR TOTAL ($) |
|---|---|---|---|---|
| HYDROTUBE H150 /2<br><br>Ancho(m): 1,00<br>TuboGeotextil | 240,00 | m | $ 250.460,00 | $ 60.110.400,00 |
| COLCHACRETO ARTICULADO 1300 /5.10m<br>Ancho(m): 5,10<br>FormaletaTextil<br><br>Dimensiones Rollo<br>Ancho: 5.10 m<br>Largo: 40 m | 2.080,50 | m2 | $ 38.500,00 | $ 80.099.250,00 |
| GEOTEXTIL HYDROTEX 95 (G) 5.00m<br>Ancho(m): 5,00<br>GeotextilesTejidos | 3.590,50 | m2 | $ 20.500,00 | $ 73.605.250,00 |

| | | | |
|---|---|---|---|
| **SON:** | DOSCIENTOS CINCUENTA Y CUATRO MILLONES CUATROCIENTOS TREINTA Y NUEVE MIL SETECIENTOS TREINTA Y UNO | **TOTAL:** | $ 213.814.900,00 |
| | | **I.V.A:** | $ 40.624.831,00 |
| | | **TOTAL CON I.V.A:** | $ 254.439.731,00 |

**OBSERVACIONES:**

Forma de pago: Anticipado

Jesus Antonio Navarro Cuentas
Asesor Especialista Geosintéticos
Barranquilla, Colombia
Tel: 6014249999 Ext 3380
Cel: 57 3043325525
janavarro@geomatrix.com.co

Activa

**GEOMATRIX S.A.S.**
NIT 800.021.390-1 IVA RÉGIMEN COMÚN
Calle 15 No. 72 - 72
BOGOTÁ D. C. COLOMBIA
Teléfono: 57 (601) 4249999
Servicio al cliente: 57 (601) 4249996
servicioalcliente@geomatrix.com.co
www.geomatrix.co

Formalización del pedido: orden de compra dirigida a GEOMATRIX S.A.S. NIT: 800021390-1.
Disponibilidad: de acuerdo a verificación de inventario.
Vigencia de la oferta: 30

NOTA: Somos Grandes Contribuyentes, somos régimen común.
Favor no efectuar retención a título de renta, somos autoretenedores en el impuesto de renta y complementarios Resolución DIAN No. 007241 de 2009/07/10.
Favor no efectuar retención a título de impuesto sobre las ventas, somos agentes de retención del impuesto sobre las ventas Resolución DIAN No. 008207 de 2009/08/04, la cual entra en vigencia a partir del 1 de Septiembre de 2009.

Si efectúa pago por consignación bancaria hacerlo a nombre de Geomatrix S.A. NIT. 800.021.390-1 en:
Davivienda Cuenta de Ahorros No. 007200654270
Bancolombia Cuenta Corriente No. 03135192667
Favor enviar consignación al Fax: 57 (1) 4110980

**GEOMATRIX S.A.S. se reserva el derecho de cobrar intereses de mora, si el pago se hace después de la factura.**

Jesus Antonio Navarro Cuentas
Asesor Especialista Geosintéticos
Barranquilla, Colombia
Tel: 6014249999 Ext 3380
Cel: 57 3043325525
janavarro@geomatrix.com.co

**Mayo 16 de 2024**

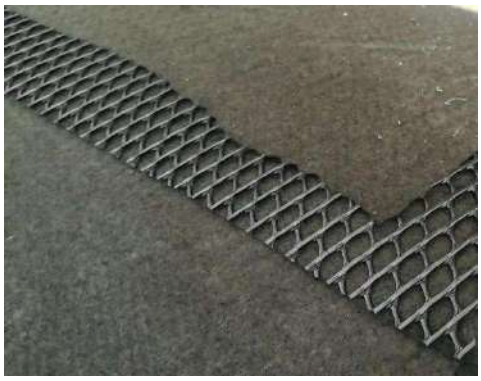
CONSORCIO PUENTES DE CORDOBA

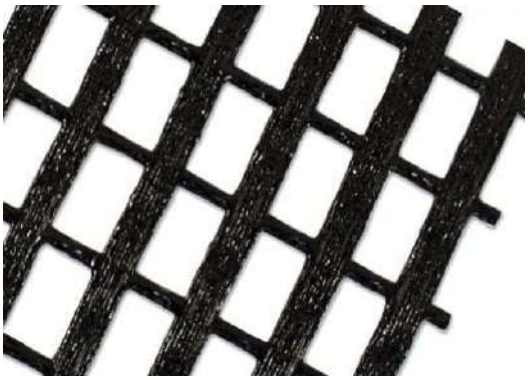
**QTE -10407-16-05-2024**

# ALCANCE
## *Scope*

Suministro de geosinteticos para el proyecto que tiene a su cargo. Los materiales suministrados por TRECK COLOMBIA, cumplen con políticas de calidad y pruebas de laboratorio bajo estándares internacionales.

## TRECKDREN
*Geodren planar , vial y tubería de drenaje*





## TRECKGRID
*Geomallas Biaxiales y Uniaxiales*

## TRECKTEX
*Geotextiles tejidos y no tejidos*



# PRECIOS
*Prices*

| Referencia | Detalle | Unidad | Cantidad | Valor Unitario | Valor Total |
|---|---|---|---|---|---|
| | TreckTube H150 | m | 240,00 | $ 375.690,00 | $ 90.165.600,00 |
| | Colchacreto Articulado | m2 | 2.080,50 | $ 57.750,00 | $ 120.148.875,00 |
| | Manto Antisocavacion H95 | m2 | 3.590,50 | $ 30.750,00 | $ 110.407.875,00 |
| | | | | | $ 320.722.350,00 |
| | | **IVA** | | **19%** | $ 60.937.246,50 |
| | | **Total** | | | $ 381.659.596,50 |

# Entrega
*Delivery*

Confirmado según programación de obra y/o disponibilidad de material en bodega. Por confirmación con el asesor del proyecto.

# FORMA DE PAGO
*Way to pay*

**Suministro:** ANTICIPADO

El pago de facturas generadas por los suministros únicamente se recibiría en cheque o transferencia indicadas en este documento.

- **BANCOLOMBIA –** Cuenta de ahorros 743-000010-77

A nombre de **TRECK COLOMBIA SAS** identificada con **NIT 901.506.451-4**

# VALIDEZ
*Validity*

La presente cotización tiene validez de 15 días calendario después de la fecha de envió y/o disponibilidad de inventario

# Cordialmente
*Regards*

**Felipe Gutiérrez**
+57 314 705 6944
**Ing Técnico comercial**
comercial@treck.com.co
Calle 69 bis a #68f 20
Bogota, Colombia
Treck Colombia S.A.S

# ESTUDIO HIDROLÓGICO E HIDRÁULICO PARA LA CONSTRUCCIÓN DE UN PUENTE VEHICULAR SOBRE LA QUEBRADA SEVERINERA EN LA VÍA QUE COMUNICA A LOS MUNICIPIO DE PLANETA RICA Y TIERRALTA, DEPARTAMENTO DE CÓRDOBA.

## CONSTRUCCIÓN DE UN PUENTE VEHICULAR SOBRE LA QUEBRADA SEVERINERA EN LA VÍA QUE COMUNICA A LOS MUNICIPIO DE PLANETA RICA Y TIERRALTA, DEPARTAMENTO DE CÓRDOBA

Contratista:

CONSORCIO PUENTES DE CÓRDOBA

Contratante:

Consultor:
JUAN FRANCISCO DURANGO GRISALES
**Ingeniero Civil**
**MSc. Recursos Hídricos**

**OCTUBRE DE 2024**

# CONTENIDO

1.1.1 ÍNDICE DE FIGURAS ..... IV
2.1.1 ÍNDICE DE TABLAS ..... VII
1. GENERALIDADES ..... 1
2. ALCANCE ..... 2
3. CÓDIGOS Y NORMATIVIDAD APLICABLE ..... 3
4. OBJETIVOS ..... 4
4.1 OBJETIVOS ESPECÍFICOS ..... 4
5. CUENCA QUEBRADA SEVERINERA ..... 4
5.1 CARACTERÍSTICAS MORFOMÉTRICAS ..... 4
5.2 ÁREA DE DRENAJE (A) ..... 5
5.3 PENDIENTE MEDIA DEL CAUCE ..... 7
5.4 CARACTERIZACIÓN MORFOMÉTRICA ..... 9
5.5 CARACTERIZACIÓN DEL RELIEVE ..... 11
5.6 CARACTERIZACIÓN DE LA RED DE DRENAJE ..... 11
5.7 PERÍODO DE RETORNO DE DISEÑO (Tr) ..... 13
5.8 COEFICIENTE DE ESCORRENTÍA (C) ..... 14
5.9 TIEMPO DE CONCENTRACIÓN (Tc) ..... 15
6. ANÁLISIS HIDROLÓGICO ..... 18
6.1 PRECIPITACIÓN ..... 18
6.2 VALIDACIÓN ESTADÍSTICA ..... 21
6.2.1 DATOS FALTANTES ..... 21
6.3 ANÁLISIS DE DOBLE MASA ..... 21
6.4 MÓDULO PLUVIOMÉTRICO ..... 24
6.5 PRECIPITACIONES ANUALES ..... 25

6.6 VARIABILIDAD TEMPORAL. ..... 28
6.7 PRECIPITACIÓN MEDIA MENSUAL ..... 29
6.8 VARIABILIDAD TEMPORAL ..... 30
6.9 ANÁLISIS DE FRECUENCIA: PRECIPITACIÓN ..... 30
6.9.1 ANÁLISIS DE DISTRIBUCIÓN DE AVENIDAS MÁXIMAS ..... 33
6.9.2 DISTRIBUCIÓN GUMBEL ..... 33
6.9.3 DISTRIBUCIÓN DE PROBABILIDAD PEARSON TIPO III ..... 35
6.9.4 DISTRIBUCIÓN DE PROBABILIDAD LOG PEARSON TIPO III ..... 36
6.9.5 DISTRIBUCIÓN NORMAL ..... 38
6.9.6 DISTRIBUCIÓN LOG-NORMAL DE 3 PARÁMETROS ..... 38
6.10 CRITERIO DE INFORMACIÓN DE AKAIKE ..... 40
7. CAUDALES Y ESCORRENTÍA ..... 43
7.1 ESTIMACIÓN DE CAUDAL POR EL MÉTODO RACIONAL ..... 43
7.2 INTENSIDAD DE DISEÑO ..... 45
7.3 HIETOGRAMA DE DISEÑO ..... 48
7.4 ESTIMACIÓN DE CAUDAL POR EL MÉTODO DEL HIDROGRAMA UNITARIO DEL SCS. ..... 50
7.4.1 NUMERO DE CURVA ..... 52
7.4.2 CÁLCULO DE CAUDALES DE APORTE POR EL MÉTODO DEL HIDROGRAMA UNITARIO DEL SCS ..... 55
8. CAUDAL DE DISEÑO ..... 57
8.1 COEFICIENTE DE MANNING (n) ..... 58
9. MODELO HIDRÁULICO ..... 65
9.1 DISEÑO HIDRÁULICO DEL PUENTE ..... 65
9.2 NIVEL DE AGUAS MÁXIMO ..... 68
10. CONTROL DE EROSIÓN ..... 80

11. ANÁLISIS DE LAS VELOCIDADES MÁXIMAS PERMISIBLES SEGÚN EL MATERIAL DE LA SOLUCIÓN PROPUESTA. ..... 83
12. SOCAVACIÓN DEL CAUCE ..... 84
12.1 SOCAVACIÓN GENERAL A LARGO PLAZO ..... 87
12.2 SOCAVACIÓN GENERAL POR CONTRACCIÓN ..... 87
12.3 RESULTADOS DEL CÁLCULO DE SOCAVACIÓN ..... 89
13. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES ..... 93
14. REFERENCIAS ..... 95

### 1.1.1 ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Localización del proyecto, quebrada Severinera. Fuente: SIG (2024). .... 2
Figura 2: Orden de las corrientes de la red de drenaje de la cuenca de la quebrada Severinera (Colombia) modelada utilizando el SIG. Fuente: Elaboración propia (2024). ..... 7
Figura 3: Mapa de distribución de pendientes de la cuenca hidrográfica de la quebrada Severinera, Colombia. Fuente: Elaboración propia (2024). ..... 8
Figura 4: Estimación de Lag Time. Fuente: HEC HMS (2024). ..... 18
Figura 5: Polígonos de Thiessen de estaciones cercanas a la cuenca de la quebrada Severinera. Fuente: Elaborado en SIG (2024). ..... 19
Figura 6: Localización de estaciones climatológicas. Fuente: Catalogo Nacional de estaciones de IDEAM (2024)..... 20
Figura 7: Curva masa de la estación SAN FRANCISCO. Fuente: Elaboración propia (2024). ..... 23
Figura 8: Histograma de precipitaciones totales anuales, estación SAN FRANCISCO. Fuente: Elaboración propia (2024). ..... 29
Figura 9: Precipitaciones mensuales multianuales, estación SAN FRANCISCO. Fuente: Elaboración propia (2024). ..... 29
Figura 10:Ajustes de distribución de probabilidad, estación SAN FRANCISCO. Fuente: Elaboración propia (2024). ..... 32
Figura 11: Histograma de frecuencias estación SAN FRANCISCO. Fuente: Elaboración propia (2024).} ..... 33
Figura 12: Probabilidad de ajuste tipo Gumbell. Fuente: Elaboración en HyFranPlus (2024). ..... 35
Figura 13: Probabilidad de ajuste tipo Pearson Type 3. Fuente: Elaboración en HyFranPlus (2024). ..... 36
Figura 14: Probabilidad de ajuste tipo LogPearson Type 3. Fuente: Elaboración en HyFranPlus (2024). ..... 37
Figura 15: Probabilidad de ajuste tipo GEV. Fuente: Elaboración en HyFranPlus (2024). ..... 39
Figura 16: Probabilidad de ajuste tipo LOG Normal. Fuente: Elaboración en

HyFranPlus (2024). ..... 39
Figura 17: Probabilidad de ajuste tipo Gamma. Fuente: Elaboración en HyFranPlus (2024). ..... 40
Figura 18: Comparación grafica de funciones de distribución de probabilidad. Fuente: Elaboración propia (2024). ..... 42
Figura 19: Curvas INTENSIDAD – DURACIÓN – FRECUENCIA de la estación SAN FRANCISCO. Fuente: Elaboración propia (2024). ..... 48
Figura 20: Hietograma de diseño por bloques alternos Tr 50 Años. Fuente: Elaboración propia (2024). ..... 50
Figura 21: Valores del número de curva para zonas urbanas. ..... 53
Figura 22: Valores del número de curva para zonas urbanas. Fuente: Hidrología e hidráulica Aplicada. Bernardo Díaz. ..... 53
Figura 23: Modelo hidrológico lluvia-escorrentía en HEC-HMS. Fuente: Elaboración propia (2024). ..... 56
Figura 24: Hidrograma unitario - SCS para Tr 50 años. Fuente: Elaborado en HECHS (2024). ..... 57
Figura 25: Topo-batimetría de la quebrada Severinera. Fuente: Equipo de topografía (2024). ..... 67
Figura 26: Geometría de la quebrada Severinera. Fuente: Elaborado con HEC-RAS (2024). ..... 68
Figura 27: Modelación de flujo en las secciones de la quebrada Severinera. Fuente: Elaboración con HEC-RAS (2024). ..... 69
Figura 28: Sección hidráulico de puente con estribos. Fuente: Elaborado en HECRAS (2024). ..... 72
Figura 29: Sección hidráulica de puente AGUAS ABAJO. Fuente: Elaborado en HEC RAS (2024)..... 73
Figura 30: Modelación de velocidad en las secciones de la quebrada Severinera con puente propuesto. Fuente: Elaboración con HEC-RAS (2024). ..... 75
Figura 31: Perfil hidráulico de la quebrada Severinera con puente. Fuente: Elaborado en HEC RAS (2024). ..... 76
Figura 32: Distribución de velocidades en el tramo analizado de la quebrada

Severinera con puente propuesto. Fuente: Elaborado en HEC RAS (2024). ..... 77
Figura 33: Distribución de velocidades en sección K0+210 del puente. Fuente: e: Elaborado en HEC RAS (2024). ..... 78
Figura 34: Representación esquemática de la evolución en el tiempo de la socavación en una pila de puente, para condiciones de aguas claras y lecho vivo. Fuente: FHWA, (2001). ..... 86
Figura 35: Ecuaciones para el cálculo de la socavación general a largo plazo en cauces naturales. Fuente: Toapaxi (2015). ..... 89
Figura 36: Ecuaciones recomendadas para el cálculo de la socavación local en estrechamientos. Fuente: Toapaxi (2015). ..... 89
Figura 37: Ecuaciones recomendadas para el cálculo de la socavación local en estribos. Fuente: Toapaxi (2015)..... 90
Figura 38 : Diseño estructural de puente. Fuente: Equipo estructural (2024). ..... 93

### 2.1.1 ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Características de la cuenca de acuerdo con el coeficiente de compacidad. Fuente. GÁMEZ MORALES, William. Texto básico de hidrología (Gámez Morales, 2009). ..... 10
Tabla 2: Características morfométricas de la cuenca Severinera. Fuente: Elaboración propia (2024). ..... 12
Tabla 3: Periodos de retorno especificados por el INVIAS para obras de drenaje. Fuente: INVIAS (2009). ..... 13
Tabla 4: Coeficiente de Escorrentía. Fuente: Manual de drenaje para carreteras, INVIAS (2011). ..... 14
Tabla 5: Estimación del tiempo de concentración para la cuenca Severinera. Fuente: Elaboración propia (2024). ..... 17
Tabla 6: Datos de estación SAN FRANCISCO. Fuente: Catalogo Nacional de estaciones de IDEAM (2024)..... 20
Tabla 7: Análisis de doble masa. Fuente: Elaboración propia (2024). ..... 22
Tabla 8: Módulos pluviométricos de la zona. Fuente: Elaboración propia (2024). 24
Tabla 9: Comportamiento estadístico de la precipitación para la estación SAN FRANCISCO. Fuente: Elaboración propia (2024). ..... 25
Tabla 10: Análisis estadístico mensual multianual de la estación SAN FRANCISCO. Fuente: Elaboración propia (2024). ..... 27
Tabla 11: Probabilidades para precipitaciones máx en 24 h anuales estación SAN FRANCISCO. Fuente: Elaboración propia (2024). ..... 31
Tabla 12: Ajustes de distribución de probabilidad. Fuente: Elaboración propia (2024). ..... 41
Tabla 13: Prueba de criterio de información de Akaike. Fuente: Elaboración propia (2024). ..... 42
Tabla 14: Precitaciones máximas en 24 horas anual multianual. Fuente: Elaboración propia (2024). ..... 46
Tabla 15: Coeficientes para cálculo de curvas IDF sintéticas región Caribe. Fuente: Curvas IDF sintéticas Díaz-Granados ..... 47
Tabla 16: Intensidades estimadas para la estación SAN FRANCISCO. Fuente:

Elaboración propia (2024). ..... 47
Tabla 17: Hietograma de diseño asociado a la duración de la lluvia Tr 50 Años. Fuente: Elaboración propia (2024). ..... 49
Tabla 18: Condición hidrológica de los suelos. Fuente: Ven Te Chow (1995). ..... 54
Tabla 19: Valores del número de curva para zona del proyecto. Fuente: Elaboración propia (2024). ..... 55
Tabla 20: Corrección del número de curva. Fuente: Elaboración propia (2024). .. 55
Tabla 21: Análisis morfométrico para estimación de caudales en HMS para subcuenca. Fuente: Elaboración propia (2020). ..... 56
Tabla 22: Caudales obtenidos con HEC-HMS. Fuente: Elaboración propia (2024). ..... 57
Tabla 23: Cálculos de caudales utilizando ecuaciones del SCS. Fuente: Elaboración propia (2024). ..... 58
Tabla 24: Valores base para la n de Manning. Fuente: Arcement y Schneider (1989). ..... 61
Tabla 25: Valores de ajuste para la estimación de la n de Manning, Grado de irregularidad (n1). Fuente: Arcement y Schneider (1989). ..... 61
Tabla 26: Valores de ajuste para la estimación de la n de Manning, Variación en la sección transversal del cauce (n2). Fuente: Arcement y Schneider (1989). ..... 62
Tabla 27: Valores de ajuste para la estimación de la n de Manning, Efecto de obstrucciones (n3). Fuente: Arcement y Schneider (1989). ..... 62
Tabla 28: Valores de ajuste para la estimación de la n de Manning, Cantidad de vegetación (n4). Fuente: Arcement y Schneider (1989). ..... 62
Tabla 29: Valores de ajuste para la estimación de la n de Manning, Grado de sinuosidad (m). Fuente: Arcement y Schneider (1989). ..... 63
Tabla 30: Calculo del coeficiente de Manning según Cowan. Fuente: Elaboración propia (2024). ..... 63
Tabla 31: Resumen de parámetros del modelo de la quebrada Severinera en HEC-RAS. Fuente: Elaboración propia (2024). ..... 65
Tabla 32: Resultados de modelación hidráulica de flujo con puente. Fuente: Elaborado con HEC-RAS (2024). ..... 70

Tabla 33: Tabla 38: Resultados hidráulicos para sección de puente. Fuente: Elaborado en HECRAS (2024). ..... 71
Tabla 34: Evento y cota de inundación. Fuente: Elaboración propia (2024). ..... 78
Tabla 35: Resumen de parámetros geométricos de la propuesta de puente vehicular. Fuente: Elaboración propia (2024). ..... 79
Tabla 36: Resumen de resultados del modelo de la quebrada Severinera en HEC-RAS para secciones cercanas al eje propuesto. Fuente: Elaboración propia (2024). ..... 79
Tabla 37: Velocidades medias permisibles en suelos sueltos. Fuente. Hidrología e hidráulica, Ingeniero Bernardo Diaz. ..... 83
Tabla 38: Cálculos de socavación para sección propuesta. Fuente: Elaboración propia (2024). ..... 91

## 1. GENERALIDADES

De acuerdo con la solicitud presentada por el CONTRATISTA, se realizó el estudio hidrológico e hidráulico para analizar la construcción de un puente sobre la quebrada Severinera.

Actualmente sobre la quebrada Severinera existe un puente el cual colapso por la socavación de los estribos y del caudal que transporta la corriente, ocasionando que las comunidades aledañas queden incomunicadas y presentando alto riesgo para las zonas rurales circundantes.

Frente a tal situación se hace necesario la construcción de una obra hidráulica de mayor envergadura que garantice la comunicación de las comunidades y no se vea afectado frente a avenidas máximas recurrentes al estar presentes fenómenos de variabilidad climática como La Niña; bajo estos aspectos se propone la construcción de un puente de 30 m de luz que permita el transito correcto y evite ser destruido por un caudal súbito.

En este informe se incluyen todos los aspectos tomados en cuenta para la realización del estudio hidrológico, que implica el análisis hidroclimatológicos de la quebrada Severinera y la determinación de los niveles máximo de avenida en la zona del proyecto. Así mismo se evalúa la estructura propuesta mediante el software HEC-RAS, para determinar los niveles máximos que se generan a partir del caudal de diseño en el punto del proyecto, el cual se muestra en la Figura 1.

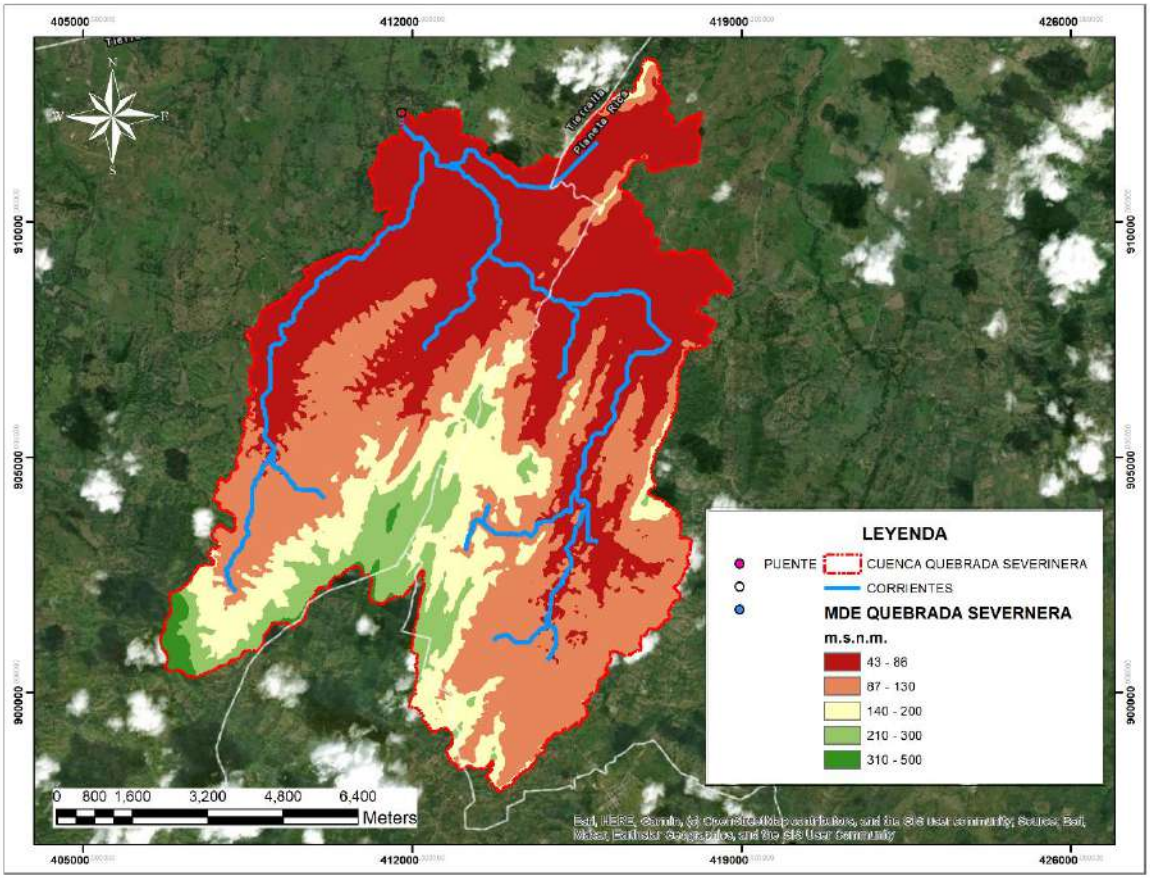



Figura 1: Localización del proyecto, quebrada Severinera. Fuente: SIG (2024).

## 2. ALCANCE

El alcance del proyecto es el siguiente.

- Revisar la información disponible referente a caudales que se presenta en la zona del proyecto para poder analizar los niveles de caudales en la quebrada Severinera que hacen parte de la zona de influencia del proyecto.
- Revisar los levantamientos topográficos y batimétricos que se realicen para poder implementar los modelos hidrológicos e hidráulicos.
- Realizar visitas de campo al sitio del proyecto para poder visualizar la problemática y revisar las condiciones actuales que se están presentando en los sitios donde se proyectan las obras.
- Realizar la estimación de los caudales máximos que se generan en cada

período de retorno evaluado.

- Se implementará un modelo hidráulico en el software HEC RAS, utilizando la información de caudales máximos encontrados mediante el estudio hidrológico y la información geométrica que se obtiene a partir del levantamiento topográfico y batimétrico. Este modelo permitirá conocer los datos básicos para el cálculo del nivel máximo de aguas extraordinarias, el perfil de velocidades.

## 3. CÓDIGOS Y NORMATIVIDAD APLICABLE

Los elementos considerados dentro del alcance del proyecto cumplirán con las normas vigentes, estándares de diseño, decretos y resoluciones legales nacionales que se listan a Continuación:

- INVIAS, MANUAL DE DRENAJE DE CARRETERAS
- US CORP ARMY
- FEDERAL ROADS – CANADÁ
- RAS 2000
- RESOLUCIÓN 0330 DE 2017
- MODELACIÓN HIDROLOGICA E HIDRÁULICA IDEAM

# 4. OBJETIVOS

## 4.1 OBJETIVO GENERAL

Realizar el estudio hidrológico e hidráulico para determinar las velocidades y los caudales máximos en los puntos críticos en el sector QUEBRADA SEVERINERA, municipio de Tierralta, Departamento de Córdoba, utilizando la información de estaciones pluviométricas, de topografía y morfológica, de tal manera que el caudal calculado para el período de retorno de diseño no sufra ningún riesgo ni afectación a la estabilidad.

## 4.1 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Realizar el análisis hidrológico de la zona de acuerdo con las series de precipitaciones para diferentes estaciones cercanas al proyecto.
- Estimar los caudales de la quebrada Severinera para diferentes periodos de retorno de acuerdo con la información de las series históricas de la estación pluviométrica más cercana.
- Realizar la modelación hidráulica del tramo del afluente en condiciones actuales, evaluada para diferentes caudales.
- Estimar los niveles máximos de aguas para los periodos de retorno seleccionada para la estructura del puente.

# 5. CUENCA QUEBRADA SEVERINERA

## 5.1 CARACTERÍSTICAS MORFOMÉTRICAS

Para modelación de la cuenca de la quebrada Severinera realizada mediante el SIG se utilizó un umbral de 5 km2, se realizaron correcciones manuales con el fin de unir las corrientes del mismo orden que tuvieran nodos separados, obteniendo un total de 1 cursos de agua con 4 ramificaciones.

## 5.2 ÁREA DE DRENAJE (A)

Una cuenca hidrográfica es el área de aguas superficiales o subterráneas que vierten a una red natural con una o varias corrientes superficiales, de caudal continuo o intermitente, que confluyen en un curso mayor, que a su vez puede desembocar en un río principal, en un depósito natural de aguas, en un pantano o directamente en el mar.

Las áreas de drenaje para cada una de las estructuras fueron delimitadas utilizando un sistema de información geográfico teniendo como insumo principal los archivos “shapes” para construir los modelos de elevación digital. La técnica que se utilizó fue la de encontrar las divisorias de agua teniendo como base los puntos demarcados en las abscisas sobre la vía.

El área de drenaje corresponde a la superficie delimitada por la divisoria de aguas de la zona de estudio. Las áreas se determinaron por medio de Google Earth y el sistema de información geográfica (SIG), las cuales contribuyen a los sistemas que se están diseñando. Con el fin de delimitar las áreas contribuyentes a la escorrentía superficial para cada vía se realizó el trazado de las áreas aferentes de cada una. Las áreas de drenaje corresponden a pequeños cultivos y canales artesanales construidos por la comunidad aledaña.

El área de drenaje está definida por una divisoria o parte aguas estructurada topográficamente en donde las gotas de lluvia que caen sobre ella tienden a ser drenadas, por uno o varios cursos de agua interconectados entre sí, hacia un único punto de salida.

Para realizar el modelamiento hidrológico fue necesario evaluar y determinar las corrientes que aportan a la condición de flujo de la cuenca a modelar, por lo que fue fundamental realizar un estudio hidrológico y una modelación de la zona de estudio que involucró a todas las corrientes a portantes a la escorrentía del sector, con la herramienta de hidrología que nos proporciona el sistema de información

geográfica y el cual nos permite identificar variables hidrológicas como: Los drenajes, la dirección del flujo, la acumulación del flujo, la delimitación de la cuenca y subcuencas y la clasificación del drenaje de acuerdo con su orden.

Los parámetros de la cuenca se determinaron con el siguiente procedimiento:

- Se identificaron las coordenadas del sitio de construcción, con el fin de delimitar la parte de la cuenca que drena hacia ese punto.
- Se procedió a conseguir los archivos tipo “shape” de cuerpos de un área amplia en donde pudiera estar comprendida la cuenca. Esto para poder procesar la información en un sistema de información geográfica, de curvas de nivel a modelo digital de elevación.
- Se montó el archivo “shape”, se generó el modelo ráster y se efectuó el modelo digital de elevación DEM.

Se logro determinar que el área de la cuenca es de 22.57 km2 y que presenta orden 3 con un patrón de drenaje dendrítico, es decir, se caracteriza por tener una distribución similar a un árbol con ramificaciones de afluentes en muchas direcciones y con ángulos variables (Singh et al., 2013). En la figura siguiente se presenta la delimitación del área de la cuenca utilizando el modelo digital de elevaciones del IGAC (2018), el cual posee una resolución de 12.5x12.5 m (se anexa documentación de MDE).

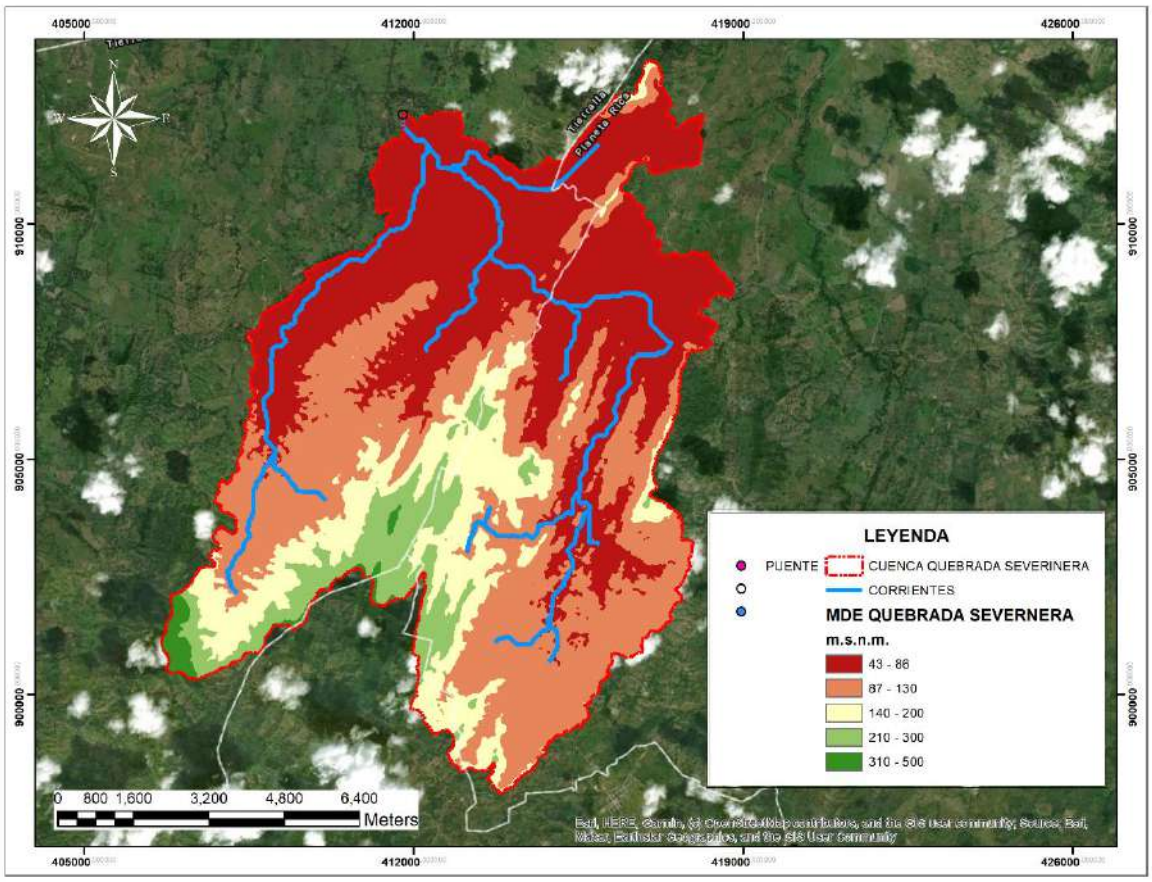



Figura 2: Orden de las corrientes de la red de drenaje de la cuenca de la quebrada Severinera (Colombia) modelada utilizando el SIG. Fuente: Elaboración propia (2024).

## 5.3 PENDIENTE MEDIA DEL CAUCE

Para la determinación de la pendiente media del cauce se empleó la metodología de Taylor y Schwarz, por medio de una muestra estadística de las pendientes normales a las curvas de nivel de las secciones escogidas.

$$S = \left[ \frac{L}{\sum \frac{Li}{\sqrt{Si}}} \right]^2$$

Donde,

S. pendiente ponderada del cauce en (m/m).

L. Longitud del cauce en (m)

li. Longitud de cada tramo.

si. Pendiente de cada subtramo.

En la Figura 3 se aprecia la distribución de pendientes de la cuenca de la quebrada Severinera, a partir de esta información se calcula la pendiente media del cauce y se compara con la estimación mediante la diferencia de cotas y la longitud del cauce principal.

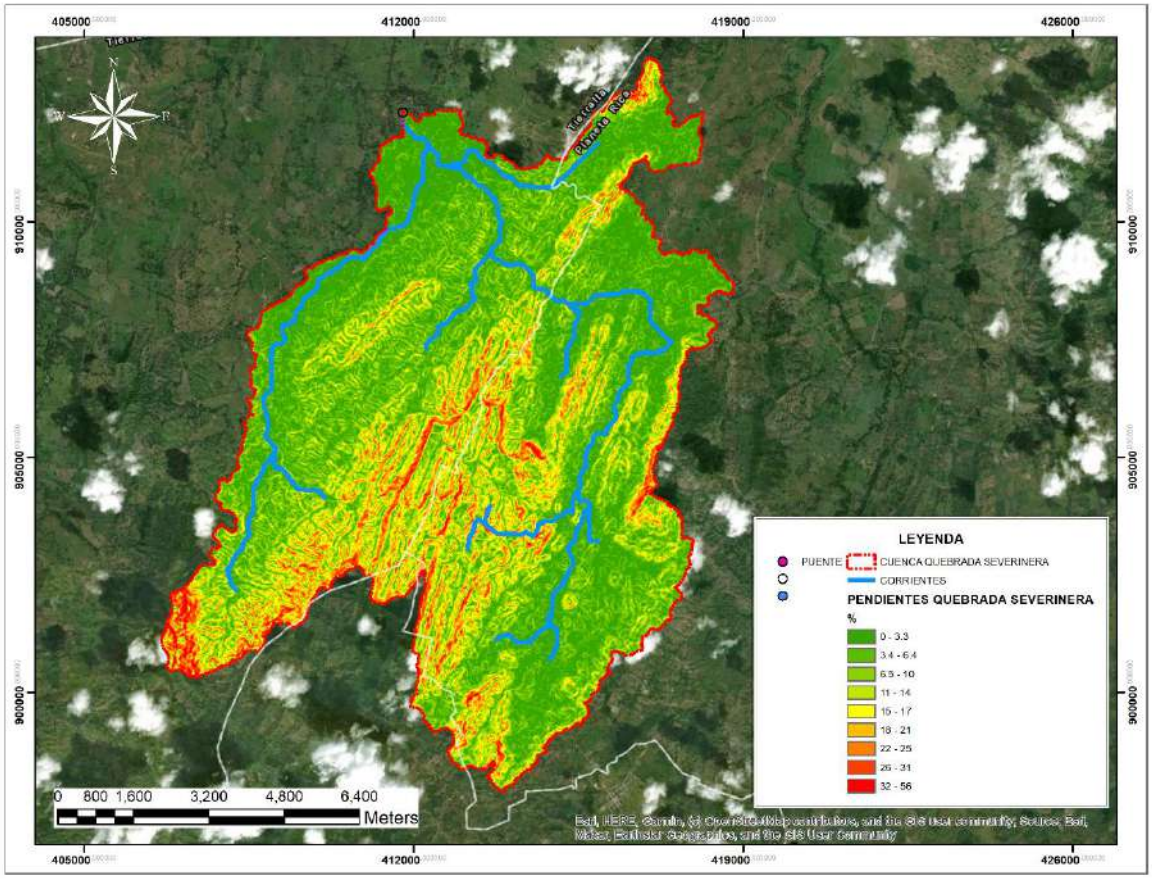



Figura 3: Mapa de distribución de pendientes de la cuenca hidrográfica de la quebrada Severinera, Colombia. Fuente: Elaboración propia (2024).

## 5.4 CARACTERIZACIÓN MORFOMÉTRICA

En hidrología, la morfometría hace referencia al análisis cuantitativo de la forma de una cuenca hidrográfica. Para el análisis morfométrico de la zona de estudio se usó, como información base, la cartografía básica a escala 1:25000 disponible en medio digital en los servidores del Instituto Geográfico Agustín Codazzi. Anexo a este informe se entrega una carpeta en la cual se encuentra los archivos extraídos para la zona de estudio.

La forma de la cuenca es importante porque se relaciona con el tiempo de concentración, el cual es el tiempo necesario, desde el inicio de la precipitación, para que toda la cuenca contribuya a la sección de la corriente en estudio, o, en otras palabras, el tiempo que toma el agua desde los limites más extremos de la cuenca hasta llegar a la salida de esta (Monsalve Saenz, 1999). En los siguientes apartados, se definen los parámetros que determinan la forma de cada subcuenca y que fueron evaluados en este estudio.

- Parteaguas. Conocido también como divisoria de aguas, se designa como la línea que separa las precipitaciones que caen en cuencas hidrográficas inmediatamente vecinas, y que encaminan la escorrentía resultante para uno u otro sistema fluvial (Monsalve Saenz, 1999).
- Área A. Se define como la proyección horizontal de la superficie de drenaje que va dirigida a un cauce y que está delimitada por la divisoria de aguas o parteaguas (Monsalve Saenz, 1999).
- Perímetro P. Es la longitud sobre el plano horizontal, que recorre la línea divisoria de aguas, dicho de otro modo, corresponde a la longitud del polígono cuya proyección horizontal, contiene el área de la cuenca hidrográfica.
- Coeficiente de Compacidad Kc**.** Se obtiene a partir de la siguiente expresión.

$$K_c = \frac{P}{2\pi\sqrt{A/\pi}}$$

Donde $P$ es el perímetro de la cuenca [Km], $A$ es el área de drenaje de la cuenca [Km$^2$].

Cuanto más irregular sea la cuenca mayor será su coeficiente de compacidad. Una cuenca circular posee el coeficiente mínimo, igual a uno. Hay mayor tendencia a las crecientes en la medida en que este número sea próximo a la unidad.

Tabla 1: Características de la cuenca de acuerdo con el coeficiente de compacidad. Fuente. GÁMEZ MORALES, William. Texto básico de hidrología (Gámez Morales, 2009).

| Valores de Kc | Forma |
|---|---|
| 1.00 - 1.25 | Redonda a oval redonda |
| 1.25 - 1.50 | Oval redonda a oval oblonga |
| 1.50 -1.75 | Oval oblonga a rectangular oblonga |

- Factor de forma Kf. Se determina a partir del cociente entre el área de la cuenca A**,** y el cuadrado de la longitud hidráulica de la cuenca hidrográfica.

$$K_f = \frac{A}{L_m^2}$$

Donde $A$ es el área de drenaje de la cuenca [Km$^2$]. $L_m$ es la longitud hidráulica o curso de agua más largo de la cuenca hidrográfica [Km]. Si $K_f$ > 1 la cuenca es achatada y tiende a formar fácilmente grandes crecidas; un $K_f$ < 1 indica que la cuenca es alargada, menos sujeta a crecientes que una de la misma área y mayor factor de forma; por otro lado, si $K_f$ = 1 la cuenca tiene forma de un cuadrado (Monsalve Saenz, 1999).

## 5.5 CARACTERIZACIÓN DEL RELIEVE

En cuanto al relieve de una hoya hidrográfica, se pueden definir varios parámetros topográficos que controlan la velocidad con que se da la escorrentía superficial y por lo tanto el tiempo de concentración. A continuación, se definirán estas características.

- Pendiente media. Es el valor medio del declive del terreno y la inclinación, respecto a la horizontal, de la vertiente sobre la cual se ubica la hoya. Constituye una característica importante, puesto que condiciona la velocidad del escurrimiento superficial y subterráneo en la hoya hidrográfica (Gámez Morales, 2009).
- Elevación Media. Esta es una característica que está relacionada con la temperatura y la precipitación, a su vez la variación de la temperatura influye en la variación de pérdidas de agua por evaporación, por esta razón en hidrología se utiliza como parámetro representativo (Gámez Morales, 2009).

## 5.6 CARACTERIZACIÓN DE LA RED DE DRENAJE

La red de drenaje se puede definir como la trayectoria, disposición o arreglo de los cauces y lechos por donde de manera superficial y aparente corre el agua excedente, producto de la precipitación hacia un depósito natural o artificial (Gámez Morales, 2009).

- Cauce principal**.** Es la corriente que pasa por la salida de esta. Toda cuenca tiene una y solo una corriente principal.
- Pendiente del cauce principal**.** La pendiente del cauce principal se calcula a partir del cociente entre la desnivelación entre los puntos definidos por las cotas que marcan la desembocadura y el nacimiento del cauce principal y la longitud de este. Este parámetro es indispensable para determinar el tiempo de concentración de una cuenca e influye directamente en la velocidad del agua que fluye por el cauce principal (Barros Cantillo, 1994).
- Cota mayor y menor del cauce principal**.** Corresponde a la elevación más alta y baja del cauce principal respectivamente.

- Longitud hidráulica Lm. Corresponde a la mayor trayectoria de flujo desde el parteaguas de la cuenca hasta el punto de salida de esta.

En la siguiente tabla se presentan los cálculos de la teoría relacionada en los numerales 5.4, 5.5 y 5.6.

Tabla 2: Características morfométricas de la cuenca Severinera. Fuente: Elaboración propia (2024).

| **Datos de la cuenca** | | |
|---|---|---|
| **Geometría** | | |
| Área | Km² | 22.57 |
| Perímetro | Km | 25.87 |
| Ancho máximo | Km | 9.10 |
| Longitud | Km | 17.87 |
| **Valores de las Cotas** | | |
| Cota mínima | m.s.n.m. | 43.00 |
| Cota Máxima | m.s.n.m. | 500 |
| **Coordenadas** | | |
| Centroide X | W | 413296.38 |
| Centroide Y | N | 949940.91 |
| Centroide Z | m.s.n.m. | 91 |
| **Pendiente de la cuenca** | | |
| Pendiente de la cuenca | m/m | 0.02 |
| **Hidrografía** | | |
| Longitud del Cauce Principal | km | 7.90 |
| Orden de la red hídrica | Adimensional | 3 |
| Longitud de la red hídrica | km | 48.81 |
| Pendiente promedio de la red hídrica | m/m | 0.0104 |

| **Parámetros Geomorfológicos de la cuenca** | | | |
|---|---|---|---|
| **Nombre del Parámetro** | **Símbolo** | **Valor** | **Unidad** |
| Factor Forma | F | 0.07 | S/N |
| Índice de Gravelious (Compacidad) | K | 1.52 | S/N |
| Rectángulo Equivalente (Lado Mayor) | L | 10.86 | km |
| Rectángulo Equivalente (Lado Menor) | l | 2.08 | km |
| Densidad de Drenaje | Dd | 2.16 | Km/km² |

## 5.7 PERÍODO DE RETORNO DE DISEÑO (Tr)

El período de retorno puede definirse como el intervalo de recurrencia promedio entre eventos que igualan o exceden una magnitud especifica. La probabilidad de ocurrencia del evento X ≥ xt en cualquier observación puede relacionarse con el periodo de retorno de la siguiente manera:

$$T = \frac{1}{P(X \geq xt)} = \frac{1}{1 - P(X \leq xt)}$$

Siguiendo las indicaciones establecidas por el INVIAS (2009, 2013) se recomiendan unos periodos de retorno de diseño para las obras viales se escoge de acuerdo con la Tabla 3, la cual presenta la normatividad según el Manual de Drenaje de Carreteras del INVIAS.

Tabla 3: Periodos de retorno especificados por el INVIAS para obras de drenaje. Fuente: INVIAS (2009).

| OBRAS DE DRENAJE | Tr |
|---|---|
| Drenaje superficial | 2 |
| Cunetas | 5 |
| Zanjas de coronación | 10 |
| Estructuras de caída | 10 |
| Alcantarillas de 0,9 m de diámetro | 10 |
| Alcantarillas mayores de 0,9 m de diámetro | 20 |
| Puentes menores (luz menor a 10 m) | 25 |
| Puentes de luz entre 10 m y 50 m | 50 |
| Puentes de luz mayor o igual a 50 m | 100 |

El período de retorno de diseño debe determinarse de acuerdo con la importancia de las áreas y con los daños, perjuicios o molestias que las inundaciones periódicas puedan ocasionar a los habitantes, tráfico vehicular. La selección del período de diseño está asociada entonces con las características de protección e importancia del área de estudio. Para el caso del puente se utilizó un periodo de retorno de 50 años, de igual forma siguiendo la recomendación del Norma Colombiana de Diseño de Puentes CCP14 (2014) se calculó el caudal de 500 años y se evaluó la

socavación para 100 años.

## 5.8 COEFICIENTE DE ESCORRENTÍA (C)

El coeficiente de escorrentía es la relación entre la parte de la precipitación que circula superficialmente y la precipitación total, entendiendo que la parte superficial es menor que la precipitación total al descontar la evaporación, evapotranspiración, almacenamiento, etc. Como puede comprenderse, el proceso de escorrentía es complejo y en la práctica deben introducirse simplificaciones. El coeficiente de escorrentía es un valor adimensional comprendido entre 0 y 1.

La escorrentía dependerá de la zona urbana a que corresponda y a los materiales constituyentes de la superficie. Atendiendo a la zonificación pueden adoptarse los siguientes valores:

Tabla 4: Coeficiente de Escorrentía. Fuente: Manual de drenaje para carreteras, INVIAS (2011).

| CARACTERÍSTICAS DE LA SUPERFICIE | PERÍODO DE RETORNO (AÑOS) | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 2 | 5 | 10 | 25 | 50 | 100 | 500 |
| **ÁREAS DESARROLLADAS** | | | | | | | |
| Asfáltico | 0.73 | 0.7 | 0. | 0.86 | 0.9 | 0.95 | 1 |
| Concreto - Techo - Zonas verdes (jardines, parques, etc.) | 0.75 | 0. | **0.** | 0.88 | 0.92 | 0.97 | 1 |
| **Condición pobre (cubierta de pasto menor del 50% del área)** | | | | | | | |
| Plano 0-2% | 0.32 | 0.3 | 0. | 0.4 | 0.44 | 0.47 | 0.58 |
| Promedio 2-7% | 0.37 | 0.4 | 0.43 | 0.46 | 0.49 | 0.53 | 0.61 |
| **CARACTERÍSTICAS DE LA SUPERFICIE** | **PERÍODO DE RETORNO (AÑOS)** | | | | | | |
| | **2** | **5** | **10** | **25** | **50** | **100** | **500** |
| Pendiente superior a 7% | 0.4 | 0.43 | 0.45 | 0.49 | 0.52 | 0.55 | 0.62 |
| Condición promedio (cubierta de pasto del 50 al 75% del área) | | | | | | | |
| Plano 0-2% | 0.25 | 0.28 | 0.3 | 0.34 | 0.37 | 0.41 | 0.53 |

| CARACTERÍSTICAS DE LA SUPERFICIE | PERÍODO DE RETORNO (AÑOS) | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 2 | 5 | 10 | 25 | 50 | 100 | 500 |
| Promedio 2-7% | 0.33 | 0.36 | 0.38 | 0.42 | 0.45 | 0.49 | 0.58 |
| Pendiente superior a 7% | 0.37 | 0.4 | 0.42 | 0.46 | 0.49 | 0.53 | 0.6 |
| Condición buena (cubierta de pasto mayor del 75% del área) | | | | | | | |
| Plano 0-2% | 0.21 | 0.23 | 0.25 | 0.29 | 0.32 | 0.36 | 0.49 |
| Promedio 2-7% | 0.29 | 0.32 | 0.35 | 0.39 | 0.42 | 0.46 | 0.56 |
| Pendiente superior a 7% | 0.34 | 0.37 | 0.4 | 0.44 | 0.47 | 0.51 | 0.58 |
| | | | | | | | |
| **ÁREAS NO DESARROLLADAS** | | | | | | | |
| **Áreas de cultivos** | | | | | | | |
| Plano 0-2% | 0.31 | 0.34 | 0.36 | 0.4 | 0.43 | 0.47 | 0.57 |
| Promedio 2-7% | 0.35 | 0.38 | 0.41 | 0.44 | 0.48 | 0.51 | 0.6 |
| Pendiente superior a 7% | 0.39 | 0.42 | 0.44 | 0.48 | 0.51 | 0.54 | 0.61 |
| **Pastizales** | | | | | | | |
| Plano 0-2% | 0.25 | 0.28 | **0.3** | 0.34 | 0.37 | 0.41 | 0.53 |
| Promedio 2-7% | 0.33 | 0.36 | **0.38** | 0.42 | 0.45 | 0.49 | 0.58 |
| Pendiente superior a 7% | 0.37 | 0.4 | 0.42 | 0.46 | 0.49 | 0.53 | 0.6 |
| **Bosques** | | | | | | | |
| Plano 0-2% | 0.22 | 0.25 | 0.28 | 0.31 | 0.35 | 0.39 | 0.48 |
| Promedio 2-7% | 0.31 | 0.34 | 0.36 | 0.4 | 0.43 | 0.47 | 0.56 |
| Pendiente superior a 7% | 0.35 | 0.39 | 0.41 | 0.45 | 0.48 | 0.52 | 0.58 |

## 5.9 TIEMPO DE CONCENTRACIÓN (Tc)

Se define como el tiempo necesario, desde el inicio de la precipitación, para que toda la cuenca contribuya al sitio de la obra de drenaje en consideración, o, en otras palabras, el tiempo que toma el agua desde los límites más extremos de la hoya hasta llegar a la salida de esta. En general, el tiempo de concentración se calcula por medio de ecuaciones empíricas, dentro de las cuales se cuentan las siguientes:

- **Ecuación de Kirpich (1940):**

$$t_c = 0.06628(\frac{L}{S^{0.5}})^{0.77}$$

Donde: Tc: Tiempo de concentración, en horas (h). L: Longitud del cauce principal, en kilómetros (km). S: Pendiente entre las elevaciones máxima y mínima (pendiente total) del cauce principal, en metros por metro (m/m).

- **Ecuación de Témez:**

$$t_c = 0.30(\frac{L}{S^{0.25}})^{0.76}$$

Donde: Tc: Tiempo de concentración, en horas (h). L: Longitud del cauce principal, en kilómetros (km). S: Pendiente total del cauce principal, en porcentaje (%).

- **Ecuación de Ventura - Heras:**

$$t_c = 0.30(\frac{L}{S^{0.25}})^{0.75}$$

Donde, Tc: Tiempo de concentración, en horas (h). L: Longitud del cauce principal, en kilómetros (km). S: Pendiente total del cauce principal, en metros por metro (m/m).

Para el presente proyecto se utilizan las diferentes metodologías para estimar el tiempo de concentración y se adopta el Kirpich al ser el más recomendado por la literatura y el INVIAS (2009).

Tabla 5: Estimación del tiempo de concentración para la cuenca Severinera. Fuente: Elaboración propia (2024).

| Tiempo de concentración (min) | | | |
|---|---|---|---|
| **Kirpich** | **USCE** | **Chow** | **Adop** |
| 113 | 206 | 191 | 113 |
| 113 | 206 | 191 | 113 |
| 113 | 206 | 191 | 113 |
| 113 | 206 | 191 | 113 |
| 113 | 206 | 191 | 113 |
| 113 | 206 | 191 | 113 |
| 113 | 206 | 191 | 113 |

Adicional a esto para la herramienta HEC-HMS se hace necesario el parámetro de LAG TIME, el cual corresponde al tiempo de la avenida máxima y es equivalente al 60% del tiempo de concentración.

En el método de enrutamiento de retraso el flujo de entrada al alcance se retrasa en el tiempo por una cantidad de tiempo especificada. En consecuencia, se adapta mejor a segmentos de flujo cortos con un tiempo de viaje que no varía con las condiciones cambiantes. Los parámetros que se requieren para utilizar este método dentro de HEC-HMS incluyen las condiciones iniciales y el tiempo de retraso Lag Time[minutos].

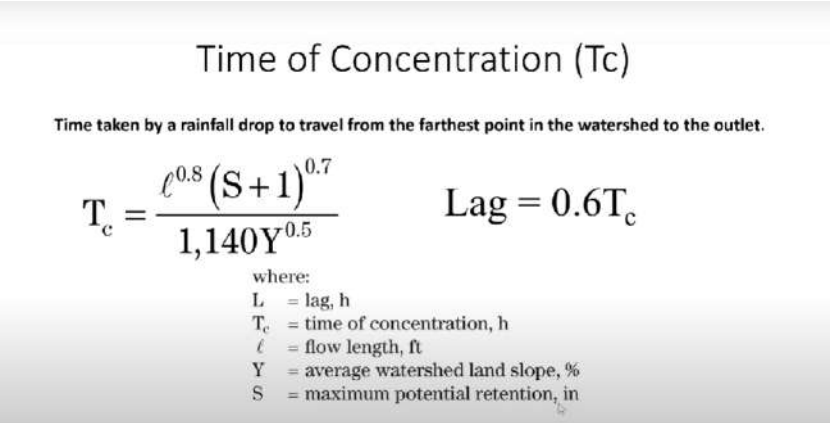



Figura 4: Estimación de Lag Time. Fuente: HEC HMS (2024).

## 6. ANÁLISIS HIDROLÓGICO

### 6.1 PRECIPITACIÓN

Para seleccionar la estación más cercana a la zona se empleó la metodología de polígonos de Thiessen, la cual es implementada para delimitar áreas de influencia de estaciones meteorológicas y obtener la precipitación ponderada que afecta a una zona específica (X. Liu, Ye, Liu, Xie, & Fan, 2015); este método se desarrolla mediante la creación de figuras geométricas regulares, cuyos límites están formados por las bisectrices perpendiculares a las líneas que unen pluviómetros adyacentes (Carlo, Guelfi, & López-vázquez, 2015); para este caso solo se utilizó para determinar las estaciones que tenían influencia directa en la zona de estudio tal como lo muestra la siguiente figura:

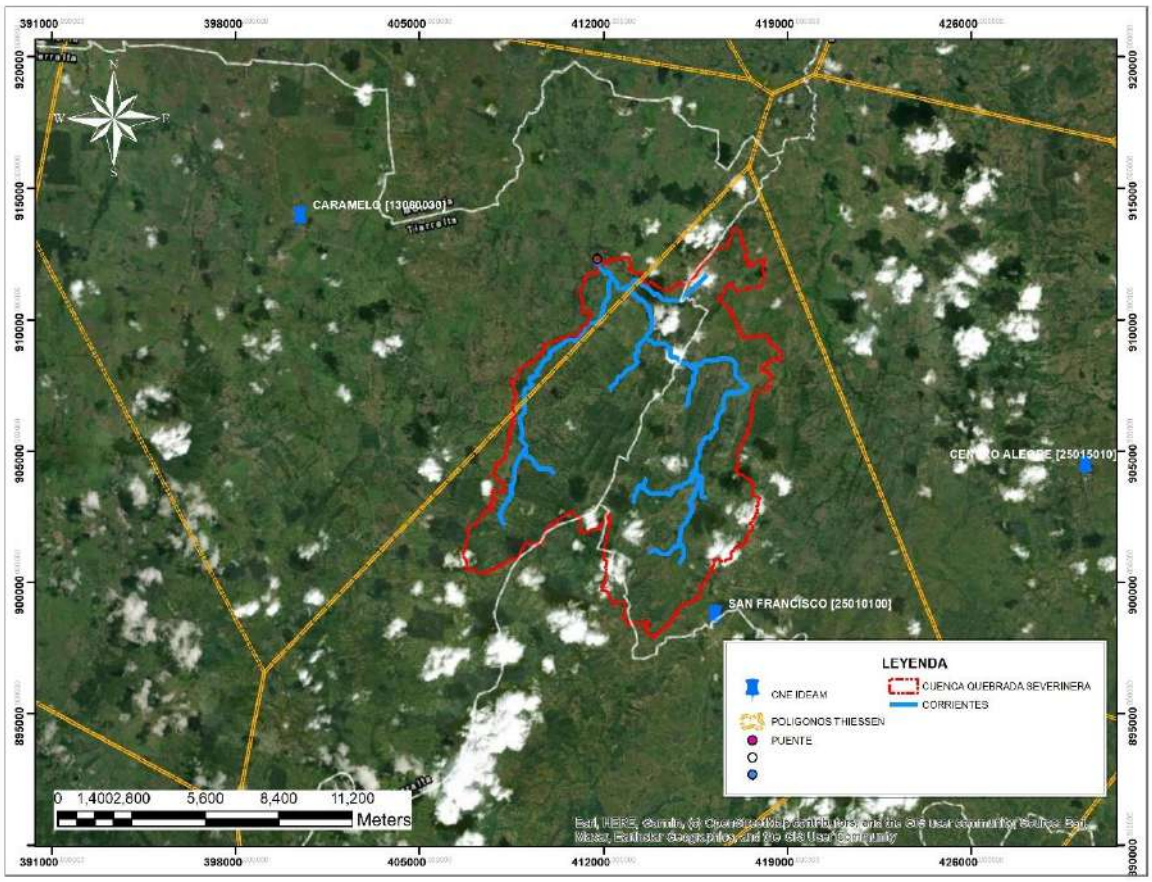



Figura 5: Polígonos de Thiessen de estaciones cercanas a la cuenca de la quebrada Severinera.
Fuente: Elaborado en SIG (2024).

Con base en la figura anterior, se puede apreciar que las estaciones que tienen incidencia directa sobre la cuenca son CARAMELO y SAN FRANCISCO, estando la primera a 3 Km y la segunda a 5 Km del sitio del puente, sin embargo se aprecia que el 90% del área de la cuenca tiene influencia la estación SAN FRANCISCO, por tal razón se escoge esta estación para realizar el análisis hidrológico de la zona, se utilizaron los valores de precipitación total diaria de la estación SAN FRANCISCO, localizada como se muestra a continuación:

Tabla 6: Datos de estación SAN FRANCISCO. Fuente: Catalogo Nacional de estaciones de IDEAM (2024).

| DATOS ESTACIÓN | |
|---|---|
| **CODIGO** | 25010100 |
| **NOMBRE** | SAN FRANCISCO [25010100] |
| **CATEGORIA** | PLUVIOMÉTRICA |
| **ELEVACIÓN (m.s.n.m)** | 160 |
| **LATITUD** | 8.12916667 |
| **LONGITUD** | -75.76 |
| **DEPARTAMENTO** | Córdoba |
| **MUNICIPIO** | Montelíbano |

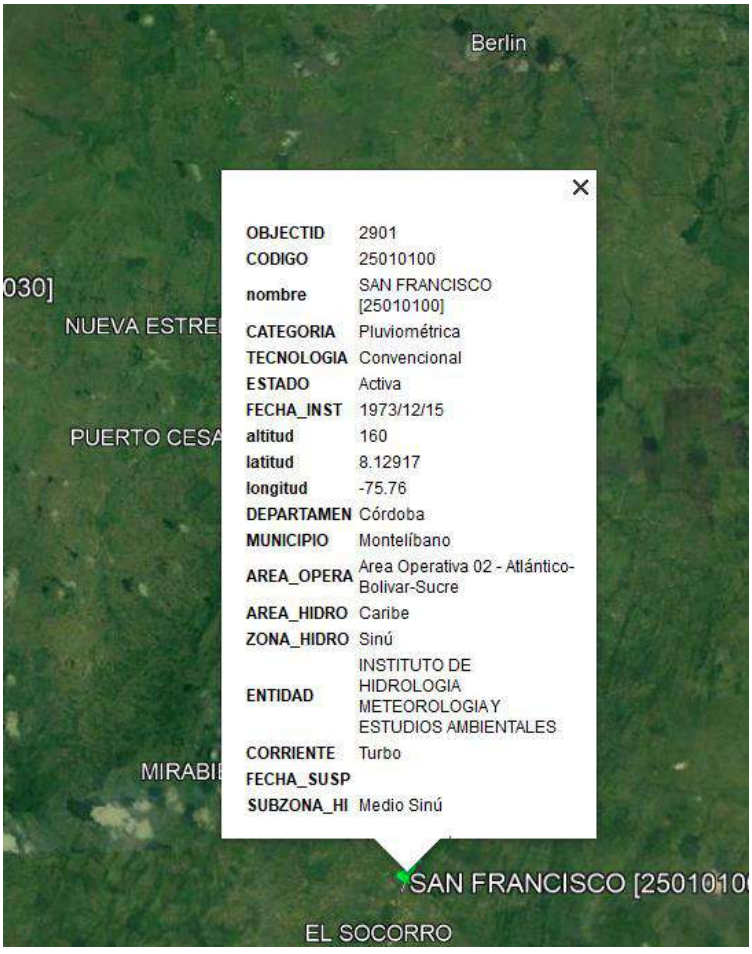



Figura 6: Localización de estaciones climatológicas. Fuente: Catalogo Nacional de estaciones de IDEAM (2024).

## 6.2 VALIDACIÓN ESTADÍSTICA

### 6.2.1 DATOS FALTANTES

Para completar los datos faltantes, se emplea la siguiente formulación:

$$Px = \frac{1}{n}\left[\left(\frac{Nx}{N1}\right)P1 + \left(\frac{Nx}{N1}\right)P2 + \cdots + \left(\frac{Nx}{Nn}\right)Pn\right]$$

Donde N es el número de estaciones pluviométricas con datos de registros continuos cercanas a la estación “x”, la cual será completada en su registro. Px es la precipitación de la estación “X” durante el periodo de tiempo a completar. P1…Pn es la precipitación de la estacione 1 a la n durante el mismo periodo de tiempo que se desea completar. Nx es la precipitación media multianual histórica de la estación “X”.

## 6.3 ANÁLISIS DE DOBLE MASA

Para el estudio se utilizó el análisis de doble masa, este método se aplica para determinar la consistencia de la información de precipitación obtenida, y considera que, para zonas meteorológicas homogéneas de precipitación obtenidos en diferentes puntos para un mismo periodo anual, deben guardar una relación de tal manera que se pueda representar gráficamente. Su metodología se enseña a continuación:

- Se selecciona el periodo en común del grupo de estaciones utilizadas para el estudio
- Se determina la precipitación anual para cada estación; estimando los datos si los tienen.
- Los valores de precipitación anual se deben acumular en orden cronológico, a partir del año más antiguo en común de las estaciones utilizadas, hasta el más reciente, en este caso son 1979 y 2013, respectivamente.
- Se grafican los valores de las precipitaciones acumuladas de cada estación, para determinar la estación patrón.

- Si los puntos en la gráfica presentan una tendencia, es decir, si se puede trazar una recta sin quiebres sobre ellos, significa que son estadísticamente consistentes.
- Si los puntos presentan mucha dispersión, los datos no son estadísticamente significativos y se debe proceder a su eliminación.

En la siguiente tabla se presenta la precipitación anual cada estación y su precipitación anual acumulada:

Tabla 7: Análisis de doble masa. Fuente: Elaboración propia (2024).

| AÑO/MES | TOTALES | ACUMULADO |
|---|---|---|
| 1976 | 1438 | 1438 |
| 1977 | 1879 | 3317 |
| 1978 | 1981 | 5298 |
| 1979 | 1675 | 6973 |
| 1980 | 1804 | 8777.4 |
| 1981 | 2266 | 11043.4 |
| 1982 | 1905 | 12948.4 |
| 1983 | 2011 | 14959.4 |
| 1984 | 1748 | 16707.4 |
| 1985 | 1897 | 18604.4 |
| 1986 | 1407 | 20011 |
| 1987 | 1565 | 21576.1 |
| 1988 | 2091 | 23667.1 |
| 1989 | 1868 | 25535.1 |
| 1990 | 1702 | 27237.1 |
| 1991 | 1902 | 29139.1 |
| 1992 | 1442 | 30581.1 |
| 1993 | 1768 | 32349.1 |
| 1994 | 1441 | 33790.1 |
| 1995 | 1950 | 35740.1 |
| 1996 | 1835 | 37575.1 |
| 1997 | 1827 | 39402.1 |
| 1998 | 1720 | 41122.1 |
| 1999 | 1943 | 43064.6 |
| 2000 | 1608 | 44672.6 |
| 2001 | 1560 | 46232.6 |
| 2002 | 1939 | 48171.6 |
| 2003 | 1887 | 50058.6 |

| AÑO/MES | TOTALES | ACUMULADO |
|---|---|---|
| 2004 | 1670 | 51728.9 |
| 2005 | 2465 | 54193.9 |
| 2006 | 2257 | 56450.4 |
| 2007 | 1856 | 58306.5 |
| 2008 | 1736 | 60042.4 |
| 2009 | 1453 | 61495.4 |
| 2010 | 2819 | 64314.4 |
| 2011 | 2811 | 67124.9 |
| 2012 | 2197 | 69321.9 |
| 2013 | 1325 | 70646.9 |
| 2014 | 1105 | 71751.9 |
| 2015 | 1803 | 73554.9 |
| 2016 | 2071 | 75625.9 |
| 2017 | 3252 | 78877.9 |
| 2018 | 1827 | 80704.9 |
| 2019 | 1544 | 82248.9 |
| 2020 | 1434 | 83682.9 |
| 2021 | 3269 | 86951.9 |

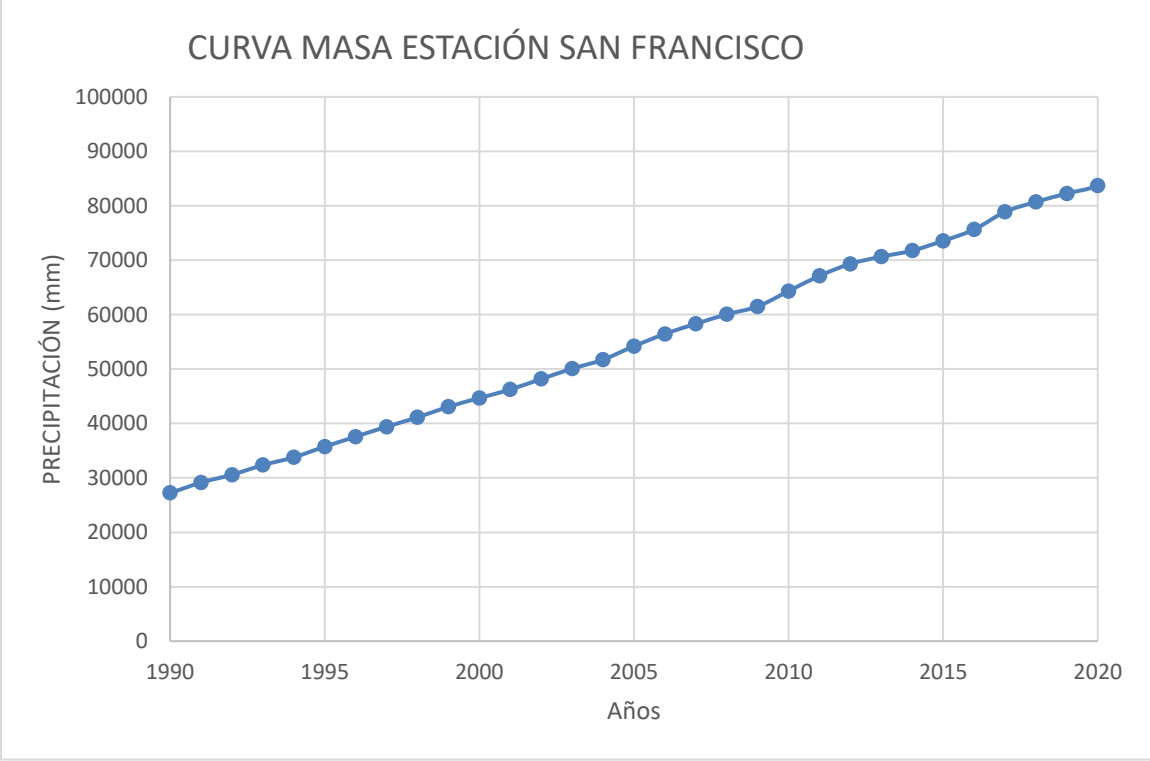



Figura 7: Curva masa de la estación SAN FRANCISCO. Fuente: Elaboración propia (2024).

## 6.4 MÓDULO PLUVIOMÉTRICO

A continuación, se presentan los módulos pluviométricos anuales de las estaciones, entendiéndose por modulo pluviométrico de una estación al promedio aritmético de las precipitaciones anuales registradas.

Se toman los datos comprendidos entre los años 1976 y 2023, el cual es el periodo común para las estaciones.

Tabla 8: Módulos pluviométricos de la zona. Fuente: Elaboración propia (2024).

| **ESTACIÓN** | **SANTA CRUZ HDA** |
|---|---|
| **MODULO PLUVIOMÉTRICO (mm)** | 1890.3 |

Determinado con la siguiente formula:

$$\bar{X} = \frac{\sum P}{n}$$

Donde P es el módulo pluviométrico de las diferentes estaciones y n el número de módulos obtenidos para hacer el promedio.

**NOTA:** La precipitación dada por el IDEAM el municipio de Tierralta está de los 1900 mm/anuales.

## 6.5 PRECIPITACIONES ANUALES

La precipitación es cualquier producto de la condensación del vapor de agua que se deposita en la superficie de la tierra. Ocurre cuando la atmósfera (que es una gran solución gaseosa) se satura con el vapor de agua, y el agua se y cae de la solución, es decir, precipita. El aire a través de dos procesos: por enfriamiento y añadiendo humedad.

En el municipio de Tierralta los valores de precipitación no presentan grandes cambios, lo que contribuye a mantener un factor climático casi homogéneo, con precipitaciones mayores a 1000 mm, a excepción de las cercanías de la zona sur. En las tablas siguientes se muestra el comportamiento de las lluvias a escala anual para la estación SAN FRANCISCO, la cual registra mayores valores de precipitación media anual.

Tabla 9: Comportamiento estadístico de la precipitación para la estación SAN FRANCISCO.
Fuente: Elaboración propia (2024).

| AÑO | PRECIPITACIÓN TOTAL DIARIA (mm) | | |
|---|---|---|---|
| | MÁXIMA | MÍNIMA | TOTAL ANUAL |
| 1976 | 70 | 0 | 1438 |
| 1977 | 127 | 0 | 1879 |
| 1978 | 125 | 0 | 1981 |
| 1979 | 78 | 0 | 1675 |
| 1980 | 170 | 0 | 1804 |
| 1981 | 97 | 0 | 2266 |
| 1982 | 107 | 0 | 1905 |
| 1983 | 158 | 0 | 2011 |
| 1984 | 80 | 0 | 1748 |
| 1985 | 128 | 0 | 1897 |
| 1986 | 99 | 0 | 1407 |
| 1987 | 77 | 0 | 1565 |
| 1988 | 107 | 0 | 2091 |
| 1989 | 82 | 0 | 1868 |
| 1990 | 100 | 0 | 1702 |
| 1991 | 101 | 0 | 1902 |
| 1992 | 65 | 0 | 1442 |
| 1993 | 106 | 0 | 1768 |
| 1994 | 82 | 0 | 1441 |

| AÑO | PRECIPITACIÓN TOTAL DIARIA (mm) | | |
|---|---|---|---|
| | MÁXIMA | MÍNIMA | TOTAL ANUAL |
| 1995 | 133 | 0 | 1950 |
| 1996 | 91 | 0 | 1835 |
| 1997 | 93 | 0 | 1827 |
| 1998 | 150 | 0 | 1720 |
| 1999 | 100 | 0 | 1943 |
| 2000 | 82 | 0 | 1608 |
| 2001 | 109 | 0 | 1560 |
| 2002 | 121 | 0 | 1939 |
| 2003 | 100 | 0 | 1887 |
| 2004 | 99 | 0 | 1670 |
| 2005 | 110 | 0 | 2465 |
| 2006 | 105 | 0 | 2257 |
| 2007 | 84 | 0 | 1856 |
| 2008 | 84 | 0 | 1736 |
| 2009 | 91 | 0 | 1453 |
| 2010 | 96 | 0 | 2819 |
| 2011 | 102 | 0 | 2811 |
| 2012 | 110 | 0 | 2197 |
| 2013 | 110 | 0 | 1325 |
| 2014 | 46 | 0 | 1105 |
| 2015 | 115 | 0 | 1803 |
| 2016 | 145 | 0 | 2071 |
| 2017 | 96 | 0 | 3252 |
| 2018 | 150 | 0 | 1827 |
| 2019 | 105 | 0 | 1544 |
| 2020 | 110 | 0 | 1434 |
| 2021 | 132 | 0 | 3269 |
| **PROMEDIO** | 105 | 0 | 1806 |
| **MÍN** | 65 | 0 | 1407 |
| **MÁX** | 170 | 0 | 2465 |
| **D.E** | 24.96 | 0 | 236.52 |
| **VARIANZA** | 622.63 | 0 | 55937.91 |
| **COEF. ASIMETRIA** | 0.84 | | 0.47 |
| **CURTOSÍS** | 0.54 | | 0.88 |

La desviación estándar obtenida de la dispersión de los datos respecto al valor promedio, y el coeficiente de variación representa el grado de variabilidad de la desviación respecto a la media, debido a que los valores obtenidos de C.V. son inferiores a 30% (bajo), es válido decir que los valores de precipitación son homogéneos.

Tabla 10: Análisis estadístico mensual multianual de la estación SAN FRANCISCO. Fuente: Elaboración propia (2024).

| AÑO/MES | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **1976** | 3 | 35 | 18 | 107 | 98 | 288 | 195 | 170 | 202 | 212 | 55 | 55 |
| **1977** | 34 | 5 | 6 | 69 | 458 | 405 | 290 | 193 | 219 | 140 | 35 | 25 |
| **1978** | 12 | 5 | 181 | 97 | 146 | 258 | 254 | 346 | 155 | 252 | 192 | 83 |
| **1979** | 1 | 28 | 45 | 197 | 305 | 266 | 89 | 165 | 283 | 199 | 33 | 64 |
| **1980** | 14.4 | 31 | 9 | 134 | 343 | 99 | 486 | 281 | 138 | 118 | 28 | 123 |
| **1981** | 25 | 89 | 92 | 176 | 329 | 242 | 368 | 217 | 395 | 175 | 110 | 48 |
| **1982** | 81 | 46 | 68 | 367 | 157 | 230 | 297 | 84 | 262 | 279 | 14 | 20 |
| **1983** | 0 | 48 | 14 | 215 | 268 | 352 | 341 | 289 | 204 | 211 | 45 | 24 |
| **1984** | 37 | 155 | 4 | 108 | 176 | 271 | 258 | 265 | 265 | 151 | 42 | 16 |
| **1985** | 0 | 46 | 22 | 50 | 206 | 339 | 436 | 202 | 384 | 164 | 39 | 9 |
| **1986** | 20 | 12 | 51 | 204 | 127 | 351.1 | 86 | 180 | 127.1 | 134.3 | 98.1 | 16 |
| **1987** | 58 | 28 | 8 | 162.1 | 140 | 159 | 140 | 297 | 189 | 119 | 190 | 75 |
| **1988** | 3 | 30 | 11 | 176 | 180 | 297 | 363 | 275 | 263 | 190 | 236 | 67 |
| **1989** | 85 | 50 | 115 | 173 | 263 | 252 | 173 | 191 | 143 | 368 | 55 | 0 |
| **1990** | 50 | 47 | 104 | 125 | 418 | 135 | 127 | 287 | 176 | 140 | 93 | 0 |
| **1991** | 8 | 49 | 88 | 199 | 366 | 179 | 249 | 212 | 337 | 132 | 78 | 5 |
| **1992** | 56 | 57 | 0 | 114 | 234 | 167 | 297 | 120 | 165 | 111 | 115 | 6 |
| **1993** | 19 | 0 | 71 | 85 | 158 | 69 | 430 | 154 | 251 | 171 | 352 | 8 |
| **1994** | 10 | 0 | 19 | 99 | 269 | 164 | 120 | 408 | 102 | 128 | 90 | 32 |
| **1995** | 28 | 3 | 34 | 153 | 182 | 358 | 350 | 232 | 279 | 281 | 50 | 0 |
| **1996** | 46 | 115 | 97 | 130 | 253 | 271 | 0 | 329 | 299 | 154 | 106 | 35 |
| **1997** | 0 | 33 | 0 | 89 | 256 | 370 | 253 | 137 | 239 | 249 | 201 | 0 |
| **1998** | 2 | 9 | 102 | 66 | 306 | 156 | 202 | 327 | 99 | 158 | 151 | 142 |
| **1999** | 16 | 137 | 43 | 293 | 180.5 | 257 | 186 | 301 | 101 | 133 | 197 | 98 |
| **2000** | 43 | 14 | 14 | 166 | 211 | 180 | 240 | 185 | 261 | 212 | 24 | 58 |
| **2001** | 17 | 0 | 6 | 128 | 119 | 203 | 116 | 243 | 241 | 295 | 161 | 31 |
| **2002** | 27 | 22 | 101 | 253 | 161 | 296 | 238 | 194 | 183 | 132 | 268 | 64 |
| **2003** | 1 | 52 | 49 | 251 | 346 | 177 | 96 | 479 | 130 | 172 | 133 | 1 |
| **2004** | 0 | 0 | 0 | 118 | 223 | 300 | 198.3 | 188 | 285 | 82 | 213 | 63 |
| **2005** | 80 | 3 | 25 | 232 | 356 | 542 | 309 | 140 | 103 | 350 | 295 | 30 |
| **2006** | 23 | 35 | 99 | 111 | 398 | 335 | 381 | 335 | 154 | 193.5 | 89 | 103 |
| **2007** | 0 | 1 | 84 | 106 | 176 | 377 | 235 | 276 | 169 | 233 | 198.1 | 1 |
| **2008** | 52 | 22 | 66 | 61 | 160 | 144 | 137 | 187 | 356 | 391.9 | 104 | 55 |
| **2009** | 20 | 21 | 34 | 87 | 120 | 233 | 289 | 209 | 234 | 155 | 25 | 26 |
| **2010** | 0 | 11 | 111 | 297 | 226 | 332 | 246 | 236 | 327 | 316 | 380 | 337 |
| **2011** | 4 | 75 | 55.7 | 398 | 430 | 360.8 | 332 | 244 | 472 | 85 | 268 | 86 |
| **2012** | 26 | 0 | 141 | 274 | 358 | 262 | 324 | 192 | 258 | 264 | 82 | 16 |

| AÑO/MES | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 2013 | 0 | 0 | 134 | 121 | 59 | 122 | 160 | 261 | 203 | 180 | 77 | 8 |
| 2014 | 36 | 25 | 24 | 168 | 43 | 286 | 82 | 141 | 74 | 139 | 66 | 21 |
| 2015 | 2 | 0 | 5 | 121 | 94 | 210 | 182 | 440 | 297 | 230 | 204 | 18 |
| 2016 | 0 | 0 | 0 | 73 | 397 | 217 | 208 | 262 | 355 | 245 | 188 | 126 |
| 2017 | 11 | 8 | 352 | 390 | 286 | 249 | 727 | 339 | 255 | 439 | 113 | 83 |
| 2018 | 60 | 0 | 86 | 128 | 247 | 281 | 192 | 381 | 334 | 58 | 51 | 9 |
| 2019 | 0 | 0 | 42 | 95 | 364 | 248 | 160 | 238 | 139 | 99 | 109 | 50 |
| 2020 | 4 | 0 | 0 | 35 | 100 | 155 | 192 | 86 | 312 | 266 | 245 | 39 |
| 2021 | 130 | 4 | 160 | 140 | 145 | 303 | 344 | 838 | 564 | 374 | 187 | 80 |
| | | | | | | | | | | | | |
| TOTALES | 1144.40 | 1351.00 | 2790.70 | 7341.10 | 10837.50 | 11747.90 | 11378.30 | 11756.00 | 10983.10 | 9280.70 | 6085.20 | 2256.00 |
| MEDIA | 24.88 | 29.37 | 60.67 | 159.59 | 235.60 | 255.39 | 247.36 | 255.57 | 238.77 | 201.76 | 132.29 | 49.05 |
| MODA | 0 | 0 | 0 | 176 | 176 | 271 | 297 | #N/D | #N/D | 212 | 55 | 0 |
| DESVIACIÓN ESTANDAR | 28.85 | 36.27 | 65.13 | 87.66 | 107.04 | 91.59 | 127.73 | 123.86 | 102.78 | 88.62 | 91.32 | 57.39 |
| VARIANZA | 814.15 | 1286.5 | 4148.94 | 7516.6 | 11207.4 | 8204.61 | 15959.1 | 15007.56 | 10332.5 | 7681.35 | 8156.56 | 3221.09 |
| CURTOSIS | 2.84 | 3.65 | 7.75 | 1.01 | -0.87 | 0.84 | 3.21 | 10.04 | 1.07 | 0.19 | 0.12 | 13.41 |
| ASIMETRÍA | 1.6 | 1.86 | 2.22 | 1.19 | 0.29 | 0.44 | 1.16 | 2.46 | 0.81 | 0.84 | 0.85 | 3.03 |
| MÍNIMO | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 35.00 | 43.00 | 69.00 | 0.00 | 84.00 | 74.00 | 58.00 | 14.00 | 0.00 |
| MÁXIMO | 130.00 | 155.00 | 352.00 | 398.00 | 458.00 | 542.00 | 727.00 | 838.00 | 564.00 | 439.00 | 380.00 | 337.00 |

## 6.6 VARIABILIDAD TEMPORAL.

Para el registro de precipitación de se observa que a escala anual las lluvias no presentan gran variabilidad de un año a otro, presentando coeficientes de variación de (19.80%), lo que indica que no hay cambios marcados entre años y húmedos.

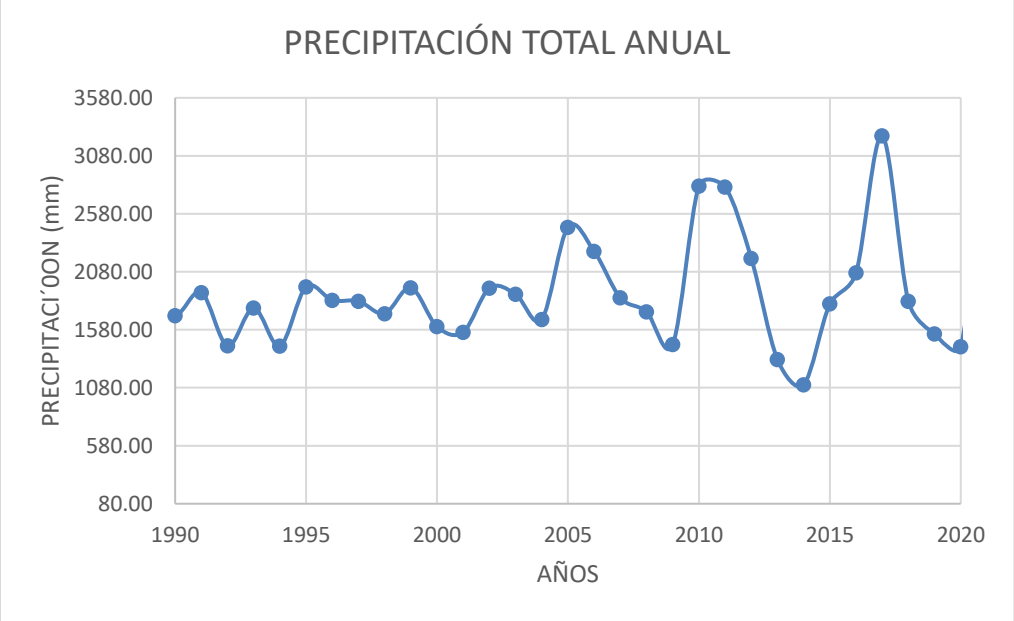



Figura 8: Histograma de precipitaciones totales anuales, estación SAN FRANCISCO. Fuente: Elaboración propia (2024).

## 6.7 PRECIPITACIÓN MEDIA MENSUAL

El comportamiento de las lluvias promedio mensual en las estaciones fluctúa entre 0.00 mm y 300.00 mm, tal como lo muestra la siguiente figura:

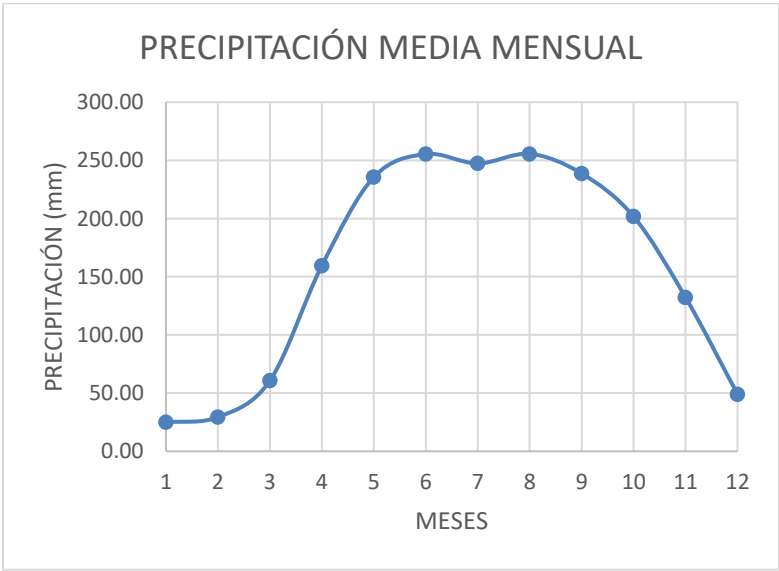



Figura 9: Precipitaciones mensuales multianuales, estación SAN FRANCISCO. Fuente: Elaboración propia (2024).

Como característica general de la región se aprecia un periodo de lluvia entre mayo y octubre y un periodo seco de diciembre a marzo.

## 6.8 VARIABILIDAD TEMPORAL

Las variaciones de la precipitación mensual están marcadas por climatología general de la región, dada a la ubicación de esta cuenca, el régimen se encuentra regulado un poco más por el clima caribeño, el cual tiene más influencia en la zona media y baja de la cuenca de la quebrada Severinera. La zona anualmente está controlada por el movimiento cíclico de la Zona de Convergencia Intertropical (ZCIT) (Poveda, 1998).

En resumen, la interacción entre la zona de convergencia intertropical y la orografía en la cuenca, son los principales mecanismos que controlan la climatología de la cuenca de la quebrada Severinera y por ende de la zona de estudio. Sin embargo, las variaciones interanuales y las anomalías climáticas podrían estar alteradas por el ENSO (El Niño, Oscilación del Sur) y la Oscilación del Atlántico Norte (NAO). El ciclo anual de la precipitación presenta un régimen casi unimodal, con valores mínimos de enero a febrero, y valores máximos entre los meses mayo, agosto y septiembre.

## 6.9 ANÁLISIS DE FRECUENCIA: PRECIPITACIÓN

A continuación, se presenta el análisis de frecuencia de precipitaciones máximas en 24 horas anuales de la estación SAN FRANCISCO, empleando los diferentes modelos de distribución:

Tabla 11: Probabilidades para precipitaciones máx en 24 h anuales estación SAN FRANCISCO.

Fuente: Elaboración propia (2024).

| AÑO | PRECIPITACIÓN | P ORDENADA | m | N | PROBABILIDADES DE OCURRENCIA (P) | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | CALIFORNIA | HAZEN | WEIBULL | CHEGODAYEV | BLOM | TURKEY | GRINGORTON |
| 1976 | 70.00 | 170.00 | 1 | 46 | 2.2% | 1.1% | 2.1% | 1.5% | 1.4% | 1.4% | 1.3% |
| 1977 | 127.00 | 158.00 | 2 | | 4.3% | 3.3% | 4.3% | 3.7% | 3.6% | 3.6% | 3.5% |
| 1978 | 125.00 | 150.00 | 3 | | 6.5% | 5.4% | 6.4% | 5.8% | 5.7% | 5.8% | 5.6% |
| 1979 | 78.00 | 150.00 | 4 | | 8.7% | 7.6% | 8.5% | 8.0% | 7.9% | 7.9% | 7.8% |
| 1980 | 170.00 | 145.00 | 5 | | 10.9% | 9.8% | 10.6% | 10.1% | 10.1% | 10.1% | 10.0% |
| 1981 | 97.00 | 133.00 | 6 | | 13.0% | 12.0% | 12.8% | 12.3% | 12.3% | 12.2% | 12.1% |
| 1982 | 107.00 | 132.00 | 7 | | 15.2% | 14.1% | 14.9% | 14.4% | 14.5% | 14.4% | 14.3% |
| 1983 | 158.00 | 128.00 | 8 | | 17.4% | 16.3% | 17.0% | 16.6% | 16.7% | 16.5% | 16.5% |
| 1984 | 80.00 | 127.00 | 9 | | 19.6% | 18.5% | 19.1% | 18.8% | 18.9% | 18.7% | 18.6% |
| 1985 | 128.00 | 125.00 | 10 | | 21.7% | 20.7% | 21.3% | 20.9% | 21.0% | 20.9% | 20.8% |
| 1986 | 99.00 | 121.00 | 11 | | 23.9% | 22.8% | 23.4% | 23.1% | 23.2% | 23.0% | 23.0% |
| 1987 | 77.00 | 115.00 | 12 | | 26.1% | 25.0% | 25.5% | 25.2% | 25.4% | 25.2% | 25.2% |
| 1988 | 107.00 | 110.00 | 13 | | 28.3% | 27.2% | 27.7% | 27.4% | 27.6% | 27.3% | 27.3% |
| 1989 | 82.00 | 110.00 | 14 | | 30.4% | 29.3% | 29.8% | 29.5% | 29.8% | 29.5% | 29.5% |
| 1990 | 100.00 | 110.00 | 15 | | 32.6% | 31.5% | 31.9% | 31.7% | 32.0% | 31.7% | 31.7% |
| 1991 | 101.00 | 110.00 | 16 | | 34.8% | 33.7% | 34.0% | 33.8% | 34.2% | 33.8% | 33.8% |
| 1992 | 65.00 | 109.00 | 17 | | 37.0% | 35.9% | 36.2% | 36.0% | 36.3% | 36.0% | 36.0% |
| 1993 | 106.00 | 107.00 | 18 | | 39.1% | 38.0% | 38.3% | 38.1% | 38.5% | 38.1% | 38.2% |
| 1994 | 82.00 | 107.00 | 19 | | 41.3% | 40.2% | 40.4% | 40.3% | 40.7% | 40.3% | 40.3% |
| 1995 | 133.00 | 106.00 | 20 | | 43.5% | 42.4% | 42.6% | 42.5% | 42.9% | 42.4% | 42.5% |
| 1996 | 91.00 | 105.00 | 21 | | 45.7% | 44.6% | 44.7% | 44.6% | 45.1% | 44.6% | 44.7% |
| 1997 | 93.00 | 105.00 | 22 | | 47.8% | 46.7% | 46.8% | 46.8% | 47.3% | 46.8% | 46.8% |
| 1998 | 150.00 | 102.00 | 23 | | 50.0% | 48.9% | 48.9% | 48.9% | 49.5% | 48.9% | 49.0% |
| 1999 | 100.00 | 101.00 | 24 | | 52.2% | 51.1% | 51.1% | 51.1% | 51.6% | 51.1% | 51.2% |
| 2000 | 82.00 | 100.00 | 25 | | 54.3% | 53.3% | 53.2% | 53.2% | 53.8% | 53.2% | 53.3% |
| 2001 | 109.00 | 100.00 | 26 | | 56.5% | 55.4% | 55.3% | 55.4% | 56.0% | 55.4% | 55.5% |
| 2002 | 121.00 | 100.00 | 27 | | 58.7% | 57.6% | 57.4% | 57.5% | 58.2% | 57.6% | 57.7% |
| 2003 | 100.00 | 99.00 | 28 | | 60.9% | 59.8% | 59.6% | 59.7% | 60.4% | 59.7% | 59.8% |
| 2004 | 99.00 | 99.00 | 29 | | 63.0% | 62.0% | 61.7% | 61.9% | 62.6% | 61.9% | 62.0% |
| 2005 | 110.00 | 97.00 | 30 | | 65.2% | 64.1% | 63.8% | 64.0% | 64.8% | 64.0% | 64.2% |
| 2006 | 105.00 | 96 | 31 | | 67.4% | 66.3% | 66.0% | 66.2% | 66.9% | 66.2% | 66.3% |
| 2007 | 84.00 | 96 | 32 | | 69.6% | 68.5% | 68.1% | 68.3% | 69.1% | 68.3% | 68.5% |
| 2008 | 84.00 | 93 | 33 | | 71.7% | 70.7% | 70.2% | 70.5% | 71.3% | 70.5% | 70.7% |
| 2009 | 91.00 | 91 | 34 | | 73.9% | 72.8% | 72.3% | 72.6% | 73.5% | 72.7% | 72.9% |
| 2010 | 96.00 | 91 | 35 | | 76.1% | 75.0% | 74.5% | 74.8% | 75.7% | 74.8% | 75.0% |
| 2011 | 102.00 | 84 | 36 | | 78.3% | 77.2% | 76.6% | 76.9% | 77.9% | 77.0% | 77.2% |
| 2012 | 110.00 | 84 | 37 | | 80.4% | 79.3% | 78.7% | 79.1% | 80.1% | 79.1% | 79.4% |
| 2013 | 110.00 | 82 | 38 | | 82.6% | 81.5% | 80.9% | 81.3% | 82.2% | 81.3% | 81.5% |

| AÑO | PRECIPITACIÓN | P ORDENADA | m | N | PROBABILIDADES DE OCURRENCIA (P) | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | CALIFORNIA | HAZEN | WEIBULL | CHEGODAYEV | BLOM | TURKEY | GRINGORTON |
| 2014 | 46.00 | 82 | 39 | | 84.8% | 83.7% | 83.0% | 83.4% | 84.4% | 83.5% | 83.7% |
| 2015 | 115.00 | 82 | 40 | | 87.0% | 85.9% | 85.1% | 85.6% | 86.6% | 85.6% | 85.9% |
| 2016 | 145.00 | 80 | 41 | | 89.1% | 88.0% | 87.2% | 87.7% | 88.8% | 87.8% | 88.0% |
| 2017 | 96.00 | 78 | 42 | | 91.3% | 90.2% | 89.4% | 89.9% | 91.0% | 89.9% | 90.2% |
| 2018 | 150.00 | 77 | 43 | | 93.5% | 92.4% | 91.5% | 92.0% | 93.2% | 92.1% | 92.4% |
| 2019 | 105.00 | 70 | 44 | | 95.7% | 94.6% | 93.6% | 94.2% | 95.4% | 94.2% | 94.5% |
| 2020 | 110.00 | 65 | 45 | | 97.8% | 96.7% | 95.7% | 96.3% | 97.5% | 96.4% | 96.7% |
| 2021 | 132.00 | 46 | 46 | | 100.0% | 98.9% | 97.9% | 98.5% | 99.7% | 98.6% | 98.9% |

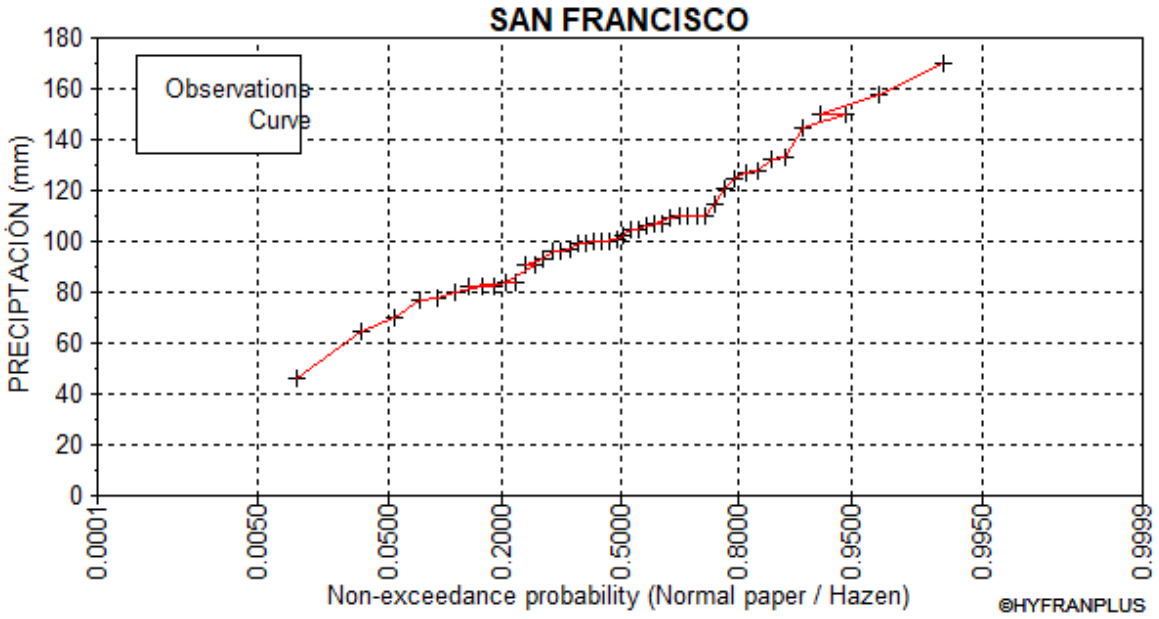



Figura 10:Ajustes de distribución de probabilidad, estación SAN FRANCISCO. Fuente: Elaboración propia (2024).

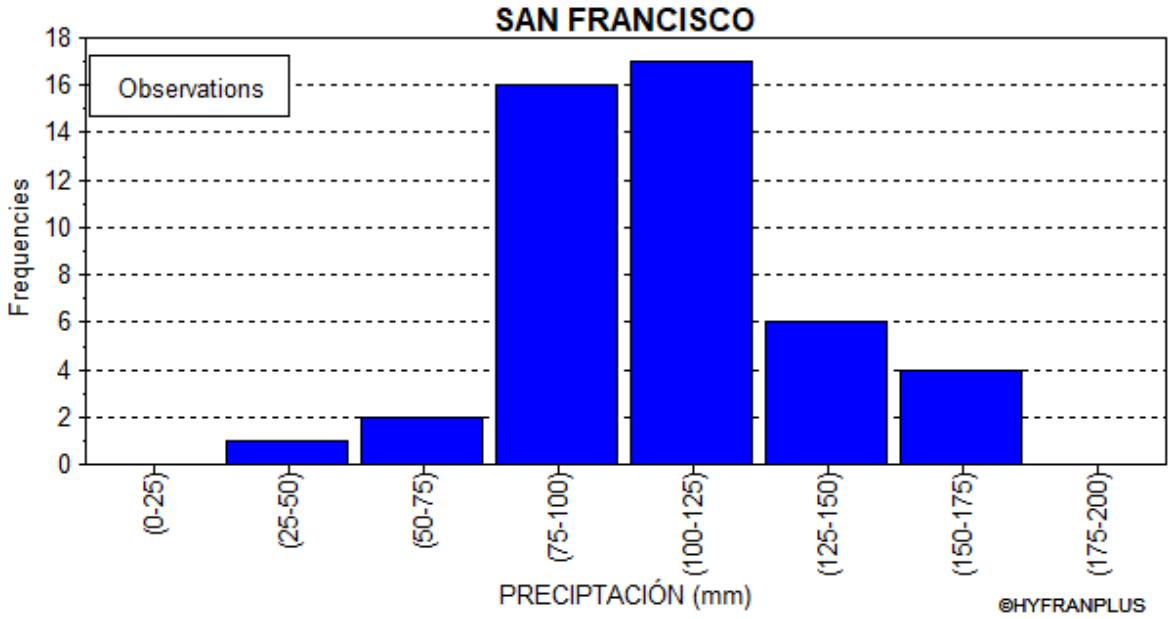



Figura 11: Histograma de frecuencias estación SAN FRANCISCO. Fuente: Elaboración propia (2024).}

### 6.9.1 ANÁLISIS DE DISTRIBUCIÓN DE AVENIDAS MÁXIMAS

Este análisis es un procedimiento para estimar la frecuencia de ocurrencia de eventos pasados o futuros, se realiza calculando el factor de frecuencia empleando diferentes métodos para finalmente escoger el método con el mejor ajuste de las distribuciones de probabilidades. Los valores máximos en hidrología de drenaje (precipitación o caudales), deben ser tratados a través de distribuciones probabilísticas. Aunque existen numerosas distribuciones de probabilidad para valores máximos, es muy común en hidrología utilizar para estos valores las distribuciones de probabilidad Gumbel (escuela europea) y log-Pearson Tipo III (escuela americana). (Invias, 2009).

### 6.9.2 DISTRIBUCIÓN GUMBEL

La distribución Gumbel se usa para el cálculo de variables meteorológicas, entre ellas precipitaciones y caudales máximos, teniendo buenos resultados (Aparicio, 1992). La función de distribución que representa esta distribución es:

$$F(x) = e^{-e^{-\alpha(x-\beta)}}$$

La función de densidad de densidad de probabilidad es:

$$F(x) = \alpha e^{[-\alpha(x-\beta)-e^{-\alpha(x-\beta)}]}$$

Donde α y β son parámetros de la función y se estiman de la siguiente forma:

$$\alpha = \frac{1.2825}{S}$$
$$\beta = \bar{x} - 0.45\,S$$

La función teórica de probabilidad de Gumbel posee un coeficiente de asimetría o sesgo Cs igual 1.139. Esto significa que, si los datos de una muestra se ajustan a esta distribución, su coeficiente de asimetría debe estar cercano a este valor. Para el caso de esta distribución de probabilidad de Gumbel, para calcular la recta de mejor ajuste de los datos históricos, en el método de momentos se utilizan las características estadísticas de la muestra, como media y desviación típica, y se relacionan con la variable original y la variable reducida mediante una ecuación (que, a su vez, está ligada a la probabilidad) para el cálculo de la recta de mejor ajuste, la cual es graficada en papel probabilístico. (Invias, 2009).

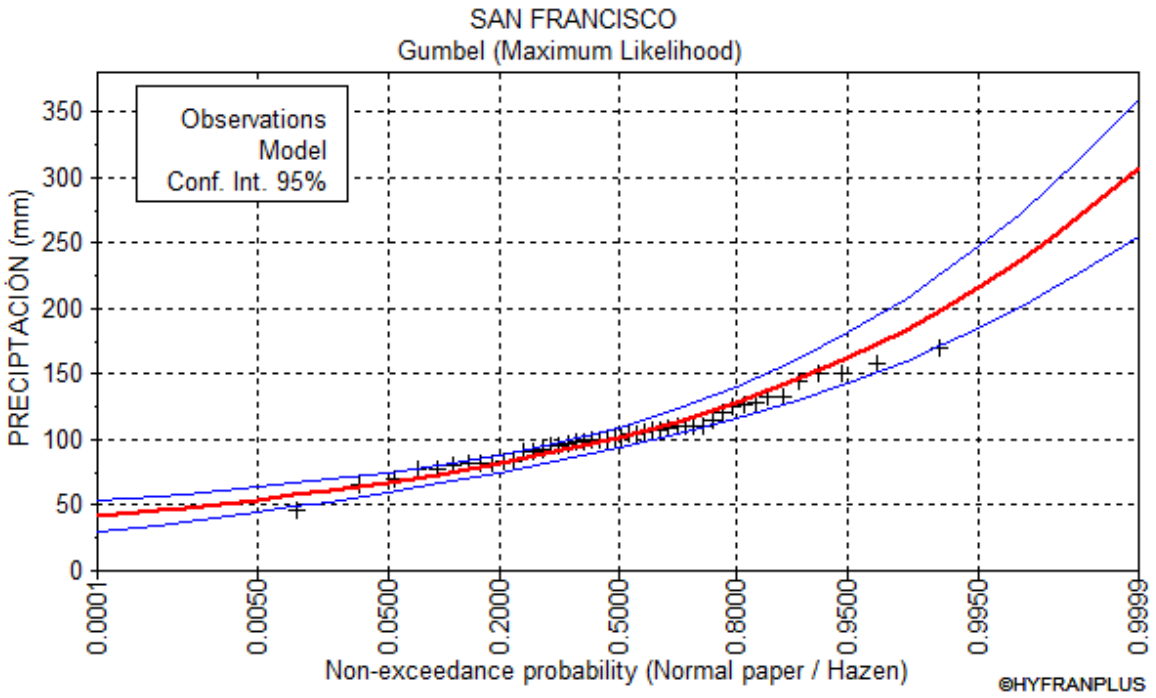



Figura 12: Probabilidad de ajuste tipo Gumbell. Fuente: Elaboración en HyFranPlus (2024).

### 6.9.3 DISTRIBUCIÓN DE PROBABILIDAD PEARSON TIPO III

Esta distribución ha sido una de las más utilizadas en hidrología. Como la mayoría de las variables hidrológicas son sesgadas, la función Pearson se utiliza para ajustar la distribución de frecuencia de variables tales como crecientes máximas anuales, Caudales mínimos, Volúmenes de flujo anuales y estacionales, valores de precipitaciones extremas y volúmenes de lluvia de corta duración. (Aparicio, 1992). Esta función se define como:

$$F(x) = \frac{1}{\alpha_1(\beta_1)}\left\{\frac{x-\delta_1}{\alpha_1}\right\}^{\beta_1-1} e^{-\frac{x-\beta_1}{\alpha_1}}$$

Donde α, β, δ son parámetros de la función de probabilidad.

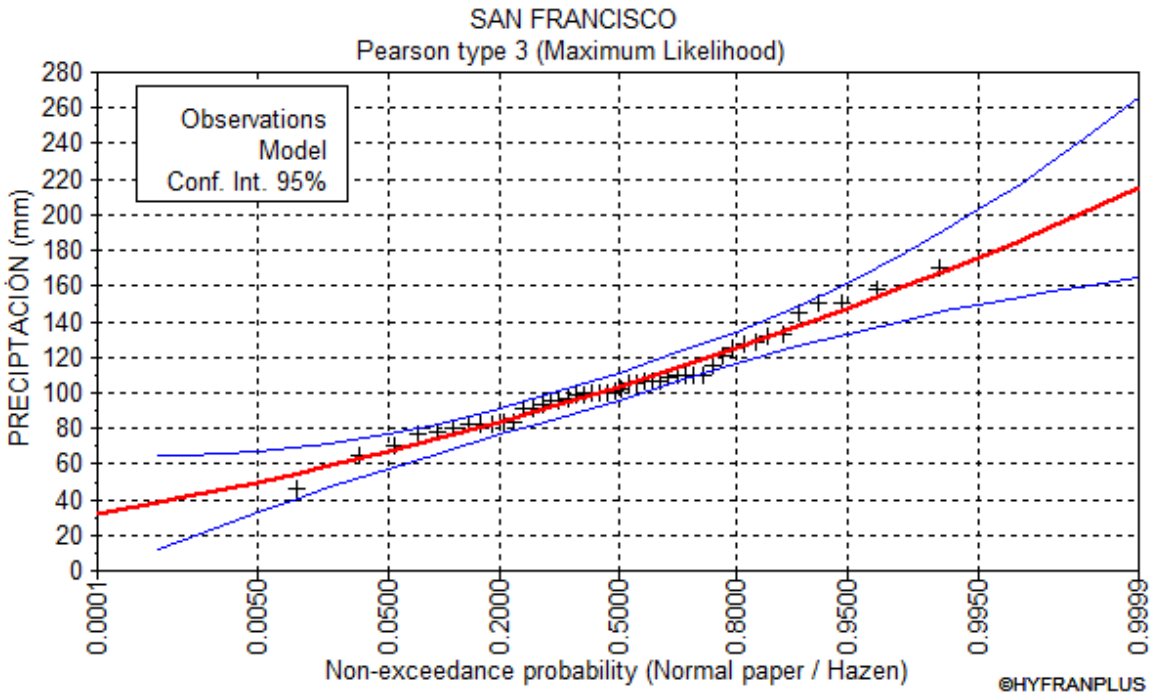



Figura 13: Probabilidad de ajuste tipo Pearson Type 3. Fuente: Elaboración en HyFranPlus (2024).

### 6.9.4 DISTRIBUCIÓN DE PROBABILIDAD LOG PEARSON TIPO III

Esta distribución es ampliamente usada en el mundo para el análisis de frecuencia de Caudales máximos. Esta se trabaja igual que para la Pearson Tipo III pero con Xy y Sy como la media y desviación estándar de los logaritmos de la variable original X (Aparicio, 1992).

$$F(x) = \frac{\lambda^{\beta}(y-\epsilon)^{\beta-1}e^{-\lambda(y-e)}}{xr(\beta)}$$

Donde:

$$y = \log x$$

$$\log x \geq \epsilon$$

$$\lambda = \frac{S_y}{\sqrt{\beta}}$$

$$\beta = \left[\frac{2}{C_s(y)}\right]^2$$

$$\epsilon = \bar{y} - S_y\sqrt{\beta}$$

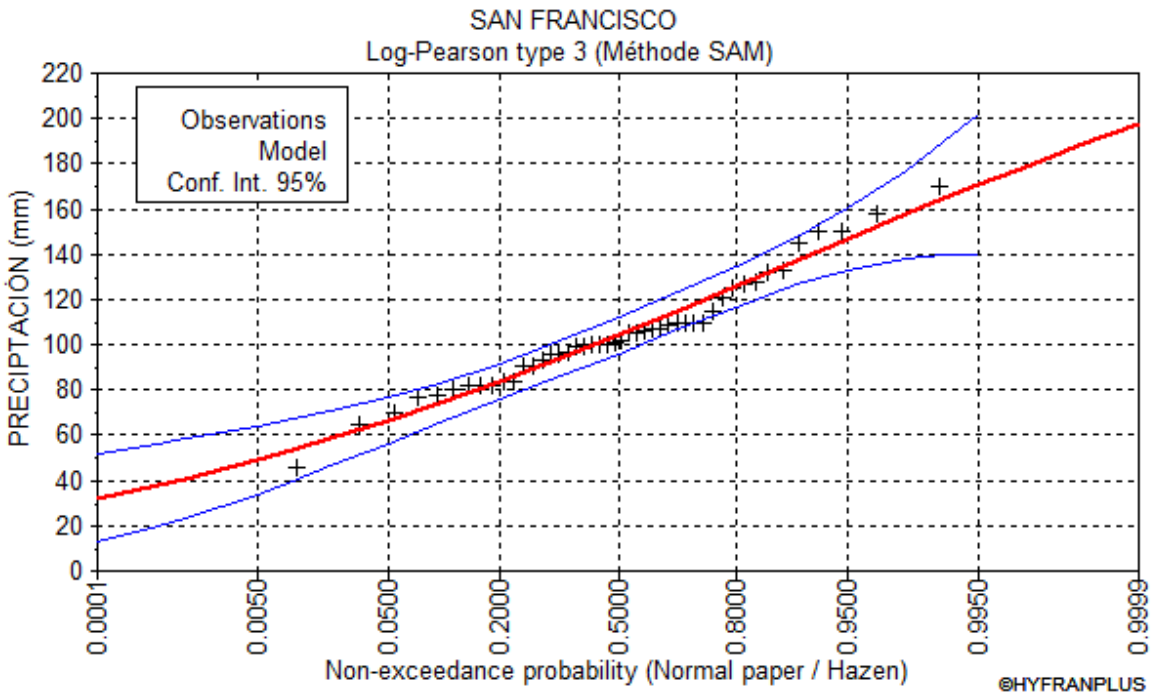



Figura 14: Probabilidad de ajuste tipo LogPearson Type 3. Fuente: Elaboración en HyFranPlus (2024).

### 6.9.5 DISTRIBUCIÓN NORMAL

Este tipo de distribución establece que si una secuencia de variables aleatorias *X* son independientes y están idénticamente distribuidas con media (μ) y varianza; entonces la distribución de la suma de N de esas variables aleatorias, tienden a la distribución normal. (Aparicio, 1992).

$$F(x) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{\left(-\frac{(x-\mu)^2}{2\sigma^2}\right)}$$

Donde: X son los datos de caudal, μ es el valor promedio, σes la varianza de la serie de datos.

Para que el grupo de datos se ajuste a la distribución Normal se deben cumplir las siguientes condiciones:

- Las probabilidades deben ser estables
- Los valores consecutivos deben ser independientes
- La variable debe ser continua.

### 6.9.6 DISTRIBUCIÓN LOG-NORMAL DE 3 PARÁMETROS

La distribución Log-Normal se puede aplicar si la variable aleatoria esta normalmente distribuida, se aplica a variables hidrológicas formadas como productos de otras variables. (Aparicio, 1992).

$$F(x) = \frac{1}{x\sigma\sqrt{2\pi}} e^{\left(-\frac{(y-\mu_y)^2}{2\sigma_y{}^2}\right)}$$

Donde: y es el logaritmo natural de la serie; x es la serie registrada y μ es la varianza de datos en Y.

Algunas limitaciones de este tipo de distribución son que solamente tiene dos parámetros y por otro lado que requiere que los logaritmos de los datos sean

simétricos alrededor de su media.

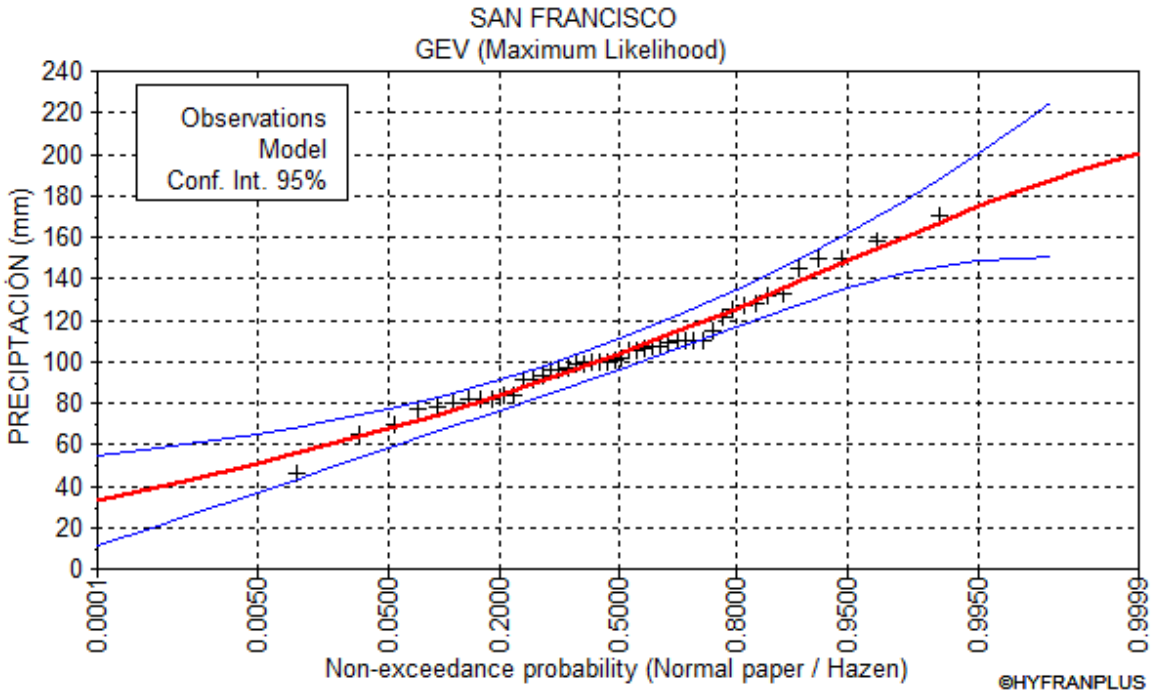



Figura 15: Probabilidad de ajuste tipo GEV. Fuente: Elaboración en HyFranPlus (2024).

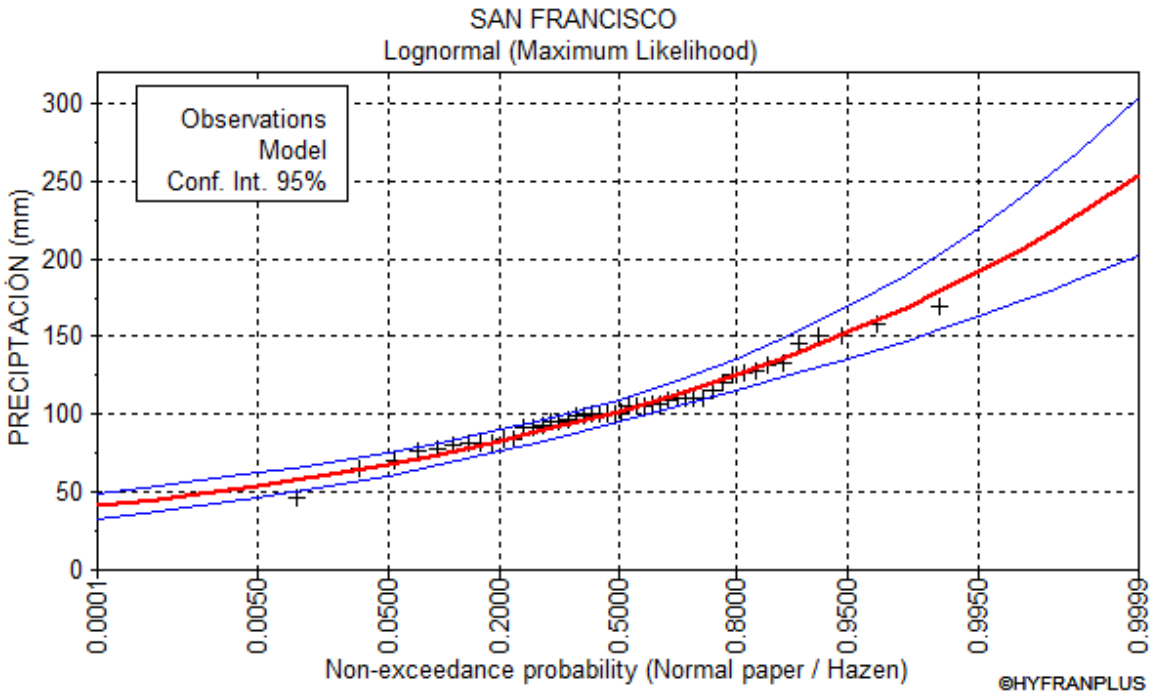



Figura 16: Probabilidad de ajuste tipo LOG Normal. Fuente: Elaboración en HyFranPlus (2024).

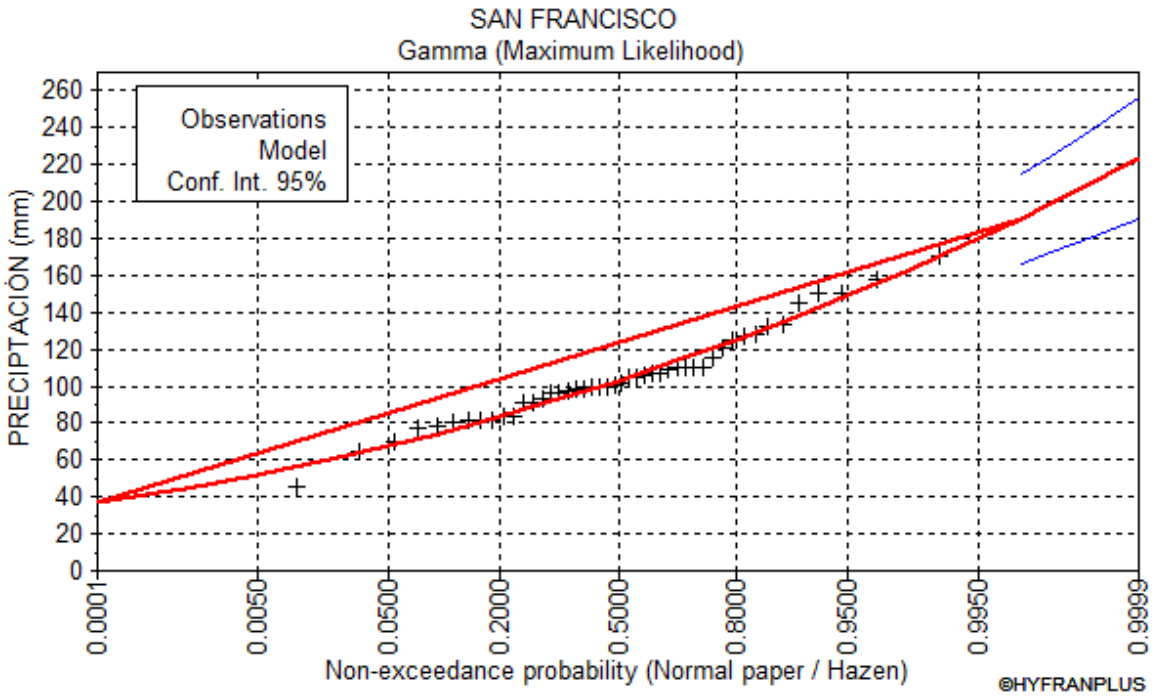



Figura 17: Probabilidad de ajuste tipo Gamma. Fuente: Elaboración en HyFranPlus (2024).

## 6.10 CRITERIO DE INFORMACIÓN DE AKAIKE

Tradicionalmente el proceso de construcción de un modelo para una serie temporal se basa en la utilización de un conjunto de prueba de hipótesis que van a permitir ir definiendo paso a paso el modelo que mejor se ajusta. Pero los contrastes estadísticos formales pierden su significado cuando no conocemos exactamente el mecanismo que ha generado los datos, ni la forma funcional con que intervienen las variables en el modelo, ni tampoco los desfases temporales que pueden existir, además no debemos olvidar que la elección del nivel de significación es puramente subjetiva.

Akaike (1974) propone estudiar el problema de la identificación desde la perspectiva de la teoría de la decisión estadística, lo que traslada el problema del ajuste de un modelo a la elección de la función de pérdida más adecuada. La solución dada por Akaike es elegir la función de pérdida (o criterio de especificación) el mínimo del criterio de información AIC, que simboliza por MAICE. Este criterio, definido por Akaike (1973) como" An Information Criterion", se basa en la medida de información

de Kullback-Leibler (1951), la cual permite interpretar la distancia entre dos distribuciones (la observada a partir de la muestra y la teórica) a partir de la log-verosimilitud de un modelo. El cálculo del AIC se realiza a partir de la siguiente expresión:

$$AIC = 2k - 2\ln(L)$$

Donde k es el número de parámetros y L el valor máximo en la función de verosimilitud (Maximum likelihood). Por lo tanto, AIC mide la bondad de ajuste a partir de la máxima verosimilitud del modelo, y la complejidad a partir el número de parámetros. La verosimilitud, p(y|θk), es la probabilidad de los datos condicionada a los k parámetros del modelo. Esta es una medida inversa a la suma de las distancias euclídeas de cada uno de los datos al modelo. Existe un único conjunto de valores de los parámetros que maximiza la función de verosimilitud (= que minimiza la suma de distancias euclídeas de los datos al modelo). Por lo tanto, cuanto más alto sea el valor de máxima verosimilitud mejor ajustado estará el modelo a los datos. Esto depende tanto de la forma del modelo como del grado de dispersión de los datos.

Tabla 12: Ajustes de distribución de probabilidad. Fuente: Elaboración propia (2024).

| TR | LOG PEARSON | PEARSON | GAMMA | LOG NORMAL | GEV | GUMBEL |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 500 | 178 | 186 | 191 | 206 | 182 | 237 |
| 100 | 164 | 168 | 171 | 191 | 168 | 200 |
| 50 | 157 | 160 | 162 | 180 | 160 | 184 |
| 25 | 147 | 148 | 149 | 169 | 148 | 162 |
| 10 | 137 | 137 | 138 | 153 | 138 | 145 |
| 5 | 126 | 125 | 125 | 140 | 126 | 128 |
| 3 | 115 | 115 | 114 | 125 | 114 | 114 |
| 2.3 | 104 | 104 | 103 | 113 | 103 | 102 |

En la siguiente tabla se presentan los resultados criterio de información de akaike para escoger la mejor distribución de probabilidad:

Tabla 13: Prueba de criterio de información de Akaike. Fuente: Elaboración propia (2024).

| MODELO | Nb Param | Xt | P(Mi) | P (Mi \| x) | BIC | AIC |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Lognormal | 2 | 180.125 | 20 | 46.19 | 433.052 | 429.395 |
| GEV | 2 | 167.868 | 20 | 13.88 | 435.456 | 429.97 |
| Pearson type 3 | 2 | 168.219 | 20 | 13.27 | 435.546 | 430.06 |
| Log-Pearson type 3 | 2 | 164.452 | 20 | 10.1 | 436.092 | 430.607 |
| Gumbel | 2 | 199.937 | 20 | 16.56 | 435.104 | 431.447 |

De acuerdo con los resultados de la prueba de bondad de ajuste, la distribución Gumbel presenta mayor valor, debido a que este se acerca más a los datos de la estación para periodos de retorno mayores a 10 años.

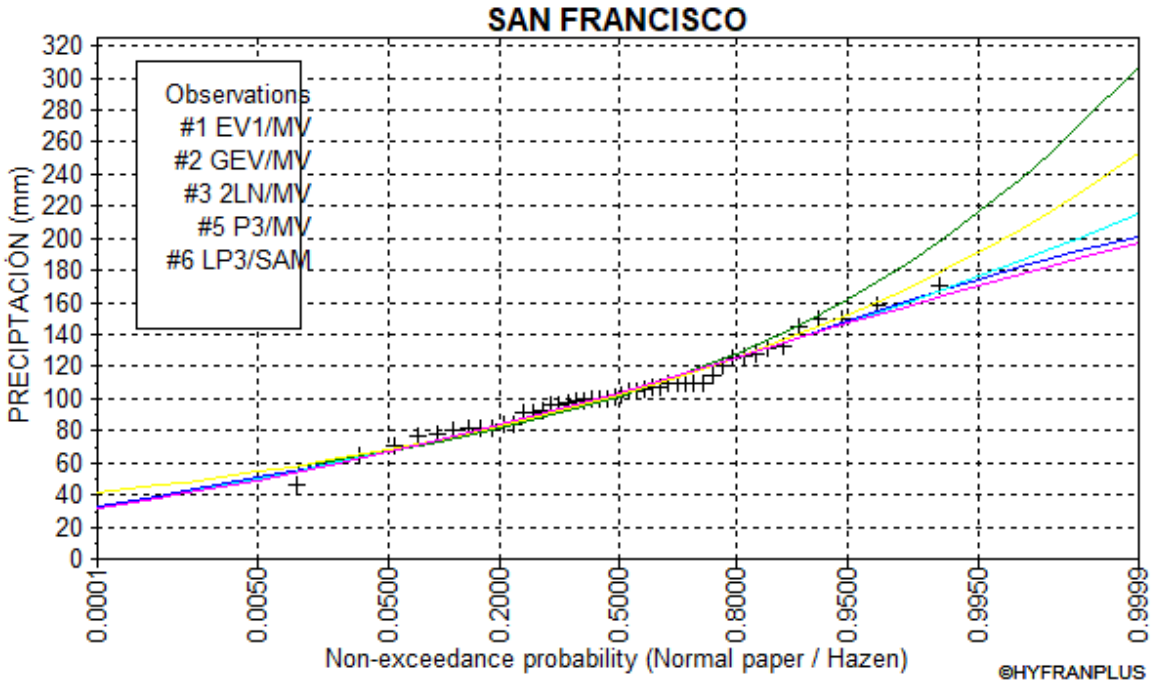



Figura 18: Comparación grafica de funciones de distribución de probabilidad. Fuente: Elaboración propia (2024).

## 7. CAUDALES Y ESCORRENTÍA

Para la determinación del caudal de diseño es necesario determinar inicialmente la escorrentía, la cual se puede definir como la cantidad de agua de una tormenta que drena o escurre sobre la superficie del suelo. Cuando se produce, fluye a los cauces incrementando su volumen; a medida que llega agua de las partes más lejanas comienza suavemente a decrecer el caudal al poco tiempo de terminada lluvia.
La escorrentía está en función de las precipitaciones máximas (P) y de la infiltración potencial (S), esta última a su vez depende del número de curva (CN). La ecuación que relaciona todas estas variables se muestra a continuación y está dada por la *Soil Conservation Service:*

$$E = \frac{(P - 0.2S)^2}{P + 0.8S}$$

Donde P es la precipitación en mm, S es la infiltración potencial en mm. El valor de es calculado mediante la siguiente expresión:

$$S = \frac{25400}{CN} - 254$$

Donde CN es el número de curva, el cual depende de la cobertura del área de drenaje.

### 7.1 ESTIMACIÓN DE CAUDAL POR EL MÉTODO RACIONAL

A partir de la identificación de la red hídrica de drenajes obtenida con la caracterización de las microcuencas, se logró establecer un drenaje principal que se acumula en los puntos de más bajo nivel de la zona; también se identificó un drenaje secundario que discurre directamente a un canal de excedentes existente sobre el costado sur hasta encontrarse con el drenaje principal.

Para la estimación de los caudales máximos de entrada al predio del proyecto, se utilizó el Método del Racional, en razón a que el área de la microcuenca aportante es menor a 90 Ha, que es la recomendación del INVIAS (2011). La duración de las lluvias de diseño se establece igual al tiempo de concentración de la cuenca, toda vez que esta es la condición más desfavorable y que es una práctica recomendada en hidrología (Chow, 1994).

El método o fórmula racional es una de las ecuaciones más adecuadas para el cálculo del caudal pico en pequeñas áreas asociadas con el drenaje de vías, esta metodología se considera válida para áreas inferiores a 0,9 km² (ASCE, 1992) (Rodríguez, 2013) y se fundamenta en la siguiente ecuación:

$$Q = 0.278\, C * I * A$$

Donde Q es el caudal en $m^3/s$; C es el coeficiente de escorrentía que depende las pendientes, el tipo y uso del suelo; A es el área de drenaje de la cuenca y 0.278 corresponde al factor de conversión de unidades.

Esta metodología establece que el caudal pico ocurre cuando toda el área contribuye al flujo y la intensidad de la lluvia es uniforme en un tiempo igual al tiempo de concentración de la hoya (o microcuenca, en este caso) (H. Rodríguez, 2013). El coeficiente de escorrentía es la relación entre la tasa pico de escorrentía directa y la intensidad de la precipitación en un período de tiempo dado (Chow, 1994). La selección de este coeficiente en general se realizar de acuerdo con las coberturas del suelo. Este valor también se puede calcular para una lluvia de características conocidas, siempre y cuando se conozca la respuesta de la hoya en términos del caudal de escorrentía superficial (Monsalve, 2004).

## 7.2 INTENSIDAD DE DISEÑO

Las curvas IDF se definen como la representación gráfica de una intensidad de precipitación (mm/h) que puede variar durante la duración de una tormenta, para una duración en intervalos iguales en minutos u horas desde el inicio hasta el fin de la lluvia asociado a un periodo de retorno llamado frecuencia, en otras palabras, una precipitación de 1/50 significa que es probable que se presente una vez cada 50 años (periodo de retorno).

La metodología simplificada de cálculo de las curvas intensidad – duración – frecuencia se debe llevar a cabo siempre y cuando no se disponga de datos históricos de precipitación de corta duración (datos pluviográficos). Para Colombia se propone el método de Vargas & Diaz-Granados (1998). En este estudio se dedujeron curvas intensidad-duración frecuencia por correlación con la precipitación máxima promedio anual en 24 horas, el número promedio de días de lluvia al año, la precipitación total media anual y la elevación de la estación. La mejor correlación obtenida, sin embargo, fue la que se obtuvo con la precipitación máxima promedio anual en 24 horas en una estación, y es la que se propone para los estudios, además de que es la más sencilla de utilizar.

$$i = \frac{axT^b xM^d}{T^c}$$

Dónde:

- I = Intensidad de precipitación (mm/h)
- T = Periodo de retorno (años)
- t = Tiempo de duración (min)
- M = Precipitación media en 24 horas (mm)
- a, b, c, d: coeficientes de regresión para la región de interés

Como no se cuenta con información de pluviogramas, para la elaboración de las curvas IDF se utilizó la ecuación sintética de Díaz – Granados para la región caribe a con sus respectivos coeficientes regresión obtenidos por los autores mencionados, las precipitaciones máximas en 24 horas por año son las que se muestran en la Tabla 14:

Tabla 14: Precitaciones máximas en 24 horas anual multianual. Fuente: Elaboración propia (2024).

| Año | No. Días Lluvia | Prec. Máx 24h |
|---|---|---|
| 1976 | 90 | 70 |
| 1977 | 98 | 127 |
| 1978 | 129 | 125 |
| 1979 | 118 | 78 |
| 1980 | 101 | 170 |
| 1981 | 126 | 97 |
| 1982 | 94 | 107 |
| 1983 | 112 | 158 |
| 1984 | 109 | 80 |
| 1985 | 114 | 128 |
| 1986 | 105 | 99 |
| 1987 | 113 | 77 |
| 1988 | 142 | 107 |
| 1989 | 99 | 82 |
| 1990 | 108 | 100 |
| 1991 | 107 | 101 |
| 1992 | 80 | 65 |
| 1993 | 108 | 106 |
| 1994 | 109 | 82 |
| 1995 | 129 | 133 |
| 1996 | 112 | 91 |
| 1997 | 87 | 93 |
| 1998 | 94 | 150 |
| 1999 | 97 | 100 |
| 2000 | 100 | 82 |
| 2001 | 98 | 109 |
| 2002 | 91 | 121 |
| 2003 | 82 | 100 |
| 2004 | 72 | 99 |
| 2005 | 105 | 110 |
| 2006 | 91 | 105 |
| 2007 | 109 | 84 |

| Año | No. Días Lluvia | Prec. Máx 24h |
|---|---|---|
| 2008 | 94 | 84 |
| 2009 | 88 | 91 |
| 2010 | 136 | 96 |
| 2011 | 127 | 102 |
| 2012 | 93 | 110 |
| 2013 | 82 | 110 |
| 2014 | 69 | 46 |
| 2015 | 61 | 115 |
| 2016 | 93 | 145 |
| 2017 | 136 | 96 |
| 2018 | 91 | 150 |
| 2019 | 74 | 105 |
| 2020 | 86 | 110 |
| 2021 | 128 | 132 |
| **PROMEDIO** | **101.89** | **104.96** |

Se utilizan los coeficientes de regresión de la región caribe (R2) en la Tabla 15.

Tabla 15: Coeficientes para cálculo de curvas IDF sintéticas región Caribe. Fuente: Curvas IDF sintéticas Díaz-Granados

| REGIÓN | a | b | c | d |
|---|---|---|---|---|
| ANDINA (R1) | 0.94 | 0.18 | 0.66 | 0.83 |
| CARIBE (R2) | 24.85 | 0.22 | 0.5 | 0.1 |
| PACIFICO (R3) | 13.92 | 0.19 | 0.58 | 0.2 |
| ORINOQUIA (R4) | 5.53 | 0.17 | 0.63 | 0.42 |

Tabla 16: Intensidades estimadas para la estación SAN FRANCISCO. Fuente: Elaboración propia (2024).

| | Intensidades (mm/h) | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| **Tr (años)** | **10** | **20** | **30** | **60** | **120** | **360** |
| **2.33** | 116.77 | 82.57 | 67.42 | 47.67 | 33.71 | 19.46 |
| **5** | 138.13 | 97.67 | 79.75 | 56.39 | 39.87 | 23.02 |
| **10** | 160.88 | 113.76 | 92.88 | 65.68 | 46.44 | 26.81 |
| **25** | 196.81 | 139.17 | 113.63 | 80.35 | 56.81 | 32.80 |
| **50** | 229.23 | 162.09 | 132.35 | 93.58 | 66.17 | 38.21 |
| **100** | 267.00 | 188.79 | 154.15 | 109.00 | 77.08 | 44.50 |
| **500** | 380.43 | 269.01 | 219.64 | 155.31 | 109.82 | 63.41 |

Las curvas intensidad-duración-frecuencia (IDF) para la zona del proyecto se muestran en la Figura 19:

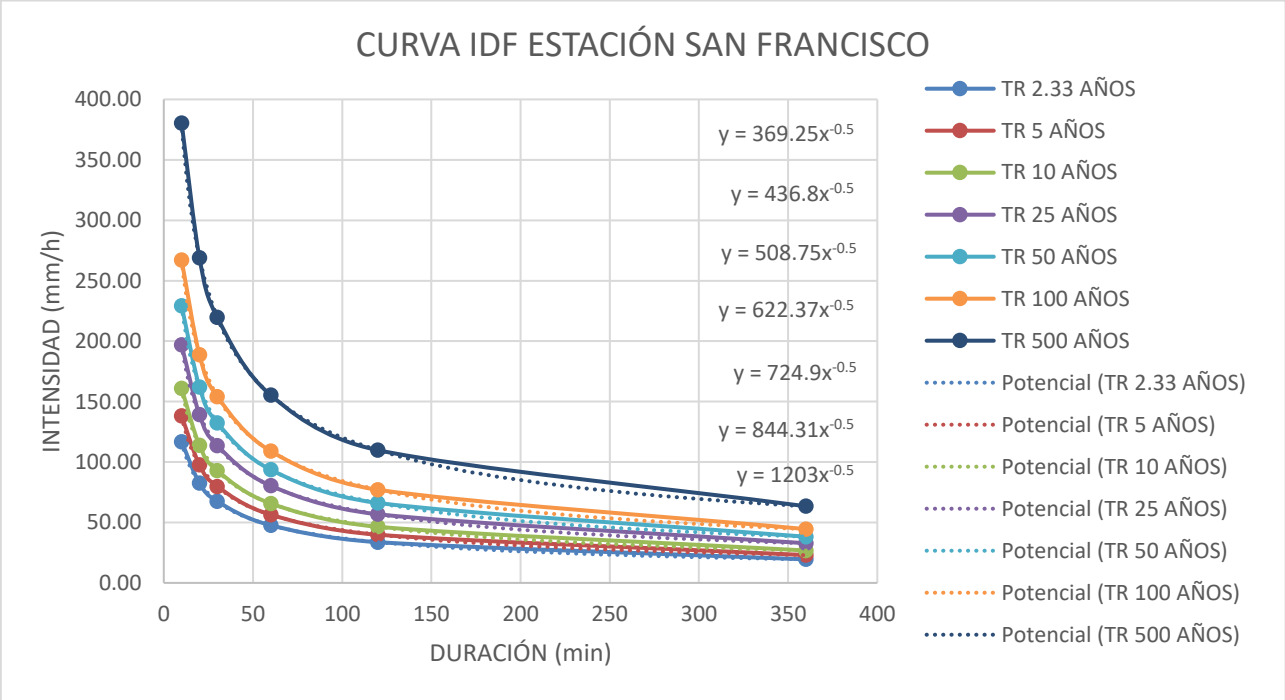



Figura 19: Curvas INTENSIDAD – DURACIÓN – FRECUENCIA de la estación SAN FRANCISCO.
Fuente: Elaboración propia (2024).

## 7.3 HIETOGRAMA DE DISEÑO

Los hietogramas de diseño permiten reflejar la distribución de las precipitaciones producidas a lo largo de las horas más lluviosas asociadas para un periodo de retorno definido. Para desarrollar este método es necesario definir un periodo de retorno para un tiempo específico, en este caso se escoge un periodo de retorno de 25 años para confeccionar un hietograma de lluvias asociado a un tiempo específico (tiempo de duración de la lluvia). Para generar el hietograma de diseño, es necesario conocer la intensidad de precipitación, para lo cual se utiliza los valores obtenidos en el numeral 7.2.

Para el tiempo de duración del evento proyectó una lluvia típica de 180 minutos y se generó el hietograma asociado al periodo de retorno, por el método de bloques alternos. En la Tabla 17 se observa la distribución de las lluvias en intervalos de 5

min y en la Figura 20 se presenta el comportamiento del evento desde que inicia hasta que termina.

Tabla 17: Hietograma de diseño asociado a la duración de la lluvia Tr 50 Años. Fuente: Elaboración propia (2024).

| HIETOGRAMA DE PRECIPITACION DE DISEÑO | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| **DURACION** | **INTENSIDAD** | **PROFUNDIDA ACUMULADA** | **PROFUNDIDAD INCREMENTAL** | **TIEMPO** | **PRECIPITACION** |
| **min** | **mm/hr** | **mm** | **mm** | **min** | **mm** |
| 60 | 32.546 | 32.546 | 32.546 | 0-60 | 0.757 |
| 120 | 19.339 | 38.677 | 6.131 | 60-120 | 0.809 |
| 180 | 14.262 | 42.786 | 4.109 | 120-180 | 0.871 |
| 240 | 11.491 | 45.964 | 3.177 | 180-240 | 0.945 |
| 300 | 9.718 | 48.590 | 2.626 | 240-300 | 1.035 |
| 360 | 8.474 | 50.847 | 2.257 | 300-360 | 1.148 |
| 420 | 7.548 | 52.837 | 1.990 | 360-420 | 1.295 |
| 480 | 6.828 | 54.623 | 1.786 | 420-480 | 1.495 |
| 540 | 6.250 | 56.249 | 1.626 | 480-540 | 1.786 |
| 600 | 5.774 | 57.744 | 1.495 | 540-600 | 2.257 |
| 660 | 5.376 | 59.131 | 1.387 | 600-660 | 3.177 |
| 720 | 5.035 | 60.426 | 1.295 | 660-720 | 6.131 |
| 780 | 4.742 | 61.642 | 1.216 | 720-780 | 32.546 |
| 840 | 4.485 | 62.790 | 1.148 | 780-840 | 4.109 |
| 900 | 4.259 | 63.879 | 1.088 | 840-900 | 2.626 |
| 960 | 4.057 | 64.913 | 1.035 | 900-960 | 1.990 |
| 1020 | 3.877 | 65.901 | 0.987 | 960-1020 | 1.626 |
| 1080 | 3.714 | 66.845 | 0.945 | 1020-1080 | 1.387 |
| 1140 | 3.566 | 67.751 | 0.906 | 1080-1140 | 1.216 |
| 1200 | 3.431 | 68.622 | 0.871 | 1140-1200 | 1.088 |
| 1260 | 3.308 | 69.461 | 0.839 | 1200-1260 | 0.987 |
| 1320 | 3.194 | 70.270 | 0.809 | 1260-1320 | 0.906 |
| 1380 | 3.089 | 71.053 | 0.782 | 1320-1380 | 0.839 |
| 1440 | 2.992 | 71.810 | 0.757 | 1380-1440 | 0.782 |

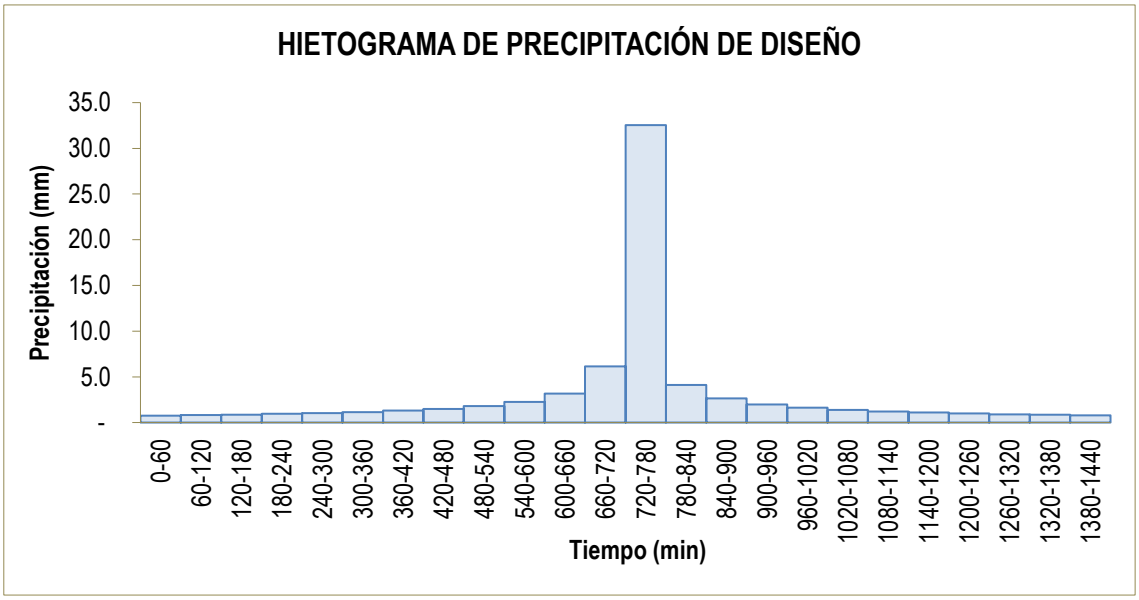



Figura 20: Hietograma de diseño por bloques alternos Tr 50 Años. Fuente: Elaboración propia (2024).

## 7.4 ESTIMACIÓN DE CAUDAL POR EL MÉTODO DEL HIDROGRAMA UNITARIO DEL SCS.

Dado que no se cuenta con series de registros de caudales para las cuencas, y las áreas aferentes a algunas estructuras son mayores a 80 hectáreas, se procede a determinar el caudal de diseño a través de los métodos lluvia escorrentía. Para este caso se empleará el método del Hidrograma Unitario Triangular desarrollado por el US Soil Conservation Service (SCS).

El hidrograma unitario es el hidrograma de escorrentía superficial total resultante de un volumen unitario de lluvia neta, uniformemente distribuido en espacio y tiempo. La altura de la lluvia neta equivale a la altura de escorrentía superficial total del hidrograma unitario.

$$d \times A = \int_0^t QEdt$$

Dónde: d es la lluvia neta total (mm); A es área de drenaje (Km2); QE es el caudal de escorrentía superficial total (m3/s) y t es el tiempo del hidrograma unitario de la

hoya (hr).

Existen dos suposiciones básicas en la teoría del hidrograma unitario:

- ✓ Las variaciones estacionales en las características superficiales de la hoya no se tienen en cuenta, es decir, se considera que las precipitaciones antecedentes no influencian en la distribución en el tiempo de la escorrentía superficial producida por una lluvia determinada.

- ✓ Para calcular la escorrentía superficial producida por cualquier otra lluvia neta diferente de una lluvia neta unitaria, se supone que el sistema es linear y no varía con el tiempo.

Con estos principios, Sherman introdujo el denominado hidrograma unitario, el cual es una herramienta útil en la transformación de datos de lluvia a caudal.
Para el presente estudio se utilizó el hidrograma unitario desarrollado por la U.S Soil Conservation Service (SCS), que define el caudal pico como:

$$qp = 0.2083 \times \frac{A \times E}{tp}$$

Dónde: qp es el caudal unitario máximo en $m^3/s$ por mm de escorrentía; A: es el área de drenaje ($Km^2$); E es la escorrentía unitaria (mm); tp es el tiempo al pico medido desde el comienzo del hidrograma unitario (hr). El tiempo pico se obtiene con la expresión:

$$tp = \frac{d}{2} + t1$$

Dónde d es la duración del exceso de precipitación unitaria (hr), y se estima de acuerdo con la siguiente expresión:

$$d = 0.133 \times tc$$

t1: Tiempo de retraso (hr), se estima como:

$$t1 = 0.6 \times tc$$

Dónde Tc es el tiempo de concentración de una cuenca.

### 7.4.1 NUMERO DE CURVA

El número de curva depende de la cobertura del suelo en el área de drenaje y de la precipitación antecedente. La cobertura del suelo en el área de drenaje se determina con ayuda de la Figura 21 y la Figura 22. La pertenencia a un grupo hidrológico ya sea A, B, C o D, depende del potencial de escorrentía del suelo, como se muestra en la Figura 21 y la Figura 22.

Por otro lado, el volumen de precipitación en un periodo de 3 días a 30 días precediendo a una tormenta determinada se le llama precipitación antecedente, y las condiciones que se producen en la cuenca con respecto al escurrimiento potencial se les llama condiciones antecedentes. En general, cuanto mayor es la precipitación antecedente, mayor será el escurrimiento directo que puede ocurrir en una tormenta dada. Los efectos de la infiltración y de la evapotranspiración durante el periodo antecedente también son importantes, porque pueden aumentar o disminuir el efecto de la lluvia antecedente.

| | Uso del suelo y cobertura | Tratamiento del suelo | Condición para la infiltración | Grupo hidrológico del suelo | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | A | B | C | D |
| ÁREAS URBANAS | **Residencial[1]** | | | | | | |
| | Tamaño promedio del lote | | % promedio de impermeabilidad [2] | | | | |
| | 0,05 ha o menor | | 65 | 77 | 85 | 90 | 92 |
| | 0,10 ha | | 38 | 61 | 75 | 83 | 87 |
| | 0,13 ha | | 30 | 57 | 72 | 81 | 86 |
| | 1 0,20 ha | | 25 | 54 | 70 | 80 | 85 |
| | 0,40 ha | | 20 | 51 | 68 | 79 | 84 |
| | **Parqueaderos pavimentados, techos, garajes, etc.** | | | 98 | 98 | 98 | 98 |
| | **Calles y carreteras:** | | | | | | |
| | Pavimentadas con sardineles y drenajes de aguas lluvias[3] | | | 98 | 98 | 98 | 98 |
| | En grava | | | 76 | 85 | 89 | 91 |
| | En tierra sin afirmar | | | 72 | 82 | 87 | 89 |
| | **Áreas comerciales y de negocios** | | 85% de impermeabilidad | 89 | 92 | 94 | 95 |
| | **Zonas industriales** | | 72% de impermeabilidad | 81 | 88 | 91 | 93 |
| | **Espacios abiertos, prados, parques, campos de golf, cementerios, etc.** | | | | | | |
| | Buenas condiciones: cobertura de pasto en más del 75% del área | | | 39 | 61 | 74 | 80 |
| | Malas condiciones: cobertura de 1 pasto entre el 50% y 75% del área | | | 49 | 69 | 79 | 84 |

Figura 21: Valores del número de curva para zonas urbanas.

| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| ÁREAS NO URBANAS | Barbecho | Hileras rectas | Mala | 77 | 86 | 91 | 94 |
| | Cultivo en hileras | Hileras rectas | Mala | 72 | 81 | 88 | 91 |
| | | Hileras rectas | Buena | 67 | 78 | 85 | 89 |
| | | Líneas de nivel | Mala | 70 | 79 | 84 | 88 |
| | | Líneas de nivel | Buena | 65 | 75 | 82 | 86 |
| | | Terrazas a nivel | Mala | 66 | 74 | 80 | 82 |
| | | Terrazas a nivel | Buena | 62 | 71 | 78 | 81 |
| | Cereales | Hileras rectas | Mala | 65 | 76 | 84 | 88 |
| | | Hileras rectas | Buena | 63 | 75 | 83 | 87 |
| | | Líneas de nivel | Mala | 63 | 74 | 82 | 85 |
| | | Líneas de nivel | Buena | 61 | 73 | 81 | 84 |
| | | Terrazas a nivel | Mala | 61 | 72 | 79 | 82 |
| | | Terrazas a nivel | Buena | 59 | 70 | 78 | 81 |
| | Leguminosas o praderas con rotación*** | Hileras rectas | Mala | 66 | 77 | 85 | 89 |
| | | Hileras rectas | Buena | 58 | 72 | 81 | 85 |
| | | Líneas de nivel | Mala | 64 | 75 | 83 | 85 |
| | | Líneas de nivel | Buena | 55 | 69 | 78 | 83 |
| | | Terrazas a nivel | Mala | 63 | 73 | 80 | 83 |
| | | Terrazas a nivel | Buena | 51 | 67 | 76 | 80 |
| | Pastizales | - | Mala | 68 | 79 | 86 | 89 |
| | | - | Regular | 49 | 69 | 79 | 84 |
| | | - | Buena | 39 | 61 | 74 | 80 |
| | | Líneas de nivel | Mala | 47 | 67 | 81 | 88 |
| | | Líneas de nivel | Regular | 25 | 59 | 75 | 83 |
| | | Líneas de nivel | Buena | 6 | 35 | 70 | 79 |
| | Pradera permanente | -- | - | 30 | 58 | 71 | 78 |
| | Bosques naturales | -- | Mala | 45 | 66 | 77 | 83 |
| | | -- | Regular | 36 | 60 | 73 | 79 |
| | | -- | Buena | 25 | 55 | 70 | 77 |
| | Hacienda | -- | -- | 59 | 74 | 82 | 86 |

(1) Los; números de curva son calculados asumiendo que la escorrentía desde la casa y el garaje es dirigida hacia la calle con un mínimo de agua del techo dirigida hacia el prado donde puede ocurrir infiltración.
(2) La condición para estos números de curva es que las áreas permeables adicionales (prados) son consideradas sembradas con pastos de buena condición.
(3) Sembradas en conjunto.

Figura 22: Valores del número de curva para zonas urbanas. Fuente: Hidrología e hidráulica Aplicada. Bernardo Díaz.

Tabla 18: Condición hidrológica de los suelos. Fuente: Ven Te Chow (1995).

| **Tipo de suelo** | **Característica (Potencial de escorrentía)** |
|---|---|
| A | Bajo |
| B | Moderadamente bajo |
| C | Moderadamente alto |
| D | Alto |

Debido a las dificultades para determinar las condiciones antecedentes producidas por la lluvia, las condiciones reducen a los siguientes tres casos:

- ✓ Condición 1: esta es la condición que presentan los suelos de una cuenca en la que los suelos están secos, pero no hasta el punto de marchitamiento, y cuando se aran o se cultivan bien. Esta condición no se considera aplicable al cálculo para determinar la avenida del proyecto.

- ✓ Condición 2: El caso promedio para avenidas anuales, es decir, un promedio de las condiciones que han precedido a la ocurrencia de la avenida máxima anual en numerosas cuencas.

- ✓ Condición 3: Que se presenta cuando ha llovido mucho o poco y han ocurrido bajas temperaturas durante los cinco días anteriores a la tormenta y el suelo está casi saturado.

Para el uso del suelo de acuerdo con el método Corine Land Cover, la zona del proyecto corresponde a zonas no urbanas. Las demás características del suelo y el cálculo del CN se muestran en la Tabla 18.

Tabla 19: Valores del número de curva para zona del proyecto. Fuente: Elaboración propia (2024).

| Uso del suelo y cobertura | Tratamiento del suelo | Condición para la infiltración | Grupo hidrológico del suelo | CN II: |
|---|---|---|---|---|
| Bosques | Ninguno | Regular | C | 86 |

Los valores del Número de Curva calculados en la Tabla 19 corresponden a la condición 2, y se escoge la condición crítica, es decir, la condición 3 por lo cual hay que realizar una corrección al CNII para determinar el CNIII de acuerdo con la siguiente expresión:

$$CNIII = \frac{23 \times CNII}{10 + 0.13 \times CNII}$$

Tabla 20: Corrección del número de curva. Fuente: Elaboración propia (2024).

| | |
|---|---|
| **CN II** | 86 |
| **CN III** | 94 |

### 7.4.2 CÁLCULO DE CAUDALES DE APORTE POR EL MÉTODO DEL HIDROGRAMA UNITARIO DEL SCS

Con el valor del número de curva se puede determinar la infiltración potencial, y por ende la escorrentía, que es el dato faltante para la determinación del caudal de diseño para diferentes periodos de retorno.

A partir de las áreas aportantes a cada una de las estructuras proyectadas se estimaron los tiempos de concentración para cada subcuenca, el número de curva seleccionado (60) se estiman los caudales generados. En la Tabla 21 se muestran los parámetros utilizados y el esquema de tránsito de caudales.

Tabla 21: Análisis morfométrico para estimación de caudales en HMS para subcuenca. Fuente: Elaboración propia (2020).

| PARAMETRO | RESULTADO | UNIDAD |
|---|---|---|
| Área de la cuenca | 22.57 | km2 |
| Perímetro | 25.87 | km |
| Elevación máxima | 500 | m.s.n.m. |
| Elevación mínima | 43 | m.s.n.m. |
| Desnivel | 457 | m.s.n.m. |
| Longitud de la cuenca | 17.87 | Km |
| Ancho máximo de la cuenca | 9.10 | Km |
| Longitud del cauce principal | 7.900 | km |
| Altura máxima del cauce principal | 125 | m.s.n.m. |
| Altura mínima del cauce principal | 43 | m.s.n.m. |
| Pendiente del cauce principal | 0.0104 | m/m |
| Tiempo de concentración Kirpich | 113.36 | minutos |
| Lag Time (min) | 68.02 | minutos |

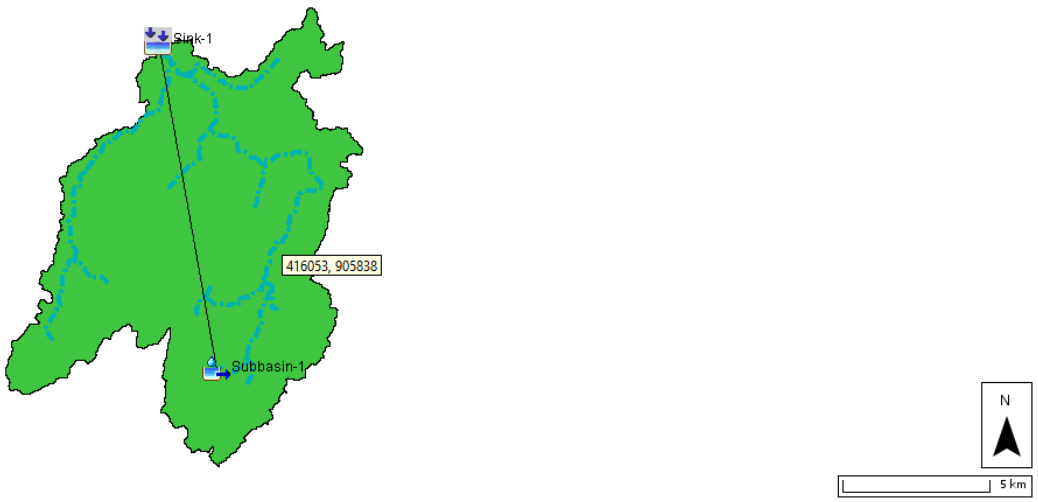



Figura 23: Modelo hidrológico lluvia-escorrentía en HEC-HMS. Fuente: Elaboración propia (2024).

En la Tabla 22 se muestran los caudales calculados para cada una de periodos de retorno evaluado por esta metodología.

Tabla 22: Caudales obtenidos con HEC-HMS. Fuente: Elaboración propia (2024).

| Tr (años) | Ecuación IDF | Tc (min) | Intensidad máxima (mm/hr) | Area (Km2) | Número de Curva (CN) | Caudal US SCS (m3/s) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 2 | 369.25*((x)^-0.5) | 113.36 | 34.680324 | 22.57 | 94 | 72.6 |
| 5 | 436.8*((x)^-0.5) | 113.36 | 41.024687 | 22.57 | 94 | 92.2 |
| 10 | 508.75*((x)^-0.5) | 113.36 | 47.782302 | 22.57 | 94 | 113.5 |
| 25 | 622.37*((x)^-0.5) | 113.36 | 58.453604 | 22.57 | 94 | 141.2 |
| 50 | 724.9*((x)^-0.5) | 113.36 | 68.083323 | 22.57 | 94 | 179 |
| 100 | 844.31*((x)^-0.5) | 113.36 | 79.298428 | 22.57 | 94 | 215.8 |
| 500 | 1203*((x)^-0.5) | 113.36 | 112.98695 | 22.57 | 94 | 327.4 |

## 8. CAUDAL DE DISEÑO

Se presentan los caudales para diferentes periodos de retorno mediante la herramienta HEC-HMS y aplicando las ecuaciones descritas en el numeral 7.3.

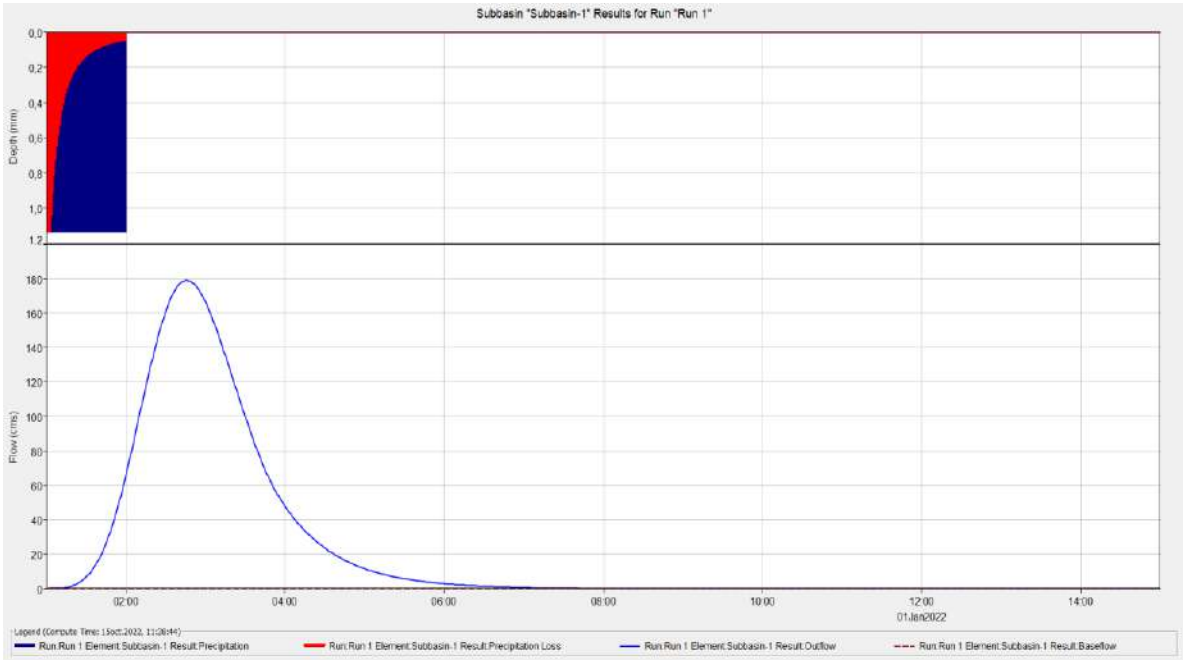



Figura 24: Hidrograma unitario - SCS para Tr 50 años. Fuente: Elaborado en HECHS (2024).

Tabla 23: Cálculos de caudales utilizando ecuaciones del SCS. Fuente: Elaboración propia (2024).

| Tr | Cálculo de caudal | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Tc (h) | T al pico (h) | q pico ($m^3/s/mm$) | CN II | CN III | S (mm) | Ia (mm) | Esc (mm) | Q ($m^3/s$) |
| 2.33 | 1.89 | 1.26 | 3.73 | 86 | 94 | 15.10 | 3.02 | 21.44 | 79.946 |
| 5 | 1.89 | 1.26 | 3.73 | 86 | 94 | 15.10 | 3.02 | 27.20 | 101.433 |
| 10 | 1.89 | 1.26 | 3.73 | 86 | 94 | 15.10 | 3.02 | 33.47 | 124.826 |
| 25 | 1.89 | 1.26 | 3.73 | 86 | 94 | 15.10 | 3.02 | 43.57 | 162.471 |
| 50 | 1.89 | 1.26 | 3.73 | 86 | 94 | 15.10 | 3.02 | 52.81 | 196.933 |
| 100 | 1.89 | 1.26 | 3.73 | 86 | 94 | 15.10 | 3.02 | 63.68 | 237.453 |
| 500 | 1.89 | 1.26 | 3.73 | 86 | 94 | 15.10 | 3.02 | 96.69 | 360.574 |

## 8.1 COEFICIENTE DE MANNING (n)

Los modelos hidráulicos en general, incluido el HEC-RAS, incluyen dentro de sus formulaciones numéricas un término que representa la resistencia al flujo en canales. Este término incluye a su vez un coeficiente de rugosidad, el cual representa el efecto de resistencia al flujo de las superficies del fondo y de las paredes del canal. Una de las ecuaciones de resistencia más utilizadas en la hidráulica fluvial es la ecuación de Manning, la cual se puede escribir como:

$$v = \frac{1}{n}\sqrt{s}Rh^{2/3}$$

Donde v es la velocidad media en la sección transversal, n es el coeficiente de rugosidad de Manning, s es la pendiente de la línea de energía del flujo, Rh es el radio hidráulico de la sección transversal de flujo.

En el caso de la ecuación de Manning, el parámetro n (llamado comúnmente "n de Manning") es el coeficiente de rugosidad utilizado, el cual representa las condiciones imperantes en la sección transversal y el cual depende de una cantidad de factores, como la rugosidad absoluta de los materiales en el lecho y los bancos del cauce, de las irregularidades de este, de la presencia de obstrucciones y vegetación, del régimen de transporte de sedimentos y del régimen de flujo.

Existen diversas metodologías para estimar el coeficiente de Manning en un cauce natural. Estas metodologías tienen en común el cálculo de un valor base de n en función de la rugosidad absoluta o de la granulometría de los materiales del lecho. Para ello existen metodologías empíricas y fórmulas analíticas. Algunas de las fórmulas analíticas más comunes utilizadas para este fin tienen la forma y concepto de las ecuaciones de Strickler, Hey y Limerinos (Chang 1992, USACE 1994, USACE 2010, García 2007, entre otros):

- ✓ ***Strickler:***

$$n = 0.0474 K_s^{\,1/16}$$

Donde $K_s$ (en metros) está correlacionado con el tamaño de la partícula, usualmente con el d50. Supone condiciones de lecho rígido y una variación de n sólo con la rugosidad absoluta del lecho.

- ✓ ***Hey:***

$$\frac{1}{\sqrt{f}} = 2.031 \log\left(\frac{11.75 Rh}{3.5\, d_{84}}\right)$$

Donde $Rh$ es el radio hidráulico del flujo, $d_{84}$ es el tamaño de partícula (para el que el 84% del sedimento es más fino) y f el factor de fricción de Darcy-Weisbach. Esta ecuación es del tipo Keulegan para lecho rígido, ecuaciones semi-logarítmicas que se basan en la ecuación de Prandtl-von Karman ya que la fricción en la frontera del canal crea una capa de cortante similar a la capa límite en tuberías. Estas ecuaciones demuestran que la resistencia al flujo aumenta para tirantes bajos.

- ✓ ***Limerinos:***

$$n = \frac{0.0926 Rh^{1/6}}{1.16 + 2\log\left(\frac{Rh}{d_{84}}\right)}$$

Donde $Rh$ es el radio hidráulico del flujo, $d_{84}$ es el tamaño de partícula (para el que el 84% del sedimento es más fino). Esta ecuación está derivada para fondos móviles y materiales relativamente gruesos (arenas gruesas y gravas) y es aplicable sólo en la ausencia de formas de fondo (e.g. dunas) y en el régimen alto de transporte de sedimentos.

- ✓ ***Cowan:***

Existen asimismo otro tipo de metodologías, en donde el n base para un cauce se escoge empíricamente a través de tablas y fotografías que describen y muestran las características más relevantes de los cauces. Esta es una metodología muy generalizada y práctica, desarrollada inicialmente por Chow en 1959 y posteriormente desarrollada por Arcement y Schneider en su texto “Guide for selecting Manning’s Roughness Coefficients for natural Channels and Flood Plains” (1989). Según estos autores, el valor de n de Manning para el cauce principal se obtiene de la siguiente fórmula, propuesta originalmente por Cowan (Chow, 1994):

$$n = (n_b + n_1 + n_2 + n_3 + n_4)m$$

Donde $n_b$ es el valor de base para un canal recto, uniforme y liso conformado por materiales naturales; $n_1$ es el factor de corrección por irregularidades presentes en la superficie; $n_2$ es el valor para variaciones en forma y tamaño de la sección transversal del canal; $n_3$ es el valor para obstrucciones presentes; $n_4$ es el valor

para presencia de vegetación y condiciones de flujo y m factor de corrección por el efecto de la sinuosidad a lo largo del cauce.

Cowan (1994) recomienda obtener los valores de $n_b$ de la Tabla 24 realizar estimaciones con las ecuaciones analíticas como las referidas anteriormente:

Tabla 24: Valores base para la n de Manning. Fuente: Arcement y Schneider (1989).

| Material del fondo | Tamaño medio del material (mm) | Valor base de n | |
|---|---|---|---|
| | | Canal recto y uniforme | Canal liso |
| Concreto | --- | 0,012 – 0,018 | 0,011 |
| Roca | --- | --- | 0,025 |
| Suelo firme | --- | 0,025 – 0,032 | 0,020 |
| Arena gruesa | 1-2 | 0,026 – 0,035 | --- |
| Gravas finas | --- | --- | 0,024 |
| Gravas | 2-64 | 0,028 – 0,035 | --- |
| Gravas gruesas | --- | --- | 0,026 |
| Pequeños cantos rodados | 64-256 | 0,030 – 0,050 | --- |
| Cantos rodados | >256 | 0,040 – 0,070 | --- |

De igual forma Cowan (1994) recomienda que los coeficientes de ajuste n1, n2, n3, n4 y m, se obtengan de las siguientes tablas.

Tabla 25: Valores de ajuste para la estimación de la n de Manning, Grado de irregularidad (n1). Fuente: Arcement y Schneider (1989).

| Grado de irregularidad | Valor de ajuste n1 |
|---|---|
| Liso | 0,000 |
| Menor | 0,001 – 0,005 |
| Moderada | 0,006 – 0,010 |
| Severa | 0,011 – 0,020 |

Tabla 26: Valores de ajuste para la estimación de la n de Manning, Variación en la sección transversal del cauce (n2). Fuente: Arcement y Schneider (1989).

| **Variación en la sección transversal del cauce** | **Valor de ajuste n2** |
|---|---|
| Gradual | 0,000 |
| Alternan ocasionalmente | 0,001 – 0,005 |
| Alternan frecuentemente | 0,010 – 0,015 |

Tabla 27: Valores de ajuste para la estimación de la n de Manning, Efecto de obstrucciones (n3). Fuente: Arcement y Schneider (1989).

| **Efecto de obstrucciones** | **Valor de ajuste n3** |
|---|---|
| Despreciable (ocupa menos del 5% del área de la sección transversal) | 0,000 – 0,004 |
| Menor (ocupa menos del 15% del área de la sección transversal) | 0,005 – 0,015 |
| Apreciable (ocupa entre el 15% y el 50% del área de la sección transversal) | 0,020 – 0,030 |
| Severo (ocupa más del 50% del área de la sección transversal) | 0,040 – 0,050 |

Tabla 28: Valores de ajuste para la estimación de la n de Manning, Cantidad de vegetación (n4). Fuente: Arcement y Schneider (1989).

| **Cantidad de vegetación** | **Valor de ajuste n4** |
|---|---|
| Pequeña | 0,002 – 0,010 |
| Mediana | 0,010 – 0,025 |
| Grande | 0,025 – 0,050 |
| Muy grande | 0,050 – 0,100 |

Tabla 29: Valores de ajuste para la estimación de la n de Manning, Grado de sinuosidad (m).

Fuente: Arcement y Schneider (1989).

| Grado de sinuosidad | Valor de ajuste m |
|---|---|
| Menor (Relación entre longitud real del cauce y longitud en línea recta entre 1 y 1,2) | 1 |
| Apreciable (Relación entre longitud real del cauce y longitud en línea recta entre 1,2 y 1,5) | 1,15 |
| Severo (Relación entre longitud real del cauce y longitud en línea recta mayor a 1,5) | 1,3 |

Para definir las condiciones de frontera del modelo se analizaron las características prevalecientes en el cauce. Aguas arriba no existen elementos físicos específicos que definan un control hidráulico. Aguas abajo se definió asimismo una condición de flujo normal con pendiente de 0,0104 m/m, valor promedio de lo que se observa a lo largo de los 480 m del tramo analizado.

Tabla 30: Calculo del coeficiente de Manning según Cowan. Fuente: Elaboración propia (2024).

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | **SEGÚN COWAN:** | | | | |
| | **Condiciones del río:** | | | | |
| Material del cauce: | A | terroso | | | |
| | B | rocoso | | | |
| | C | gravoso fino | | | |
| | D | gravoso grueso | | | |
| | **material del cauce adoptado:** | | A | = | 0.02 |
| Grado de irregularidad: | | | | | |
| | A | ninguna | | | |
| | B | leve | | | |
| | C | regular | | | |
| | D | severo | | | |
| | **Grado de irregularidad adoptado:** | | A | = | 0 |
| Secciones Variables | | | | | |
| | A | leve | | | |
| | B | regular | | | |
| | C | severo | | | |

**SEGÚN COWAN:**

**Condiciones del río:**

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| **variación de la sección adoptada:** | | A | = | 0 |
| Efecto de las obstrucciones: | A | despreciables | | |
| | B | menor | | |
| | C | apreciable | | |
| | D | severo | | |
| **Efecto de las obstrucciones adoptado:** | | B | = | 0.01 |
| Vegetación: | A | ninguna | | |
| | B | poco | | |
| | C | regular | | |
| | D | alta | | |
| **vegetación adoptada:** | | B | = | 0.01 |
| Grado de sinuosidad: | A | Insignificante | | |
| | B | regular | | |
| | C | considerable | | |
| **grado de sinuosidad adoptado:** | | A | = | 1 |

**valor de " n " adoptado según COWAM n = 0.04**

En cuanto al coeficiente de rugosidad de Manning, para el cauce de la quebrada Severinera se tomó un valor de n base de 0,040, correspondiente a la textura y granulometría de los materiales presentes en el cauce. La irregularidad baja de las formas del canal, la presencia menor de obstrucciones y una cantidad alta de vegetación en las márgenes del cauce dan como resultado un coeficiente de Manning de 0,040 en el cauce a lo largo del tramo modelado. Para las simulaciones, se evaluó el caudal para un periodo de retorno de 50 años según las recomendaciones del INVIAS (2009), Un resumen de las características del modelo se presenta en la Tabla 31.

Tabla 31: Resumen de parámetros del modelo de la quebrada Severinera en HEC-RAS. Fuente: Elaboración propia (2024).

| **Características geométricas** | |
|---|---|
| Número de secciones | 25 |
| Estación aguas abajo | 0+000,00 |
| Estación aguas arriba | 0+480,00 |
| Condición de frontera aguas arriba | Profundidad normal s=0,0104 m/m |
| Condición de frontera aguas abajo | Profundidad normal s=0.0104 m/m |
| **Coeficientes de rugosidad (Manning)** | |
| Cauce principal y planicies | 0,040 |
| **Condiciones de caudal** | |
| Q50años | 179 m3/s |

# 9. MODELO HIDRÁULICO

## 9.1 DISEÑO HIDRÁULICO DEL PUENTE

El modelo seleccionado para la simulación hidráulica fue el programa HEC-RAS (River Analysis System del Hydrologic Engineering Center) del Cuerpo de Ingenieros del Ejército de Estados Unidos. Este modelo unidimensional se basa en el cálculo de Flujo Gradualmente Variado (FGV) mediante la solución de la ecuación de energía en una dimensión. Considera las pérdidas de energía producto de la fricción a lo largo del cauce y de procesos de expansión y contracción del flujo. Para casos de Flujo Rápidamente Variado (FRV), como saltos hidráulicos, confluencias y flujo en puentes el modelo incorpora la solución de la ecuación de momentum del flujo. Las características específicas del modelo, su fundamento hidráulico y sus formulaciones y métodos de solución numéricos son tratados ampliamente en USACE (2010), documento que puede utilizarse como referencia hidráulica del modelo.

Para la corriente objeto del presente estudio, el uso de un modelo hidráulico unidimensional como el HEC-RAS es suficiente y adecuado para estimar las características del flujo, en particular los niveles para los caudales de diseño y los parámetros hidráulicos relacionados con los cálculos de socavación.

El modelo HEC-RAS requiere la inclusión de la geometría de las secciones transversales, a partir de las cuales se obtienen los parámetros hidráulicos de las secciones para el cálculo de las condiciones de flujo analizadas. Para lograr una correcta aplicación del modelo unidimensional, se utilizaron secciones transversales detalladas y se definieron tramos de análisis y separación de secciones adecuadas para la variación esperada del gradiente de energía en condición de crecientes.

La resistencia al flujo se modela mediante el coeficiente n de Manning, el cual puede ser variado a lo ancho de la sección transversal y a lo largo del tramo analizado. El modelo también requiere de la fijación de condiciones de frontera, las cuales se pueden especificar como condiciones de profundidad crítica o profundidad normal, como un nivel de agua conocido o como una curva de descarga, tanto aguas arriba como aguas abajo del tramo correspondiente. En el caso del presente estudio, se realizó el modelado en régimen permanente, es decir, sin considerar la variación del flujo en el tiempo.

El modelo supone que las secciones de la corriente (tanto transversal como longitudinalmente) son fronteras rígidas y de esta forma distribuye la totalidad del caudal llenando horizontalmente a la sección de la corriente hasta alcanzar la capacidad hidráulica necesaria para la avenida que se está simulando. Estos cálculos los puede realizar en régimen supercrítico, régimen subcrítico o en un régimen mixto. Los resultados del modelo hidráulico se obtienen tabularmente como un resumen completo de las condiciones hidráulicas de cada sección transversal (niveles de agua, energía, caudal, velocidad, profundidad, área, radio hidráulico, número de Froude, entre otros) y también gráficamente en cada sección transversal y en el perfil de la corriente. La metodología descrita se desarrolló a través del software de modelación de canales HEC-RAS, el cual proporciona datos específicos del comportamiento de caudal dentro de un canal o río, o fuente de agua, teniendo como datos de entrada: la geometría, el caudal, los valores de Manning.

Para construir el modelo de la quebrada Severinera en el programa HEC-RAS se contó con el levantamiento topográfico del cauce (ver Figura 25). El levantamiento topográfico del sitio de interés fue hecho empleando un sistema de referencia local

de elevaciones, específico al sitio, ligado a las elevaciones absolutas del sistema nacional. Se levantó un tramo de 300 m, que cubre 150 m aguas arriba y 150 m aguas abajo a partir del sitio de interés. La longitud del tramo fue definida en función de las características hidráulicas del río y resultó suficiente para el modelado hidráulico. A partir del levantamiento topográfico, se elaboró un plano topográfico detallado con curvas de nivel, y se generó una superficie tridimensional del cauce (ver Figura 26).

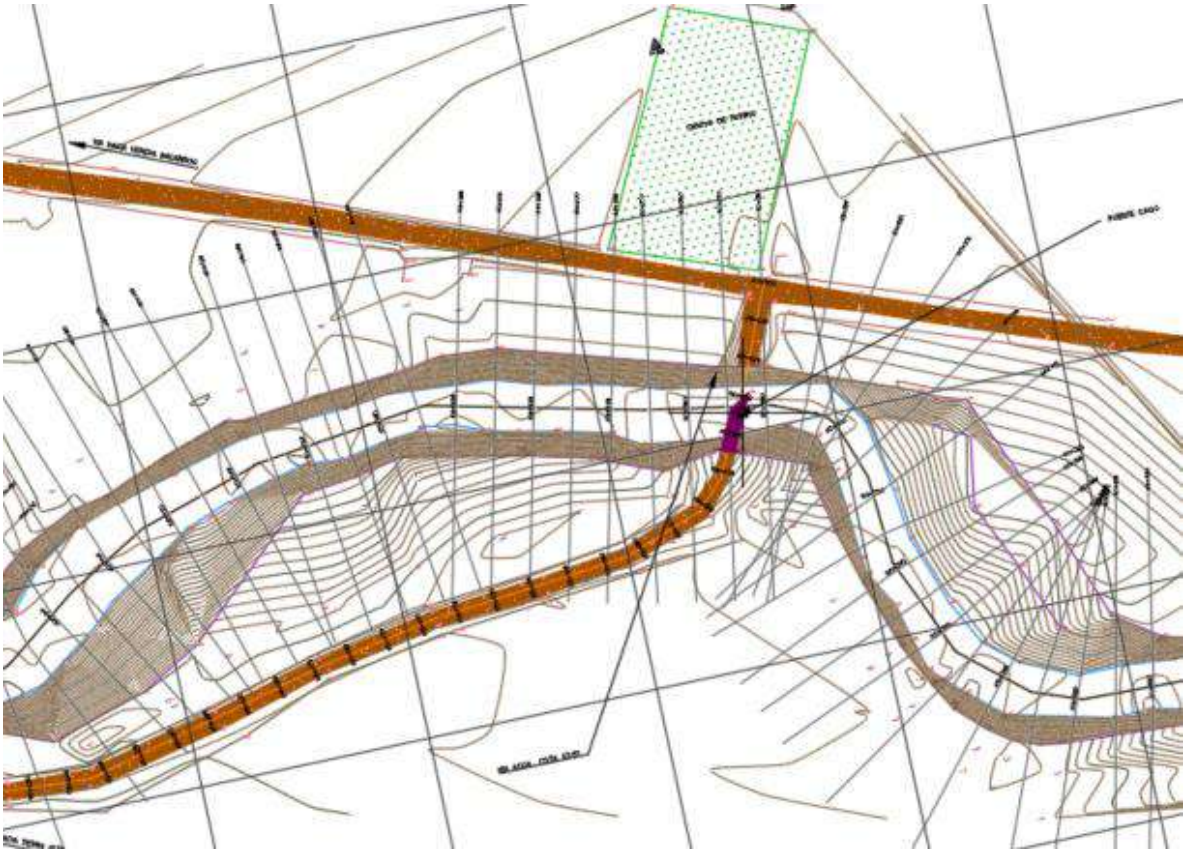


Figura 25: Topo-batimetría de la quebrada Severinera. Fuente: Equipo de topografía (2024).

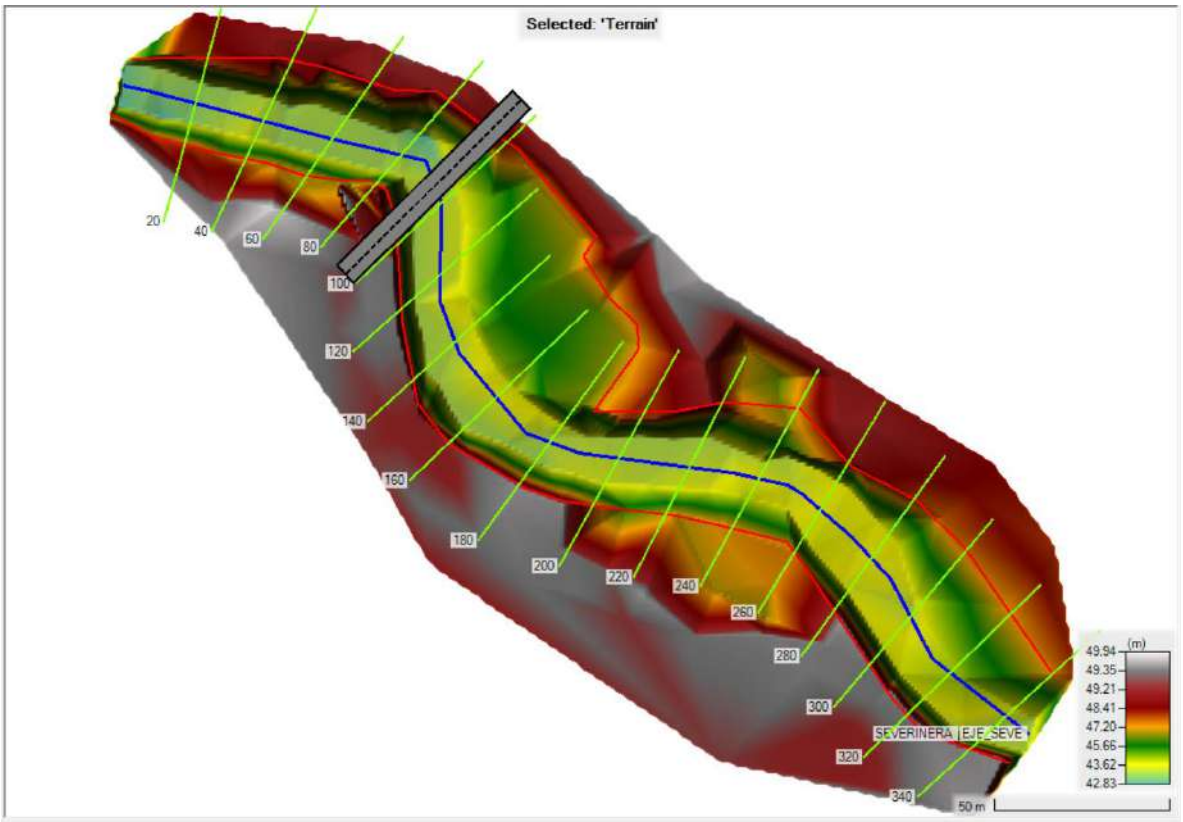



Figura 26: Geometría de la quebrada Severinera. Fuente: Elaborado con HEC-RAS (2024).

A partir de la superficie tridimensional digital se generaron secciones transversales espaciadas cada 20 metros y con una extensión media de 100 m a cada lado del eje del cauce. En total, 25 secciones transversales conformaron el modelo hidráulico final de la quebrada Severinera.

## 9.2 NIVEL DE AGUAS MÁXIMO

Las simulaciones en HEC-RAS, se evaluaron en régimen subcrítico permitiendo obtener las condiciones del flujo del cauce. La siguiente ilustración es una vista tridimensional de los niveles de agua en el cauce con el periodo de retorno seleccionado para las condiciones de cauce natural sin obras, cauce con box culvert y puente propuesto y las ilustraciones anexas representan cada sección transversal con el caudal de diseño evaluado.

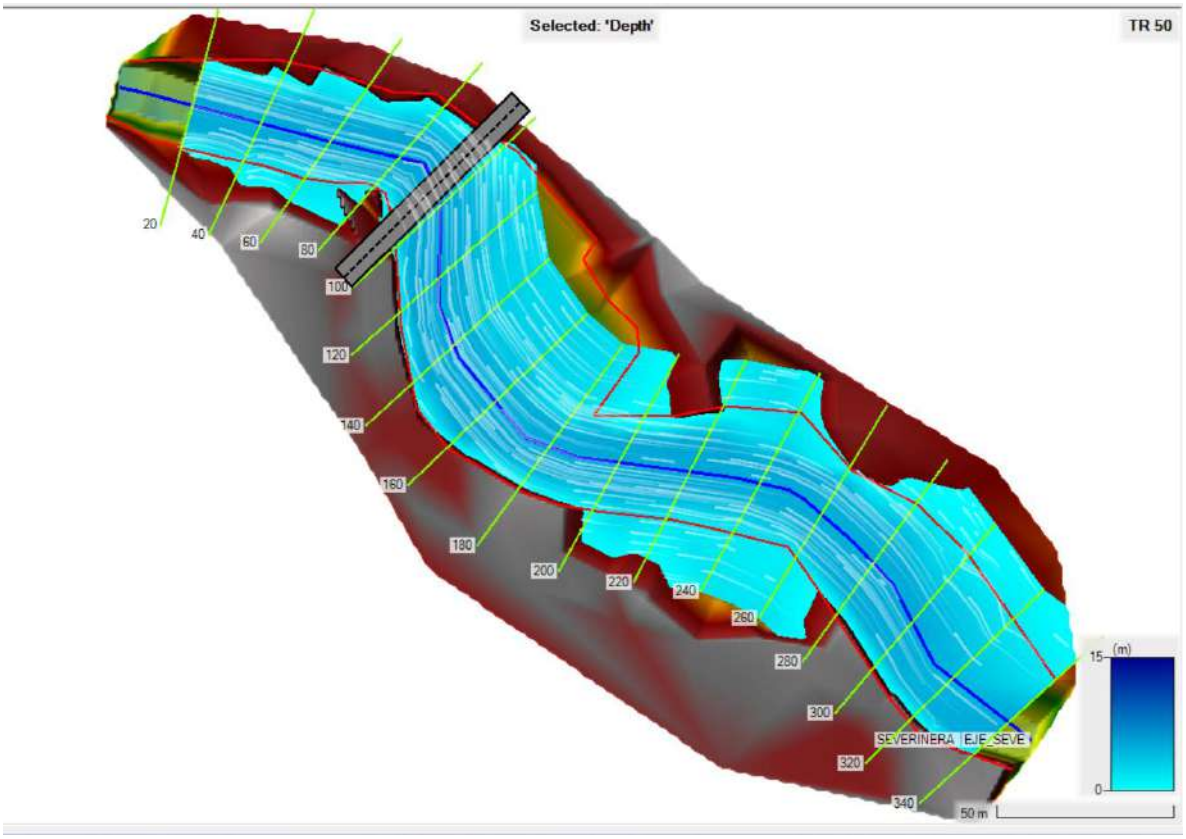



Figura 27: Modelación de flujo en las secciones de la quebrada Severinera. Fuente: Elaboración con HEC-RAS (2024).

Tabla 32: Resultados de modelación hidráulica de flujo con puente. Fuente: Elaborado con HEC-RAS (2024).

| Reach | River Sta | Profile | Q Total | Min Ch El | W.S. Elev | Max Chl Dpth | 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) | (m/s) | (m2) | (m) | |
| EJE_SEVE | 340 | TR 50 | 179 | 43.27 | 48.44 | 5.17 | | 48.54 | 0.00066 | 1.45 | 127.9 | 48.88 | 0.25 |
| EJE_SEVE | 320 | TR 50 | 179 | 43.68 | 48.43 | 4.75 | | 48.53 | 0.000686 | 1.44 | 131.93 | 51.05 | 0.25 |
| EJE_SEVE | 300 | TR 50 | 179 | 43.4 | 48.43 | 5.03 | | 48.51 | 0.000403 | 1.24 | 152.79 | 52.52 | 0.2 |
| EJE_SEVE | 280 | TR 50 | 179 | 43.54 | 48.42 | 4.88 | | 48.5 | 0.000433 | 1.27 | 144.31 | 44.56 | 0.2 |
| EJE_SEVE | 260 | TR 50 | 179 | 43.61 | 48.4 | 4.79 | | 48.49 | 0.000571 | 1.4 | 140.16 | 49.93 | 0.23 |
| EJE_SEVE | 240 | TR 50 | 179 | 43.38 | 48.4 | 5.02 | | 48.47 | 0.000506 | 1.27 | 159.72 | 68.88 | 0.22 |
| EJE_SEVE | 220 | TR 50 | 179 | 43.26 | 48.38 | 5.12 | | 48.46 | 0.00047 | 1.29 | 151.9 | 60.21 | 0.21 |
| EJE_SEVE | 200 | TR 50 | 179 | 43.27 | 48.32 | 5.05 | | 48.45 | 0.000801 | 1.58 | 116.06 | 54.51 | 0.28 |
| EJE_SEVE | 180 | TR 50 | 179 | 43.23 | 48.34 | 5.11 | | 48.42 | 0.000586 | 1.32 | 145.67 | 49.21 | 0.23 |
| EJE_SEVE | 160 | TR 50 | 179 | 43.22 | 48.35 | 5.13 | | 48.4 | 0.000254 | 1.03 | 190.47 | 52.94 | 0.16 |
| EJE_SEVE | 140 | TR 50 | 179 | 43.27 | 48.35 | 5.08 | | 48.4 | 0.000266 | 1.04 | 186.96 | 52.05 | 0.16 |
| EJE_SEVE | 120 | TR 50 | 179 | 43.26 | 48.34 | 5.08 | | 48.39 | 0.000226 | 1 | 194.49 | 52.1 | 0.15 |
| EJE_SEVE | 100 | TR 50 | 179 | 43.24 | 48.31 | 5.07 | 45.3 | 48.38 | 0.000342 | 1.17 | 157.44 | 44.36 | 0.18 |
| EJE_SEVE | 82 | | Bridge | | | | | | | | | | |
| EJE_SEVE | 80 | TR 50 | 179 | 42.91 | 48.25 | 5.34 | 45.4 | 48.37 | 0.000683 | 1.53 | 116.77 | 30.6 | 0.25 |
| EJE_SEVE | 60 | TR 50 | 179 | 43.2 | 48.24 | 5.04 | | 48.35 | 0.000712 | 1.51 | 121.15 | 38.23 | 0.26 |
| EJE_SEVE | 40 | TR 50 | 179 | 43.3 | 48.16 | 4.86 | | 48.33 | 0.001211 | 1.81 | 99.04 | 32.7 | 0.32 |
| EJE_SEVE | 20 | TR 50 | 179 | 43.07 | 48.09 | 5.02 | 45.7 | 48.3 | 0.001503 | 2 | 89.6 | 27.09 | 0.35 |

Donde Min Ch El corresponde a la elevación mínima del fondo del caucel; W.S Elev es la superficie máxima de la línea de agua, Crit W.S es el tirante critico de la lámina de agua, E.G Elv es la energía desde el fondo del cauce, Vel Chnl es la velocidad del fluido en el cauce, Flow Area hace referencia al área hidráulica y Top Width hace referencia al ancho de la sección analizada.

Para incluir el puente en el modelo HEC-RAS se empleó el módulo de puentes, en el cual se esquematiza la geometría propuesta y se definen los criterios de cálculo hidráulico.

Tabla 33: Tabla 38: Resultados hidráulicos para sección de puente. Fuente: Elaborado en HECRAS (2024).

| E.G. US. (m) | 47.85 | Element | Inside BR US | Inside BR DS |
|---|---|---|---|---|
| W.S. US. (m) | 47.54 | E.G. Elev (m) | 47.85 | 47.82 |
| Q Total (m3/s) | 179 | W.S. Elev (m) | 47.54 | 47.55 |
| Q Bridge (m3/s) | 179 | Crit W.S. (m) | 45.67 | 45.73 |
| Q Weir (m3/s) | | Max Chl Dpth (m) | 4.54 | 4.3 |
| Weir Sta Lft (m) | | Vel Total (m/s) | 2.49 | 2.32 |
| Weir Sta Rgt (m) | | Flow Area (m2) | 72.01 | 77.3 |
| Weir Submerg | | Froude # Chl | 0.42 | 0.4 |
| Weir Max Depth (m) | | Specif Force (m3) | 193.18 | 193.35 |
| Min El Weir Flow (m) | 49.11 | Hydr Depth (m) | 3.65 | 3.5 |
| Min El Prs (m) | 51.04 | W.P. Total (m) | 24.39 | 26.81 |
| Delta EG (m) | 0.06 | Conv. Total (m3/s) | 3705.2 | 3915.1 |
| Delta WS (m) | 0.02 | Top Width (m) | 19.7 | 22.07 |
| BR Open Area (m2) | 146.85 | Frctn Loss (m) | 0.01 | 0.03 |
| BR Open Vel (m/s) | 2.49 | C & E Loss (m) | 0.01 | 0 |
| BR Sluice Coef | | Shear Total (N/m2) | 67.58 | 59.11 |
| BR Sel Method | Energy only | Power Total (N/m s) | 168 | 136.88 |


juan.durangogr@gmail.com
juandurangogrisales@hotmail.com
3207675124

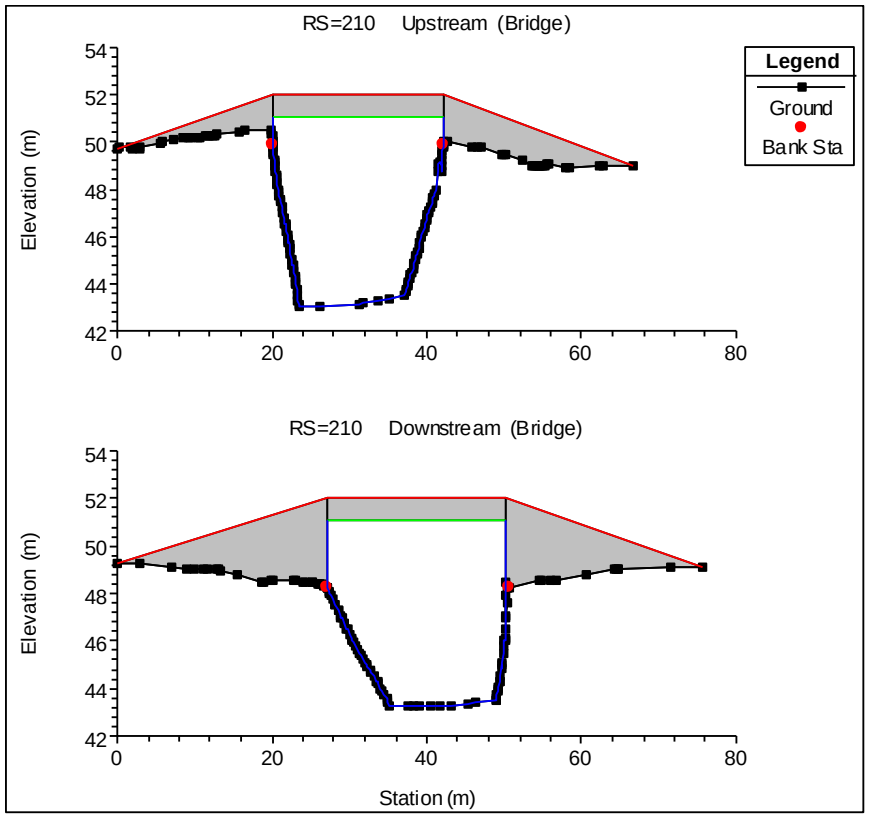



Figura 28: Sección hidráulico de puente con estribos. Fuente: Elaborado en HECRAS (2024).

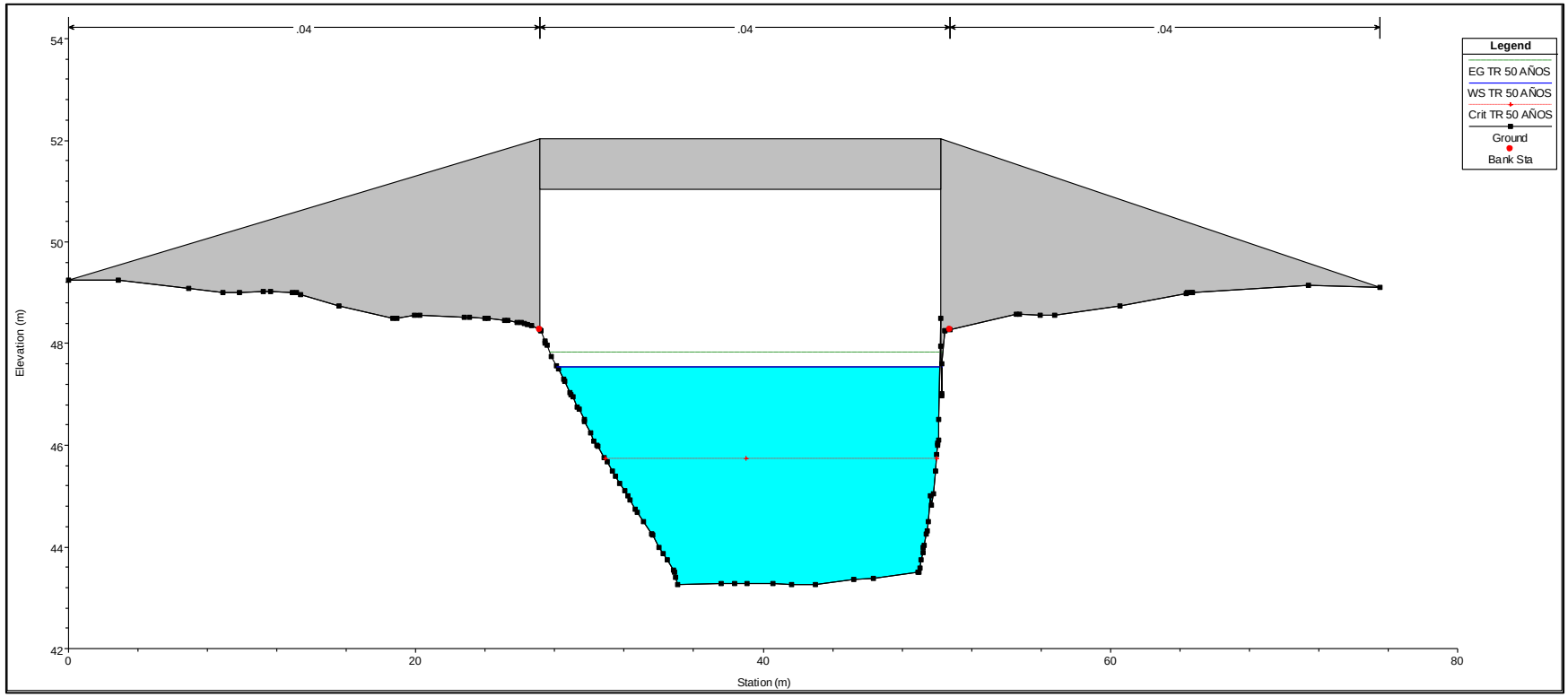
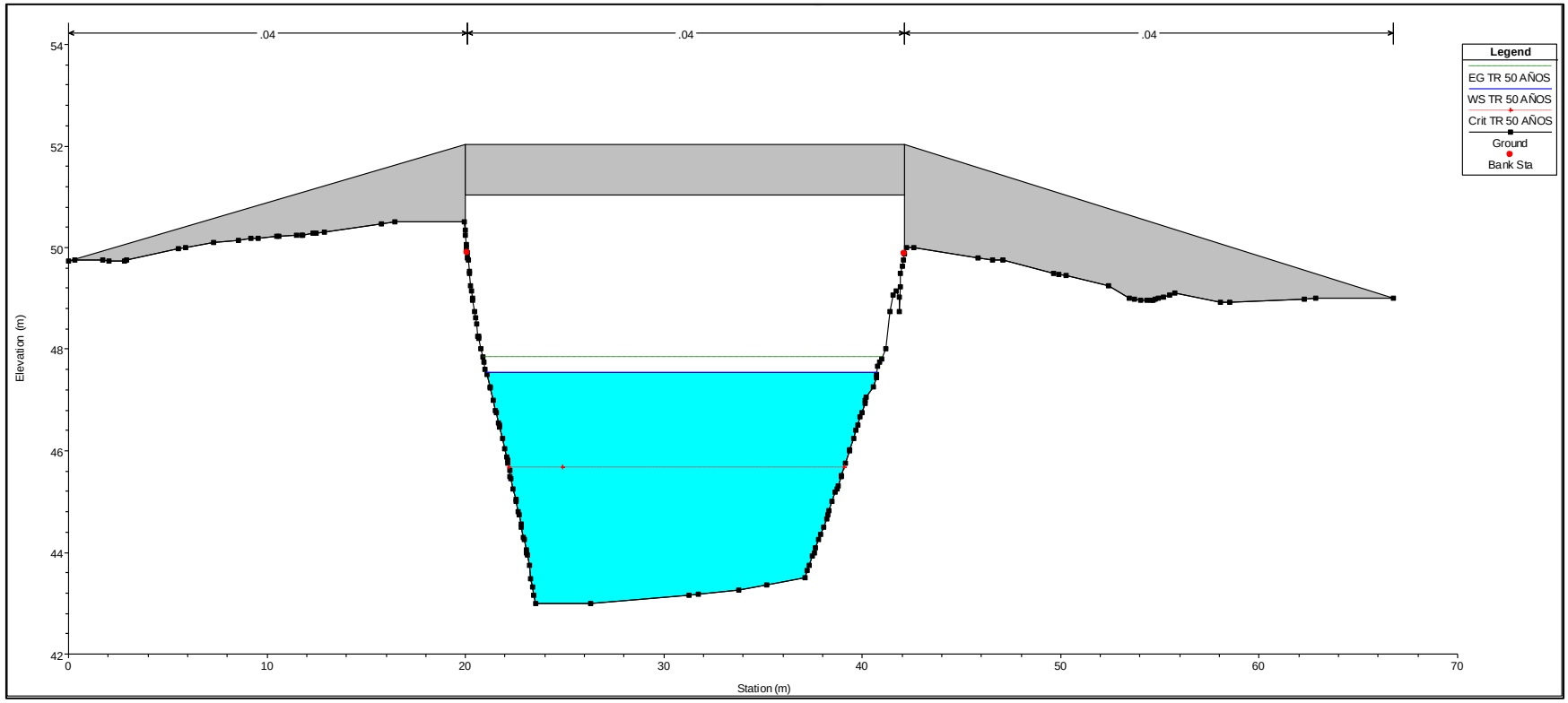



Figura 29: Sección hidráulica de puente AGUAS ABAJO. Fuente: Elaborado en HEC RAS (2024).




Ingeniero Civil
Universidad Pontificia Bolivariana

juan.durangogr@gmail.com
juandurangogrisales@hotmail.com
3207675124

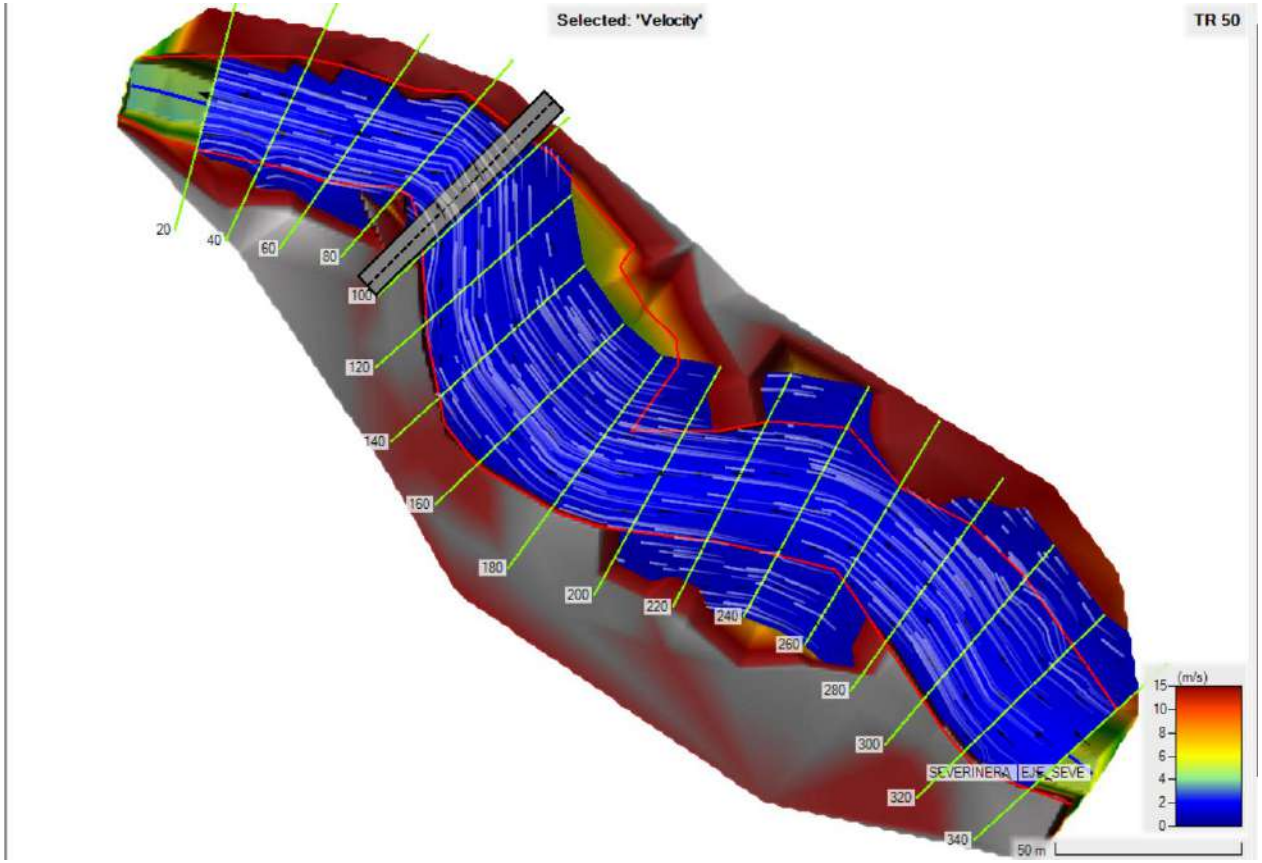



Figura 30: Modelación de velocidad en las secciones de la quebrada Severinera con puente propuesto. Fuente: Elaboración con HEC-RAS (2024).

Las simulaciones en HEC-RAS, mediante cálculos a régimen subcrítico, permitieron obtener las condiciones de flujo la quebrada Severinera en el tramo del puente. La Figura 31 muestra el perfil del río para los caudales de 50 años de período de retorno. La Figura 30 muestra mediante una vista tridimensional los niveles de agua en la quebrada Severinera para un período de retorno de 50 años. La Figura 29 muestra los niveles de agua en la sección del puente para los caudales analizados.

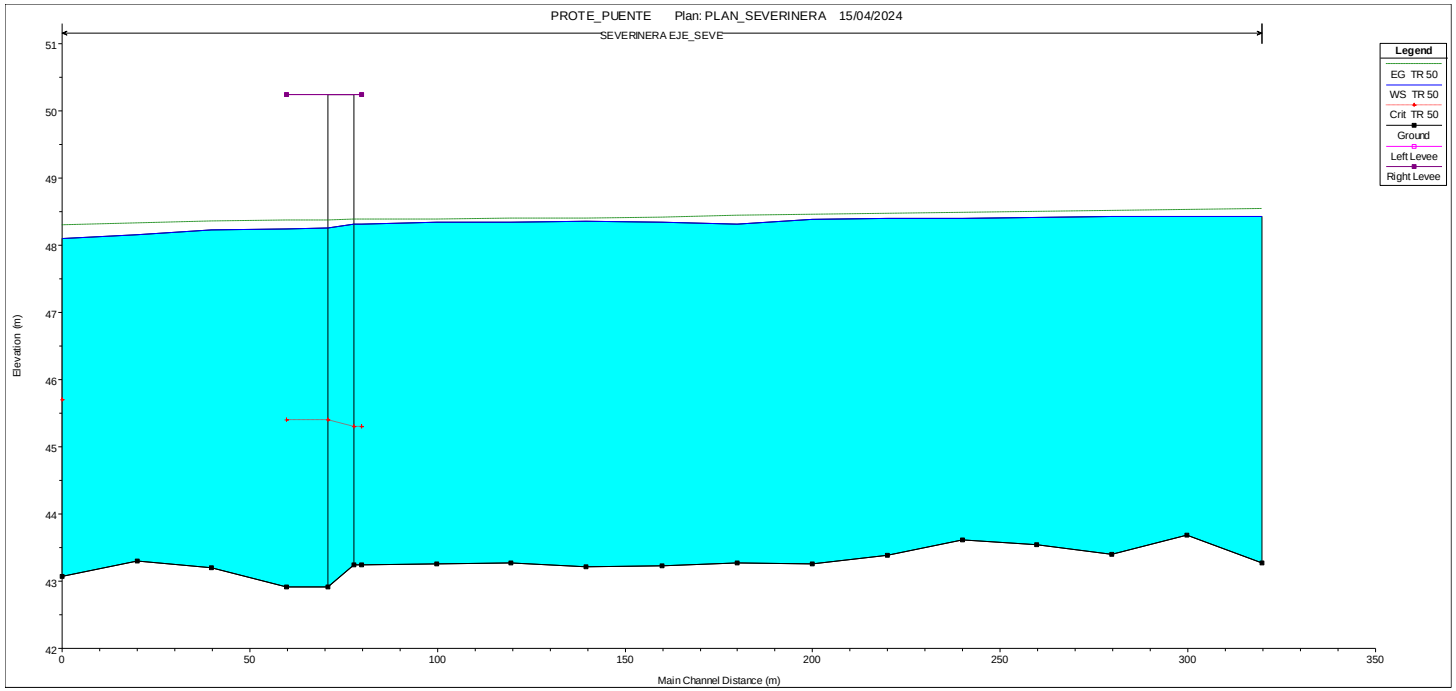



Figura 31: Perfil hidráulico de la quebrada Severinera con puente. Fuente: Elaborado en HEC RAS (2024).

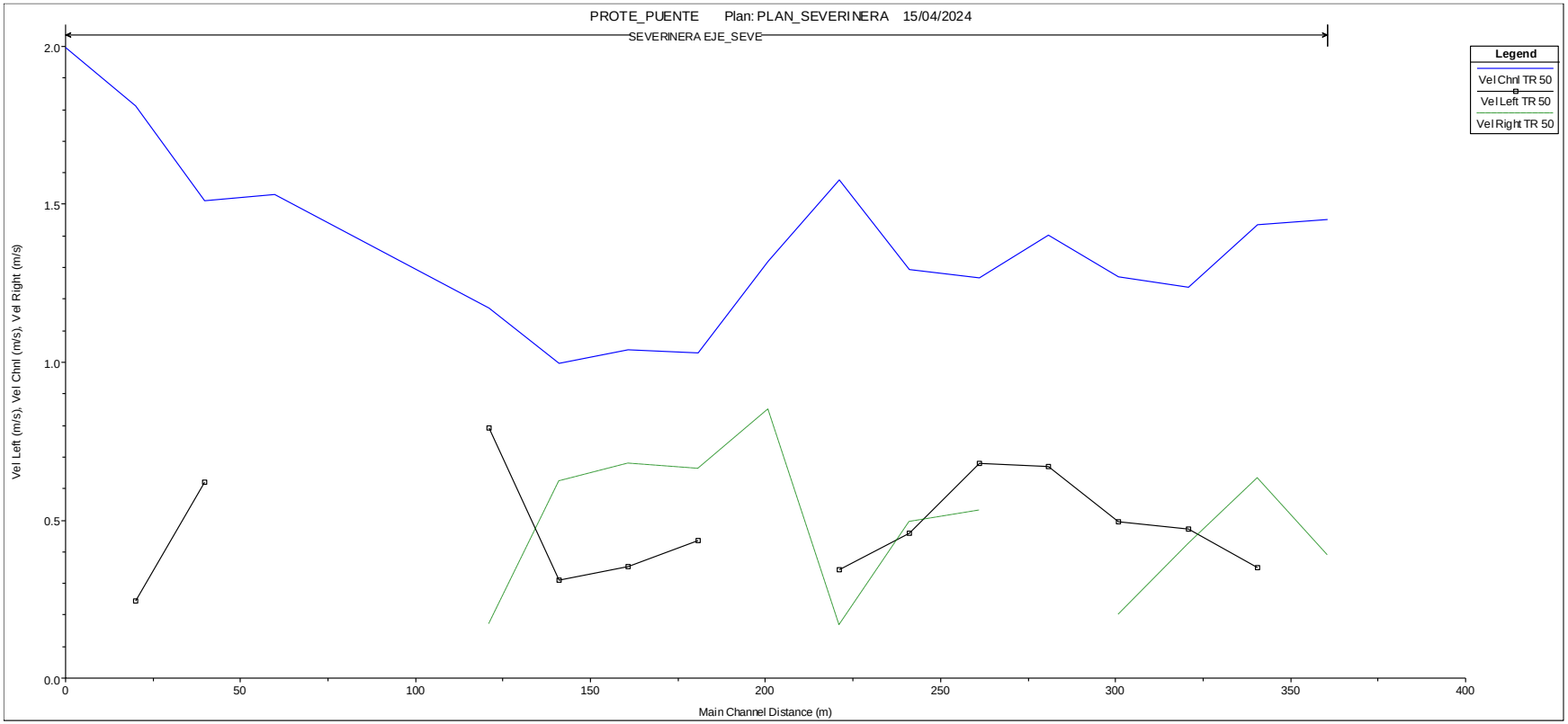



Figura 32: Distribución de velocidades en el tramo analizado de la quebrada Severinera con puente propuesto. Fuente: Elaborado en HEC RAS (2024).

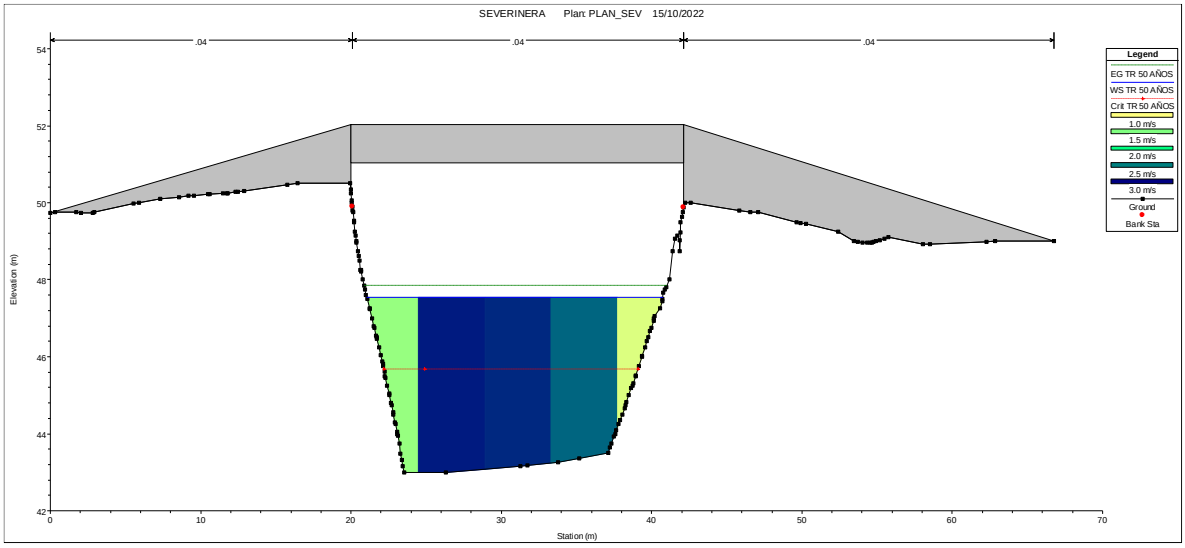



Figura 33: Distribución de velocidades en sección K0+210 del puente. Fuente: e: Elaborado en HEC RAS (2024).

A partir de las tablas y figuras anteriores se tiene una velocidad máxima 3.86 m/s, una elevación mínima de aguas de 46.33 m.s.n.m. y un nivel de aguas máximo de 48.04 m.s.n.m. Como resultado del levantamiento topográfico realizado en la zona de estudio se conoce que el nivel máximo alcanzado por la inundación corresponde una cota de 49.10 m.s.n.m, la cual fue utilizada para el análisis del puente. A partir de la cota de inundación correspondiente a campo y los resultados de la modelación hidráulica, se definen las siguientes cotas para los periodos de retorno:

Tabla 34: Evento y cota de inundación. Fuente: Elaboración propia (2024).

| EVENTO DE INUNDACIÓN | COTA (m.s.n.m.) |
|---|---|
| Cota de aguas máximas en campo | 49.10 |
| Periodo de retorno 50 años | 49.04 |
| Periodo de retorno 100 años | 50.21 |

El proceso de verificación y definición de propuesta geométrica final se llevó a cabo iterativamente, realizando simulaciones en HEC-RAS con la propuesta inicial y planteando cambios en la geometría que permitieran cumplir con los criterios del manual de drenaje para carreteras del INVIAS (2011), particularmente que el puente

cuente con una altura libre de 2.0 m entre el nivel del agua y el nivel de fondo de viga, llamado galibo. Tras los análisis iniciales, se determinó que el fondo de viga debía ubicarse sobre la cota 51.04 m.s.n.m. Los resultados de la modelación hidráulica para la propuesta final del puente se presentan en detalle en el siguiente apartado. Un resumen de las características geométricas finales del puente se muestra en la Tabla 35, las cuales describen la sección hidráulica mínima con la que debe implantarse el puente para contar con suficiente capacidad y condiciones adecuadas de flujo.

Tabla 35: Resumen de parámetros geométricos de la propuesta de puente vehicular. Fuente: Elaboración propia (2024).

| Parámetro geométrico | Valor |
|---|---|
| Luz libre estructural | 30 m |
| Taludes de sección interna | 2,0H:1,0V |
| Nivel inferior de viga | 51.04 m.s.n.m. |
| Nivel mínimo de fondo de cauce | 43.36 m.s.n.m. |
| Galibo | 2.0 m |
| Ancho mínimo de fondo de cauce | 20 m |

En la Tabla 36 se muestran los resultados obtenidos de nivel máximo de aguas extraordinarios para la sección del puente.

Tabla 36: Resumen de resultados del modelo de la quebrada Severinera en HEC-RAS para secciones cercanas al eje propuesto. Fuente: Elaboración propia (2024).

| | |
|---|---|
| **Q (m3/s)** | 179 |
| **Sección** | 210 |
| **Elevación fondo del cauce (m.s.n.m)** | 46.33 |
| **Elevación del agua (m.s.n.m)** | 48.04 |
| **Elevación línea de energía (m.s.n.m)** | 48.85 |
| **Velocidad media cauce (m/s)** | 2.5 |
| **Velocidad máxima del cauce (m/s)** | 3.85 |
| **Froude cauce** | 0.42 |

## 10. CONTROL DE EROSIÓN

Teniendo en cuenta la propuesta de solución del informe geotécnico se analizan las condiciones de velocidad del cauce. Los componentes de la solución son los siguientes:

- •Perfilado de taludes: Se realizará perfilado de taludes en las secciones hasta
- alcanzar taludes de inclinación 2H:1V.
- Muro en gaviones: Se utilizarán en los taludes con inclinaciones mayores a 2H:1V, esto es entre las abscisas K0+470 y K0+510, K0+250 a la K0+310, y de la K0+050 a la K0+090. Detrás de los gaviones se debe reemplazar el material de terreno natural por material granular.
- Revestimiento en colchagavión: Se utilizará en todo el tramo de análisis con taludes de inclinaciones de 2H:1V, anclados al terreno natural a través de contrafuertes correspondientes a una hilera de gaviones de 1.00X1.00X1.00 m.
- Dique sumergido en roca suelta: Se utilizará en todo el tramo de análisis y servirá para darle estabilidad al revestimiento en colchagavión en el pie del talud y para rellenar el fondo del cauce frente a los procesos de socavación.
- Se propone perfilar el terreno a la menor pendiente posible y revestirlo con un manto de colchagavión o geoestera de fácil acomodación al terreno, es importante que este recubrimiento cubra en al menos un metro el enrocado conformado entre la estructura inferior y el terreno natural.
- Con respecto a la socavación en el fondo se considera conveniente conformar un enrocado para llenar estas oquedades, tanto aguas abajo como arriba, hasta formar una superficie uniforme a la cota de los bordes que se mantuvieron sin hundirse. Para estos enrocados; el del fondo y alrededor de las pilas se recomienda que el tamaño predominante, 70%, sea mayor a 40 cm y el 30% restante sea con material más pequeño para reducir los espacios intersticiales y lograr así un enrocado con una rugosidad adecuada para que no genere grandes perturbaciones en el flujo pero que si logre disminuir su

energía y, por lo tanto, su capacidad erosiva.

Se selecciona una alternativa combinada (mano anti-socavación + hydrotube + colchacreto) la cual ofrece mayor resistencia y durabilidad en el tiempo, dado que una vez degrada la formaleta del Colchacreto, el mismo queda como recubrimiento de los Hydrotube. Se presentan las justificaciones de selección.

- Colchacreto y Hydrotube ofrecen una mayor flexibilidad y adaptabilidad a las irregularidades del terreno y a las fluctuaciones hidráulicas del río. Esto es especialmente importante en entornos fluviales donde el terreno puede ser variado y las condiciones hidráulicas pueden cambiar con el tiempo.
- A menudo, la instalación de gaviones implica la extracción y transporte de grandes cantidades de roca, lo que puede tener un impacto ambiental significativo. Por otro lado, Colchacreto y Hydrotube suelen requerir menos material de relleno y pueden ser instalados con menos perturbación del entorno natural.
- Colchacreto y Hydrotube ofrecen una mayor resistencia a la erosión que los gaviones. La combinación de concreto proyectado y geotextiles en Colchacreto y la estructura tubular flexible de Hydrotube proporcionan una protección más efectiva contra el desgaste causado por la acción del agua y los sedimentos. Hidráulicamente disminuye en mayor porcentaje la velocidad del golpe sobre la orilla en mención comparado con los gaviones tradicionales.
- Debido a su mayor resistencia a la erosión y su capacidad para adaptarse a las condiciones cambiantes del río, Colchacreto y Hydrotube suelen requerir menos mantenimiento a largo plazo en comparación con los gaviones. Esto puede resultar en ahorros significativos en costos y esfuerzos de mantenimiento a lo largo de la vida útil de la estructura de protección de la ladera.
- Colchacreto y Hydrotube ofrecen opciones de diseño más flexibles y pueden integrarse más fácilmente en el entorno natural, lo que puede ser especialmente importante en áreas del paisaje fluvial.

- El manto anti-socavación es necesario para disminuir los efectos de arrastre de solidos o material granular del fondo o de la talud por el mismo tránsito del caudal, siendo esta una geomembrana que impide el paso del agua y el contacto de esta sobre el material de terreno natural, de igual forma se garantiza la estabilidad del talud o ladera donde se situaran las estructuras de defensa ribereña como el Colchacreto y el Hydrotube.

En resumen, la elección de Colchacreto y Hydrotube sobre los gaviones en roca para la protección de laderas en ríos se basa en su mayor flexibilidad, menor impacto ambiental, mayor resistencia a la erosión, menor necesidad de mantenimiento a largo plazo. Estos aspectos hacen que estas soluciones sean más efectivas y sostenibles en muchos contextos fluviales. Es de aclarar que las soluciones antes mencionadas funcionan en conjunto, es decir la suma de las 3 garantiza disminución de la velocidad, de la erosión y de la socavación.

## 11. ANÁLISIS DE LAS VELOCIDADES MÁXIMAS PERMISIBLES SEGÚN EL MATERIAL DE LA SOLUCIÓN PROPUESTA.

La velocidad máxima permisible es la mayor velocidad que no causara arrastre de material ubicado en el fondo del cauce. A continuación, se presentan las velocidades máximas permisibles:

Tabla 37: Velocidades medias permisibles en suelos sueltos. Fuente. Hidrología e hidráulica, Ingeniero Bernardo Diaz.

| Suelo | Diámetro de partículas (mm) | Velocidades medias en (m/s) en función de la altura media de la corriente (m) | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | 0.4 | 1 | 2 | 3 |
| **1. Limos** | 0.005 - 0.05 | 0.12 - 0.17 | 0.15 - 0.21 | 0.17 - 0.24 | 0.19 - 0.26 |
| **2. Arenas** | | | | | |
| **a) Fina** | 0.05 - 0.25 | 0.17 - 0.27 | 0.21 - 0.32 | 0.24 - 0.37 | 0.26 - 0.40 |
| **b) Media** | 0.25 - 1.00 | 0.27 - 0.47 | 0.32 - 0.57 | 0.37 - 0.65 | 0.40 - 0.70 |
| **c) Gruesa** | 1.00 - 2.50 | 0.47 - 0.53 | 0.57 - 0.65 | 0.65 - 0.75 | 0.70 - 0.80 |
| **3. Grava** | | | | | |
| **a) Fina** | 0.5 - 5.00 | 0.53 - 0.65 | 0.65 - 0.80 | 0.75 - 0.90 | 0.80 - 0.95 |
| | 5.00 - 10.00 | 0.65 - 0.80 | 0.80 - 1.00 | 0.90 - 1.10 | 0.95 - 1.20 |
| **b) Media** | 10.00 - 15.00 | 0.80 - 0.95 | 1.00 - 1.20 | 1.10 - 1.30 | 1.20 - 1.40 |
| | 15.00 - 25.00 | 0.95 - 1.20 | 1.20 - 1.40 | 1.30 - 1.60 | 1.40 - 1.80 |
| **c) Gruesa** | 25.00 - 40.00 | 1.20 - 1.50 | 1.40 - 1.80 | 1.60 - 2.10 | 1.80 - 2.20 |
| | **40.00 -75.00** | 1.50 - 2.00 | 1.80 - 2.40 | 2.10 - 2.80 | **2.20 - 3.00** |
| | 75.00 - 100.00 | 2.00 - 2.30 | 2.40 - 2.80 | 2.80 - 3.20 | 3.00 - 3.40 |
| | 100.00 - 150.00 | 2.30 - 2.80 | 2.80 - 3.40 | 3.20 - 3.90 | 3.40 - 4.20 |
| | 150.00 - 200.00 | 2.80 - 3.20 | 3.40 - 3.90 | 3.90 - 4.50 | 4.20 - 4.90 |
| | 200 | 3.2 | 3.9 | 4.5 | 4.9 |

Teniendo en cuenta el dique sumergido en roca suelta del informe geotécnico con diámetro entre 0.15 y 0.75 m para el material rocoso, la velocidad permisible para no general arrastre de este material seria de 3.86 m/s, lo cual se cumple debido a que la velocidad máxima que se presenta en el tramo del punto crítico es de 2.36 m/s. Las velocidades varían entre 1.45 y 2.36 m/s para el periodo de retorno de 50 años en el tramo del proyecto en condiciones proyectadas.

## 12. SOCAVACIÓN DEL CAUCE

De acuerdo con la American Society of Civil Engineerring (ASCE), la socavación es la acción erosiva del agua de una corriente, que excava y transporta el suelo de los lechos y de las márgenes. La socavación puede tener lugar tanto en suelos sueltos como en roca sólida. La ocurrencia de crecientes extremas conduce a los procesos de socavación general en cauces y local alrededor de pilas y estribos que, sumados a factores de índole hidráulica y geotécnica e inadecuadamente analizados, se convierten en las causas más comunes de falla de los puentes. Este es un fenómeno natural que ocurre en las corrientes aluviales, pero no se limita de ninguna manera a tales corrientes, en virtud de que el desplazamiento del lecho del cauce y del terreno en las márgenes por procesos de socavación es un fenómeno que puede encontrarse en todo tipo de corrientes. Establecer la permanencia y estabilidad de la sección del cauce cuando es sometida a los procesos erosivos generados por la corriente que transporta agua y sedimentos por debajo y alrededor de pilas y estribos, es de gran importancia cuando se trata de determinar las condiciones para el diseño de las cimentaciones de una estructura de paso, dicha estructura debe resistir las fuerzas de arrastre generadas durante los eventos extraordinarios. En los análisis de socavación general y local, ya sea en puentes o en obras hidráulicas menores, el proyectista deberá tener un conocimiento integral de los aspectos hidrológicos, hidráulicos, geotécnicos y topográficos del sitio en estudio. Por tal razón, resultan de gran importancia estos estudios y el nivel de análisis de la información primaria y secundaria recopilada durante la etapa previa de ellos. Por otro lado, la evaluación de la socavación en puentes y, en general, en estructuras hidráulicas, es un tema sobre el que no se ha dicho la última palabra, por lo que aún se trabaja en el desarrollo de metodologías para determinar la profundidad de socavación al presentarse una creciente. En general, las diferentes ecuaciones propuestas para el cálculo de la socavación son el resultado de investigaciones de laboratorio con limitada verificación en campo, razón por la cual la profundidad de socavación calculada puede diferir entre un autor y otro.

La socavación que se produce en un río no puede ser calculada con exactitud, solo estimada, muchos factores intervienen en la ocurrencia de este fenómeno, tales como:

- ✓ El caudal.
- ✓ Tamaño y conformación del material del cauce.
- ✓ Cantidad de transporte de sólidos.

En un puente, la socavación total potencial se puede subdividir en tres componentes principales (FHWA 2001, Hamill 1999, Julien 2002, García 2007, Leopold et.al., 1995, entre otros):

- ✓ • Socavación general a largo plazo
- ✓ • Socavación general en el puente (socavación por contracción)
- ✓ • Socavación local en pilas o estribos

Estos tres aspectos de la socavación son aditivos, por lo que los tres componentes se deben calcular para cada puente y su suma será la socavación potencial total esperada en cada sitio. Adicionalmente a estos factores, la posibilidad de migración lateral del curso de agua debe analizarse con el fin de tener un panorama completo sobre la estabilidad del sitio donde se erigirá el puente (FHWA, 2001).

Cuando en el cauce de un río existen materiales aluviales que pueden ser transportados por el flujo, se pueden identificar dos condiciones en las que puede ocurrir la socavación: socavación de aguas claras y socavación de lecho vivo. Esta división se basa en la relación entre la velocidad del flujo aguas arriba de la sección aguas arriba (v) y la velocidad crítica de transporte de los sedimentos presentes en la sección (vc). Si la velocidad del flujo es mayor que la velocidad crítica para transporte (v>vc), existe un movimiento generalizado de material del lecho, condición denominada de lecho vivo. En ese caso el flujo de aproximación trae consigo un suministro continuo de sedimento hacia la zona de socavación, la cual es causada no por el movimiento del material por el fondo sino por la existencia de contracciones u obstrucciones al flujo (Hamill, 1999).

Si por el contrario la velocidad del flujo es menor que la velocidad crítica (v<vc) el material del lecho está en reposo y la condición se denomina de aguas claras. En este caso cualquier material removido por efecto de la socavación no va a ser reemplazado por material proveniente de aguas arriba, y por lo tanto se alcanzará un nivel de socavación tal que la profundidad socavada reduzca la velocidad y el proceso de erosión se detenga (Hamill, 1999). Esta condición se puede presentar en ríos con materiales gruesos con transporte por el fondo reducido, en cauces con acorazamiento y en cauces de baja pendiente (García, 2007).

En la Figura 34 se muestra esquemáticamente la relevancia de uno u otro tipo de socavación en función de la evolución de la profundidad socavada: en condiciones de aguas claras el proceso tiende a ser más lento, pero a alcanzar una profundidad mayor; en las condiciones de lecho vivo el proceso es más rápido y va a experimentar fluctuaciones importantes en el tiempo, que pueden llegar a ser mayores a las condiciones de aguas claras.

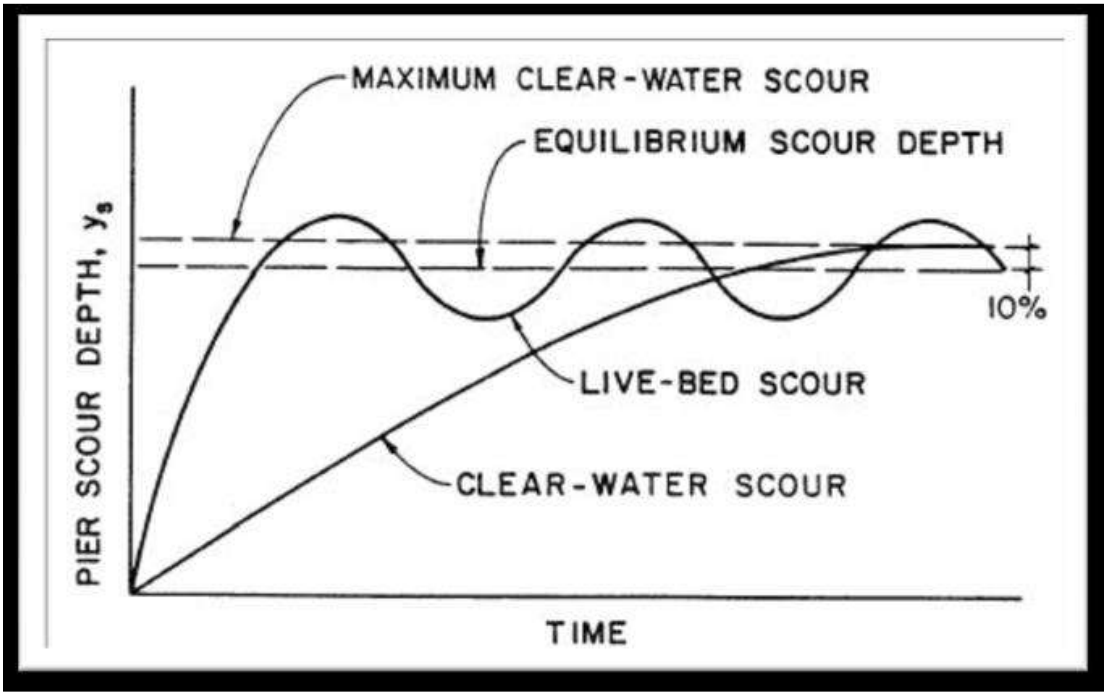



Figura 34: Representación esquemática de la evolución en el tiempo de la socavación en una pila de puente, para condiciones de aguas claras y lecho vivo. Fuente: FHWA, (2001).

## 12.1 SOCAVACIÓN GENERAL A LARGO PLAZO

El término degradación se refiere a la pérdida de material en un tramo de río, mientras que agradación se refiere al aumento del lecho del cauce producto de la depositación de sedimentos. Ambos procesos son fenómenos que ocurren en tramos largos de los ríos y en lapsos de tiempo relativamente extensos, por lo que no son efectos locales ni inmediatos. Pueden ser producto de procesos naturales o de cambios producidos por actividades humanas en los ríos. Extracción de agua, construcción de una presa, extracción de material de los cauces de los ríos, rectificación de cauces pueden ser algunas de las causas antropogénicas de la degradación o agradación a largo plazo.

La ruptura del equilibrio entre el caudal sólido, el caudal líquido y el tamaño de partícula en un cauce causan ajustes en la pendiente longitudinal del mismo, los cuales se manifiestan en cambios en los procesos de transporte y por lo tanto en la erosión y depositación de material en el fondo del cauce.

En el análisis de socavación total un puente, la socavación de largo plazo producto de estos cambios en la morfología del cauce debe ser evaluada y considerada. Si existen actividades que afecten o puedan llegar a afectar el equilibrio longitudinal del cauce deberá determinarse su magnitud y potencial impacto para decidir si es necesario realizar estudios geomorfológicos para sumar a la socavación general y local el efecto de la degradación.

## 12.2 SOCAVACIÓN GENERAL POR CONTRACCIÓN

La socavación general es un proceso mediante el cual el cauce se profundiza debido a la remoción de material de fondo producto del aumento de la velocidad ante la ocurrencia de una contracción en el flujo. Estas condiciones de flujo pueden ser naturales (e.g. contracción natural, flujos secundarios debidos a una curva) o puede ser el resultado de la contracción que implica la construcción de un puente o de sus estribos de aproximación.

La socavación por contracción en sitios de puentes puede dividirse en cuatro condiciones o casos, dependiendo del tipo de contracción, y si hay flujo sobre los bancos. Para todos estos casos, la socavación por contracción puede evaluarse con dos ecuaciones básicas: socavación de lecho vivo, y socavación de aguas claras.

Para el cálculo de la socavación por contracción en condiciones de lecho vivo se recomienda el uso de la ecuación modificada de Laursen (García, 2007) que con ciertas consideraciones se puede escribir como:

$$\frac{y_2}{y_1} = \left(\frac{Q_2}{Q_1}\right)^{6/7} \left(\frac{W_1}{W_2}\right)^{k_1}$$

$$y_s = y_2 - y_0$$

Donde ys es la profundidad media de socavación (m), y1 es profundidad media aguas arriba de la sección contraída (m), y2 es la profundidad media en la sección contraída, después de la socavación (m), y0 es la profundidad media en la sección contraída, antes de la socavación (m), Q1 es el caudal aguas arriba en el canal principal y que transporta sedimentos (m3/s), Q2 es el caudal en sección contraída (m3/s), W1 es el ancho del fondo del canal principal aguas arriba (m), W2 es el ancho del canal principal en la sección contraída menos ancho de las pilas (m), k1 es el exponente que depende de las condiciones de arrastre de fondo y que varía entre 0,59 y 0,69.

## 12.3 RESULTADOS DEL CÁLCULO DE SOCAVACIÓN

La metodología que se utilizó fue la propuesta por el INVIAS (2011); las ecuaciones que se presentan a continuación son una guía para estimar la geometría hidráulica del cauce de un río. Las mismas están en función del material granular del cauce.

| SOCAVACIÓN GENERAL (A LARGO PLAZO) | | |
|---|---|---|
| **AUTOR** | **ECUACIÓN** | **OBSERVACIONES** |
| *Lacey (1930)* | $h_{ms} = 0{,}389 \left(\frac{Q^{1/3}}{d_m{}^{1/6}}\right)$ | |
| *Blench (1969)* | Para arenas de 0,06mm<d50<2mm $h_{ms} = 1{,}200 \left(\frac{q^{2/3}}{d_{50}{}^{1/6}}\right)$ | Basado en estudios de ríos de grava gruesa |
| | Para arenas de d50>2mm $h_{ms} = 1{,}230 \left(\frac{q^{2/3}}{d_{50}{}^{1/12}}\right)$ | |
| *Maza & Echavarría (1973)* | $h_{ms} = 0{,}365 \left(\frac{Q^{0{,}784}}{B^{0{,}784} d_{50}{}^{0{,}157}}\right)$ | Basado en alcances de varios autores, incluyendo estudios en Sudamérica $d_{50}$ en (m) |
| *Lischtvan & Levediev (-)* | $h_{ms} = 0{,}333 \left(\frac{q^{0{,}710}}{d_{50}{}^{0{,}199}}\right)$ | Válido para el rango de las arenas $d_{50}$ en (m) |
| *Kellerhals (-)* | $h_{ms} = 0{,}470 \left(\frac{q^{0{,}800}}{d_{90}{}^{0{,}120}}\right)$ | Válido para lechos de grava $d_{90}$ en (m) |

Figura 35: Ecuaciones para el cálculo de la socavación general a largo plazo en cauces naturales.

Fuente: Toapaxi (2015).

| SOCAVACIÓN LOCAL EN ESTRECHAMIENTOS | | |
|---|---|---|
| **AUTOR** | **ECUACIÓN** | **OBSERVACIONES** |
| *Laursen (1958, 1960, 1962, 1963)* | $\frac{y_2}{y_1} = \left(\frac{W_1}{W_2}\right)^{k_1}$ | **Socavación en Lecho Móvil** $Q_2=Q_{1m}$ (contracción cercana al canal principal) $n_1=n_2$ (Coeficiente de rugosidad de Manning) $k_1 = 0{,}59$ para $u^*/w < 0{,}5$ $k_1 = 0{,}64$ para $0{,}5 < u^*/w < 2$ $k_1 = 0{,}69$ para $u^*/w > 2$ |
| | $\frac{y_2}{y_1} = \left(\frac{W_1}{W_2}\right)^{6/7} \left(\frac{V_1{}^2}{36\, y_1{}^{1/3} d_{50}{}^{2/3}}\right)^{3/7}$ | **Socavación en Agua Clara** Unidades en S.I. |
| *Parker (1985)* | $\frac{y_2}{y_1} = \left(\frac{W_1}{W_2}\right)^{k_4}$ | **Socavación en Lecho Móvil** Cauces de grava, no considera el acorazamiento (conservadora) $k_4$ varia entre 0,675 a 0,825 |
| *Richardson& Davis (1995)* | $\frac{y_2}{y_1} = \left(\frac{Q_1}{Q_{1m}}\right)^{6/7} \left(\frac{W_1}{W_2}\right)^{k_1}$ | **Socavación en Lecho Móvil** basada en estudios anteriores incluyendo la ecuación de Laursen (1960) |
| *Richardson& Davis (1995)/ HEC-18* | $y_2 = 1{,}48 \left(\frac{Q_2}{d_m{}^{1/3} W_2}\right)^{6/7}$ | **Socavación en Agua Clara** |

Figura 36: Ecuaciones recomendadas para el cálculo de la socavación local en estrechamientos.

Fuente: Toapaxi (2015).

| SOCAVACIÓN LOCAL EN ESTRIBOS | | |
|---|---|---|
| **AUTOR** | **ECUACIÓN** | **OBSERVACIONES** |
| *Liu et al. (1961)* | $\frac{d_s}{L} = 1{,}10 \left(\frac{y}{L}\right)^{0.6} Fr^{0.33}$ | Aplicable para **lecho móvil** en estribos en contrafuerte a lo largo del río. |
| | $\frac{d_s}{L} = 2{,}15 \left(\frac{y}{L}\right)^{0.6} Fr^{0.33}$ | Aplicable para **lecho móvil** en estribos en pared vertical y estribos con aleta. |
| *Laursen (1962)* | $\frac{d_s}{L} \approx 1{,}57 \left(\frac{y}{L}\right)^{0.5}$ | Se aplica en **lecho móvil** en un estribo situado en el cauce principal. |
| *Laursen (1963)* | $\frac{d_s}{L} \approx 1{,}89 \left(\frac{y}{L}\right)^{0.5}$ | Válido en condiciones de umbral del movimiento. Se aplica para **agua clara** en un estribo situado en el cauce principal. |
| *Frochlich (1989a)/ HEC-18* | **Para lecho móvil o agua clara:** $\frac{d_s}{L} = 2{,}27 K_s K_\theta \left(\frac{y_a}{L}\right)^{0.57} Fr^{0.61}$ Fr=Vc/(g ya)0,5; Vc=Qc/Ac Qc=Caudal obstruido por el estribo y terraplén; Ac= Área mojada correspondiente a Qc | |
| *Melville. (1992)* | $\frac{d_s}{L} = K_y K_s K_d K_G K_\theta K_I$ | $ds_{max} = 2L$ L/y<1<br>$ds_{max} = 2(yL)^{0.5}$ 1<L/y<25<br>$ds_{max} = 10y$ L/y>25 |
| *Richardson & Davis (1995)* | $\frac{d_s}{L} = 7{,}27 K_s K_\theta \left(\frac{y_a}{L}\right) Fr^{0.33}$ | Aplicable para L/y>25 |
| *Melville (1997)* | En condiciones de umbral de movimiento, para **agua clara** o **lecho móvil** $d_s = K_{yL} K_s K_d K_I K_\theta K_G$ | $K_{yL} = 2L$ L/y<1<br>$K_{yL} = 2(yL)^{0.5}$ 1<L/y<25<br>$K_{yL} = 10y$ L/y>25 |

Figura 37: Ecuaciones recomendadas para el cálculo de la socavación local en estribos. Fuente: Toapaxi (2015).

Se analizaron las condiciones de socavación en el sitio de interés, dadas las condiciones geométricas del cauce y las condiciones hidráulicas del flujo para las crecientes de hasta 50 años de período de retorno. Los cálculos de socavación se realizaron utilizando las fórmulas de materiales no cohesivos, detalladas en el apartado anterior. A continuación, se comentan los resultados de este análisis, cuyo resumen se muestra en la Tabla 38.

Tabla 38: Cálculos de socavación para sección propuesta. Fuente: Elaboración propia (2024).

| | | |
|---|---|---|
| Tr | 50 | años |
| Q | 179 | m3/s |
| D50 | 0.00008 | m |
| Dm | 0.0001 | m |
| Be | 40 | m |
| q | 4.48 | m3/s/m |
| A | 72.01 | m2 |
| D50 | 0.08 | mm |
| Dm | 0.1 | mm |
| **Lacey** | | |
| Ys | 10.17576991 | m |
| Socavación | 2.6 | m |
| **Blench** | | |
| Ys | 4.122648476 | m |
| Socavación | 0.55 | m |
| **Lischtvan & Levediev** | | |
| Ys | 2.306557856 | m |
| Socavación | 0.28 | m |
| **Lischtvan & Levediev INVIAS** | | |
| Yo | 2.58 | m |
| Ym | 2.09 | m |
| alfa | 1.310 | |
| beta | 1.174 | |
| Vc | 0.312 | m/s |
| Vm | 2.486 | m/s |
| Chequeo | LIVE BED | |
| miu | 0.975 | |
| phi | 1 | CLEAR WATER |
| phi | 2.231169 | LIVE BED |
| Y arena | 1.83 | Tn/m3 |
| Z | 0.426947 | |
| Ys | 3.901806814 | m |

| | | |
|---|---|---|
| Socavación | 0.33 | m |
| **Maza-Alvarez INVIAS** | | |
| D84 | 0.055 | m |
| Ys | 2.093650427 | m |
| Socavación | 0.49 | m |
| **Maza-Echevarría** | | |
| Ys | 2.196721938 | m |
| Socavación | 0.39 | m |
| **Kellerhals** | | |
| Ys | 2.126791608 | m |
| D90 | 0.075 | |
| Socavación | 0.46 | m |
| | | |
| **Socavación promedio** | **3.63** | **m** |
| Estribos | | |
| **Froehlich** | | |
| K1 | 1 | |
| θ | 90 | ° |
| K2 | 1 | |
| L' | 5 | m |
| Ya | 3.27 | m |
| Fr | 0.24 | |
| Ys | 4.73081776 | m |
| Socavación | 2.16 | m |
| **Socavación total** | **5.79** | **m** |
| COTA MÍNIMA DEL FONDO DEL CAUCE | 43.36 | m.s.n.m. |
| COTA MÁXIMA DEL FONDO SOCAVADO | 37.57 | m.s.n.m. |
| COTA MÍMIMA DE LA VIGA | 51.04 | m.s.n.m. |
| GALIBO | 2 | m |
| COTA DE NIVEL DE AGUAS MÁXIMAS EXTRAORDINARIAS | 49.04 | m.s.n.m. |
| LUZ | 30 | m |
| ANCHO DEL TABLERO | 6 | m |

La socavación general del cauce se calcula por acción de la velocidad del fluido en la sección del cauce; los estribos del puente se ubicarán fuera de la sección del cauce por lo cual no generara en gran medida afectación por la socavación, quedando así de igual forma calculada en la tabla anterior.

## 13. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

De acuerdo con el análisis realizado, es posible concluir lo siguiente:

- El área de drenaje de la quebrada Severinera hasta el sitio de interés se calculó en 22.57 Km2, la cual se obtuvo empleando el MDE del IGAC en su versión 2020.
- El caudal de escorrentía generado por esta área para el periodo de retorno de diseño, es decir, 50 años, es de 179 m3/s.
- El dimensionamiento del puente se realiza teniendo en cuenta el nivel de aguas máximas obtenida para un periodo de retorno de 50 años, este nivel presenta una cota de 49.04 msnm.
- La parte inferior de la viga del puente deberá estar ubicada 2.00 m por encima del nivel de aguas máximas, es decir, en la cota 51.04 msnm.
- Se proyecta un puente de 30 m de longitud cuya altura con respecto al fondo de la quebrada será de 7.68 m.
- La socavación máxima esperada para la sección sobre la cual se proyecta el puente es de 5.79 m
- El puente se construirá sobre estribos y no sobre pilas; los estribos estarán apoyados sobre pilotes y la socavación estimada incluye el cálculo por socavación general, por contracción y por estribos.

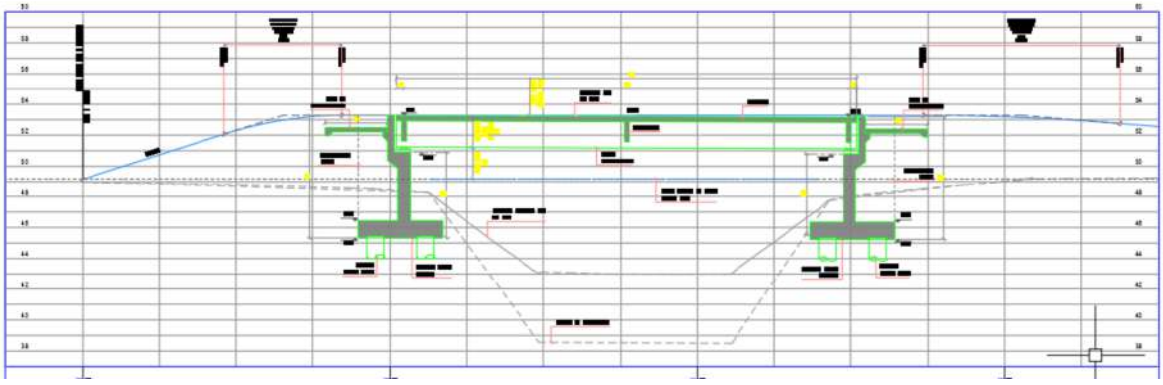


Figura 38 : Diseño estructural de puente. Fuente: Equipo estructural (2024).

- Se debe realizar una limpieza del fondo del cauce con el fin de retirar los escombros y residuos de estructuras antiguas que afectan el régimen del flujo de la quebrada.
- La abscisa K0+210 mencionada en el informe corresponde a la abscisa K0+270 del levantamiento topográfico inicial. Es de aclarar que la primera abscisa hace referencia al modelo hidráulica de HEC-RAS.
- Se recomienda la construcción de un revestimiento como mecanismo de protección del fondo y de la ribera del puente, este apartado deberá ser desarrollado en el estudio geotécnico para la construcción del puente.

Las recomendaciones planteadas en el presente estudio se basan en los resultados de las investigaciones de campo, y en los análisis de ingeniería anteriormente descritos. Si durante la construcción del proyecto llegaran a presentarse condiciones diferentes a las enunciadas y asumidas como típicas, o surgiese cualquier dificultad imprevista, está situación deberá ser informada oportunamente a fin de realizar los ajustes y evaluaciones pertinentes.



***Juan Francisco Durango Grisales***
*C.C. No. 1.067.939.423 de Tierralta*
*Ingeniero Civil – UPB*
*Magister en Recursos Hídricos - UABC*

## 14. REFERENCIAS

Aparicio, F. (1992). Fundamentos de hidrología de superficie. (G. N. Editores, Ed.) México DF: Limusa.

IDEAM. (2011). Diagnóstico situación de riesgos hidrometereológicos en Colombia y avances en la zonificación de riesgos.

IDEAM INSTITUCIONAL. (s.f.). Obtenido de http://institucional.ideam.gov.co.

IGAC. (2008). Atlas Básico de Colombia. Bogotá, Colombia.

IGAC, IDEAM, DANE. (2011). Reporte final de áreas afectadas por inundaciones 2010-2011.

Imirland. (2007). "Revelant criteria to assess vulnerability and risk". Torino, Italia.

Leone, F. (1996). Concept de vulnerabilite applique a l'evaluation des risques generes par les phenomenes de mouvements de terrain. Tesis doctoral, Universite Joseph Fourier.

Monsalve, G. (1995). Hidrología en la ingeniería. Bogotá: Escuela Colombiana de Ingeniería.

PNUD, SNGR. (2012). Metodología para el análisis de vulnerabilidad a nivel municipal. Ecuador.

Rodriguez Diaz, H. A. (2013). Drenaje urbano. Elementos de diseño. Bogotá: Escuela Colombiana de Ingeniería.

Suárez Díaz, J. (2001). Control de erosión en zonas tropicales. Bucaramanga: Universidad Industrial de Santander.

Suarez, J. (2001). Control de Erosión en zonas tropicales. Bucaramanga - Colombia:

División Editorial y de Publicaciones UIS.

VEN TE CHOW. (1959). Open Chanels Hydraulics. McGraw Hill.

# NP5- PAVIMENTO DE CONCRETO HIDRAULICO MR40

Montería, 2 de agosto del 2024

**INGENIERO**
**JUAN E. VILLALOBOS**
**Director de interventoría**
**CONSORCIO VIAL NACIONAL**

**REF.** CONTRATO DE OBRA PÚBLICA NO LP-NO.013-2022 - CONSTRUCCIÓN DE UN PUENTE VEHICULAR SOBRE LA QUEBRADA SEVERINERA EN LA VÍA QUE COMUNICA A LOS MUNICIPIOS DE PLANETA RICA Y TIERRALTA, DEPARTAMENTO DE CÓRDOBA, EN EL MARCO DEL CONVENIO INTERADMINISTRATIVO NO. 1961 DE FECHA 12 DE NOVIEMBRE DE 2021.

**ASUNTO:** JUSTIFICACION SOLICITUD ITEM NO PREVISTO – NP5- PAVIMENTO DE CONCRETO HIDRAULICO MR40

**JUSTIFICACION TECNICA**

1. De acuerdo al diseño hidráulico y geotécnico aprobado mediante oficio No CVN-420-2022 del 3 de mayo del 2023, la interventoría da el aval de cumplimiento a la revisión de estudio y diseño del pavimento en concreto hidraulico MR40, con la siguiente estructura

| | |
|---|---|
| Losa de Concreto | 0.16 m. |
| Subbase Granular | 0.15 m. |
| Mejoramiento CBR mayor a 10 % | 0.15 m. |

**JUSTIFICACION JURIDICA**

1. El dia 2 de abril del 2024, se realiza ADICIONAL EN VALOR Y PLAZO No. 1 AL CONTRATO DE OBRA PÚBLICA No. LP-013-2022QUE TIENE POR OBJETO: CONSTRUCCION DE UN PUENTE VEHICULAR SOBRE LA QUEBRADA SEVERINERA EN LA VIA QUE COMUNICA A LOS MUNICIPIOS DE PLANETA RICA Y TIERRALTA, DEPARTAMENTO DE CORDOBA EN EL MARCO DEL CONVENIO INTERADMINISTRATIVO No. 1961 DE FECHA 12 DE NOVIEMBRE DE 2021.

2. El adicional nace de la las siguientes necesidades:
   2.1 En la epata 1 del proyecto, correspondiente a revisión de estudios y diseños se presentaron las siguientes recomendaciones:
   ESTUDIO HIDROLÓGICO E HIDRÁULICO

- Se recomienda la construcción de un revestimiento como mecanismo de protección del fondo y de la ribera del puente, este apartado deberá ser desarrollado en el estudio geotécnico para la construcción del puente.

**Pag. 101**

INFORME GEOTECNICO.

- En el caso de la existencia del fenómeno de socavación en la zona de implantación de cada de la estructura tipo puente analizados, se hará necesario el establecimiento de una estructura de protección del puente y sus zonas adyacentes (aguas arriba y aguas abajo), con el fin de evitar daños en esta, y así garantizar un óptimo funcionamiento en su periodo de diseño. Todo esto, debe ser evaluado y analizado en los estudio hidrológico e hidráulico.

**Pag. 148**

2.2 El día 18 de julio del 2023 y el 30 de octubre del 2023, se aprueba balance No 1 y No 2, respectivamente, en estos, de acuerdo a las necesidades prioritarias del proyecto, no fue posible mantener la meta física inicialmente programada en el proyecto, como fueron las obras correspondientes al capitulo IV, pavimento en concreto hidráulico. Asociado a esto los recursos no fueron suficiente para atender las recomendaciones dadas en el estudio hidráulico y geotécnico, en el que se informan que es necesario realizar protecciones en las zonas adyacentes al puente (aguas arriba y aguas abajo), con el fin de garantizar el óptimo funcionamiento del puente en su periodo de diseño.

2. Dentro del presupuesto del adicional No 1, se tiene contemplada el pavimento en concreto hidráulico MR40.
3. Se aclara que en las condiciones iniciales con contrato, se tenía contemplado la ejecución de la actividad en pavimento en concreto hidráulico, pero una vez realizado el estudio y diseño del pavimento en la etapa de revisión el especialista recomendó modificar las condiciones técnicas iniciales de las características del concreto, es decir la resistencia del mismo. Por lo tanto, en el análisis de precios unitarios solo se ajustar el precio del insumo del concreto y la especificación técnica del INVIAS (500.1), se mantiene.

| COLOMBIA RURAL | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| MUNICIPIO | | | | VIA | Long (Km) | PR Inicial | PR Final |
| Tierralta | | | | Vía Tierralta -planeta Rica | 0,43 | Construcción de puente | |

## ADICIONAL No 1

**SECCIÓN 2 - ITEMS DE OBRA CONSTRUCCIÓN PUENTE SOBRE ALA QUEBRADA SEVERINERA DE LA VÍA QUE COMUNICA A LOS MUNICIPIO DE TIERRALTA Y PLANETA RICA**

| No | ITEM DE PAGO | ESPECIFICACIONES | | DESCRIPCION | UNID | CANTIDAD | VALOR UNITARIO | VALOR TOTAL |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | GENERAL 2018 | PARTICULAR | | | | | |
| I.PAVIMENTO EN | | | | | | | | |
| 1 | 320.3 | 320 | | Subbase Granular Clase C. | m3 | 440,00 | $ 296.822,00 | $ 130.601.680,00 |
| 2 | 311.1 | 311 | | Afirmado (Material para mejoramiento ) | m3 | 330,00 | $ 213.578,00 | $ 70.480.740,00 |
| 3 | 500.1 | 500 | | PAVIMENTO DE CONCRETO HIDRAULICO | m3 | 400,00 | $ 935.666,00 | $ 374.266.400,00 |
| 4 | 630.4 | 630 | | Concreto clase D (210 kg/cm2 ó 3000 PSI) - CUNETAS | m3 | 120,00 | $ 770.236,00 | $ 92.428.320,00 |
| 5 | 640.1 | 640 | | Acero de refuerzo de FY = 4.200 Kg/cm 2 (60.000 PSI). | kg | 6000,00 | $ 8.638,00 | $ 51.828.000,00 |
| **Subtotal** | | | | | | | | **$ 719.605.140,00** |
| II. OBRAS DE | | | | | | | | |
| OBRAS | | DE | PROTECCION | | | | | |
| 6 | 630.7P | 630 | PART | Revestimiento en piedra pegada para protección de talud y fondo | m3 | 544,00 | $ 770.531,00 | $ 419.168.864,00 |
| 7 | 600.2.4 | 600 | | Excavaciones varias en material común bajo agua. | m3 | 1208,00 | $ 79.452,00 | $ 95.978.016,00 |
| 8 | 600.2.3 | 600 | | Excavaciones varias en material común en seco . | m3 | 1712,00 | $ 74.410,00 | $ 127.389.920,00 |
| 9 | 220.1 | 220 | | Terraplenes | m3 | 3100,00 | $ 32.020,00 | $ 99.262.000,00 |
| 10 | 900.2 | 900 | | Transporte de materiales provenientes de la excavación de la explanación, canales y préstamos para distancias mayores de mil metros (1.000 m) medidos a partir de cien metros (100 m). | m3 | 279000,00 | $ 1.807,00 | $ 504.153.000,00 |
| | | | | | | | | **$ 1.245.951.800,00** |
| **BASICO TOTAL DE OBRA** | | | | | | | | **$ 1.965.556.940,00** |
| REVISIÓN Y/O AJUSTES A ESTUDIOS Y DISEÑOS (Placa Huella, Pavimento y Estructuras de Drenaje) | | | | | | | | $ 28.943.747,90 |
| IVA | | | | | | | | $ 5.499.312,10 |
| TOTAL ESTUDI | | | | | | | | **$ 34.443.060,00** |
| **VALOR TOTAL ADICIONAL** | | | | | | | | **$ 2.000.000.000,00** |

## JUSTIFICACION FINANCIERA.

Se realizo balance de mayores y menores cantidades, con el fin de determinar la disponibilidad del recurso de acuerdo a las condiciones contractuales actualizadas. En el mismo se determinó que la implementación del ítem no previsto NP5, no afecta el presupuesto del contrato es decir no se requiere adición financiera al contrato.

El análisis financiero para determinar el valor unitario del CONCRETO MR40 se realizó teniendo en cuenta cotizaciones (ver anexo), con tres empresas que contaran con disponibilidad de suministro del material en la zona.

Las cotizaciones fueron las siguientes:

| Empresa | Valor cotización |
|---|---|
| ALCONCRETO | $ 701.819 |
| VIASCON | $ 810.000 |
| CONCRENORTE | $ 784.000 |

**JUSTIFICACION AMBIENTAL.**

La implementación del item no previsto NP5 PAVIMENTO EN CONCRETO HIDRAULICO MR 40 no afecta el componente ambiental.

**JUSTIFICACION SOCIAL.**

La implementación del item no previsto NP5 PAVIMENTO EN CONCRETO HIDRULICO MR 40 no afecta el componente Social.

Sin otro particular.

Cordialmente,

**Mario Alberto Petro Reyes**
**C. C. 73.203.584**
**Representante Legal**
**Consorcio Puentes de Córdoba**

Montería, 2 de agosto del 2024

**INGENIERO**
**JUAN E. VILLALOBOS**
**Director de interventoría**
**CONSORCIO VIAL NACIONAL**

**REF.** CONTRATO DE OBRA PÚBLICA NO LP-NO.013-2022 - CONSTRUCCIÓN DE UN PUENTE VEHICULAR SOBRE LA QUEBRADA SEVERINERA EN LA VÍA QUE COMUNICA A LOS MUNICIPIOS DE PLANETA RICA Y TIERRALTA, DEPARTAMENTO DE CÓRDOBA, EN EL MARCO DEL CONVENIO INTERADMINISTRATIVO NO. 1961 DE FECHA 12 DE NOVIEMBRE DE 2021.

**ASUNTO:** JUSTIFICACION TECNICA ITEM NO PREVISTO NP5 PAVIMENTO EN CONCRETO HIDRAULICO

Apreciado Ingeniero Villalobos, reciba un cordial saludo.

Por medio de la presente informo que, de acuerdo al diseño del pavimento, el diseñador recomendó lo siguiente dice textual:

*• Se recomienda que el pavimento rígido cumpla con las siguientes especificaciones mínimas discriminadas así:*
*Espesor losa de pavimento: 0,16 m*
*Espesor Subbase granular: 0,15 m*
*Espesor Mejoramiento: 0,15 m*
*Módulo de rotura (Mr) concreto 4.0 MPa (40 kg/cm2)*
*Barras lisas transferencia carga: Ø7/8" @0,30 m Long. 0,35 m.*
*Barras corrugadas o anclaje:Ø1/2" @1,20 m Long. 0,85 m*

La inmersión del ítem no previsto NP5, no afecta las condiciones financiaras actuales del proyecto, es decir no es necesario solicitar adicional económico al contrato, por lo tanto, no existiría modificación o adición al valor inicial del contrato.

Sin otro particular.

Cordialmente,

**Aylen Carrascal**
**C. C. 26.2033117**
**Directora de Obra**
**Consorcio Puentes de Córdoba**

# ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS CORRESPONDIENTES FORMATO MEPI-MN1-IN-10-FR-1 ANÁLISIS PRECIOS UNITARIOS.

| INSTITUTO NACIONAL DE VIAS<br>PROCESO GESTIÓN DE LA INFRAESTRUCTURA VIAL<br>MANUAL DE INTERVENTORÍA OBRA PÚBLICA<br>ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS | CÓDIGO | MINFRA-MN-IN-10-FR-1 | | |
|---|---|---|---|---|
| | VERSIÓN | 1 | | |
| | PÁGINA | | DE | |
| | FECHA | 2 (Día) | 8 (Mes) | 2024 (Año) |

**ITEMS DE LA PROPUESTA ECONÓMICA** — **ITEMS NO PREVISTOS**

**UNIDAD EJECUTORA:** SUBDIRECCIÓN VIAS REGIONALES — **DIRECCIÓN TERRITORIAL:** CÓRDOBA

**OBJETO DEL CONTRATO:** CONTRATO DE OBRA PUBLICA No LP-No.013-2022 - CONSTRUCCION DE UN PUENTE VEHICULAR SOBRE LA QUEBRADA SEVERINERA EN LA VIA QUE COMUNICA A LOS MUNICIPIOS DE PLANETA RICA Y TIERRALTA, DEPARTAMENTO DE CORDOBA, EN EL MARCO DEL CONVENIO INTERADMINISTRATIVO No. 1961 DE FECHA 12 DE NOVIEMBRE DE 2021

**CARRETERA:** VIA QUE COMUNICA A LOS MUNICIPIOS DE PLANETA RICA Y TIERRALTA, DEPARTAMENTO DE CORDOBA — **SECTOR:** PUENTE SOBRE LA QUEBRADA SEVERINERA

**CONTRATISTA:** CONSORCIO PUENTES DE CORDOBA

**FECHA CIERRE PROCESO DE SELECCIÓN CONTRATO DE OBRA:** 3 (Día) 8 (Mes) 2022 (Año)

**DATOS ESPECÍFICOS**

| ITEM | DESCRIPCIÓN | GRUPO DE AJUSTE | UNIDAD | CANTIDAD |
|---|---|---|---|---|
| 500.1 | PAVIMENTO DE CONCRETO HIDRAULICO MR40 | | M3 | |

**I. EQUIPO**

| DESCRIPCIÓN | TIPO | TARIFA/HORA | RENDIMIENTO | Vr. UNITARIO |
|---|---|---|---|---|
| Aspersor manual | | $ 2.432,00 | 6,25 | $ 389,12 |
| Compresor ( barrido y soplado) | | $ 75.213,00 | 34,66 | $ 2.169,72 |
| Vibrador de Concreto | | $ 9.685,00 | 1,5 | $ 6.456,67 |
| Formaleta metalica ( concreto hidraulico) | | $ 3.336,00 | 6,25 | $ 533,76 |
| Regla vibratoria, de longitud de 3 a 5 m, motor de 3600 rpm, potencia 6 HP | | $ 7.367,00 | 6,3 | $ 1.169,37 |
| Cortadora de pavimento, Máxima profundidad de corte: 90 mm | | $ 20.606,00 | 7,5 | $ 2.747,47 |
| Herramienta Menor (%) | | | 5% | $ 8.087,35 |
| | | | SUBTOTAL $ | $ 21.553,45 |

**II. MATERIALES**

| DESCRIPCIÓN | UNIDAD | CANTIDAD | PRECIO UNIT. | Vr. UNITARIO |
|---|---|---|---|---|
| Concreto hidráulico para pavimento MR-40 | M3 | 1,03 | $ 701.819,00 | $ 722.873,57 |
| Cintilla De Poliuretano (Sikarod) (Pavimentos De Concreto Hidráulico) | M | 2,57 | $ 1.033,00 | $ 2.654,81 |
| Sello de silicona o sellador autonivelante | M | 2,57 | $ 773,00 | $ 1.986,61 |
| Antisol blanco (presentación 20 kg) | KG | 1,00 | $ 5.121,00 | $ 5.121,00 |
| | | | SUBTOTAL $ | $ 732.635,99 |

**III. TRANSPORTES**

| MATERIAL | UNIDAD | CANTIDAD (1) | DISTANCIA (2) | (1) * (2) | TARIFA | Vr. UNITARIO |
|---|---|---|---|---|---|---|
| CONCRETO MR 40 | m3/km | 1,03 | 90,0 | 92,70 | $ 1.126,00 | $ 104.380,20 |
| | | | | | | |
| | | | | | SUBTOTAL $ | $ 104.380,20 |

**IV. MANO DE OBRA**

| TRABAJADOR | JORNAL | PRESTACIONES (%) | JORNAL TOTAL | RENDIMIENTO | Vr. UNITARIO |
|---|---|---|---|---|---|
| Oficial (2) | $ 66.666,00 | 1,85 | $ 246.664,20 | 6,10 | $ 40.436,75 |
| Obrero (12) | $ 33.333,00 | 1,85 | $ 739.992,60 | 6,10 | $ 121.310,26 |
| | | | | SUBTOTAL $ | 161.747,01 |
| | | | | TOTAL COSTO DIRECTO $ | $ 1.020.316,65 |

**V. COSTOS INDIRECTOS**

| Descripción | Porcentaje | Valor Total | |
|---|---|---|---|
| ADMINISTRACION | 20% | $ 204.063,33 | |
| IMPREVISTOS | 5% | $ 51.015,83 | |
| UTILIDAD | 5% | $ 51.015,83 | |
| | | SUBTOTAL $ | $ 306.094,99 |
| | | Precio Unitario Total Aproximado al Peso $ | $ 1.326.412,00 |

Firma

Nombre: MARIO ALBERTO PETRO REYES
Representante Legal CONSORCIO PUENTES DE CORDOBA
Matricula No. : 22202152753 COR



Montería, 27 de mayo de 2024

Señores
**CONSORCIO PUENTES DE CORDOBA**
**OBRA: SEVERINERA**
**TIERRALTA.**

REFERENCIA: **COTIZACIÓN CONCRETO**

En el día de hoy nos permitimos presentarles la siguiente cotización para el suministro de concreto.

| Item | CONCEPTO | Cantidad M3 | Valor x M3 antes de IVA | IVA (19%) | Valor Total |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 | Concreto MR 40 1" + Euc | 1 | $ 589.764 | $ 112.055 | $ 701.819 |

1. **El valor cotizado tiene IVA incluido.**
2. **Esta cotización es valida por 15 dias.**
3. **La forma de pago es anticipada se consigna a la Cuenta Corriente Bancolombia Nº 79095270654 de Alternativas y Concretos SAS Nit. 900.601.959-1.**
4. **El servicio de autobomba o bomba estacionaria tiene un valor $35.000m3.**
5. **El acarreo de la autobomba tiene un valor $450.000 un viaje.**
6. **El despacho minimo por mixer son de 7M3.**
7. **En caso de requerir una cantidad inferior a los 7M3 se cobrara $280.000 por M3 o fraccion hasta completar los 7M3.**
8. **Lo mínimo en despachar sería 4m3 como único ajuste.**
9. **ALCONCRETOS SAS se hace responsable única y exclusivamente del Suministro de Concreto y Servicio de Bombeo.**
10. **Se garantiza un riguroso control de Calidad en los Concretos, Tomando Muestras a cada tipo de concreto, y como minimo cada 40 M3 para un mismo tipo de concreto, Efectuando el fallo de cilindros a los 3, 7, y 28 Días, todo según la Normatividad vigente.**
11. **Las programaciones se deben solicitar con al menos 3 dias de anterioridad.**
12. **En el caso dado de llegar a demorar en el descargue una Mixer más de una (1) hora se cobrara un recargo de $180.000**
13. **ALCONCRETOS SAS ofrece la asesoria permanentemente con el equipo de ingenieros y el laboratorio que posee en sus instalaciones.**
14. **ALCONCRETOS SAS pone a su servicio, una flota de 8 mixer, una Autobomba y una Bomba Estacionaria.**
15. **Acompañamiento permanente de la empresa DOMAT, para garantizar el funcionamiento de la Planta Dosificadora, la cual es una DP60, con capacidad de 60m3 por hora.**

16. **ALCONCRETOS SAS cuenta con 2 Silos propios de 70 toneladas cada uno y 1 Silo de Argos de 65 toneladas, para abastecimiento de cemento. Con lo cual se garantiza el cemento necesario para cumplir los requerimientos del cliente y adicionalmente el cemento estará a temperatura adecuada y se evitará trabajar con cemento caliente.**





Agradeciendo su interes en nuestros productos.

Cordialmente,

**YESSICA ISABEL BLANCO RHENALS**
**ALTERNATIVAS Y CONCRETOS S.A.S**
**NIT: 900.601.959-1**

*Monteria,*

*miércoles, 23 de mayo de 2024*

**COTIZACIÓN**
**2425**

***SEÑORES***
***CONSORCIO PUENTES DE CORDOBA***
***ATN: SEÑORES (AS) MARIO PETRO***
**MONTERIA**

**REF. OFERTA COMERCIAL CONCRENORTE SAS –PROPUESTA ECONOMICA CONCRETOS – PROYECTO: OBRA TIERRALTA**

Cordial saludo,

Es un gusto para nosotros presentarle a **CONCRENORTE S.A.S.**, la mejor opción de Concretos en Sucre y Córdoba, una compañía 100% colombiana que se constituye bajo la dirección de cuatro pilares fundamentales: Experiencia, Tecnología, Calidad y Respaldo, con los cuales queremos brindarle la mejor propuesta para su compañía.

Ofrecemos los productos que su obra necesita, con los más altos estándares de calidad y servicio.

Colocamos a su disposición los equipos de Transporte y Colocación, Mixer, Bombas Estacionarias, Autobombas y Plantas de concretos acordes con sus necesidades.

Todos nuestros equipos son monitoreados con GPS y sistemas de seguimiento para garantizarles la mayor confiabilidad en el cumplimiento.

**CONCRENORTE** cuenta con la más alta tecnología, para control de calidad, programación, despachos y seguimiento a la flota.

Nuestra asistencia técnica, es la promesa de valor para acompañarlos durante la ejecución de su obra. Nuestro equipo de profesionales lo asistirán para brindarle soporte, asesoría, capacitaciones y desarrollo de nuevos productos de acuerdo con sus necesidades.

**Por medio de la presente le informamos los precios de los concretos por m3 para el año 2024, los cuales presentan un incremento con relación a los precios del año anterior, debido al aumento de materia prima, salario e IPC**

| CODIGO | DESCRIPCION | UND | CANT | VR UNITARIO IVA INCLUIDO | VALOR TOTAL |
|---|---|---|---|---|---|
| 012800110213040506070808590 | CONCRETO MR 40 NORMAL 28D EST 3/4" AR | M3 | 1,0 | $ 784.000,00 | $ 784.000,00 |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | $ | 784.000,00 |

***1. OBSERVACIONES***

El valor del m3 está cotizado solo para suministro en casco urbano.
Forma de pago: contado
Validez de la oferta: 8 días hábiles
Servicio de bomba mínimo 15 m3
Despacho mínimo con descarga directa:
*Para Monteria 5 m3
*Por fuera de Monteria 7m3
*Si el requerimiento de m3 es menor al indicado como mínimo de descarga se cobrará stand by por olla vacía, el cual será de $180,000 por m3 vacio
La solicitud de despacho debe realizarla minimo con **4 días hábiles anticipada**
El descargue del concreto debe ser realizado en 50 minutos después de la llegada del mixer, de lo contrario debe ser informado en planta y se realizará cobro de $180,000 fracción u hora
Los permisos ante las entidades de tránsito para ingresar a la obra son por cuenta del cliente
La empresa cierra operaciones contables mensualmente, por lo tanto, la facturación será generada hasta el último despacho o remisión emitida dentro del mes

**CONDICIONES DE SUMINISTRO CONCRENORTE SAS**

Las condiciones de Suministro de CONCRENORTE S.A.S. harán parte integral de esta cotización. Las cuales encontraran adjuntas.

Durante la vigencia del negocio, la falta de programación para el suministro de Producto por parte del Cliente, durante un período que supere los treinta (30) días calendario, dejará sin efectos las obligaciones establecidas en la presente Oferta comercial.

Para atender sus requerimientos enviar por correo electrónico **comercial@concrenorte.co y administrativomonteria@concrenorte.co** el volante de consignación, si es en cheque se tramitará hasta que se haga efectivo por parte del Banco.

Tenemos disponibles las siguientes cuentas corrientes a nombre de **CONCRENORTE S.A.S. NIT 900.303.345-1**

| BANCO | TIPO CUENTA | NUMERO | CONVENIO |
|---|---|---|---|
| **BANCOLOMBIA** | **CORRIENTE RECAUDOS** | **506 633337-51** | **46108** |
| **BOGOTA** | **CORRIENTE** | **341-004-513** | |
| **DAVIVIENDA** | **CORRIENTE** | **2060-6999- 8436** | |
| **COLPATRIA** | **CORRIENTE** | **936-1000-630** | |

Esperamos que nuestra Oferta comercial sea de su total agrado. Si necesita más información, no dude en comunicarse con nosotros, estamos para servirle.

Tenemos a su disposicion los siguinets canales de comuniacion

| | | |
|---|---|---|
| PROGRAMACION | PRODUCCIONMONTERIA@CONCRENORTE.CO | 322 530 5538 |
| CONTABILIDAD | ADMINISTRATIVOMONTERIA@CONCRENORTE.CO | 322 689 4471 |
| COMERCIAL | COMERCIAL@CONCRENORTE.CO | 310 543 88 58 |
| CALIDAD | CALIDAD@CONCRENORTE.CO | 310 500 2779 |
| PQRSF | GESTIONDECALIDAD@CONCRENORTE.CO | |

A continuacion anexamos las principales especificaciones tecnicas de los concretos cotizados

**ESPECIFICACIONES TECNICAS BASICAS**

| TIPO DE CONCRETO | ASENTAMIENTO |
|---|---|
| NORMAL | 4" +/- 1" |
| BOMBEABLE | 6" +/-1" |
| FLUIDO | 8" +/- 1" |

Cordialmente:

**ARQ. ISAURA LOPEZ GOMEZ**
**ASESOR TECNICO COMERCIAL**
**3105438858**
COMERCIAL@CONCRENORTE.CO

**VIAS EN ASFALTO Y CONCRETO "VIASCON" S.A.S.**
**NIT: 9 0 1 3 8 4 3 3 8 -1**
Regimen Común
**Dirección Planta Principal**
Km 2 Via cerete-San carlos
Celular: 3135672280
Cerete

**COTIZACIÓN**

**150**

Fecha de Generación de la Oferta
25/04/2024

Cliente: **CONSORCIO PUENTES DE CORDOBA**
NIT 9 0 1 6 2 7 7 1 1 -9
Dirección: CL 32 15 52 BRR EL EDEN MONTERIA-CORDOBA
Ciudad
Email: consorciopuentesdecordoba2022@gmail.com
Telefono: 3 1 0 3 6 3 8 1 0 3
Obra: puente de severinera - tierralta

*Duración de la Oferta*
*8 DIAS*

Respetados señores, atendiendo su amable solicitud, nos permitimos cotizar:

| CODIGO | DESCRIPCION | UND | CANT | VALOR UNITARIO IVA INCLUIDO | VALOR TOTAL |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 | CONCRETO 2500psi Slump 7+/-1" | M3 | 1 | $ 760.000 | $ 760.000 |
| 2 | CONCRETO MR 40 Slump 4 +/-1" | M3 | 1 | $ 810.000 | $ 810.000 |

* La factura definitiva se entrega después del despacho
* Descarga mínima directa 5 m3,
* Tiempo máximo del mixer en obra 50 minutos, adicional a este tiempo se cobra $150,000 por hora fracción
* Los permisos ante las entidades de transito para ingresar a la obra son por cuenta del cliente
* La empresa cierra operaciones contables mensualmente, por lo tanto la facturación será generada hasta el último
* El valor cotizado incluye el iva



**Ubicación de Planta principal:**

Cereté-San Carlos, Córdoba

La forma de pago sera anticipado a las siguientes cuentas a nombre de VIAS EN ASFALTO Y CONCRETO "VIASCON"

| BANCO | TIPO CUENTA | NUMERO | CONVENIO |
|---|---|---|---|
| BANCOLOMBIA | CORRIENTE | 56900000483 | |

**Atentamente,**

**Ing.Tania Banda**
**Jefe de Planta**
**3135672280**
**jpconcreto.viascon@gmail.com**

3135672280
jpconcreto.viascon@gmail.com
KM 2.5 Vía Cerete-San Carlos

Cerete, 25/04/2024

Señor: CONSORCIO PUENTES DE CORDOBA
**CONSORCIO PUENTES DE CORDOBA**
Ciudad consorciopuentesdecordoba2022@gmail.com

Cordial Saludo,

A continuacion anexamos la informacion de nuestras areas para programacion, reporte de pagos, comercial y calidad

PROGRAMACION jpconcreto.viascon@gmail.com 313 567 2280
CONTABILIDAD Contabilidad.viascon@gmail.com 313 567 2280

- En atención a lo expuesto nos permitimos solicitarle que, en caso de estar de acuerdo con las condiciones expresadas, proceda a dar su aceptación mediante la expedición de la correspondiente orden de compra y/o contrato.

  Quedamos a su disposición para resolver cualquier inquietud adicional. Los datos de contacto se encuentran relacionados en la firma de esta propuesta.

- Es indispensable que reporte su consignación al correo del area de contabilidad para una correcta aplicación de su pago

- Todos los pedidos de concretos se harán de manera escrita al correo de programacion y con dos (2) dias de anticipacion y está sujeta a disponibilidad.

A continuacion anexamos las principales especificaciones tecnicas de los concretos cotizados

| ESPECIFICACIONES TECNICAS BASICAS | |
|---|---|
| **TIPO DE CONCRETO** | **ASENTAMIENTO** |
| **NORMAL** | **4" +/- 1"** |
| **BOMBEABLE** | **6" +/-1"** |
| **FLUIDO** | **8" +/- 1"** |

**Atentamente,**

**Ing.Tania Banda**
**Jefe de Planta**
**3135672280**
**jpconcreto.viascon@gmail.com**

Con el ánimo de fortalecer la relación de servicio entre VIAS EN ASFALTO Y CONCRETO "VIASCON" S.A.S.. y usted, se procura brindar siempre la más completa protección a los datos personales que usted nos ha entregado.

En cumplimiento de la Ley 1581 de 2012 y el Decreto 1377 de 2013 sobre protección de datos personales, VIAS EN ASFALTO Y CONCRETO "VIASCON" S.A.S. comunica que la información que nuestros clientes suministraron voluntariamente, podrá utilizarse para el fortalecimiento de la relación de servicio.

VIAS EN ASFALTO Y CONCRETO "VIASCON" S.A.S. en los términos dispuestos por el artículo 10 del decreto 1377 de 2013 queda autorizada de manera libre, previa, expresa, voluntaria e inequívoca, y debidamente informada para mantener y manejar toda su información, a no ser que usted le manifieste lo contrario de manera directa, expresa, inequívoca y por escrito a la cuenta de correo electrónico dispuesta para tal efecto: administrativomonteria@concrenorte.co o mediante carta enviada al Km2 Via Cerete-San carlos, dentro de los treinta (30) dias hábiles contados a partir de la recepción de la presente comunicación.

| | | | |
|---|---|---|---|
| **N° INFORME** | **1** | **FECHA INFORME:** | 28/enero/2023 |
| **TIPO DE INFORME DISEÑO PARA ESTRUCTURA DE PAVIMENTO:** | | DISEÑO DE PAVIMENTO RÍGIDO | |
| **PROYECTO:** | **DISEÑO DE PAVIMENTOS PARA LA CONSTRUCCIÓN DE UN PUENTE VEHICULAR SOBRE LA QUEBRADA SEVERINERA EN LA VÍA QUE COMUNICA A LOS MUNICIPIOS DE PLANETA RICA Y TIERRALTA.** | | |
| **CLIENTE:** | **CLIENTE:** | CONSORCIO PUENTES DE CÓRDOBA | |
| | **DIRECCIÓN:** | TIERRALTA, CÓRDOBA | |

**CONTROL DE CAMBIOS**

| VERSIÓN | MOTIVO DEL CAMBIO | RUTA DE ATENCIÓN A OBSERVACIONES | FECHA DEL CAMBIO |
|---|---|---|---|
| | | | |

| REVISADO | VERIFICADO | VALIDADO |
|---|---|---|
| FIRMA  | FIRMA  | FIRMA  |
| LIC. PROFESIONAL | LIC. PROFESIONAL | LIC. PROFESIONAL |
| NOMBRE: MANUEL SANTIAGO DORIA NARVÁEZ | NOMBRE: YIMMI ROMERO PEÑATA | NOMBRE: JESUS PIZARRO |
| PROFESION/ESPECIALIDAD: Especialista en vías y trasportes - Ingeniero Civil | PROFESION/ESPECIALIDAD: Ingeniero Civil | PROFESION/ESPECIALIDAD: Ingeniero Civil |


Los informes presentados por la empresa INGELABCON S.A.S., son realizados bajo el alcance de la presente consultoría, los cuales no podrán ser editados, reproducidos o usados en cualquier tipo de campaña de información técnica sin autorización escrita de gerencia.

## 1. *INDICE DE CONTENIDO*


2. INTRODUCCIÓN ..... 4
3. LOCALIZACIÓN ..... 5
4. OBJETIVOS Y ALCANCES ..... 6
   4.1. OBJETIVOS GENERALES ..... 6
   4.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS ..... 6
5. VARIABLES DE DISEÑO ..... 7
   5.1. OBTENCION DEL TRANSITO DE DISEÑO ..... 7
   5.2. CARACTERIZACION GEOTECNICA DE LA SUBRASANTE ..... 9
      5.2.1. Exploración de Campo y Resumen de Ensayos de Laboratorio ..... 9
      5.2.2. MÓDULO DE REACCIÓN DE LA SUBRASANTE ..... 9
   5.3. MODULO DE ROTURA DEL CONCRETO (MR) ..... 10
   5.4. MECANISMO DE TRANSFERENCIA DE CARGA Y SOPORTE LATERAL ..... 11
   5.5. PERIODO DE DISEÑO ..... 11
6. ALTERNATIVAS DE DISEÑO ..... 11
7. DISEÑO DE LA LOSA ..... 12
   7.1. SUBBASE GRANULAR ..... 12
   7.2. ESPESOR DE LOSA ..... 12
   7.3. DIMENSIÓN DE LA LOSA ..... 13
   7.4. ..... 14
   7.5. DISEÑO DE LAS JUNTAS DEL PAVIMENTO ..... 14
      7.5.1. JUNTAS DE CONSTRUCCIÓN ..... 14
      7.5.2. SISTEMA PARA LA TRANSMISIÓN DE CARGAS ..... 15
      7.5.3. JUNTAS DE EXPANSIÓN ..... 17
   7.6. SELLADO DE JUNTAS ..... 18
8. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES ..... 19
9. Bibliografía ..... 20



Los informes presentados por la empresa INGELABCON S.A.S., son realizados bajo el alcance de la presente consultoría, los cuales no podrán ser editados, reproducidos o usados en cualquier tipo de campaña de información técnica sin autorización escrita de gerencia.

## *INDICE DE ILUSTRACIÓN*


Ilustración 1. Ubicación Nacional del Proyecto ..... 4
Ilustración 2. Ubicación Regional del Proyecto ..... 5
Ilustración 3. Zona Del Proyecto ..... 6
Ilustración 4. Corte y Sellado de Juntas de Construcción Transversal ..... 15
Ilustración 5. Vista de planta típica de una losa de pavimento rígido ..... 15
Ilustración 6. Detalle de junta de expansión ..... 17
Ilustración 7. Juntas de expansión alrededor de elementos incorporados dentro del pavimento. ..... 17
Ilustración 8. Perfil típico de juntas: cuando el concreto se ha construido a ambos lados de la junta ..... 18


## *INDICE DE TABLAS*


Tabla 1. Cálculo del TPDs Estación de Conteo ..... 7
Tabla 2. Calculo Transito Equivalente Diario y Total ..... 8
Tabla 3. Información por Calculo Espectro de Carga ..... 8
Tabla 4. Caracterización de la Subrasante ..... 9
Tabla 5. Módulo combinado de Reacción de la Subrasante ..... 10
Tabla 6. Resumen de parámetros de diseño ..... 12
Tabla 7. Alternativas de solución para SBG = 150 mm y KCOMB. = 197 PCI ..... 13
Tabla 8. Configuración geométrica de las losas ..... 13
Tabla 9. Dimensiones recomendadas de los pasadores, dovelas o barras de transferencia. . 16
Tabla 10. Dimensiones recomendadas de la barra de anclaje H, L y S; Espesor de losa, longitud de la barra, y ancho de carril respectivamente ..... 16


## *INDICE DE ECUACIÓNES*


Ecuación 1. número de ejes equivalentes de 8.2 tn ..... 7
Ecuación 2. Módulo De Reacción De La Subrasante ..... 9
Ecuación 3. Espesor de la Losa de Concreto ..... 12



Los informes presentados por la empresa INGELABCON S.A.S., son realizados bajo el alcance de la presente consultoría, los cuales no podrán ser editados, reproducidos o usados en cualquier tipo de campaña de información técnica sin autorización escrita de gerencia.

## 2. INTRODUCCIÓN

El presente informe tiene como objeto desarrollar el diseño de las estructuras de pavimento rígido, ubicada en la zona rural del municipio de Tierra Alta Córdoba, que ensambla con el puente vehicular a construir en la zona.




**ILUSTRACIÓN 1. UBICACIÓN NACIONAL DEL PROYECTO**


Los informes presentados por la empresa INGELABCON S.A.S., son realizados bajo el alcance de la presente consultoría, los cuales no podrán ser editados, reproducidos o usados en cualquier tipo de campaña de información técnica sin autorización escrita de gerencia.

## 3. LOCALIZACIÓN




**ILUSTRACIÓN 2. UBICACIÓN REGIONAL DEL PROYECTO**

Tierralta es un municipio ubicado al sur del departamento de Córdoba, en la región Caribe de Colombia y a 78 kilómetros de Montería, capital departamental, conocido por tener uno de los parques nacionales naturales más grande del mundo llamado el Nudo de Paramillo, protegido por las Naciones Unidas. Tierralta es un municipio agrícola y ganadero.

Coordenadas geográficas

Latitud: 8.167
Longitud: -76.067
Latitud: 8° 10' 1" Norte
Longitud: 76° 4' 1" Oeste

Los informes presentados por la empresa INGELABCON S.A.S., son realizados bajo el alcance de la presente consultoría, los cuales no podrán ser editados, reproducidos o usados en cualquier tipo de campaña de información técnica sin autorización escrita de gerencia.




ILUSTRACIÓN 3. ZONA DEL PROYECTO

## 4. OBJETIVOS Y ALCANCES

### 4.1. OBJETIVOS GENERALES

Determinar la estructura de pavimento idónea para la vía rural del municipio de Tierra Alta – Córdoba.

### 4.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- ✓ Analizar las variables Geotécnicas y Transito para el diseño de estructura de pavimento.
- ✓ Estimar la estructura del pavimento acorde a la vía estudiada.


Los informes presentados por la empresa INGELABCON S.A.S., son realizados bajo el alcance de la presente consultoría, los cuales no podrán ser editados, reproducidos o usados en cualquier tipo de campaña de información técnica sin autorización escrita de gerencia.

## 5. VARIABLES DE DISEÑO

Para este proyecto, se ha establecido conveniente la implementación de una estructura de pavimento en concreto rígido, teniendo en cuenta su alta durabilidad. Para tal fin, se tiene contemplado la utilización del método de la ASSHTO por medio de una hoja de cálculo formulada por el presente consultor.

a continuación, se establecen las variables de diseño.

### 5.1. OBTENCION DEL TRANSITO DE DISEÑO

Se calcula el tránsito promedio diario semanal de las estaciones de conteos en donde se relaciona la cantidad de vehículos según la clasificación con la suma del tránsito diario; esta actividad, se realiza en valores absolutos y relativos como se muestra en la tabla #1.

Es necesario resaltar que, el criterio antes mencionado también se realiza para conocer los porcentajes de camiones según su categoría en función de la sumatoria del total de camiones (C) (S.A.S, 2023)

| Tipo de Vehículo | Porcentaje de Vehículos | Transito Promedio Diario |
|---|---|---|
| % A | 71 | 131 |
| % B | 14 | 25 |
| % C | 16 | 29 |
| % C2P | 42 | 12 |
| % C2G | 33 | 10 |
| % C3 | 21 | 6 |
| % C5 | 3 | 1 |
| % >C5 | 1 | 0 |
| **SUMA (%)** | **100** | **186** |

**TABLA 1. CÁLCULO DEL TPDS ESTACIÓN DE CONTEO**

(S.A.S, 2023)

$$N = Nd * 365 * Fs * Fc * \frac{(1+r)^n - 1}{r}$$

**ECUACIÓN 1. NÚMERO DE EJES EQUIVALENTES DE 8.2 TN**


Los informes presentados por la empresa INGELABCON S.A.S., son realizados bajo el alcance de la presente consultoría, los cuales no podrán ser editados, reproducidos o usados en cualquier tipo de campaña de información técnica sin autorización escrita de gerencia.

A continuación, se presentan los cálculos obtenidos de tránsito equivalente diario asociado al periodo de diseño de las dos estaciones de aforo contempladas para la planificación del tránsito mediante la ***ecuación 1***, que no es más que el número acumulado de ejes equivalentes de 8.2 Ton en el carril de diseño durante el periodo de diseño, adicional se presenta el espectro de carga ver tablas 2 y 3. (S.A.S, 2023)

| Calculo Transito Equivalente Diario y Total | | | |
|---|---|---|---|
| TPD | 186 | Tasa de Crecimiento | 3 |
| Factor Sentido | 0.5 | Factor Carril | 1 |
| | | Periodo de Diseño (Años) | 20 |

| Vehiculos | Porcentaje (%) | Numero de Vehiculos Diarios | Factor Daño | Transito Equivalente Diario |
|---|---|---|---|---|
| Vehiculos | | 186 | | |
| Autos | 71 | 131 | 0.00 | 0 |
| Buses | 14 | 25 | 0.42 | 11 |
| Camiones | 16 | 29 | | |
| C2P | 42 | 12 | 0.42 | 5 |
| C2G | 33 | 10 | 3.92 | 38 |
| C3 | 21 | 6 | 5.31 | 33 |
| C3S2 | 3 | 1 | 9.94 | 10 |
| C3S3 | 1 | 0 | 6.50 | 2 |
| Transito Equivalente Diario | | | | 98 |
| Transito Equivalente Total Acumulado | | | | 480535 |

**TABLA 2. CALCULO TRANSITO EQUIVALENTE DIARIO Y TOTAL**

(S.A.S, 2023)

| Información por Calculo Espectro de Carga | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Vehiculos | Numero de Vehiculos Acumulados | Simples de Rueda Simple (Tn) | | | | Simple de Rueda Doble (Tn) | | Tandem (Tn) | | | Tridem |
| | | 0 | 4 | 6 | 7 | 6 | 11 | 20 | 21 | 22 | 25 |
| Vehiculos | | | | | | | | | | | |
| Autos | 644365 | | | | | | | | | | |
| Buses | 124312 | | 124312 | | | 124312 | | | | | |
| Camiones | | | | | | | | | | | |
| C2P | 60317 | | 60317 | | | 60317 | | | | | |
| C2G | 47077 | | | 47077 | | | 47077 | | | | |
| C3 | 30159 | | | 30159 | | | | | | 30159 | |
| C3S2 | 4904 | | | 4904 | | | | | 4904 | 4904 | |
| C3S3 | 1471 | | | 1471 | | | | | 1471 | | 1471 |
| TOTAL | 912605 | 0 | 184630 | 83611 | 0 | 184630 | 47077 | 0 | 6375 | 35062 | 1471 |

**TABLA 3. INFORMACIÓN POR CALCULO ESPECTRO DE CARGA**

(S.A.S, 2023)


Los informes presentados por la empresa INGELABCON S.A.S., son realizados bajo el alcance de la presente consultoría, los cuales no podrán ser editados, reproducidos o usados en cualquier tipo de campaña de información técnica sin autorización escrita de gerencia.

## 5.2. CARACTERIZACION GEOTECNICA DE LA SUBRASANTE

### 5.2.1. Exploración de Campo y Resumen de Ensayos de Laboratorio

Se realizaron dos (2) apiques exploratorios ubicadas a lo largo de los tramos viales, con el fin de tomar muestras alteradas e "inalteradas" para realizar los respectivos ensayos de laboratorio y evaluar las características geotécnicas de cada una de las capas que conforman el soporte (subrasante) existente. Estos apiques se realizaron a una profundidad de 1.50 metros, indicando la profundidad del nivel de agua freático NAF.
Se realizaron ensayos, y se procedió con los resultados a determinar los módulos de reacción (k) correspondientes por correlaciones, además de las características necesarias para su clasificación por granulometría e índices de plasticidad.

| APIQUE | PROFUNDIDAD (m) | CBR (%) | CLASIFICACION | POTENCIAL DE EXPANSIÓN | Mejoramiento Cm |
|---|---|---|---|---|---|
| Apique N°1 | 1,50 | 3,57 | SM | BAJO | 20 |
| Apique N°2 | 1,50 | 2,98 | ML | BAJO | 20 |

**TABLA 4. CARACTERIZACIÓN DE LA SUBRASANTE**

Fuente: Elaboración propia

### 5.2.2. MÓDULO DE REACCIÓN DE LA SUBRASANTE

La expresión que correlaciona el valor de K con el CBR < 10% es la siguiente:

$$K = 2.55 + 52.5 \log(CBR), \text{ para } CBR \leq 10\%$$

**ECUACIÓN 2. MÓDULO DE REACCIÓN DE LA SUBRASANTE**

(Quintana, 2015)

Por tanto:

K = 45.64 (MPa/m)
K = 166.6 PCI

Las subbases se recomiendan para prevenir el fenómeno de bombeo, sin embargo, su presencia tiene como consecuencia un incremento en la capacidad de soporte del pavimento que se puede aprovechar para efectos de diseño.

Los informes presentados por la empresa INGELABCON S.A.S., son realizados bajo el alcance de la presente consultoría, los cuales no podrán ser editados, reproducidos o usados en cualquier tipo de campaña de información técnica sin autorización escrita de gerencia.

Si Consideramos 0,15 m de subbase granular, en la tabla 5, se muestra el incremento que es de esperar, dando como resultado el Módulo combinado de Reacción de la Subrasante.

| ***K Subrasante*** | | ***Valores de K*** | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | ***Capa granular no tratada*** | | | | | | | |
| | | ***10 cm*** | | ***15 cm*** | | ***22.5 cm*** | | ***30 cm*** | |
| MPa/m | pci | MPa/m | pci | MPa/m | pci | MPa/m | pci | MPa/m | pci |
| 20 | 73 | 23 | 85 | **26** | **96** | 32 | 117 | 38 | 140 |
| 40 | 147 | 45 | 165 | **49** | **180** | 57 | 210 | 66 | 245 |
| 60 | 220 | 64 | 235 | 66 | 245 | 76 | 280 | 90 | 330 |
| 80 | 295 | 87 | 320 | 90 | 330 | 100 | 370 | 117 | 430 |
| ***K Subrasante*** | | ***Capa Estabilizada con Cemento Hidráulico*** | | | | | | | |
| ***MPa/m*** | ***pci*** | ***10 cm*** | | ***15 cm*** | | ***20 cm*** | | ***25 cm*** | |
| MPa/m | pci | MPa/m | pci | MPa/m | pci | MPa/m | pci | MPa/m | pci |
| 20 | 73 | 60 | 220 | 80 | 300 | 105 | 400 | 135 | 500 |
| 40 | 147 | 100 | 370 | 130 | 500 | 185 | 680 | 230 | 850 |
| 60 | 220 | 140 | 520 | 190 | 700 | 245 | 900 | - | - |

**TABLA 5. MÓDULO COMBINADO DE REACCIÓN DE LA SUBRASANTE**

(Quintana, 2015)

Interpolando entre los valores señalados en la tabla correspondiente al espesor de la subbase indicado tenemos:

$K_{comb.}$ = 197.45 PCI, el cual aproximamos a 197 PCI.

### 5.3. MODULO DE ROTURA DEL CONCRETO (MR)

Para este caso se considerarán cuatro alternativas de diseño en función de igual número de valores de resistencia a la flexión del concreto, recomendados por el Instituto Nacional de Vías, a saber: 3.8, 4.0, 4.2 y 4.5 MPa. Sin embargo, el uso de concretos con resistencia Mr = 3,8 MPa, se limita a casos especiales; tal es el caso de zonas donde las características de los agregados pétreos no permitan la elaboración de concretos con resistencias superiores.


Los informes presentados por la empresa INGELABCON S.A.S., son realizados bajo el alcance de la presente consultoría, los cuales no podrán ser editados, reproducidos o usados en cualquier tipo de campaña de información técnica sin autorización escrita de gerencia.

### 5.4. MECANISMO DE TRANSFERENCIA DE CARGA Y SOPORTE LATERAL

Mecanismo de transferencia de carga: existencia o no de barras de transferencia de carga. En general, se recomienda proveer la transferencia de carga mediante el mecanismo de dovelas (barras lisas pasa juntas) para proyectos con más de 5 millones de repeticiones de ejes estándar equivalentes o con un tránsito de vehículos comerciales superior a los 80 o 120 diarios, ya que se ha encontrado con la experiencia que un tránsito mayor a este produce molestas fallas en las juntas, tales como las diferencias de elevación, es decir, que no empatan ambos lados de la junta. Sin embargo, a pesar de ser un proyecto con bajo tránsito vehicular; pero que tendrá zonas de movilidad libre (maniobras para parqueo) se proyectarán dovelas de transferencia de carga a través de las juntas transversales, en la vía de acceso al parqueadero y dovelas tanto en juntas longitudinales como transversales en aquellas zonas donde los vehículos se desplazarán libremente para ingresar o sacar sus vehículos de la zona de parqueo en Adoquín.

Soporte lateral: existencia o no de bermas de concreto. Para este proyecto No se considerará la existencia de bermas de concreto.

### 5.5. PERIODO DE DISEÑO

Dado que es difícil predecir el transito con suficiente aproximación para un término demasiado largo, comúnmente se toma un lapso de 20 años, como periodo para el diseño de un pavimento.

T = 20 años

## 6. ALTERNATIVAS DE DISEÑO

Se plantean cuatro alternativas de diseño, considerando para ello un análisis de sensibilidad con respecto a los valores de módulo de rotura del concreto recomendado por INVIAS (3.8, 4.0, 4.2 y 4,5 Mpa), resultando entonces un total de cuatro opciones de diseño técnicamente equivalentes.

A continuación, se plantean los parámetros de diseño requeridos para correr la hoja programada con el diseño ASSHTO 98:

| PARÁMETRO | ATRIBUTOS ASIGNADOS PARA LAS DIFERENTES PARÁMETROS |
|---|---|

Los informes presentados por la empresa INGELABCON S.A.S., son realizados bajo el alcance de la presente consultoría, los cuales no podrán ser editados, reproducidos o usados en cualquier tipo de campaña de información técnica sin autorización escrita de gerencia.

| | |
|---|---|
| Tránsito | véase Tabla 2 |
| k de diseño | 197 PCI |
| Módulo rotura | 3.8, 4.0, 4.2 y 4.5 MPa |
| Soporte lateral | NO |
| Pasadores de carga | SI |

**TABLA 6. RESUMEN DE PARÁMETROS DE DISEÑO**

FUENTE: PROPIA

## 7. DISEÑO DE LA LOSA

Para la obtención de los espesores de cada una de las cuatro alternativas consideradas, se realizó en una hoja de cálculo programada por el presente consultor. Para tal efecto, se tienen en cuenta los parámetros de diseño relacionados en el numeral anterior.

### 7.1. SUBBASE GRANULAR

Teniendo en cuenta que la subrasante tiene un espesor de mejoramiento, se recomienda un espesor de subbase granular de 0.15 m.

### 7.2. ESPESOR DE LOSA

El espesor de la losa de concreto (D, en pulgadas) que compone la estructura del pavimento rígido se determina a través de la ecuación

$$\log(W_{18}) = Z_r \times S_o + 7.35 \times \log(D+1) - 0.06 + \frac{\log\left(\frac{\Delta PSI}{4.5-1.5}\right)}{1+\frac{1.624\times10^7}{(D+1)^{8.46}}} + (4.22 - 0.32 \times P_t) \times \log\left[\frac{MR \times Cd \times (D^{0.75} - 1.132)}{215.63 \times J\left[D^{0.75} - \frac{18.42}{\left(\frac{E_c}{K}\right)^{0.25}}\right]}\right]$$

**ECUACIÓN 3. ESPESOR DE LA LOSA DE CONCRETO**

(Quintana, 2015)

Los procedimientos se pueden evidenciar en los anexos del informe

| *ALTERNATIVA No* | *ESPESOR DE LOSA (mm)* | *ESPESOR DE SUBBASE (mm)* | *MÓDULO DE ROTURA (Mpa)* | *Log W18 Proyectado* | *Log W18 Diseño* |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 160 | 150 | 3.8 | 5.682 | 5.747 |
| 2 | 160 | | 4.0 | | 5.747 |

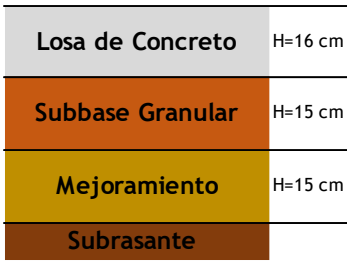

Los informes presentados por la empresa INGELABCON S.A.S., son realizados bajo el alcance de la presente consultoría, los cuales no podrán ser editados, reproducidos o usados en cualquier tipo de campaña de información técnica sin autorización escrita de gerencia.

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| 3 | 160 | | 4.2 | | 5.747 |
| 4 | 160 | | 4.5 | | 5.747 |

**TABLA 7. ALTERNATIVAS DE SOLUCIÓN PARA SBG = 150 MM Y KCOMB. = 197 PCI**

FUENTE: PROPIA

De acuerdo con la Tabla 7, se puede plantean la siguiente alternativa de solución técnicamente equivalentes: Una losa de 160 mm de espesor con un Módulo de rotura de 3.8/4,0/4.2/4.5 MPa.




## 7.3. DIMENSIÓN DE LA LOSA

Los criterios para determinar la longitud de la losa son:
a. Criterio ideal: Longitud = ancho, losas cuadradas
b. Longitud de la losa = 25 D (D = espesor de la losa)
c. Longitud de la losa = ancho del carril x 1.25 (Criterio AASHTO)
Cuando se diseñan losas rectangulares se toma el menor valor de los criterios b. y c.

La relación de esbeltez se define como:

$$RELACION\ DE\ ESBELTEZ = \frac{LARGO}{ANCHO} < 1.25$$

| Criterio | Ancho (m) | Long. (m) | R. Esbeltez | Cumple |
|---|---|---|---|---|
| Losas cuadradas | 3.5 | 3.5 | 1.00 | SI |
| Espesor de la losa | 3.5 | 4.0 | 1.14 | SI |
| Aashto. | 3.5 | 4.4 | 1.25 | SI |

**TABLA 8. CONFIGURACIÓN GEOMÉTRICA DE LAS LOSAS**

FUENTE: PROPIA


Los informes presentados por la empresa INGELABCON S.A.S., son realizados bajo el alcance de la presente consultoría, los cuales no podrán ser editados, reproducidos o usados en cualquier tipo de campaña de información técnica sin autorización escrita de gerencia.

**7.4.**

## 7.5. DISEÑO DE LAS JUNTAS DEL PAVIMENTO

Las juntas son parte importante de los pavimentos rígidos y se proyectan con el fin de controlar los esfuerzos que se presentan en el concreto como consecuencia de los movimientos de contracción y de dilatación del material y los generados por los cambios de temperatura y humedad entre la cara superficial y la de soporte de las losas de concreto.

### 7.5.1. JUNTAS DE CONSTRUCCIÓN

Lo más frecuente es construir los pavimentos de concreto por carriles, generando juntas longitudinales. Este es el caso del presente proyecto, en donde se recomienda seguir esta metodología durante la construcción, con el fin de contar con espacio disponible para la circulación del personal de obra y disposición de materiales y equipos. Dicha junta cumple también la función de disipar los esfuerzos generados por alabeo en las losas debido principalmente a gradientes térmicos.

Con el fin de impedir el desplazamiento de las losas de un carril, respecto a las del otro, se recomienda dotar las juntas longitudinales con barras de anclaje, cuyo acero debe cumplir con el Artículo INV 500-13 y lo que sea aplicable del Artículo 640-13, admitiéndose aceros con resistencia de 187,5 MPa (40.000 psi) y 280 MPa (60.000 psi). La selección del diámetro, separación, longitud y resistencia de las barras de anclaje, se puede hacer según los criterios indicados en la Tabla 9, **tomada del Libro Pavimentos, Materiales construcción y diseño (Hugo Alexander Rondón Quintana, Fredy Alberto Reyes Lizcano).**

Además de las juntas longitudinales descritas, se presentan juntas de construcción transversales, cuando se suspenden las labores de colocación del concreto, bien sea por la finalización de la jornada laboral, por alguna interrupción en el suministro del material o por averías en alguno de los equipos empleados para su producción, transporte o colocación. En todo caso, el método más común para finalizar las labores de construcción es rematando la obra contra una formaleta de madera que genera una cara lisa, por lo cual es necesario dotar esta junta de pasadores de carga, a través de dovelas que podemos observar en la tabla 10.

Los informes presentados por la empresa INGELABCON S.A.S., son realizados bajo el alcance de la presente consultoría, los cuales no podrán ser editados, reproducidos o usados en cualquier tipo de campaña de información técnica sin autorización escrita de gerencia.

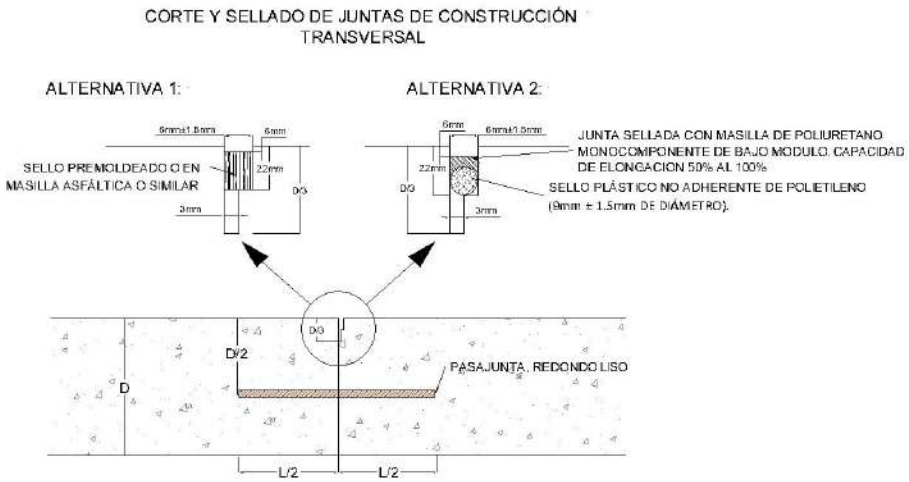



**ILUSTRACIÓN 4. CORTE Y SELLADO DE JUNTAS DE CONSTRUCCIÓN TRANSVERSAL**

(INVÍAS, 2008)

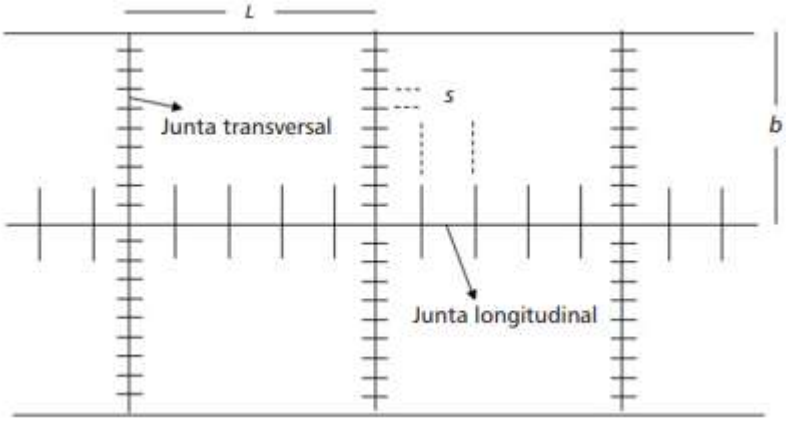



**ILUSTRACIÓN 5. VISTA DE PLANTA TÍPICA DE UNA LOSA DE PAVIMENTO RÍGIDO**

(Quintana, 2015)

### 7.5.2. SISTEMA PARA LA TRANSMISIÓN DE CARGAS

Para los sectores viales en que tiene aplicación el presente diseño de pavimento, se ha considerado conveniente que la transmisión de cargas de una losa a su vecina se realice a través del mecanismo denominado trabazón de agregados, motivo por el cual no será necesaria la utilización de barras de transferencia de carga a través de las juntas transversales.


Los informes presentados por la empresa INGELABCON S.A.S., son realizados bajo el alcance de la presente consultoría, los cuales no podrán ser editados, reproducidos o usados en cualquier tipo de campaña de información técnica sin autorización escrita de gerencia.

| Espesor de losa [cm] | Diámetro del pasador [pulgadas] | Longitud pasador [cm] | Separación entre centros de barras [cm] |
|---|---|---|---|
| 14 – 15 | ¾ | 35 | 30 |
| 16 – 18 | 7/8 | 35 | |
| 19 – 20 | 1 | 35 | |
| 21 – 23 | 1 1/8 | 40 | |
| 24 – 25 | 1 ¼ | 45 | |
| 26 – 28 | 1 3/8 | 45 | |
| 29 – 30 | 1 ½ | 50 | |

**TABLA 9. DIMENSIONES RECOMENDADAS DE LOS PASADORES, DOVELAS O BARRAS DE TRANSFERENCIA.**

(Quintana, 2015)

| H (cm) | Barra de ϕ3/8" | | | | Barra de ϕ1/2" | | | | Barra de ϕ5/8" | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | L (cm) | S (cm) | | | L (cm) | S (cm) | | | L (cm) | S (cm) | | |
| | | 3.05 | 3.35 | 3.65 | | 3.05 | 3.35 | 3.65 | | 3.05 | 3.35 | 3.65 |
| Acero de $f_y$=280 MPa (40 000 psi) | | | | | | | | | | | | |
| 15 | 45 | 80 | 75 | 65 | 60 | 120 | 120 | 120 | 70 | 120 | 120 | 120 |
| 17.5 | | 70 | 60 | 55 | | 120 | 110 | 100 | | 120 | 120 | 120 |
| 20 | | 60 | 55 | 50 | | 105 | 100 | 90 | | 120 | 120 | 120 |
| 22.5 | | 55 | 50 | 45 | | 95 | 85 | 80 | | 120 | 120 | 120 |
| 25 | | 45 | 45 | 40 | | 85 | 80 | 70 | | 120 | 120 | 120 |
| Acero de $f_y$=420 MPa (60 000 psi) | | | | | | | | | | | | |
| 15 | 65 | 120 | 110 | 100 | 85 | 120 | 120 | 120 | 100 | 120 | 120 | 120 |
| 17.5 | | 105 | 95 | 85 | | 120 | 120 | 120 | | 120 | 120 | 120 |
| 20 | | 90 | 80 | 75 | | 120 | 120 | 120 | | 120 | 120 | 120 |
| 22.5 | | 80 | 75 | 65 | | 120 | 120 | 120 | | 120 | 120 | 120 |
| 25 | | 70 | 65 | 60 | | 120 | 115 | 110 | | 120 | 120 | 120 |

**TABLA 10. DIMENSIONES RECOMENDADAS DE LA BARRA DE ANCLAJE H, L Y S; ESPESOR DE LOSA, LONGITUD DE LA BARRA, Y ANCHO DE CARRIL RESPECTIVAMENTE**

(Quintana, 2015)

El espesor de la losa D=16 cm según ecuación (3). De acuerdo con (la tabla 9), para el pasador o dovela se recomienda un diámetro de barra de acero de 7/8", con longitud y espaciamiento de 35 cm y 30 cm respectivamente. Para una barra de anclaje cuyo diámetro es 1/2" y fy=60000 psi, se recomienda longitud y


Los informes presentados por la empresa INGELABCON S.A.S., son realizados bajo el alcance de la presente consultoría, los cuales no podrán ser editados, reproducidos o usados en cualquier tipo de campaña de información técnica sin autorización escrita de gerencia.

espaciamiento de acero de 85 cm y 120 cm respectivamente (ver tabla 10), la longitud máxima aproximada de la losa debe ser 3.5 m véase en la Tabla 8.

### 7.5.3. JUNTAS DE EXPANSIÓN

La distribución geométrica de las juntas se inicia con la definición de los lugares en los cuales se colocan las juntas de expansión o aislamiento, que por regla general se localizan en la losa anterior al punto en donde se presenta la particularidad (véase la Imagen 4), deberán tener un ancho máximo de 20 mm y entre sus caras se colocará un material compresible, ubicado desde el fondo de la losa y hasta 25 mm por debajo de la superficie final de losa.

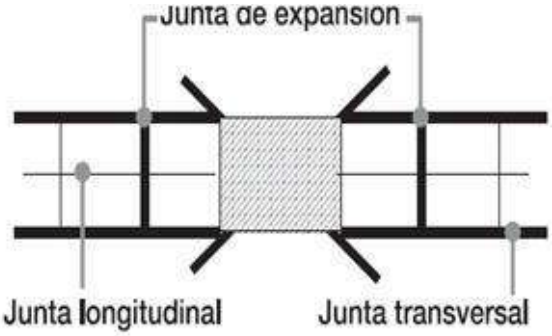



ILUSTRACIÓN 6. DETALLE DE JUNTA DE EXPANSIÓN

(INVÍAS, 2008)

Las juntas de expansión alrededor de elementos incorporados dentro del pavimento, tales como sumideros, cámaras de inspección o cajas, deben estar como mínimo a 300 mm de los bordes de dichos elementos y su forma deber ser poligonal, circular, o semicircular, tal como se observa en la imagen 5.

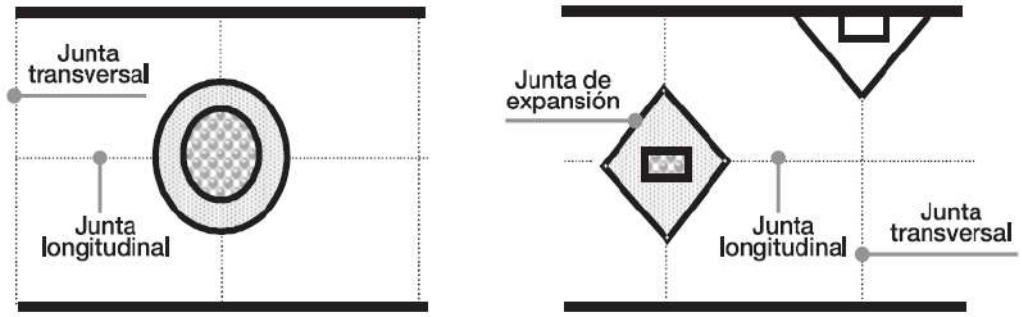



ILUSTRACIÓN 7. JUNTAS DE EXPANSIÓN ALREDEDOR DE ELEMENTOS INCORPORADOS DENTRO DEL PAVIMENTO.

(INVÍAS, 2008)

Los informes presentados por la empresa INGELABCON S.A.S., son realizados bajo el alcance de la presente consultoría, los cuales no podrán ser editados, reproducidos o usados en cualquier tipo de campaña de información técnica sin autorización escrita de gerencia.

## 7.6. SELLADO DE JUNTAS

La profundidad del corte de la junta se determinará debido al espesor de la losa, se debe dar especial cuidado al espacio libre entre el sello y el tope de la junta, con el fin de poder garantizar una adecuada durabilidad, dado que un exceso en el material de sello ocasionará desgarres del mismo debido a la acción del tránsito. Se recomienda que el material de sello lo constituya una masilla de poliuretano monocomponente de bajo módulo u otro material de características adecuadas, la cual debe ser contenida en la cavidad de la junta. En la imagen 8 se presenta un detalle de la geometría y el sellado de una junta de contracción.

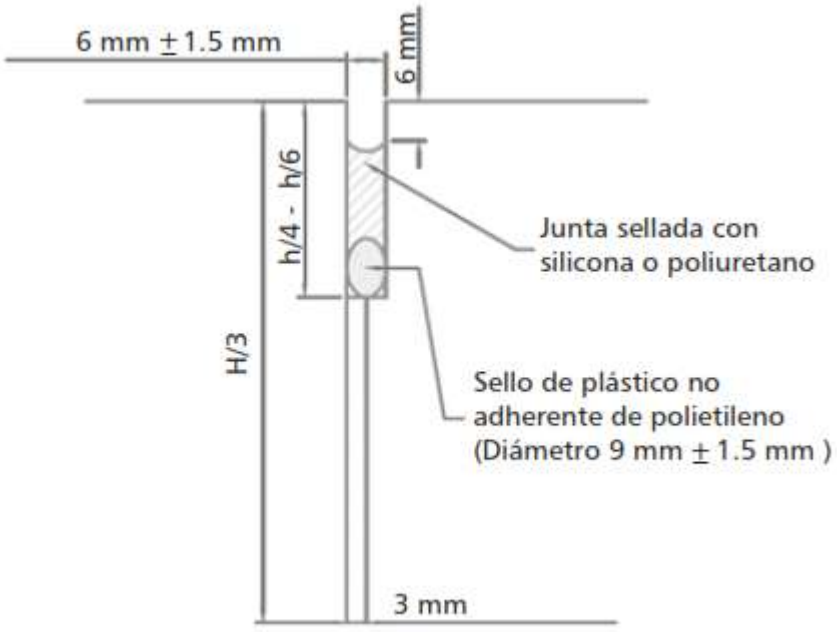



**ILUSTRACIÓN 8. PERFIL TÍPICO DE JUNTAS: CUANDO EL CONCRETO SE HA CONSTRUIDO A AMBOS LADOS DE LA JUNTA**

(Quintana, 2015)

Ancho de Corte: 0.003m

Corte de Juntas: H/3 = 0.15m/3 = 0.05m

Sello de Juntas, Instalación de Cordón: H/6 = 0.15m/6 = 0.025m


Los informes presentados por la empresa INGELABCON S.A.S., son realizados bajo el alcance de la presente consultoría, los cuales no podrán ser editados, reproducidos o usados en cualquier tipo de campaña de información técnica sin autorización escrita de gerencia.

## 8. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- Se recomienda conformar la base granular con una densidad igual o mayor al 100% del próctor modificado y cumplir con las demás disposiciones de la especificación INV 320-13.
- Se recomienda que el pavimento rígido cumpla con las siguientes especificaciones mínimas discriminadas así:

**Espesor losa de pavimento:** 0,16 m
**Espesor Subbase granular:** 0,15 m
**Espesor Mejoramiento:** 0,15 m
**Módulo de rotura (Mr) concreto:** 4.0 MPa (40 kg/cm2)
**Barras lisas transferencia carga:** Ø7/8" @0,30 m Long. 0,35 m.
**Barras corrugadas o anclaje:** Ø1/2" @1,20 m Long. 0,85 m

- Se recomienda un control de calidad en la etapa constructiva, de forma tal que garantice que los materiales cumplan con las normas y especificaciones técnicas tenidas en cuenta en el diseño.
- A una altura promedio del e/2 se colocará el refuerzo de transferencia de carga apoyado en una canastilla, con el fin garantizar la horizontalidad del pasador y su correcta posición después de fundida la losa.
- Se recomienda utilizar el vibrador de aguja teniendo en cuenta que el espesor de la losa, de tal manera que se minimicen defectos y vacíos.
- Cuando empiece el fraguado inicial se procederá a efectuar el primer corte (ancho de corte=3mm, profundidad=50mm) con el fin de inducir las juntas transversales de contracción.
- El sellado de las juntas debe garantizar la hermeticidad del espacio sellado, la adherencia del sello a las caras de la junta, la resistencia a la fatiga por tracción y compresión, el arrastre por las llantas de los vehículos y la resistencia a la acción del agua.

Los informes presentados por la empresa INGELABCON S.A.S., son realizados bajo el alcance de la presente consultoría, los cuales no podrán ser editados, reproducidos o usados en cualquier tipo de campaña de información técnica sin autorización escrita de gerencia.

## 9. Bibliografía


INVÍAS. (2008). *Manual de diseño de pavimentos de concreto para vías con bajos, medios y altos volúmenes de tránsito.*

Quintana, R. (2015). *Pavimentos Materiales y Construcciónes.* Bogota: Ecoe Ediciones.

S.A.S, S. (2023). *Estudio de Transito.* Montería.



Los informes presentados por la empresa INGELABCON S.A.S., son realizados bajo el alcance de la presente consultoría, los cuales no podrán ser editados, reproducidos o usados en cualquier tipo de campaña de información técnica sin autorización escrita de gerencia.

**PARA:** CONSORCIO PUENTES DE CÓRDOBA.

**DE:** **INGELABCON SAS / ING. JORGE ELIECER MORALES CONSULTOR EN GEOTECNIA, PAVIMENTOS & MATERIALES.**

**FECHA:** 04 DE MAYO DE 2023

**PROYECTO:** **DISEÑO DE PAVIMENTOS PARA LA CONSTRUCCIÓN DE UN PUENTE VEHICULAR SOBRE LA QUEBRADA SEVERINERA EN LA VÍA QUE COMUNICA A LOS MUNICIPIOS DE PLANETA RICA Y TIERRALTA.**

**UBICACIÓN:** MUNICIPIO DE TIERRALTA, DEPARTAMENTO DE CÓRDOBA

**ASUNTO:** CONCEPTO TÉCNICO DE ESTUDIO GEOTÉCNICO DE PAVIMENTO

El proyecto titulado **DISEÑO DE PAVIMENTOS PARA LA CONSTRUCCIÓN DE UN PUENTE VEHICULAR SOBRE LA QUEBRADA SEVERINERA EN LA VÍA QUE COMUNICA A LOS MUNICIPIOS DE PLANETA RICA Y TIERRALTA** se contempla la construcción de los accesos al puente en pavimento (ver Figura 1).

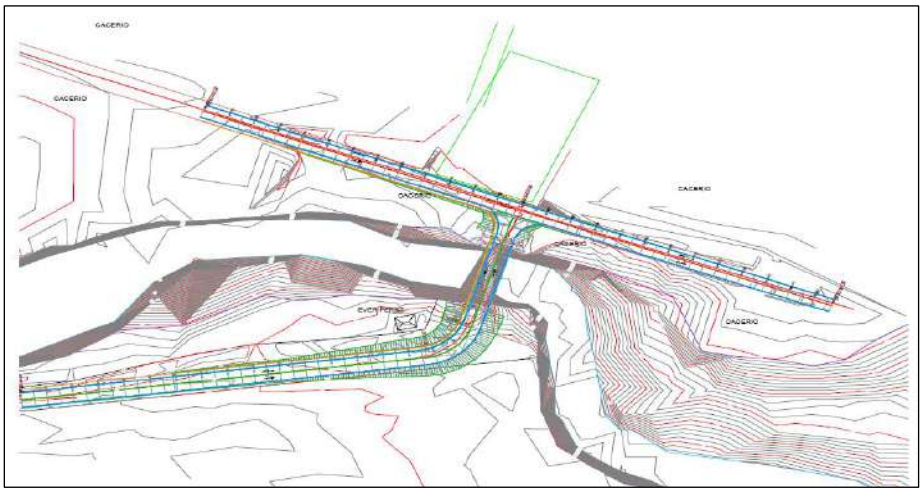


Figura 1. Tramo vial propuesto para el proyecto.


Los informes presentados por la empresa INGELABCON S.A.S., son realizados bajo el alcance de la presente consultoría, los cuales no podrán ser editados, reproducidos o usados en cualquier tipo de campaña de información técnica sin autorización escrita de gerencia.

## 1. EXPLORACIÓN GEOTÉCNICA Y CARACTERIZACIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO

La empresa INGELABCON S.A.S, realizó un estudio de mecánica de suelos en el municipio de Tierralta, Córdoba. Para esto se ordenó la realización de dos (2) apiques a una profundidad de 1.50 metros cada uno, para la caracterización básica del suelo de subrasante.

Para la emisión de este concepto técnico se tuvo en cuenta el tramo correspondiente a la construcción del pavimento y el cual presenta problemas con el espesor de mejoramiento.

La localización de los apiques realizados se presenta en la siguiente tabla.

| PUNTO | COORDENADAS | |
|---|---|---|
| | OESTE | NORTE |
| Apique 1 | 75°47'21.49" | 8°14'50.99" |
| Apique 2 | 75°47'21.80" | 8°14'50.04" |

Tabla 1. Coordenadas geográficas de las exploraciones.
Fuente: "CO-F-I001 ESTUDIO DE SUELOS PARA PAVIMENTO.pdf".

La localización de las perforaciones en el lote se muestra en la siguiente figura:




Figura 2. Localización de las perforaciones en el área de estudio.
Fuente: Google Earth

Fuente: "CO-F-I001 ESTUDIO DE SUELOS PARA PAVIMENTO.pdf".

Los informes presentados por la empresa INGELABCON S.A.S., son realizados bajo el alcance de la presente consultoría, los cuales no podrán ser editados, reproducidos o usados en cualquier tipo de campaña de información técnica sin autorización escrita de gerencia.

### 1.1. NIVEL FREÁTICO

Durante la etapa de exploración geotécnica no **se evidenció** la presencia del nivel freático en los apiques del tramo

Lo anterior fue tomado del informe geotécnico **"CO-F-I001 ESTUDIO DE SUELOS PARA PAVIMENTO.pdf".**

## 2. ESTRUCTURA RECOMENDADA

Inicialmente se recomendó una estructura tipo para todo el tramo vial, esta estructura estaba conformada por una capa de mejoramiento de 15 cm, una capa de subbase de 15 cm y la losa de pavimento, tal como se muestra a continuación:

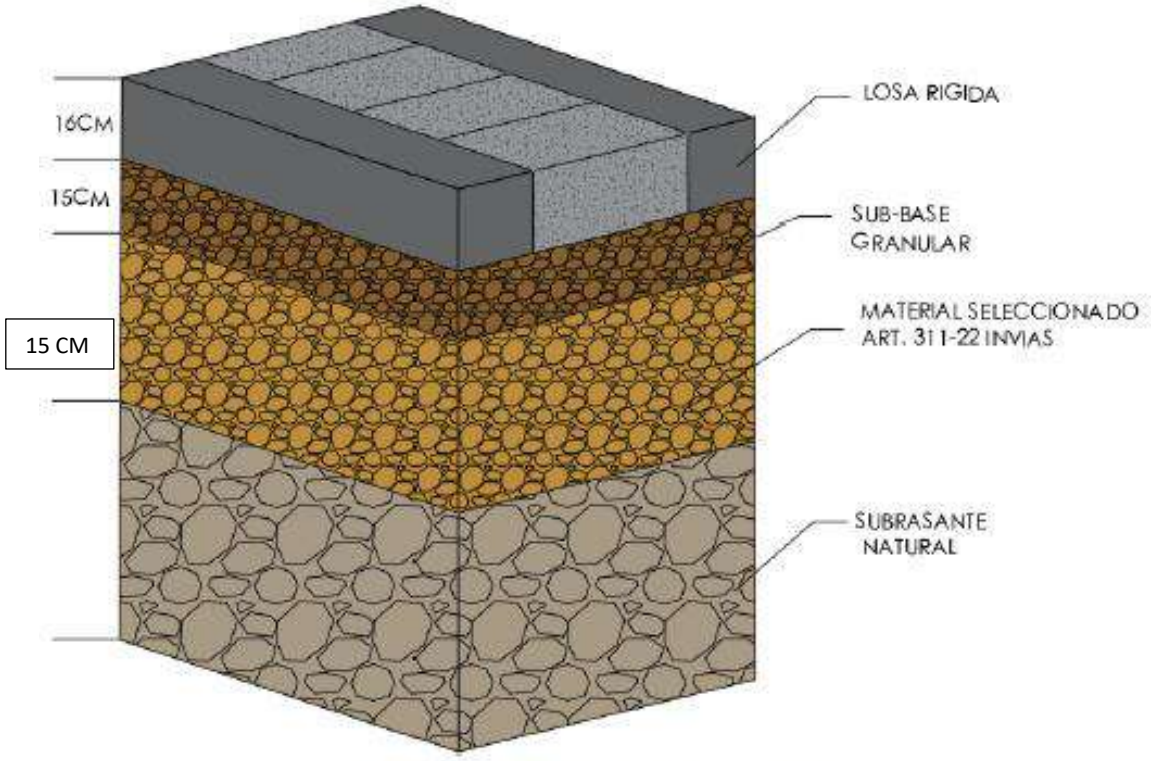


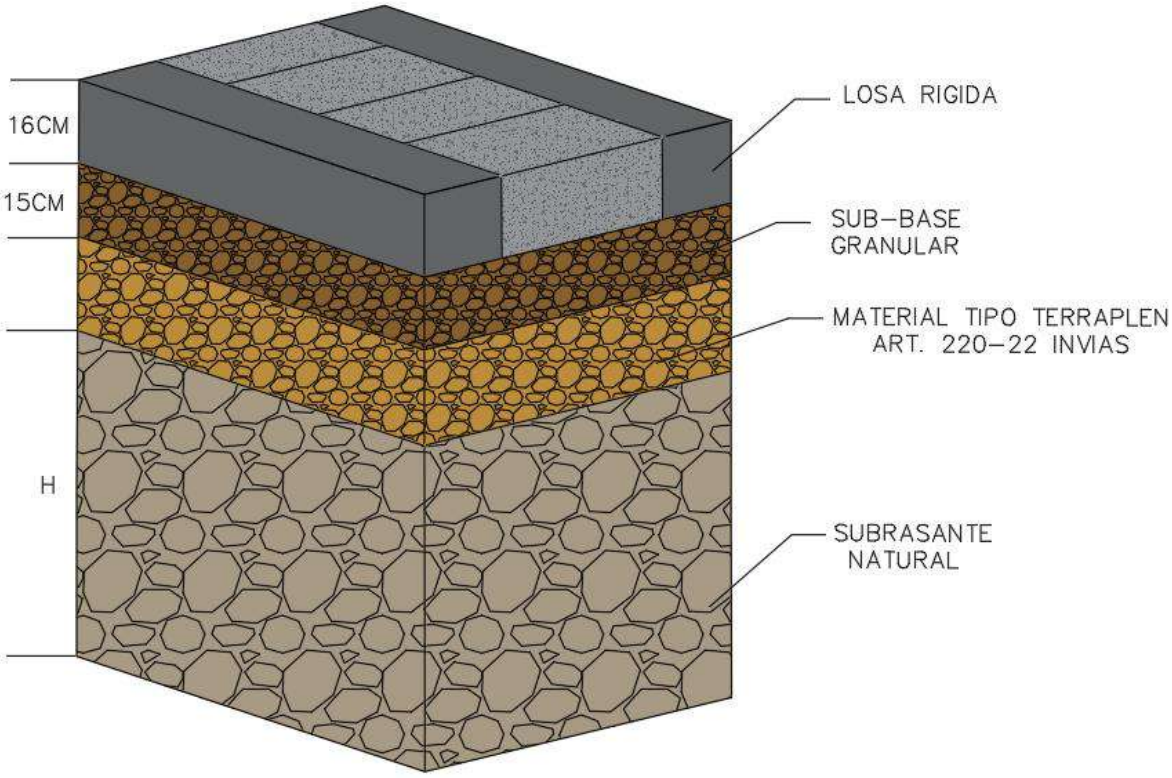

Figura 5. Esquema estructura recomendada.

Fuente: "CO-F-I001 ESTUDIO DE SUELOS PARA PAVIMENTO.pdf".

Los informes presentados por la empresa INGELABCON S.A.S., son realizados bajo el alcance de la presente consultoría, los cuales no podrán ser editados, reproducidos o usados en cualquier tipo de campaña de información técnica sin autorización escrita de gerencia.

Teniendo en cuenta la geometría del terreno se recomienda la utilización de dos estructuras tipos para el tramo vial; La primera es la recomendada inicialmente en el informe **"CO-F-I001 ESTUDIO DE SUELOS PARA PAVIMENTO.pdf"** y es recomendada para los casos donde sea necesario encajonar la estructura de pavimento.

La segunda estructura tipo es recomendada para los casos donde sea necesario elevar la estructura de pavimento, dicha estructura está compuesta por una capa de terraplén, una capa de subbase de 15 cm y la losa de pavimento, ver a continuación:




Los informes presentados por la empresa INGELABCON S.A.S., son realizados bajo el alcance de la presente consultoría, los cuales no podrán ser editados, reproducidos o usados en cualquier tipo de campaña de información técnica sin autorización escrita de gerencia.

## 3. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

- Se propone una estructura tipo, con material seleccionado tipo terraplén (Art. INV 220-22) para los casos donde sea necesario elevar la estructura de pavimento, cumpliendo la condición establecida por la cartilla de Obras menores de drenaje y estructuras viales Programa Colombia Rural.

- El material seleccionado tipo terraplén utilizado no puede tener características erosionables y/o colapsables, ya que este puede estar expuestos a fluctuaciones en los niveles de agua debido a posibles inundaciones.

- El espesor de material seleccionado (Terraplén) dependerá de la geometría vertical de la vía, con el fin que pueda proteger la estructura de pavimento de las inundaciones que se puedan presentar en el área.

- El diseño debe satisfacer las condiciones hidráulicas para asegurar el buen funcionamiento del proyecto.



JORGE ELIECER MORALES PADILLA
Consultor en Geotecnia
Ingeniero Civil – Especialista en Geotecnia



**JESÚS DAVID PIZARRO FERNANDEZ**
Coordinador de Consultoría INGELABCON S.A.S.
Ingeniero Civil
Celular: 314 631 74 10


Los informes presentados por la empresa INGELABCON S.A.S., son realizados bajo el alcance de la presente consultoría, los cuales no podrán ser editados, reproducidos o usados en cualquier tipo de campaña de información técnica sin autorización escrita de gerencia.

La movilidad es de todos

Mintransporte



# CAPÍTULO 5

# Especificaciones generales de construcción de carreteras 2022

UNIVERSIDAD DEL QUINDÍO

UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA

INVIAS
INSTITUTO NACIONAL DE VIAS

# 5

# Pavimentos de concreto

# Pavimento de concreto hidráulico

**Artículo 500 –** 22

## 500.1 Descripción

Este artículo se refiere a la construcción de una capa de rodadura de concreto hidráulico, incluyendo la producción de materiales, el diseño, la elaboración y el transporte de la mezcla de concreto, procedimientos de acabado superficial, protección y curado del concreto, corte y sellado de juntas, apertura al tránsito y otras actividades necesarias para la correcta construcción de una capa de rodadura de concreto, con sus respectivos procedimientos de control de materiales, construcción y pavimento terminado. La capa de rodadura en concreto hidráulico se debe construir de acuerdo con los alineamientos, las cotas, las secciones, los espesores y demás parámetros indicados en su diseño y en los documentos del proyecto.

### 500.1.1 Tipos de pavimento de concreto hidráulico

Los procedimientos establecidos en este artículo son aplicables a los siguientes tipos de pavimentos de concreto hidráulico, de conformidad con las definiciones establecidas en el numeral 500.9.

- Pavimento de concreto convencional con juntas.
- Pavimento con juntas y losas reforzadas.
- Sobrelosas sobre pavimento de concreto, adheridas.
- Sobrelosas sobre pavimento de concreto, no adheridas.
- Sobrelosas sobre pavimento asfáltico, adheridas.
- Sobrelosas sobre pavimento asfáltico, no adheridas.
- Sobrelosas sobre pavimento compuesto, adheridas.
- Sobrelosas sobre pavimento compuesto, no adheridas.
- Pavimento continuamente reforzado (con limitaciones).

### 500.1.2 Restricciones

Por tratarse de modalidades de pavimentos de concreto hidráulico con diferencias sustanciales en su metodología de construcción, este artículo no es aplicable para los siguientes tipos de pavimentos de concreto:

- Pavimentos de concreto estampados.
- Pavimentos de concreto ultradelgados.
- Pavimentos de concreto compactado con rodillo (CCR).
- Pavimentos de concreto prensado.
- Pavimentos de losas prefabricadas de concreto.
- Pavimentos de concreto postensados.

## 500.2 Materiales

### 500.2.1 Concreto

Está conformado por una mezcla homogénea de agregados, material cementante, adiciones suplementarias, agua, aditivos y eventualmente adiciones complementarias, materiales que deben cumplir los requisitos básicos que se mencionan a continuación.

#### 500.2.1.1 Cemento hidráulico

Rige lo establecido en el numeral 630.2.1.1 del artículo 630, Concreto estructural.

#### 500.2.1.2 Adiciones suplementarias

Rige lo establecido en el numeral 630.2.1.2 del artículo 630.

#### 500.2.1.3 Agregados

Rige lo establecido en el numeral 630.2.1.3 del artículo 630.

##### 500.2.1.3.1 Agregado fino

Rige lo establecido en el numeral 630.2.1.3.1 del artículo 630.

##### 500.2.1.3.2 Agregado grueso

Se denomina agregado grueso a la porción del agregado retenida en el tamiz de 4,75 mm (nro. 4). Dicho agregado debe estar compuesto de grava, grava triturada, roca triturada o concreto triturado fabricado con cemento hidráulico, que cumpla lo especificado en el numeral 630.2.1.3 del artículo 630; sus fragmentos deben ser limpios, resistentes y durables, sin exceso de partículas planas, alargadas, blandas o desintegrables. No se permite la utilización de agregado grueso proveniente de escorias de alto horno. Debe estar exento de polvo, tierra, terrones de arcilla u otras sustancias objetables que puedan afectar adversamente la calidad de la mezcla.

Su gradación se debe ajustar a alguna de las señaladas en la Tabla 500 — 1. Siempre que el tamaño máximo nominal sea mayor de veinticinco milímetros (25,0 mm) (1 pulgada), gradaciones AG-1 y AG-2, el agregado grueso se debe suministrar en las dos fracciones que indica la Tabla 500 — 1.

Tabla 500 — 1. Granulometrías para el agregado grueso en losas de concreto hidráulico

| Tipo de gradación | | | Tamiz (mm / *U.S. Standard*) | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | 63,0 | 50,0 | 37,5 | 25,0 | 19,0 | 12,5 | 9,5 | 4,75 | 2,36 |
| **INVÍAS** | | **ASTM C33** | 2 ½ Pulgadas | 2 Pulgadas | 1 ½ Pulgadas | 1 Pulgada | 3/4 Pulgada | 1/2 Pulgada | 3/8 Pulgada | Nro. 4 | Nro. 8 |
| | | | **Pasa tamiz (%)** | | | | | | | | |
| AG-1 | Fracción 1: 2 pulgadas a 1 pulgada | 3 | 100 | 90 — 100 | 35 — 70 | 0 — 15 | - | 0 — 5 | - | - | - |
| | Fracción 2: 1 pulgada a nro.4 | 57 | - | - | 100 | 95 — 100 | - | 25 — 60 | - | 0 — 10 | 0 — 5 |
| AG-2 | Fracción 1: 1 ½ pulgadas a ¾ pulgada | 4 | - | 100 | 90 — 100 | 20 — 55 | 0 — 15 | - | 0 — 5 | - | - |
| | Fracción 2: ¾ pulgada a nro. 4 | 67 | - | - | - | 100 | 90 — 100 | - | 20 — 55 | 0 — 10 | 0 — 5 |
| AG-3 | 1 pulgada a nro. 4 | 57 | - | - | 100 | 95 — 100 | - | 25 — 60 | - | 0 — 10 | 0 — 5 |
| AG-4 | 2 pulgadas a nro. 4 | 357 | 100 | 95 — 100 | - | 35 — 70 | - | 10 — 30 | - | 0 — 5 | - |
| AG-5 | 1 ½ pulgadas a nro. 4 | 467 | - | 100 | 95 — 100 | - | 35 — 70 | - | 10 — 30 | 0 — 5 | - |
| AG-6 | 1 pulgada a ½ pulgada | 5 | - | - | 100 | 90 — 100 | 20 — 55 | 0 — 10 | 0 — 5 | - | - |
| AG-7 | 1 pulgada a 3/8 pulgada | 56 | - | - | 100 | 90 — 100 | 40 — 85 | 10 — 40 | 0 — 15 | 0 — 5 | - |
| AG-8 | ¾ pulgada a 3/8 pulgada | 6 | - | - | - | 100 | 90 — 100 | 20 — 55 | 0 — 15 | 0 — 5 | - |

El tamaño máximo nominal del agregado no debe superar un tercio (1/3) del espesor de diseño de la capa de rodadura. El agregado grueso debe cumplir, además, los requisitos de calidad señalados en la Tabla 500 — 2.

Siempre que se requiera la mezcla de dos (2) o más agregados gruesos para obtener la granulometría de diseño, los requisitos indicados en la Tabla 500 — 2 para dureza, durabilidad y contenido de sulfatos deben ser

satisfactorios de manera independiente por cada uno de ellos. La limpieza y las propiedades geométricas se miden sobre muestras del agregado combinado en las proporciones definidas en la fórmula de trabajo.

La curva granulométrica obtenida al mezclar los agregados grueso y fino en el diseño y construcción del concreto debe ser continua y asemejarse a las teóricas obtenidas al aplicar las fórmulas de Fuller o Bolomey, o por cualquier otro método validado por alguna institución técnica nacional o internacional, y aprobado por el interventor.

En caso de no cumplir los requisitos propuestos por algunas de las metodologías de dosificación, se pueden realizar optimizaciones granulométricas con base en métodos de empaquetamiento granular. El constructor debe revisar la propuesta con aprobación del interventor, mediante la elaboración de mezclas de prueba, con el fin de comprobar que las características proporcionadas en el diseño cumplan los requisitos del concreto, tanto en estado fresco como en estado endurecido para el proyecto en particular.

Se pueden considerar otros métodos para la dosificación del concreto, además de los basados en el contenido de cemento, ya que estos no son los únicos usados. Además de esto, en caso de no cumplir los requisitos de esas metodologías, se acepta la optimización granulométrica, por medio de métodos de empaquetamiento granular. Sin embargo, estos deben ser verificados y aprobados, para garantizar la calidad requerida.

Tabla 500 — 2. Requisitos del agregado grueso para losas de concreto hidráulico

| Característica | Norma de ensayo INV | Requisito |
|---|---|---|
| **Dureza (O)** | | |
| Desgaste en la máquina de Los Ángeles, máximo (%):<br>- 500 revoluciones<br>- 100 revoluciones | E-218 | <br>40<br>8 |
| Degradación por abrasión en el equipo Micro-Deval, máximo (%). | E-238 | 30 |
| Resistencia mecánica por el método del 10 % de finos:<br>- Valor en seco, mínimo (kN)<br>- Relación húmedo/seco, mínimo (%) | E-224 | <br>90<br>75 |
| **Durabilidad (O)** | | |
| Pérdidas en el ensayo de solidez en sulfatos, máximo (%):<br>- Sulfato de sodio<br>- Sulfato de magnesio | E-220 | <br>12<br>18 |
| **Limpieza (F)** | | |
| Terrones de arcilla y partículas deleznables, máximo (%). | E-211 | 3 |
| Partículas livianas, máximo (%). | E-221 | 0,5 |

| Característica | Norma de ensayo INV | Requisito |
|---|---|---|
| **Geometría de las partículas (F)** | | |
| Partículas fracturadas mecánicamente (una cara), mínimo (%). | E-227 | 60 |
| Índice de alargamiento, máximo (%). | E-230 | 25 |
| Índice de aplanamiento, máximo (%). | E-230 | 25 |
| **Características químicas (O)** | | |
| Proporción de sulfatos del material combinado, expresado como $SO_4^=$, máximo (%). | E-233 | 1,0 |

### 500.2.1.4 Agua

Rige lo establecido en el numeral 630.2.1.4 del artículo 630.

### 500.2.1.5 Aditivos y adiciones complementarias

Rige lo establecido en el numeral 630.2.1.5 del artículo 630.

## 500.2.2 Aceros utilizados en losas de concreto hidráulico

En los documentos del proyecto se debe indicar el acero necesario para la construcción de la capa de rodadura, bien sea para los elementos de amarre o transferencia en las juntas o como refuerzo de las losas, cuando sea especificado. Las barras de acero, cuando estas se requieran según el proyecto, deben cumplir la NTC 161 (ASTM A615).

Si la losa de concreto tiene presencia de acero, se deben tomar todas las medidas necesarias para evitar la corrosión, tales como (i) limitar el contenido total de cloruros en la mezcla de concreto, según las tablas de tipo de exposición y requisitos dados en el numeral 630.2.6.1 del artículo 630; (ii) en vez de acero (barras, mallas, fibras) utilizar otros materiales que no sean afectados por los cloruros, entre otras medidas.

### 500.2.2.1 Sistemas de transferencia

Cuando sea especificado, en las juntas transversales que muestren los documentos del proyecto, se deben colocar pasadores como mecanismo para garantizar la transferencia efectiva de carga entre las losas adyacentes.

Cualquier sistema de transferencia de carga con dovelas utilizado en las losas de concreto debe tener la suficiente resistencia a la corrosión para soportar el ambiente en el que se utilice durante la vida útil prevista de la estructura del pavimento. Por esta razón, las barras de transferencia deben llevar una película de anticorrosivo (base del tipo epoxi-zinc o equivalente avalada por el interventor) en la totalidad de la dovela, de acuerdo con la especificación AASHTO M 254. No es necesario cubrir los extremos de los tacos. Las barras deben tener las siguientes características:

- Acero redondo y liso.
- Con límite de fluencia (*fy*) mínimo de cuatrocientos veinte megapascales (420 MPa).
- Ambos extremos de los pasadores deben ser lisos y estar libres de rebabas cortantes, o de cualquier imperfección o deformación

que restrinja su deslizamiento libre dentro del concreto.

Existen aplicaciones especiales de barras de transferencia que requieren otros aditamentos, como por ejemplo las juntas de expansión o aislamiento con transferencia de carga, los cuales requieren la utilización de elementos especiales como cápsulas en sus extremos u otros accesorios.

Se pueden utilizar, además, otros sistemas para la transferencia de carga como las dovelas diamantadas, compuestos de Fibras de Refuerzo con Polímeros (FRP) u otro sistema que cumpla el diseño del proyecto, y con el manual técnico de su proveedor certificado para su instalación. En cualquier caso, el sistema de transferencia seleccionado debe ser verificado antes de su instalación y aprobado por el interventor.

Cuando se escojan las barras de acero como sistema de transferencia de carga, el constructor debe proporcionar todas las memorias de cálculo donde se contemplen diámetro, longitud, resistencia, separación entre estas, empotramiento mínimo en cada losa y la separación entre la primera barra y la junta longitudinal adyacente.

#### 500.2.2.1.1 Ubicación de las barras de transferencia

Los elementos de las juntas de las losas de concreto hidráulico se deben colocar, de acuerdo con los documentos del proyecto.

Los pasadores se colocan paralelos entre sí y al eje de la calzada, en la ubicación que se tenga prevista para la junta transversal, de acuerdo con lo que establezcan los documentos del proyecto. Se debe dejar una referencia precisa que defina dicha posición a la hora de completar la junta.

Durante la colocación del concreto, se debe asegurar y verificar que la máxima desviación, tanto en planta como en elevación, de la posición del eje de un pasador respecto de la teórica no sea superior de diez milímetros (10 mm), de igual manera, la desviación angular respecto a la dirección teórica del eje de cada pasador, medida por la posición de sus extremos, no debe ser mayor de diez milímetros (10 mm) si se insertan por vibración o si se colocan previamente al mismo.

Salvo que los pasadores se introduzcan por vibración en las losas mediante máquinas adecuadas para ello, se deben disponer, con anterioridad al vertido del concreto, sobre canastas de varillas metálicas suficientemente estables y con uniones soldadas que se fijen a la base de un modo firme. El desplazamiento del extremo del pasador no debe ser superior a cero como cinco por ciento (0,5 %) de su longitud.

#### 500.2.2.1.2 Alineación de las barras de transferencia

Antes de la colocación del concreto, las barras de transferencia deben estar alineadas entre sí y deben ser paralelas a la junta longitudinal. Una vez endurecido el concreto, la alineación de estas se debe verificar, mediante ensayos no destructivos tales como escáneres o radares.

Si se advierten desviaciones superiores a las consideradas aceptables anteriormente mencionadas, el constructor debe realizar, a sus

expensas, los trabajos de corrección de las varillas desviadas, por medio de la implementación de un diseño de reparación para lograr lo que se establece en los documentos del proyecto. Se debe demostrar que cada barra cumpla las tolerancias anteriormente dichas, y su aceptación debe ser aprobada por el interventor.

#### 500.2.2.1.3 Condiciones de colocación

##### 500.2.2.1.3.1 Colocación de antiadherentes

Para prevenir la adherencia de las barras de transferencia con el concreto y permitir su libre movimiento, estas deben estar ligeramente lubricadas con un antiadherente aprobado por el interventor en la totalidad de su longitud inmediatamente antes de su instalación y previa aprobación del interventor. Así mismo, se debe garantizar que no haya exceso de material antiadherente que pueda generar vacíos alrededor de la dovela, comprometiendo la eficiente transferencia de la carga. No se permite solo el engrase de la mitad o un porcentaje de la barra.

##### 500.2.2.1.3.2 Sistemas automáticos y manuales de colocación de barras de amarre

Se pueden emplear insertadores automáticos de barras pasajuntas (DBI), los cuales van incorporados a la pavimentadora, y se encargan de alimentar, depositar e insertar las barras de transferencia de carga en las juntas transversales. Estos deben ser programados para que la ubicación de las barras pasajuntas concuerden con las establecidas en los documentos del proyecto. O se pueden colocar manualmente, de acuerdo con las especificaciones del proyecto, cumpliendo las ubicaciones y las cotas establecidas en los documentos del proyecto.

### 500.2.2.2 Barras de amarre

En las juntas que muestren los documentos del proyecto y/o en los sitios en que indique el interventor, se deben colocar barras de amarre, con el propósito de evitar el desplazamiento de las losas y la abertura de las juntas.

En general, las barras de amarre no deben ser dobladas y enderezadas. Sin embargo, si por razones constructivas es absolutamente indispensable doblarlas y enderezarlas con expresa autorización del interventor, se debe utilizar un acero con límite de fluencia (*fy*) de doscientos ochenta megapascales (280 MPa). En este caso, el constructor debe rediseñar el sistema de barras de amarre para acomodarlo a la nueva resistencia y ductilidad, rediseño que debe ser verificado y aprobado por el interventor.

#### 500.2.2.2.1 Características de las barras de amarre

Las barras deben ser corrugadas, con límite de fluencia (*fy*) de cuatrocientos veinte megapascales (420 MPa).

#### 500.2.2.2.2 Ubicación de las barras de amarre

Cuando el proyecto contemple la colocación de barras de amarre, estas se deben instalar en forma perpendicular a la junta longitudinal, con la separación mostrada en los documentos del proyecto. Deben quedar aproximadamente a la mitad del espesor de la losa y en forma paralela a la superficie del pavimento, con una mitad a cada lado de la junta.

#### 500.2.2.2.3 Sistemas de colocación de barras de amarre

##### 500.2.2.2.3.1 Manual

Cuando la pavimentación se realice entre formaletas fijas, las varillas se insertan manualmente dentro de estas, de manera que una mitad de ellas penetre dentro de la franja de concreto recién colocada.

Si la obra se realiza con pavimentadora de formaleta deslizante, las varillas se introducen manualmente en la mitad del espesor de las losas en estado fresco, a las separaciones previstas en los documentos del proyecto.

Si las barras de amarre se colocan en losas endurecidas, se deben efectuar barrenos horizontales a la mitad del espesor de las losas y con una profundidad igual a la mitad de la longitud de las varillas, las cuales se insertan manualmente y se anclan con la resina polimérica mencionada en el numeral 630.2.5 del artículo 630.

##### 500.2.2.2.3.2 Canastas

Las canastas usadas para los pasadores deben cumplir lo establecido en el ACI 302, en cuanto a material, dimensiones, ubicación y engrase, todo lo cual debe ser aprobado por el interventor.

### 500.2.2.3 Refuerzo de las losas

Los documentos del proyecto pueden requerir la colocación de una o dos parrillas de refuerzo en todas o algunas de las losas del proyecto, bien sea como parte integral del diseño o como sistema para controlar la aparición o el ensanche de grietas. Como guía general, se requiere la colocación de, al menos, una parrilla de refuerzo en las losas que tengan las siguientes características:

- Longitud de la losa (paralela al sentido del tránsito) superior a cinco coma cinco (5,5) veces el radio relativo de rigidez (relación entre la rigidez de la losa y la rigidez del soporte).
- Losas con relación largo/ancho mayor que uno coma veinticinco (1,25).
- Losas de forma irregular (diferente de la rectangular o cuadrada).
- Losas con aberturas en su interior para acomodar elementos tales como pozos de inspección o sumideros.
- Losas en las cuales no coinciden las juntas con las losas adyacentes.
- Losas en los aproches con los puentes.

El acero de refuerzo de las losas debe estar constituido por barras corrugadas con límite de fluencia (*fy*) de cuatrocientos veinte megapascales (420 MPa). Todos los detalles del refuerzo, como cuantía, distribución, localización, etc., deben quedar claramente definidos en los documentos del proyecto.

Para el refuerzo secundario se puede calcular la dosificación de macro fibras sintéticas estructurales, que cumplan la norma ASTM C1116, para el tipo III (*Syntetic Fiber-Reinforced Concrete o Shotcrete*), las cuales proveen el mismo nivel de resistencia posagrietamiento residual que un acero de refuerzo. Para contracción, los esfuerzos de tensión de acero (*fst*), deben ser calculados. Empleando factores de conversión se debe llevar este esfuerzo a flexión. Si el diseño ha sido desarrollado y el acero de refuerzo es conocido, el área de

acero (*As*) puede ser usada directamente para calcular los esfuerzos de tensión en el acero. Para esfuerzos por temperatura, el esfuerzo de flexión puede ser calculado basado en el espesor y el gradiente de temperatura, así como las propiedades del concreto. Se requieren datos del ensayo bajo la norma ASTM C1609, para determinar la dosis requerida de fibra sintética estructural que pueda proveer la misma capacidad de momento posagrietamiento que el original acero de refuerzo. Se debe presentar el diseño y para su implementación, el interventor debe aprobarlo.

#### 500.2.2.3.1 Condiciones del refuerzo de las losas de concreto

En las losas de concreto de tipo armado con juntas, las armaduras, se deben disponer en los sitios y con la forma establecidos en los documentos del proyecto, sujetándolas, de ser preciso, para impedir cualquier movimiento durante la colocación del concreto. Se prohíbe cualquier tipo de carga externa sobre las mallas, y se deben encontrar libres de suciedad, óxido no adherente, aceite, grasa y otros materiales que pueden afectar la adherencia del acero con el concreto. Se pueden usar fibras de acero como mecanismo de refuerzo. Esto se debe especificar en el diseño y se debe cumplir con la norma ASTM A820.

Si la unión de las varillas no se hace mediante soldadura a tope, las varillas longitudinales se deben traslapar en dos (2) mallas y las transversales en una (1). Al lado de cada junta, las armaduras se interrumpen a cien milímetros (100 mm) de ella.

Es indispensable que la armadura se coloque paralela a la superficie del pavimento, por lo que las secciones de malla no se deben suministrar en rollos.

Las varillas transversales van encima de las longitudinales y el recubrimiento de estas, cuando se trate de la armadura superior, se debe encontrar entre sesenta y ochenta milímetros (60 mm — 80 mm).

### 500.2.3 Productos para el curado del concreto

Rige lo establecido en el numeral 630.2.3 del artículo 630.

### 500.2.4 Materiales de separación

En caso de que los documentos del proyecto lo dispongan, se emplean elementos de separación entre las losas y su capa de apoyo, cuya función es evitar la adherencia entre el concreto de las losas y el material de base o evitar el reflejo de fisuras de la base en las losas de concreto, o barreras de vapor para impedir la migración de vapor de agua o fluidos que puedan ser perjudiciales al concreto o al acero.

La implementación de estos elementos de separación es recomendable cuando las losas de concreto se apoyan sobre bases de concreto sin juntas o con juntas que no coincidan con las de las losas del pavimento.

Los materiales pueden ser:

- Plásticos
- Membranas
- Antiadherentes
- Emulsiones

- Mezclas asfálticas
- Papel
- Barreras de vapor
- Cualquier otro material que cumpla la finalidad de separar la losa de concreto de la superficie de apoyo

Sea cual sea el material escogido, este debe ser aprobado por el interventor.

## 500.2.5 Productos para juntas

### 500.2.5.1 Material de sello

El material de sello puede ser: sellos asfálticos aplicados en caliente, elastómeros (siliconas, poliuretanos o material equivalente), o sellos preformados. En los documentos del proyecto se debe especificar el tipo de material de sello por emplear en las juntas de las losas. Este debe cumplir con las especificaciones de la Tabla 500 — 3.

Tabla 500 — 3. Especificaciones para el material de sello de juntas en losas de concreto hidráulico

| Tipo de sello | Especificación |
|---|---|
| Sellos elastoméricos | ASTM D5893<br>Tabla 500 — 4 para sellos de poliuretano<br>EN 14188-2 |
| Sellos asfálticos aplicados en caliente | ASTM D6690 |
| Sellos preformados | ASTM D3575 |

Los sellos de poliuretano para juntas deben cumplir los requisitos establecidos en la EN 14188-2, o los requisitos de desempeño según la Tabla 500 — 4, y su cumplimiento debe ser verificado por el interventor.

Tabla 500 — 4. Requisitos para sellos de poliuretano

| Propiedad | Norma de ensayo | Requisito para sellos de poliuretano estándar (Nota 1) | Requisitos para sellos de poliuretano para concreto húmedo o con menos de 28 días de curado (Nota 2) |
|---|---|---|---|
| Contenido de sólidos (%) | - | mín. 98 | mín. 98 |
| Gravedad específica | - | mín. 1,30 | mín. 1,30 |
| Dureza (Escala durómetro A) | ASTM C661 | 40 ± 5 | 40 ± 5 |
| Formación de piel *Skin Time* (horas) | ASTM C679 | máx. 2 | máx. 2 |
| Adherencia al concreto (kN/m) | ASTM C794 | mín. 5,4 | mín. 5,4 |
| Adherencia al concreto luego de inmersión (kN/m) | ASTM C794 | N/A | mín. 4,9 |

| Propiedad | Norma de ensayo | Requisito para sellos de poliuretano estándar (Nota 1) | Requisitos para sellos de poliuretano para concreto húmedo o con menos de 28 días de curado (Nota 2) |
|---|---|---|---|
| Adherencia al concreto húmedo o verde (kN/m) | ASTM C794 | N/A | > 2,6 |
| Envejecimiento acelerado | ASTM C793 | Pasa | Pasa |
| Resistencia a la tensión (kPa) | ASTM D412 | mín. 1 720 | mín. 1 720 |
| Elongación (%) | ASTM D412 | min 600 | min 600 |
| Inclinación permitida de aplicación (%) | - | máx. 5 | máx. 5 |
| Resistencia al rasgado (kPa) | ASTM D412 | mín. 240 | mín. 240 |
| Capacidad de movimiento (%). (Nota 3) | ASTM C719 | mín. ± 35 | mín. ± 35 |

Nota 1: se deben cumplir estos requisitos cuando el concreto tenga una edad igual o mayor a veintiocho días (28 d) y se encuentre seco.

Nota 2: se deben cumplir estos requisitos cuando el concreto tenga una edad menor a veintiocho días (28 d) o se encuentre húmedo, pero suficientemente seco.

Nota 3: de acuerdo con los requerimientos del proyecto y con base en las directrices del diseñador del pavimento.

Los sellos preformados deben cumplir los requisitos establecidos en la Tabla 500 — 5.

Tabla 500 — 5. Requisitos para sellos preformados

| Propiedad | Norma de ensayo | Requisito |
|---|---|---|
| Elongación a rotura (%) | ASTM D3575 Sufijo T | mín. 357 |
| Resistencia a la tensión (kPa) | ASTM D3575 Sufijo T | mín. 372 |
| Compresión Set (%) | ASTM D3575 Sufijo B 50 %, ½ hora | mín. 40 |
| Compresión Set (%) | ASTM D3575 Sufijo B 50 %, 24 horas | mín. 13 |
| Resistencia al desgarro (N/mm) | ASTM D3575 Sufijo G | mín. 2,2 |
| Densidad (kg/m$^3$) | ASTM D3575 Sufijo W | 32 |
| Absorción de agua, siete días (7 d) | DIN 53428 | 1 % en volumen máximo |
| Dureza Shore | ASTM D2240 | 00 – 48 |

### 500.2.5.2 Tirilla o cordón de respaldo

La tirilla de respaldo sirve de soporte para la colocación del material sellado y debe cumplir las siguientes características:

- El cordón de respaldo debe quedar comprimido en la cavidad en el sitio especificado en el diseño.
- Con el fin de mantener el factor de forma del elastómero y evitar su ingreso a la parte inferior de la cavidad, el diámetro del cordón debe ser superior por lo menos en un veinticinco por ciento (25 %) al ancho de la cavidad de sellado.
- El cordón de respaldo debe ser de un material que no se adhiera a las paredes de la cavidad de la junta y que durante la aplicación no se degrade con las temperaturas del material sellante. Este material del cordón debe cumplir la especificación ASTM D5249.

### 500.2.5.3 Material preformado para juntas de expansión

El material de relleno para juntas de expansión debe ser suministrado en piezas de la altura y el largo requeridos para la junta. Previa autorización del interventor, se pueden utilizar ocasionalmente dos piezas para completar el largo (nunca la altura), caso en el cual los dos extremos que se juntan deben quedar adecuadamente asegurados, para garantizar la conservación de la forma requerida, sin moverse. Los materiales por emplear deben cumplir alguna de las especificaciones ASTM D994 y ASTM D3575, junto con los requerimientos definidos en la Tabla 500 — 6.

Se permite el uso de materiales y nuevas tecnologías avaladas por la ASSHTO tales como espumas de poliuretano de alta densidad, para el sello para juntas de expansión que tengan certificaciones de departamentos de transporte de los Estados Unidos y que cumplan con:

Tabla 500 — 6. Requisitos para espumas de poliuretano de alta densidad para juntas de expansión

| Propiedad | Norma de ensayo ASTM | Requisito |
|---|---|---|
| Elongación a rotura (%) | D3574 | mín. 150 |
| Resistencia a la tensión (MPa) | D3574 | mín. 0,124 (18 psi) |
| Capacidad térmica de movimiento a quinientos (500) ciclos (%) | E1399 | + 60 y - 60 |

### 500.2.6 Resina polimérica y material para reparación parcial de pavimentos

Rige lo establecido en el numeral 630.2.5 del artículo 630.

### 500.2.7 Requisitos de durabilidad y resistencia

El diseño de la mezcla debe cumplir todos los requisitos de durabilidad y resistencia. Para ello, se deben tomar como requisitos límites

los parámetros más conservadores entre los obtenidos por:

- Durabilidad
- Resistencia

#### 500.2.7.1 Durabilidad

Rige lo establecido en el numeral 630.2.6.1 del artículo 630.

#### 500.2.7.2 Resistencia

Se debe proveer la resistencia del concreto solicitada en los documentos y las especificaciones del proyecto. Esta no debe ser menor de veintiocho megapascales (28 MPa), y debe cumplir los especificado en la Tabla 500 — 8.

## 500.3 Equipo

El constructor debe poner al servicio de los trabajos contratados todo el equipo necesario para manejar los materiales y las mezclas, y para ejecutar todas las partes de la capa de rodadura de concreto hidráulico, conforme se establece en el presente artículo.

Para definir el equipo de construcción de la capa de rodadura, el constructor debe tener en cuenta todos los aspectos relacionados con la logística de producción, transporte y colocación y las condiciones del proyecto, tales como el perfil de la vía y el espacio disponible. La selección del equipo más adecuado en términos de calidad y rendimiento debe considerar, entre otros, los siguientes aspectos:

- Perfil especificado para la vía.
- Ancho de calzada.
- Ancho de vaciado.
- Espesor de las losas de concreto.
- Condiciones del entorno.
- Rendimiento requerido.

Todo el equipo debe ser situado en el lugar de los trabajos con anticipación suficiente al inicio de las operaciones de pavimentación, con el fin de que el interventor lo pueda revisar con todo detalle y aprobar su utilización.

En todos los casos, el equipo se debe ajustar a lo dispuesto en la legislación vigente en las materias ambiental, de seguridad, de salud y de transporte, y se debe cumplir además lo establecido en la NSR en lo relacionado con calidad, mezclado y colocación, y con la normativa NTC 3318/ASTM C94.

### 500.3.1 Equipo para la elaboración de agregados y la producción del concreto

Rige lo establecido en el numeral 630.3.1 y 630.3.2 del artículo 630.

### 500.3.2 Equipo para el transporte del concreto al sitio de las obras

Rige lo establecido en el numeral 630.3.3 del artículo 630.

### 500.3.3 Equipos para la colocación del concreto

La mezcla de concreto se debe extender y consolidar por los medios apropiados para garantizar la homogeneidad de la mezcla colocada, al tiempo que se evita la segregación y la aparición de vacíos, se alcanza el espesor y la densidad adecuados, así como el

contenido de aire especificado. La colocación se puede realizar mediante extendido entre formaletas fijas, con equipos de formaletas deslizantes o equipos láser.

El constructor debe proponer los equipos de colocación del concreto adecuados para las diferentes situaciones, teniendo en cuenta las características del proyecto, el tipo de concreto, las condiciones logísticas del tramo a colocar, etc. Estos sistemas de colocación deben ser aprobados por el interventor.

En ningún caso se permite el extendido y la nivelación manual del concreto mediante el uso de regla, codal o boquillera.

Tabla 500 — 7. Equipos mínimos propuestos para la colocación del concreto

| Tipo de tránsito | Equipos |
|---|---|
| NT1 | Formaleta fija: la formaleta fija debe ser de un material capaz de soportar el empuje del concreto y el peso del equipo usado durante las operaciones de pavimentación sin deformarse ni pandearse. |
| | Flota motorizada de magnesio o de aleación equivalente. |
| | Regla vibratoria tipo cercha. |
| | Rodillo extendedor sencillo. Se debe garantizar que el diámetro del rodillo sea proporcional al ancho del carril para evitar el pandeo (flecha o catenaria). |
| | Rodillo extendedor de tres tubos con o sin juego de vibradores. |
| | En el caso de no contar con juego de vibradores externos o adosados al equipo, se debe garantizar la cantidad suficiente de vibradores manuales externos para asegurar la adecuada vibración del tramo a pavimentar. |
| NT2 | Formaleta fija: la formaleta fija debe ser de un material capaz de soportar el empuje del concreto y el peso del equipo usado durante las operaciones de pavimentación, sin deformarse ni pandearse. |
| | Cercha con rodillo transversal que circula sobre rieles. |
| | Rodillo extendedor de tres tubos con o sin juego de vibradores. |
| | En el caso de no contar con juego de vibradores externos o adosados al equipo, se debe garantizar la cantidad suficiente de vibradores manuales externos para asegurar la adecuada vibración del tramo a pavimentar. |
| NT3 | Pavimentadora de formaleta o cimbra deslizante.<br>- Con o sin sistema de instalación de dovelas de transferencia de carga (*Dowel Bar Insert* – DBI), como alternativa a la instalación manual de canastillas de transferencia de carga.<br>- Con o sin sistema de instalación de barras de amarre.<br>- Con o sin sistema de frotado automático (fratasado automático). |
| | Regla vibratoria o rodillo extendedor de tres tubos con o sin juegos de vibradores cuando la construcción deba ser complementada en áreas pequeñas. |
| | Cercha con rodillo transversal que circula sobre rieles (en tramos planos). |
| | Texturizador automático como alternativa al texturizador manual. |
| | Equipo de aplicación de membrana de curado automático como alternativa a los aspersores motorizados. |

| Tipo de tránsito | Equipos |
|---|---|
| NT1, NT2 y NT3 | Kit de pavimentación (para NT1, NT2 y NT3):<br>- Enrasador o regla articulada de chequeo con rótula y extensiones suficientes para abarcar el ancho de pavimentación. La sección mínima de este elemento es de diez centímetros (10 cm) por cinco centímetros (5 cm) (4 pulgadas por 2 pulgadas), longitud o ancho mínimo de tres metros (3 m). *Super flat pavers straigthedges* o *bump cutter*.<br>- Flotador o flota de magnesio o de material equivalente, longitud o ancho mínimo 3 m, con rótula y extensiones suficientes para abarcar el ancho de pavimentación.<br>- Tela o costal de microtexturizado de fique, yute o material equivalente. Debe ser de una sola pieza continua sin costuras intermedias para abarcar el ancho de pavimentación. Se debe pasar húmedo y limpiar periódicamente durante el proceso.<br>- Cepillo o peine de macrotexturizado (con extensiones suficientes para abarcar el ancho de pavimentación). La separación de los dientes puede ser continua o discontinua y la aplicación del macrotexturizado puede ser transversal o longitudinal dependiendo de las especificaciones del diseñador.<br>- Aspersores motorizados para la aplicación del retardante de evaporación.<br>- Aspersores motorizados para la aplicación de la membrana de curado.<br>- Cortadora manual o autopropulsada con disco diamantado y refrigeración por agua.<br>- Hidrolavadora para garantizar que en término de 3 horas después de realizado el corte inicial, la masilla generada por el corte sea retirada de la caja de corte.<br>- Soplador o compresor para la limpieza de la caja de corte, previo a la aplicación de la tirilla de respaldo o soporte del elastómero del sello.<br>- Aplicador para garantizar la profundidad de la tirilla de respaldo del sello.<br>- Aplicador del elastómero (poliuretano o silicona). |

El constructor debe garantizar la calibración periódica de los equipos, de acuerdo con el plan de mantenimiento y la calibración de estos, fijado en el plan de calidad del proyecto. Las calibraciones deben ser realizadas por laboratorios de calibración que cuenten con la acreditación por parte del Organismo Nacional de Acreditación de Colombia (ONAC) para la unidad de medida por verificar, garantizando que las mediciones realizadas por la empresa sean trazables al Sistema Internacional de Unidades (SI).

Estos equipos deben ser probados y aprobados en el tramo de prueba especificado en el numeral 500.4.5.

## 500.4 Ejecución de los trabajos

### 500.4.1 Consideraciones constructivas con relación al diseño de la capa de rodadura

El alcance de los diseños de la capa de rodadura de concreto hidráulico debe incluir los siguientes elementos, los cuales también deben ser verificados por el constructor, y aprobados por el interventor para poder iniciar la construcción de las losas de concreto:

- Método de diseño utilizado
  - Memoria de diseño
    - Criterios utilizados
    - Variables
    - Cálculos

- Tolerancias de los elementos terminados
  - Espesores
  - Dimensiones de las losas de acuerdo con los documentos del proyecto
  - Dimensiones de las cavidades
  - Ubicación de elementos de transferencia y amarre
  - Otras tolerancias

- Espesores de las capas del pavimento
  - Espesores de las capas de base o de estructuras existentes
  - Espesores de las losas de concreto

- Sistema de transferencia
  - Tipo y características del sistema de transferencia
    - Barras (acero, barras de polímero reforzado con fibras, otros materiales)
    - Dovelas diamantadas
    - Platinas
  - Resistencia de los elementos de transferencia
  - Calidad de los extremos de corte de las barras
    - Sin rebabas
    - Corte liso
  - Dimensiones
    - Barras (diámetro de las barras, longitud de las barras, separación entre barras, separación entre junta y primera barra)
    - Dovelas y platinas (espesor, dimensiones, separación entre dovela o platina, separación entre junta y primera dovela, elementos necesarios para la colocación y funcionamiento)
  - Ubicación en las losas
  - Sistema de antiadherencia y consideraciones para el uso
  - Longitud de engrase de la barra
  - Consideraciones para la colocación
    - Uso de canastas
    - Uso de sistemas automáticos de inserción
  - Sistemas especiales de transferencia
    - Uso de cápsulas y soportes

- Sistema de amarre
  - Tipo y características del sistema de amarre
    - Barras (acero, poliméricas, fibras de vidrio u otro material)
  - Resistencia de los elementos de amarre
  - Dimensiones
    - Diámetro de las barras
    - Longitud de las barras
    - Separación entre barras
    - Separación entre junta y primera barra
  - Ubicación en las losas
  - Consideraciones para la colocación
    - Inserción manual
    - Uso de canastas
    - Uso de sistemas automáticos de inserción

- Producción del concreto
  - Resistencia a la flexión
  - Resistencia a la compresión
  - Consideraciones
    - Módulo de elasticidad
    - Peso unitario
    - Requisitos de durabilidad
    - Valor máximo de contracción del concreto
    - Relaciones agua/material cementante
  - Diseños de mezclas
    - Consideraciones para el uso de cada diseño de mezcla
    - Consideraciones especiales para ajustes del diseño de mezcla
  - Ensayos que se deben realizar al concreto
    - En estado fresco (asentamiento, temperatura, peso unitario)
    - En estado endurecido (resistencia a la flexión, resistencia a la compresión,

durabilidad, variaciones dimensionales, contracción durante el fraguado, contracción por secado de la mezcla endurecida)
  - Rangos de temperatura aceptables y consideraciones en caso de temperaturas por fuera del rango

- Transporte del concreto
  - Tipos de transportes y consideraciones para la selección
  - Características de cada sistema de transporte
  - Limitaciones

- Descarga del concreto
  - Distancia máxima de caída libre del concreto
  - Consideraciones en caso de distancias mayores

- Colocación
  - Consideraciones para la colocación del concreto
  - Secuencia recomendada de colocación
  - Consideraciones para la selección del equipo de colocación
    - Asentamientos asociados a cada diseño de mezcla de acuerdo con el sistema de colocación

- Acabado superficial
  - Procedimientos establecidos para el acabado superficial
    - Chequeo superficial (condiciones para el chequeo, equipos a utilizar, tolerancias)
    - Flotado superficial (sentido y secuencia de flotado, momento de flotado)
    - Microtextura (material a utilizar, sentido de paso del equipo, momento del paso del equipo)
    - Rebordeo de juntas longitudinales (consideraciones para el rebordeo)
    - Macrotextura
      - Tipo de cepillado a utilizar (material de las cerdas, ancho de la cerda, profundidad de cepillado)
      - Momento del cepillado

- Protección y curado del concreto
  - Sistemas de protección
    - Cubiertas
    - Barreras
    - Sistemas de curado (riegos de agua, membranas de curado, materiales absorbentes, plásticos, retardantes de evaporación)
  - Tiempos y características de protección
    - Previa (cubiertas, barreras, cambios en diseños de mezclas)
    - Durante (retardantes de evaporación)
    - Después (curado de zonas en el retiro de formaletas)

- Tipos de juntas
  - Ubicación y detalle de las juntas de contracción
  - Ubicación y detalle de las juntas de expansión
  - Detalle de las juntas de construcción y situaciones en que se deben utilizar

- Modulación de las losas
  - Criterios utilizados para la modulación
    - Longitud máxima
    - Radio relativo de rigidez
    - Factor de esbeltez
    - Indicación de losas regulares e irregulares
    - Condiciones para el refuerzo de losas
    - Situaciones especiales
  - Planos con ubicación, detalles de la distribución y tipos de juntas

- Corte de juntas
  - Diseño de la sección de la cavidad
    - Ancho de cortes
    - Profundidades de corte
  - Plano con la secuencia de corte de juntas

- Sello de juntas
  - Materiales por utilizar
  - Factores de forma

- Apertura al tránsito
  - Criterios de apertura
  - Tipo de tránsito considerado para la apertura
  - Consideraciones
    - Tiempo
    - Resistencia del concreto
    - Elementos asociados a la estructura del pavimento

### 500.4.2 Explotación de materiales y elaboración de agregados

Rige lo establecido en el artículo 105, Desarrollo de los trabajos, en lo referente a la explotación y el procesamiento de materiales.

### 500.4.3 Estudio de la mezcla y obtención de la fórmula de trabajo

La dosificación del concreto determina las proporciones en que se deben combinar los diferentes materiales componentes como son: agregados, material cementante, adiciones suplementarias, agua, aditivos y eventualmente adiciones complementarias, de tal modo que se obtenga un concreto que cumpla con la resistencia, el asentamiento, la manejabilidad, la durabilidad y demás exigencias requeridas por las especificaciones particulares del proyecto y las presentes especificaciones.

Con suficiente antelación al inicio de los trabajos, el constructor debe suministrar al interventor, para su verificación, muestras representativas de los agregados, material cementante, adiciones suplementarias y complementarias, agua y aditivos, avaladas por los resultados de ensayos de laboratorio que garanticen la conveniencia de emplearlos en el diseño de la mezcla.

Una vez el interventor realice las comprobaciones que considere necesarias y dé su aprobación a los materiales con base en el cumplimiento de los requisitos de la presente especificación, el constructor debe diseñar la mezcla mediante un método validado por alguna institución técnica nacional o internacional, y definir una fórmula de trabajo, la cual debe someter a consideración del interventor.

Dicha fórmula debe señalar:

- El tipo de material cementante.
- Las proporciones en que se deben mezclar los agregados disponibles y la gradación media a que da lugar dicha mezcla, por los tamices correspondientes a la granulometría aceptada, así como la franja de tolerancia dentro de la cual es válida la fórmula propuesta.
- Las dosificaciones de agregados, material cementante, adiciones, agua y aditivos, se deben hacer en peso por volumen unitario de concreto (usualmente un metro cúbico (1 $m^3$) de concreto, o fracción de este). La cantidad de agua y los aditivos líquidos se puede dar por peso o por volumen. Para todo efecto se deben seguir los lineamientos de la NTC 3318.
- Módulo de finura del agregado fino.
- El contenido de aire (si se ha especificado).

- La resistencia a compresión de la mezcla a veintiocho días (28 d) de curado, y las edades adicionales que se especifiquen en el concreto a usar. Se mide según la norma INV E-410/NTC 673.
- Módulo de rotura de la mezcla a veintiocho días (28 d) de curado, y las edades adicionales que se especifiquen para el concreto a usar. Se mide según la norma INV E-414/NTC 2871.
- La consistencia se debe medir mediante el asentamiento INV E-404 o NTC 396. Cuando se requiera, se puede medir según el ensayo de flujo libre, norma NTC 5222 (aplicable para mezclas de más de 230 mm). Se pueden utilizar medios electrónicos para medir la consistencia del concreto siempre que se realicen correlaciones con los ensayos INV E-404/NTC 396 o NTC 5222, la que sea aplicable, y debe ser aprobado por el interventor. El constructor debe determinar la consistencia de cada concreto, teniendo en cuenta las condiciones específicas del proyecto (sistema de colocación, condiciones ambientales, tipo de estructura, materiales componentes, entre otras) y este debe ser aprobado por el interventor.

La fórmula de trabajo se debe reconsiderar cada vez que varíe alguno de los parámetros anteriormente mencionados de los siguientes factores:

- El tipo o clase del material cementante.
- El tipo, absorción y tamaño máximo del agregado grueso.
- El módulo de finura del agregado fino en más de dos décimas (0,2).
- La gradación del agregado combinado en una magnitud tal, que ella se salga de la tolerancia fijada.
- La naturaleza y la proporción de los aditivos.
- El método de colocación del concreto.
- La procedencia del agua.
- Las tolerancias granulométricas indicadas en la Tabla 500 — 10.

En caso de variar cualquier otro parámetro, el interventor puede exigir la modificación de la fórmula de trabajo para que esta se ajuste a la variación de los parámetros realizada.

El constructor debe considerar que el concreto sea dosificado y elaborado para asegurar su resistencia promedio suficientemente superior a la especificada en los documentos del proyecto, de manera que se minimice la frecuencia de los resultados de pruebas por debajo del valor especificado. Para esto se deben cumplir los lineamientos de calidad, mezclado y colocación de la NSR. Con este fin, el constructor debe tener en cuenta que la magnitud en que el promedio de resistencia de la mezcla deba exceder la especificada en el diseño depende de la desviación estándar de la resistencia durante la etapa de producción y de la precisión con la que dicho valor pueda ser estimado, a partir de datos históricos sobre mezclas iguales o similares.

Al efectuar las mezclas de prueba en el laboratorio para el diseño de la mezcla, las muestras para los ensayos de resistencia deben ser elaboradas y curadas de acuerdo con la norma INV E-402/NTC 1377 y ensayadas, según la norma de ensayo INV E-410/NTC 673 e INV E-414/NTC 2871. Se deben elaborar curvas que muestren la variación de la resistencia a veintiocho días (28 d) (o a la edad definida para el concreto usado) en función de la relación agua/material cementante (a/mc) y del contenido de material cementante.

Estas curvas se deben basar en no menos de tres (3) puntos y preferiblemente cinco (5), que representen mezclas de prueba que den lugar a resistencias por encima y por debajo de la requerida. Cada punto debe representar el promedio de, por lo menos, dos (2) cilindros estandarizados de ciento cincuenta milímetros (150 mm) de diámetro por trecientos milímetros (300 mm) de altura o dos (2) vigas estandarizadas de ciento cincuenta milímetros (150 mm) de ancho por ciento cincuenta milímetros (150 mm) de alto y quinientos milímetros (500 mm) de longitud, ensayados a veintiocho días (28 d) (o a la edad definida para el concreto usado).

Los valores de la relación a/mc máxima y del contenido mínimo de material cementante admisibles por resistencia para el concreto a ser empleado en las losas de concreto, son los que permitan obtener una resistencia promedio por encima de la de diseño.

En todos los casos, la relación a/mc y el contenido de material cementante deben cumplir los valores máximo y mínimo, respectivamente, permitidos por las consideraciones de durabilidad correspondientes al concreto a usar definida en los documentos del proyecto. Cuando el diseño se realice por prescripción, este debe cumplir los requerimientos establecidos en el artículo 630. Si se realiza por desempeño, tanto la relación a/mc como el contenido de material cementante no deben ser diferentes a los obtenidos en la mezcla de prueba, la cual debe cumplir los parámetros de diseño por desempeño.

El interventor debe aprobar el diseño de mezcla propuesto. Sin embargo, esto no implica necesariamente la aceptación posterior de las obras de concreto que se construyan con base en dicho diseño, ni exime al constructor de su responsabilidad de cumplir todos los requisitos de las especificaciones y de los documentos del proyecto. La aceptación de las obras para fines de pago depende de su correcta ejecución, de la obtención de la resistencia mínima especificada para el concreto, resistencia que debe ser comprobada con base en los ensayos realizados a las mezclas realmente incorporadas en tales obras, de los requisitos de durabilidad aplicables y demás parámetros definidos en el proyecto.

No se permite ningún cambio al diseño de la mezcla sin autorización del interventor.

En la Tabla 500 — 8 se presentan los requisitos mínimos que deben cumplir las mezclas de concreto para una capa de rodadura de concreto hidráulico.

Tabla 500 — 8. Criterios de diseño para la mezcla de concreto en pavimentos de concreto hidráulico

| Característica | Norma de ensayo | Valor sugerido |
|---|---|---|
| Módulo de rotura a veintiocho días (28 d), mínimo (MPa):<br>- Tránsito NT1<br>- Tránsito NT2<br>- Tránsito NT3<br>(Nota) | INV E-414/NTC 2871 | <br>3,8<br>4,0<br>4,2 |

| Característica | Norma de ensayo | Valor sugerido |
|---|---|---|
| Asentamiento (mm): | | |
| - Formaleta deslizante | | 0 |
| - Flota motorizada | | ± 25 |
| - Regla vibratoria | INV E-404/NTC 396 | ± 25 |
| - Rodillo vibratorio | | 0 |
| - Cimbra de rodillo | | 0 |
| - *Fast track* | | ± 25 |

Nota: si el proyecto especifica el uso de concretos de fraguado rápido, los documentos deben definir la edad a la cual se debe alcanzar la resistencia de diseño.

Para cada dosificación ensayada, se controla el asentamiento bajo la norma INV E-404/ NTC 396, el módulo de rotura bajo la norma INV E-414/NTC 2871 y resistencia a la compresión bajo la norma INV E-410/NTC 673 a las edades establecidas por el diseñador y, cuando se exija, el contenido de aire incluido bajo la norma INV E-406/NTC 1032.

Los ensayos de resistencia se deben llevar a cabo sobre probetas procedentes de cuatro (4) amasadas diferentes de concreto, elaborando series de seis (6) probetas por amasada. De cada serie se ensayan dos (2) probetas a siete días (7 d), dos (2) a veintiocho días (28 d) y dos (2) destinadas como testigos (o las edades definidas para control, resistencia de diseño y verificación de resistencia residual), obteniéndose los valores promedio de cada grupo de resultados. Se considera como fórmula de trabajo la mezcla cuyo valor promedio obtenido a veintiocho días (28 d), o la edad de diseño definida para el concreto usado, supere la resistencia especificada con un margen suficiente para que sea razonable esperar que, con la dispersión que introduce la ejecución de la obra, la resistencia característica real de la mezcla también sobrepase la especificada. Al efecto, el constructor debe tener en cuenta que la magnitud en que el promedio de resistencia a la compresión de la mezcla deba exceder la resistencia especificada de diseño depende de la desviación estándar de la resistencia durante la etapa de producción y de la precisión con la que dicho valor pueda ser estimado a partir de datos históricos sobre mezclas iguales o similares.

Es obligatoria la realización de ensayos de módulo de elasticidad estáticos a los veintiocho días (28 d), para la mezcla diseñada, según la norma de ensayo INV E-424/NTC 4025. Los documentos del proyecto pueden establecer requisitos mínimos para el módulo de elasticidad del concreto, caso en el cual la mezcla debe ser diseñada para cumplir también con dicho requisito.

El constructor debe remitir al interventor el diseño completo de la mezcla, donde se muestren las proporciones y los resultados del módulo de rotura y resistencia a la compresión del concreto a siete días (7 d), veintiocho días (28 d) y los destinados como testigos (o las edades definidas para control, resistencia de diseño y verificación de resistencia residual), así como el módulo de elasticidad y la densidad del concreto endurecido, determinada según la norma de ensayo NTC 5653 (ASTM C642), igualmente la validación de los requisitos de durabilidad. El diseño debe agregar una copia de todos los resultados de

ensayo, incluyendo las fechas de las pruebas, una lista completa de los materiales, donde se indique tipo, fuente y características especificadas, tipo y resultados de las pruebas físicas y químicas sobre agregados, material cementante, adiciones, agua y aditivos. También, debe tener el módulo de finura de la arena y el contenido de aire incluido en la mezcla. La producción industrial de la mezcla no puede comenzar hasta que el interventor apruebe el informe de diseño por escrito.

Los laboratorios en donde se realicen los ensayos necesarios para el desarrollo de la fórmula de trabajo de la mezcla, deben ser empresas legalmente constituidas que cuenten con experiencia y/o trayectoria en ejecución de pruebas y ensayos de control de calidad de materiales, que puedan demostrar apropiadamente la competencia de su personal de laboratorio y cuyos informes de resultados informados contengan la aprobación y autorización para su emisión, mediante la firma del responsable técnico facultado para ello. El laboratorio debe contar con todo el equipamiento principal y auxiliar necesario para el correcto desempeño de sus actividades y asegurar que estos cuenten con la exactitud y la precisión adecuadas para lograr resultados válidos. El laboratorio debe contar con un programa de calibración de sus equipos y se debe asegurar de que los resultados de la medición sean trazables al SI mediante alguna de las siguientes alternativas:

- La calibración de los equipos proporcionados por un laboratorio de metrología acreditado por ONAC.
- La comparación directa o indirecta a patrones nacionales o internacionales que cuenten con unidades del SI.
- Los valores certificados de materiales de referencia (MRC) proporcionados por productores competentes con trazabilidad metrológica establecida al SI.

El constructor es el responsable de garantizar que todos los ensayos necesarios se realicen. Los informes deben ser entregados rutinariamente al interventor, al profesional a cargo del diseño, a los proveedores de material y a la autoridad competente que verifique el cumplimiento de la calidad o que tome acciones correctivas.

Durante el estudio de la fórmula de trabajo, se puede establecer una correlación entre la resistencia a la flexión (INV E-414/NTC 2871) y la resistencia a la compresión (norma INV E-410/NTC 673), con un mínimo de sesenta y cuatro (64) datos, con los materiales del proyecto, la cual debe ser verificada en el tramo de prueba. Los resultados de las pruebas de resistencia a la compresión solo se pueden aceptar como herramienta de control si se ha establecido, a través de ensayos con los mismos ingredientes de la mezcla y para la misma edad, una correlación confiable entre ella y la resistencia a flexión ($R^2 \geq 0{,}90$).

### 500.4.4 Almacenamiento de materiales

Los agregados, el material cementante, las adiciones suplementarias, los aditivos y las adiciones complementarias se deben almacenar, de tal forma que se prevenga su deterioro o contaminación. Cualquier material que se haya deteriorado o contaminado no se debe usar para la elaboración del concreto. Para prevenir esta situación, los materiales se deben almacenar de acuerdo con las siguientes indicaciones.

#### 500.4.4.1 Almacenamiento de los agregados pétreos

Rige lo establecido en el numeral 630.4.3.1 del artículo 630.

#### 500.4.4.2 Almacenamiento del material cementante y adiciones suplementarias

Rige lo establecido en el numeral 630.4.3.2 del artículo 630.

#### 500.4.4.3 Almacenamiento de aditivos y adiciones complementarias

Rige lo establecido en el numeral 630.4.3.3 del artículo 630.

### 500.4.5 Tramo de prueba

Aceptados por el interventor la fórmula de trabajo y el informe con el diseño de la mezcla, se procede a la realización de un tramo de prueba con el mismo equipo, velocidad de colocación del concreto, procedimientos de protección y curado y espesor de las losas del pavimento que se van a utilizar en la obra.

#### 500.4.5.1 Elementos que se deben probar

El tramo sirve para verificar las condiciones de elaboración de la mezcla y comprobar que la colocación es adecuada y que los medios de vibración disponibles son capaces de consolidar adecuadamente el concreto en todo el espesor de la capa de rodadura; que se cumplen las limitaciones sobre uniformidad y regularidad superficial establecidas por la presente especificación; que el proceso de curado y protección del concreto fresco es adecuado y que las juntas se realizan correctamente.

El tramo de prueba sirve como patrón de verificación de los diferentes aspectos que se deben tener en cuenta y ser controlados en la construcción de las losas, tales como los siguientes:

- Calidad de la mezcla de concreto
- Sistemas de colocación del concreto
- Secuencia y calidad en la colocación del concreto
- Vibrado del concreto
- Tiempos entre actividades
- Chequeo superficial
- Flotado
- Texturizado
- Procedimientos de protección y curado
- Ventana de corte de juntas
- Corte de juntas
- Sistemas de sellado
- Tiempos de apertura al tránsito
- Procedimientos especiales o particulares de construcción

#### 500.4.5.2 Extensión del tramo de prueba

La construcción del tramo de prueba debe ser mínimo de cien metros (100 m) de longitud en dos (2) carriles. Su obligatoriedad para cada uno de los niveles de tránsito (NT1, NT2 y NT3) debe ser establecida en los documentos del proyecto.

En el caso de que los resultados del primer tramo no sean satisfactorios, este se demuele por cuenta del constructor y se construyen cuantos tramos sean necesarios, introduciendo variaciones en los equipos, métodos

de ejecución o, incluso, en la dosificación, hasta obtener una capa de rodadura con las condiciones exigidas. Logrado esto bajo la supervisión y posterior aprobación del interventor, se puede proceder a la construcción de la capa de rodadura contratada.

### 500.4.5.3 Calidad de la mezcla

Del trabajo satisfactorio se extraen dos (2) núcleos por zona, en cinco (5) zonas diferentes, para determinar en cada una la densidad del concreto endurecido (ASTM C642) y la resistencia a la compresión simple (INV E-410/ NTC 673), para un total de cinco (5) muestras por ensayo. Estos diez (10) testigos se toman conforme lo indica la norma de ensayo INV E-418/NTC 3658, a los veintiséis días (26 d) de la puesta en obra, en sitios distantes entre sí no menos de siete metros (7 m) en sentido longitudinal y a no menos de quinientos milímetros (500 mm) de cualquier junta o borde.

La extracción de los testigos sirve, también, para observar la homogeneidad del concreto colocado, como verificación de los procesos de colocación y vibrado. La eventual presencia de hormigueros hace obligatoria la demolición de las losas afectadas y el replanteamiento completo de los procesos de colocación y vibrado del concreto.

Todos los orificios resultantes de la extracción de testigos del tramo de prueba aprobado, para determinar la resistencia y la densidad, deben ser rellenados, vibrados y curados por el constructor, a la mayor brevedad posible y sin costo para el Instituto Nacional de Vías (INVÍAS), con un concreto de igual o mayor resistencia que el extraído.

#### 500.4.5.3.1 Mezclas de concreto

Las mezclas de concreto por utilizar deben cumplir los requisitos descritos en el numeral 500.4.3 y las especificaciones dadas en el proyecto, y se deben producir de acuerdo con lo establecido en la NTC 3318.

#### 500.4.5.3.2 Resistencia del concreto

La resistencia de la mezcla se evalúa en términos de su resistencia a la flexión, siguiendo los lineamientos de la NTC 2871/INV E-414. De manera excepcional, se puede evaluar la resistencia a la compresión según la NTC 673/INV E-410, siempre y cuando se haya construido una correlación entre la resistencia a la compresión y la resistencia a la flexión para cada diseño de mezcla por utilizar. La correlación debe cumplir lo establecido en el numeral 500.4.5.3.2.1.

##### 500.4.5.3.2.1 Correlaciones entre resistencias a flexión y compresión

La correlación se debe construir con al menos cuatro (4) diseños de mezcla diferentes, con mínimo dieciséis (16) datos por mezcla, con el objeto de cubrir un rango suficientemente amplio de valores de módulo de rotura y resistencia a la compresión. Los materiales con los que se construyan los diseños de mezclas para realizar la correlación deben ser los mismos a usar en la obra, además, el diseño de mezcla escogido debe ser alguno de los empleados en dicha correlación.

Las probetas cilíndricas deben ser elaboradas de acuerdo con la NTC 550/INV E-420 y ensayadas cumpliendo la NTC 673/INV E-410 y sus correspondientes muestras a flexión de vigas

elaboradas bajo la NTC 550/INV E-420 y ensayadas cumpliendo la NTC 2871/INV E-414. Los resultados de las pruebas de resistencia a la compresión solo se pueden aceptar como herramienta de control si se ha establecido, a través de ensayos con los mismos ingredientes de la mezcla y para la misma edad, una correlación confiable entre ella y la resistencia a la flexión ($R^2 \geq 0{,}90$).

#### 500.4.5.3.2.2 Contracción

En caso de que el proyecto así lo especifique, el diseño de mezcla se debe realizar para cumplir el valor de contracción especificado en el proyecto. Este ensayo se debe realizar aplicando la NTC 5640 (ASTM C157), y debe cumplir lo especificado en el proyecto a la edad definida.

## 500.4.6 Construcción de la capa de rodadura de concreto

### 500.4.6.1 Preparación de la superficie existente

La mezcla no se debe extender hasta que se compruebe que la superficie sobre la cual se va a colocar tenga la densidad apropiada y las cotas indicadas en los documentos del proyecto. Todas las irregularidades que excedan las tolerancias establecidas en la especificación de la unidad de obra correspondiente se deben corregir de acuerdo con lo establecido en ella, hasta contar con la aprobación del interventor.

Cuando la superficie existente presente deficiencias en las cotas en relación con las definidas en los documentos del proyecto, la deficiencia se debe completar con material de pavimento de concreto hidráulico. El volumen de concreto colocado para suplir estas deficiencias e imperfecciones no debe ser objeto de pago, si la capa de apoyo fue construida en desarrollo del mismo contrato.

Inmediatamente antes de colocar el concreto, se humedece la superficie de apoyo de la capa de rodadura para prevenir pérdidas rápidas en la humedad de la mezcla, sin que se alcance la saturación o se produzcan charcos en la superficie.

Se prohíbe circular sobre la superficie preparada, salvo las personas y equipos indispensables para la ejecución de las losas de concreto hidráulico.

Los requisitos indicados en este numeral rigen, también, para el tramo de prueba al cual hace referencia el numeral precedente.

#### 500.4.6.1.1 Requisitos para la superficie base

La superficie base sobre la cual se van a fundir las losas de concreto debe cumplir el artículo 330, Base granular, cuando se trate de bases granulares; el artículo 340, Base estabilizada con emulsión asfáltica, cuando se trate de bases estabilizadas con emulsión asfáltica o el artículo 350, Materiales granulares tratados con cemento como capa estructural, cuando la base es tratada con cemento. Se debe garantizar que se cumplen cada uno de los requisitos allí establecidos.

### 500.4.6.2 Elaboración de la mezcla

Rige lo establecido en el numeral 630.4.6 del artículo 630.

### 500.4.6.3 Transporte del concreto al sito de las obras

Rige lo establecido en el numeral 630.4.7 del artículo 630.

### 500.4.6.4 Sistemas de colocación

Se deben tener en cuenta aspectos como perfil del pavimento, ancho de calzada, ancho de fundida, espesor de la capa de rodadura, condiciones de sitio de colocación y condiciones particulares del proyecto para escoger el sistema de colocación. Se puede hacer por medio de las bandas transportadoras con la incorporación de brazos giratorios, permitiendo una colocación bastante homogénea sobre toda la superficie. También pueden usarse camiones basculantes que depositan la mezcla en una sola pasada a lo ancho del pavimento delante de la pavimentadora.

#### 500.4.6.4.1 Secuencia de colocación

La colocación debe empezar a lo largo del perímetro, en un extremo del área de trabajo, descargando cada amasada contra el concreto anteriormente colocado. No se permite verter el concreto en pilas separadas para luego nivelarlo y trabajarlo simultáneamente, ni tampoco se puede colocar el concreto en pilas grandes y moverlo horizontalmente a largas distancias para su posición final. Esto con el objetivo de evitar la segregación de la mezcla. La velocidad de colocación debe ser suficientemente rápida para que el concreto colocado previamente no haya fraguado cuando se coloque el siguiente amasado delante de esta, evitando así la generación de juntas frías en la estructura.

#### 500.4.6.4.2 Tiempos máximos de colocación, vibrado y acabado

El concreto se debe colocar, vibrar y acabar antes de que transcurran noventa minutos (90 min) desde el momento de su mezclado, o lo que se defina en el tramo de prueba. Sin embargo, el interventor puede autorizar un aumento de este plazo, si ocurren condiciones favorables de humedad y temperatura, si se emplean camiones mezcladores o camiones provistos de agitadores o si se adoptan precauciones para retardar el fraguado del concreto.

### 500.4.6.5 Esquema de pavimentación

#### 500.4.6.5.1 Colocación con el sistema de formaleta fijas

Cuando la puesta en obra se realice entre formaletas fijas, el concreto se distribuye uniformemente y, una vez extendido, se compacta por vibración y se enrasa con elementos adecuados, de modo de tener una superficie uniforme, lisa y libre de irregularidades, marcas y porosidades. Para este fin, se deben emplear reglas o rodillos vibratorios y, adicionalmente, vibradores de aguja, teniendo especial cuidado en la consolidación de los bordes de la losa.

En las capas de rodadura de tipo armado, el vaciado del concreto se debe hacer en dos (2) capas, vertiendo la segunda encima de la armadura, lo más rápido posible, antes de que comience el fraguado de la primera. El plazo para la puesta en obra de ambas capas no puede exceder de una hora (1 h), salvo que el interventor considere que se presentan condiciones favorables de humedad y temperatura.

#### 500.4.6.5.1.1 Características de las formaletas

Cuando la obra se ejecute entre formaletas fijas, estas pueden constituir por sí mismas el camino de rodadura de las máquinas de construcción de las losas de concreto hidráulico, o tener un carril para atender esa función. Deben presentar rigidez y fijación a la superficie existente, para evitar deformaciones a la hora de la colocación del concreto.

Las caras interiores de las formaletas deben aparecer siempre limpias, sin restos de concreto u otras sustancias adheridas a ellas. Antes de verter el concreto, dichas caras se deben recubrir con un producto antiadherente, cuya composición y dosificación deben contar con la aprobación del interventor.

Se debe controlar que la altura libre de las formaletas corresponda, efectivamente, al espesor de diseño de las losas.

El alineamiento de las formaletas, tanto en planta como en perfil, debe ser correcto. No se pueden observar diferencias en la altura ni desviaciones en planta superiores a diez milímetros (10 mm), en relación con el alineamiento teórico. Además, en ningún punto se debe observar una flecha superior a tres milímetros (3 mm) bajo una regla de tres metros (3 m) puesta sobre el riel de las formaletas. Es conveniente revisar los niveles de las formaletas, por medio de mediciones topográficas después de colocadas para garantizar un buen perfil longitudinal del pavimento. Toda desviación en exceso se debe corregir inmediatamente.

Antes de colocar el concreto, debe estar disponible una longitud mínima colocada y alineada de formaletas, garantizando avances significativos de fundida continua durante varias jornadas de trabajo.

Cuando la máquina utilice como formaleta un bordillo o una franja de pavimento rígido construido previamente, dicho elemento debe tener una edad de, por lo menos, tres días (3 d).

#### 500.4.6.5.1.2 Equipos de colocación en formaleta fija

Para una correcta extensión y compactación del concreto se pueden usar reglas vibratorias, rodillos vibratorios, manualmente o por cualquier otro sistema; deben pasar sobre el material cuantas veces sea necesario para garantizar un correcto compactado y borrar cualquier imperfección apreciable. Se permite el uso de más de una unidad vibratoria siempre y cuando estas trabajen de manera sincronizada, y para facilitar la operación de compactación se pueden usar vibradores de inmersión con el objetivo de precompactar el concreto colocado en todo el ancho de la losa, teniendo especial cuidado en los bordes cerca de las formaletas.

##### 500.4.6.5.1.2.1 Reglas vibratorias

Estas se desplazan a lo largo de la sección que se va a pavimentar, apoyándose sobre cada uno de los costados de las formaletas. La velocidad de vibrado debe ser tal que permita una adecuada compactación.

##### 500.4.6.5.1.2.2 Rodillos vibratorios

Está compuesto por uno o más rodillos lisos, los cuales giran en la dirección opuesta a su recorrido. Estos se apoyan a los extremos de

la formaleta desde donde se desplazan en sentido del tránsito, permitiendo una extensión, compactación y alisado eficiente del concreto. La velocidad de vibrado debe ser tal que permita una adecuada compactación.

#### 500.4.6.5.1.2.3 Método manual

Se pueden emplear mecanismos manuales para realizar la compactación. Una vez enrasado el concreto, este debe ser apisonado con una regla-pisón, la cual se extiende de manera longitudinal y transversal a lo largo de la losa cubriendo toda su superficie, apoyándose siempre sobre las formaletas. La velocidad de vibrado debe ser tal que permita una adecuada compactación. Al finalizar la compactación, la superficie debe presentar la forma y los niveles indicados en los documentos del proyecto.

### 500.4.6.5.2 Colocación con el sistema de formaletas deslizantes

Cuando la puesta en obra del concreto se realice con pavimentadoras de formaletas deslizantes, la descarga y la extensión previa del concreto en todo el ancho de pavimentación se deben realizar de modo suficientemente uniforme, para no desequilibrar el avance de la pavimentadora. Esta precaución se debe extremar al pavimentar en pendientes.

Se debe cuidar que delante de la maestra enrasadora se mantenga, en todo momento, y en toda la anchura de pavimentación, un volumen suficiente de concreto fresco en forma de cordón, de unos diez centímetros (10 cm) de altura como máximo; delante de los fratases de acabado se debe mantener un cordón continuo de mortero fresco, de la menor altura posible.

Este sistema debe contar con dos tipos de vibradores, internos para lograr una consolidación inicial, y externos, para una consolidación final mejorando el acabado. La velocidad escogida de vibrado depende del tamaño de las partículas, la gradación y el diseño de la mezcla, y debe ser tal que permita la eliminación de vacíos consolidando eficientemente la mezcla.

#### 500.4.6.5.2.1 Sistemas de guía

#### 500.4.6.5.2.1.1 Tendido de línea guía

Se debe establecer por medio de topografía la ubicación y las cotas de las barras de soporte de las líneas guías. Estas barras (peniques) deben estar marcadas con elementos de fácil reconocimiento, y clavadas lo suficientemente dentro de la base para garantizar la estabilidad de la línea guía.

El espaciamiento de los piquetes que sostienen el hilo guía no debe ser mayor de diez metros (10 m), distancia que se reduce a cinco metros (5 m) en curvas horizontales de radio menor de quinientos metros (500 m) y en curvas verticales. Los apoyos de hilo en los piquetes tienen la cota teórica y el hilo se debe tensar, de manera que la flecha entre dos piquetes consecutivos sea menor de un milímetro (1 mm). Estos hilos, pueden ser de nylon tejido, cuerda de poliestireno, alambre o cualquier otro material liviano y resistente a la tensión sometida, aprobado por el interventor. Una vez localizados los peniques, se debe proceder a la ubicación de los brazos que soportan las líneas guías. Deben ser metálicos y con la forma adecuada para no interrumpir el tránsito de los sensores de la pavimentadora sobre la línea guía. Deben contar con un

mecanismo que les permita ajustar la altura, la distancia respecto a los peniques, y a su vez, fijar la línea guía para evitar el desplazamiento de esta. Los hilos guías deben ser tensionados (distancias menores a doscientos metros (200 m)) antes de insertarlos sobre los brazos de soporte para garantizar un tensionamiento uniforme, y teniendo en cuenta las precauciones necesarias en caso del rompimiento de una de las líneas guías. Si esto ocurre, esta debe ser reemplazada por una nueva.

Donde se vacíe una franja de capa de rodadura junto a otra existente, se puede usar esta como guía de las máquinas. En este caso, debe haber alcanzado una edad mínima de tres días (3 d) y la superficie se debe proteger de la acción de las orugas interponiendo bandas de goma, chapas metálicas u otros materiales adecuados, a una distancia conveniente del borde. Si se observan daños estructurales o superficiales en los caminos de rodadura, se debe suspender el vaciado, y reanudarlo solamente cuando la franja vecina haya adquirido la resistencia necesaria o cuando se adopten las precauciones suficientes para que no se vuelvan a producir daños.

Los caminos de rodadura de las orugas se deben mantener limpios y, cuando correspondan a la capa de soporte de las losas, deben estar suficientemente compactados para permitir el paso de ellas sin deformaciones. En este último caso, no deben presentar irregularidades superiores a quince milímetros (15 mm), medidas con una regla de tres metros (3 m).

Independente del sistema de colocación seleccionado (formaletas fijas o deslizantes), el interventor lo debe verificar y aprobar, junto con los mecanismos de vibración del concreto colocado.

### 500.4.6.6 Descarga del concreto

Antes de vaciar el concreto, la superficie de apoyo debe estar preparada, de acuerdo con lo descrito en el numeral 500.4.6.1. La máxima caída libre de la mezcla desde el vehículo de transporte en el momento de la descarga es de un metro (1,0 m) para evitar segregación, y se debe procurar que ello ocurra lo más cerca posible del lugar definitivo de colocación, con el fin de reducir al mínimo las posteriores manipulaciones.

Cuando el concreto se coloque contra un pavimento existente, la parte del equipo de colocación que repose sobre este debe estar equipada con cojines de protección en sus orugas o con llantas de caucho, que circulen a suficiente distancia del borde del pavimento, para evitar la rotura o el agrietamiento de este.

Donde la calzada tuviera dos (2) o más carriles en el mismo sentido de circulación, se vacían al menos dos (2) carriles al mismo tiempo, salvo que el interventor refiera otras indicaciones.

Se deben disponer pasarelas móviles, con el fin de facilitar la circulación del personal y evitar daños al concreto fresco. Los tajos de vaciado deben tener todos sus accesos bien señalizados y acondicionados para proteger el pavimento recién construido.

En los casos en que el interventor autorice la extensión y la compactación del concreto por medios manuales, se debe mantener siempre un volumen suficiente de mezcla delante de la regla vibratoria y se debe continuar compactando hasta que se haya conseguido la forma prevista y el mortero refluya ligeramente a la superficie.

En el caso de suspender la colocación del concreto por más de media hora (1/2 h), se debe proteger el frente del pavimento con telas de fique húmedas. Si el lapso de interrupción supera el plazo máximo admitido entre la mezcla y la terminación de la puesta en obra, se debe disponer una junta transversal de construcción, de acuerdo con lo que se indica en el numeral 500.4.6.13.

En vías de dos carriles, el concreto se debe colocar por carriles de ancho constante, separados por juntas longitudinales de construcción. En los casos en que se deba colocar un ancho inferior al de un carril, se debe compactar y enrasar mecánicamente, con la ayuda de los métodos manuales mínimos que resulten necesarios.

El constructor debe ajustar los métodos y los equipos de colocación y compactación siempre que se observe segregación o vacíos en el concreto colocado y compactado.

Si el interventor considera que la compactación es deficiente, se requiere la ejecución de ensayos de verificación de densidad. Estos ensayos de verificación consisten en la toma de núcleos del concreto terminado después de, al menos, cuarenta y ocho horas (48 h) de curado. La densidad se debe determinar en la condición saturada y seca superficialmente, según la norma de ensayo ASTM C642. Los ensayos se toman por lo menos uno (1) cada trescientos cincuenta metros cúbicos (350 $m^3$) de concreto.

La densidad promedio de los núcleos debe ser comparada con la definida en el tramo de prueba y no puede ser menor de noventa y siete por ciento (97 %); así mismo, ningún núcleo debe tener una densidad menor de noventa y seis por ciento (96 %). Si estas condiciones no se cumplen, se considera que la vibración es inadecuada y se debe mejorar, de manera que los requisitos anteriormente establecidos se logren en las posteriores verificaciones.

### 500.4.6.7 Recubrimiento de refuerzo

En caso de contemplar refuerzo en alguna de las losas, el recubrimiento debe cumplir lo establecido en el diseño de la losa de concreto, pero en ningún caso deben estar por debajo de los mínimos establecidos en la NSR (requisitos de recubrimiento del refuerzo convencional y de tendones de preesfuerzo no adheridos). La tolerancia del recubrimiento debe estar, de igual manera, de acuerdo con la NSR.

### 500.4.6.8 Acabado superficial de la capa de rodadura construida

Después de extendido y compactado, el concreto debe ser sometido a un proceso de acabado superficial para lograr una superficie plana y ajustada a las cotas del proyecto, dentro de las tolerancias permitidas.

El acabado de las losas construidas con pavimentadoras de formaletas deslizantes debe ser efectuado por la misma máquina pavimentadora, la cual debe disponer de los elementos necesarios para ello.

Terminadas las operaciones de acabado recién descritas y mientras el concreto aún esté fresco, se deben redondear cuidadosamente los bordes de las losas con una llana especial de doce milímetros (12 mm) de radio.

Las juntas transversales de construcción y las de dilatación se redondean del mismo modo, pero con una llana de seis milímetros (6 mm) de radio.

#### 500.4.6.8.1 Chequeo superficial

##### 500.4.6.8.1.1 Sistemas de chequeo temprano superficial

Una vez terminada esta operación y mientras el concreto se encuentre en estado plástico, se comprueba el acabado superficial por medio manual, con una regla de tres metros (3 m) colocada paralela o perpendicularmente al eje de la calzada en cualquier sector de ella que no esté afectado por cambios de pendiente, o por medio de mecanismos de control láser, verificando que las irregularidades no excedan de cinco milímetros (5 mm). En el caso de que se presenten diferencias mayores, ellas se deben eliminar, ya sea agregando concreto fresco que se vibra y termina del mismo modo que el resto de la capa de rodadura, o bien eliminando los excesos con los bordes de la llana. Se prohíbe el riego de agua o la extensión de mortero sobre la superficie, para facilitar el acabado y corregir irregularidades de la capa de rodadura.

##### 500.4.6.8.1.2 Flotado superficial

El acabado de las losas construidas entre formaletas fijas se puede realizar por medio de herramientas manuales, como un flotador o un enrasador. También, se pueden utilizar equipos de terminado que se deslicen sobre las formaletas fijas. La disposición y el movimiento del elemento enrasador deben ser los adecuados para eliminar las irregularidades superficiales y obtener el perfil, sin superar las tolerancias establecidas.

##### 500.4.6.8.1.3 Microtexturizado superficial

La microtextura se realiza mediante el uso de la tela especificada en la Tabla 500 — 7.

La tela de yute debe estar humedecida y se debe pasar después de que el concreto se haya flotado y/o allanado, y que haya exudado. Si después de haber pasado la tela, el concreto exuda nuevamente, esta se debe pasar nuevamente y aplicarse a lo largo del tramo (longitudinalmente).

La aplicación del retardador de fraguado se debe hacer antes de transcurridos quince minutos (15 min) desde la puesta en obra, extendiendo a continuación una membrana impermeable, que se mantiene hasta la eliminación del mortero. Esta operación se realiza antes de transcurridas veinticuatro horas (24 h), salvo que un fraguado insuficiente del concreto requiera alargar este periodo.

Se debe contar con soportes que permiten subir o bajar la tela cuando se requiera, y ganchos para un mejor agarre. Se debe tener especial cuidado en que la tela no esté ni muy húmeda que pueda generar burbujas, ni muy seca que haya el riesgo de levantar el concreto. Se debe procurar que el tejido sea continuo, para evitar la adición de retazos ya que esto marca de manera notoria el concreto.

Se puede hacer uso de otros materiales en reemplazo de la tela de yute, como cuero o pasto sintético, pero deben ser aprobados por el interventor.

##### 500.4.6.8.1.4 Macrotexturizado superficial

Una vez culminadas las operaciones de acabado superficial y antes de que comience a

fraguar el concreto, se le debe dar a la capa de rodadura una textura transversal y longitudinal homogénea, según se establezca en el diseño, en forma de estriado, mediante la aplicación manual o mecánica del peine de dientes metálicos citado en la Tabla 500 — 7, en forma sensiblemente perpendicular y longitudinal, según corresponda, al eje de la calzada, y de tal forma que las estrías tengan la profundidad adecuada. Este sistema permite la rápida evacuación del agua de la superficie, reduciendo la ocurrencia de hidroplaneo. Debe contar con una profundidad de entre tres milímetros (3 mm) y seis milímetros (6 mm), teniendo especial cuidado de que el agregado no se perturbe en exceso.

Su aplicación debe ser en el tiempo que el constructor crea conveniente, evitando una aplicación tardía ya que se tendría que ejercer una mayor presión o profundidad generando una superficie irregular.

### 500.4.6.9 Protección y curado del concreto

Durante el tiempo de fraguado, el concreto debe ser protegido contra el lavado por lluvia, contra la insolación directa, el viento y la humedad ambiente baja. El constructor tiene la responsabilidad de medir las temperaturas del concreto y del aire, la humedad relativa y la velocidad del viento en el sitio de extensión del concreto. Cuando la combinación de estos factores indique que la velocidad de evaporación excede quinientos gramos por metro cuadrado por hora (500 g/m$^2$/h), debe tomar precauciones adicionales para limitar las pérdidas de humedad o, de lo contrario, suspender las operaciones de pavimentación mientras la rata de evaporación exceda el valor citado.

En épocas lluviosas, el interventor puede exigir al constructor colocar un toldo sobre las máquinas de puesta en obra o un tren de tejadillos bajos, de color claro, cerrados y móviles, que cubran una longitud de construcción igual, al menos, a cincuenta metros (50 m). Alternativamente, puede autorizar la colocación de materiales impermeables sobre el concreto fresco, hasta que adquiera la resistencia suficiente de modo que el acabado superficial no se afecte por la lluvia. Si el constructor no atiende esta sugerencia y las losas sufren deslavado por tal efecto, debe someter la superficie a ranurado transversal mecánico, a sus expensas, y hasta contar con la aprobación del interventor.

Durante un periodo que, en general no debe ser inferior a tres días (3 d) a partir de la colocación del concreto, está prohibido cualquier tipo de tránsito sobre él, excepto el necesario para el aserrado de las juntas cuando se empleen sierras mecánicas. Este periodo puede ser reducido por el interventor, cuando en la construcción de la capa de rodadura se aplique la técnica conocida como *fast track*.

La selección del tipo de curado, así como el momento adecuado para su aplicación, dependen de las características específicas del proyecto, tales como las condiciones ambientales y el tipo de mezcla. Es responsabilidad del constructor proponer, para aprobación del interventor, el sistema de curado, así como implementar los cambios, tanto en estos sistemas como en los equipos, en caso de que los resultados dejen de ser satisfactorios en algún momento.

En el caso de los concretos tipo *fast track*, normalmente se requiere un sistema de curado

doble: primero la aplicación de productos químicos que forman una película curadora y, sobre esta, la instalación de membranas de polietileno o de papel.

El curado se debe hacer inmediatamente después del acabado final, cuando el concreto empiece a perder su brillo superficial.

El curado del concreto se debe realizar en todas las superficies libres, incluyendo los bordes de las losas, por un periodo no inferior a siete días (7 d) y, de ser posible, se debe prolongar hasta diez días (10 d). Sin embargo, el interventor puede modificar dicho plazo, a la vista de los resultados obtenidos sobre muestras del concreto empleado en la construcción de la capa de rodadura.

#### 500.4.6.9.1 Sistemas de protección y curado

##### 500.4.6.9.1.1 Materiales de protección y curado de concreto

###### 500.4.6.9.1.1.1 Humedad

Cuando se opte por este sistema de curado, el cual no es aceptable en proyectos de nivel de tránsito tres (NT3), la superficie del pavimento se debe cubrir con telas de fique o algodón, arena u otros productos de alto poder de retención de humedad aprobados por el interventor, una vez que el concreto haya alcanzado la suficiente resistencia para que el acabado superficial de la capa de rodadura no se vea perjudicado por la colocación de estos elementos.

Dichos materiales no pueden estar impregnados ni contaminados por sustancias perjudiciales al concreto o que puedan ensuciar o decolorar la superficie del pavimento.

Mientras llega el momento de colocar el producto protector, la superficie del pavimento se debe mantener húmeda, aplicando agua en forma de rocío fino y nunca en forma de chorro. Los materiales utilizados en el curado deben permanecer saturados todo el tiempo que dure este.

##### 500.4.6.9.1.2 Cubrimiento con compuestos curadores que forman membrana

Cuando el curado se realice con productos de este tipo, estos se deben aplicar inmediatamente hayan concluido las labores de colocación y de acabado del concreto y el agua libre de la superficie haya desaparecido completamente. Sin embargo, bajo condiciones ambientales adversas de baja humedad relativa, altas temperaturas, fuertes vientos o lluvias, el producto se debe aplicar antes de que se cumpla dicho plazo.

El producto de curado que se emplee debe cumplir la norma ASTM C309 y la dosificación de estos productos se debe hacer siguiendo las instrucciones consignadas en su respectiva ficha técnica suministrada por el fabricante. Su aplicación se debe llevar a cabo con un equipo que asegure su aspersión como un rocío fino, de forma continua y uniforme, en la cantidad autorizada por el interventor, la cual no puede ser inferior a doscientos cincuenta gramos por metro cuadrado (250 g/m$^2$). El equipo aspersor debe estar en capacidad de mantener el producto en suspensión y contar con un dispositivo que permita controlar la cantidad aplicada de la membrana.

También se pueden usar selladores o sellantes regidos por la norma ASTM C1315, que al entrar en contacto con el concreto forman una

película que endurece y sella, y poseen propiedades especiales como resistencia a los álcalis y a los ácidos, cualidades adhesivas y resistencia a la degradación por la luz ultravioleta. Estos compuestos ayudan al curado, protegen la estructura de daños causados por la penetración de líquidos perjudiciales para el concreto, brindan mayor durabilidad y minimizan la generación de polvo. Algunos mejoran la apariencia del concreto.

Cuando las juntas se realicen por aserrado, se aplica el producto de curado sobre sus paredes. También, se aplica sobre áreas en las que, por cualquier circunstancia, la película se haya estropeado durante el periodo de curado.

Cuando el concreto se haya colocado entre formaletas fijas, al retiro de estas se deben proteger los lados expuestos de las losas, con un tratamiento igual al aplicado sobre la superficie.

No se permite la utilización de productos que formen películas cuyo color sea negro.

#### 500.4.6.9.1.1.3 Cubrimiento con membranas

Si se adopta este método de curado, las membranas se deben colocar cuando la superficie de concreto tenga la suficiente resistencia para que la capa de rodadura no se vea afectada en su acabado. Durante el intervalo transcurrido mientras esto sucede, se debe aplicar agua en forma de rocío para mantener la superficie húmeda.

Se pueden emplear materiales como mantas de algodón, yute, alfombras o espuma, los cuales se deben mantener mojados durante todo el periodo de curado, ya que, si se dejan secar el proceso se invierte. Antes de ser retirados se deben dejar secar para que el concreto se vaya secando paulatinamente, para evitar posibles golpes de calor.

Se debe asegurar la permanencia de las membranas durante todo el periodo previsto de curado, traslapando las fajas al menos doscientos milímetros (200 mm) y asegurando con pesos los bordes y los traslapos, con el fin de impedir el levantamiento de las membranas por acción del viento.

No se permite la utilización de membranas de color negro.

#### 500.4.6.9.1.1.4 Retardantes de evaporación

Estos materiales forman una película delgada que retardan la rápida pérdida de humedad de la superficie del concreto. Es recomendable en zonas con temperaturas elevadas, baja humedad relativa y fuertes vientos. Su utilización debe ser aprobada por el interventor.

Cualquier sistema de curado escogido debe ser aprobado por el interventor y hacerse por lo menos durante los primeros siete días (7 d).

#### 500.4.6.9.1.1.5 Barreras contra viento y sol

Se recomienda el uso de barreras contra viento y sol para lograr un correcto curado cuando la tasa de evaporación es elevada.

### 500.4.6.10 Remoción de formaletas

Cuando la capa de rodadura se construya entre formaletas fijas, el desformaleteado se debe efectuar luego de transcurridas dieciséis

horas (16 h) a partir de la colocación del concreto. En cualquier caso, el interventor puede aumentar o reducir el tiempo, en función del correspondiente al fraguado y la resistencia alcanzada por el concreto.

### 500.4.6.11 Modulación y corte de juntas de las losas de concreto

Antes de proceder al aserrado, se deben trazar sobre la capa de rodadura, de acuerdo con el diseño y la localización de los pasadores y las barras de amarre, los ejes topográficos para los cortes de las juntas, los cuales deben ser continuos.

El diseñador debe definir la secuencia de corte y prever las juntas de construcción. El constructor debe proponerlo de acuerdo con la longitud del pavimento, planeado desde el diseño de los tramos a vaciar, y con base en esto, proponer la secuencia de modulación. El diseño debe contemplar los tipos de cavidades de corte con su ancho y longitud, y deben ser tales que no generen la aparición de fisuras por tiempos tardíos o que se presenten pérdidas de agregados en la junta o daños en los bordes de la losa o de la junta. Sin embargo, una vez comenzado el corte, este se debe continuar hasta finalizar todas las juntas. El inicio de los trabajos de corte se debe definir mediante estudios previos, en los cuales se establezca el momento óptimo de corte, de acuerdo con las condiciones ambientales.

Si a causa de un aserrado prematuro se astillan los bordes de las juntas, estos se deben reparar con un mortero de una resina polimérica apropiada o un mortero cementicio de alta especificación para el restablecimiento de los bordes de las juntas, de las características indicadas en el numeral 630.2.5 del artículo 630.

### 500.4.6.12 Juntas transversales y longitudinales de contracción

Es importante realizar los cortes cuando el concreto haya alcanzado la resistencia suficiente, ni mucho tiempo antes que provoque la generación de desportillamientos de las losas, ni muy tarde, de manera que deje que en el concreto se empiecen a formar patrones de agrietamiento. Primero se deben realizar los cortes transversales y luego los longitudinales, para evitar que la separación entre juntas transversales sea mayor entre la menor medida de cinco metros (5 m) o veinticuatro (24) veces el espesor. Estas deben ser continuas, y al igual que en las juntas longitudinales, se debe realizar un corte inicial con un ancho de tres milímetros (3 mm) y a una profundidad de al menos un tercio (1/3) del espesor de la losa de concreto, con el fin de inducir la falla controlada. Si el concreto está fibrorreforzado, la profundidad de corte puede llegar hasta antes de encontrarse con la dovela de transferencia.

Para la formación de juntas, se deben utilizar cortadoras con discos diamantados, operadas por mano de obra calificada para dicho trabajo.

### 500.4.6.13 Juntas transversales de construcción

Estas juntas son las empleadas cuando ocurren interrupciones ya previstas, como el final de un día de pavimentación, unión con puentes o accesos, o en ocasiones que se presenten imprevistos que requieran la suspensión del

trabajo por un tiempo considerable. Estas se construyen en las ubicaciones normales de las juntas, por lo tanto, deben contemplar las barras pasajuntas. Cuando es necesaria la construcción de juntas transversales de construcción en los dos primeros tercios de la separación normal diseñada para las juntas, se deben insertar barras de amarre, para evitar la posible generación de grietas a la losa adyacente. Para esto, se debe hacer uso de una formaleta cabecera, la cual tiene la función de confinar la estructura hasta dar continuidad a la obra, y deben tener una serie de orificios por los cuales se colocan las barras pasajuntas.

### 500.4.6.14 Juntas de aislamiento y de expansión

Estas juntas se ejecutan cuando se requiere un aislamiento total en cuanto a movimiento vertical y horizontal entre la capa de rodadura y otras estructuras, con el objetivo de evitar daños en el pavimento o la estructura adyacente.

#### 500.4.6.14.1 Juntas de aislamiento

Estas juntas disminuyen los esfuerzos a compresión que se presentan en el pavimento y una estructura, o entre dos secciones del pavimento. Estas juntas se emplean también cuando existen estructuras como pozos o alcantarillas. La profundidad es completa, hasta la capa base del pavimento, y a todo lo largo del contacto entre estructuras. Estas juntas no deben tener ni barras de amarre ni barras pasajuntas, ya que no se requiere una transferencia de carga, y se debe permitir el movimiento horizontal y vertical entre estructuras. Se recomienda un ancho de juntas de entre doce coma cinco y veinticinco milímetros (12,5 mm – 25 mm) (½ pulgada – 1 pulgada), ya que con anchos mayores se pueden presentar desplazamientos excesivos.

#### 500.4.6.14.2 Juntas de expansión

Bajo condiciones normales no son necesarias las juntas de expansión. Sin embargo, estas se recomiendan cuando la temperatura ambiente es menor a los cuatro grados Celsius (4 °C) o cuando los materiales usados para la fabricación de las losas han presentado características expansivas. La decisión de su implementación depende de la experiencia del constructor, junto con la aprobación del interventor.

### 500.4.6.15 Sellado de las juntas

Los materiales por utilizar deben cumplir lo descrito en el numeral 500.2.5 del presente artículo. Inmediatamente después del corte final, los excesos de cemento, lechadas, material de curado o cualquier otro elemento, deben ser completamente removidos de la junta mediante chorro de agua a presión de diez megapascales (10 MPa). Cuando finalice la limpieza de la junta, esta se debe soplar con un compresor de aire.

Si los documentos del proyecto exigen una limpieza adicional con chorro de arena, esta se debe realizar como se indica a continuación: cuando la superficie esté limpia y seca y justo antes de colocar la tirilla de respaldo y el sello, la junta se trata con dos pasadas de chorro de arena o hidroarenado como mecanismo de preparación de la superficie. Por ejemplo, una pasada en cada una de las caras de la junta. Luego, se debe utilizar aire

comprimido para remover de la junta todos los residuos de polvo. Los compresores de aire deben estar equipados con unas trampas adecuadas, capaces de remover toda el agua y toda la grasa presente en el aire comprimido.

Las ranuras aserradas y limpias se deben inspeccionar, para asegurar que el corte se haya efectuado hasta la profundidad especificada y se haya removido toda materia extraña.

Hasta el momento del sellado de las juntas, estas se deben proteger obligatoriamente con elementos sintéticos de sección en T, con el fin de evitar la introducción de elementos extraños y daños en los bordes. Las alas de la T se deben apoyar en la parte superior de la losa.

No se permite ningún almacenamiento de material sobre las losas recién construidas.

El sistema de sellado de juntas debe garantizar la hermeticidad del espacio sellado, la adherencia del sello a las caras de la junta, la resistencia a la fatiga por tracción y la compresión, la resistencia al arrastre por las llantas de los vehículos, la resistencia a la acción del agua, de los solventes, de los rayos ultravioleta y a la acción de la gravedad y el calor, con materiales estables y elásticos.

#### 500.4.6.15.1 Instante de aplicación del sello

Las juntas pueden ser selladas cuando el concreto tenga una edad menor a veintiocho días (28 d) o se encuentre húmedo, pero superficialmente seco, siempre que el sellante cumpla los requisitos para sellos de poliuretano para concreto húmedo o con menos de veintiocho días (28 d) de curado indicados para sellos elastoméricos de poliuretano. Cuando el concreto tenga una edad mayor a veintiocho días (28 d) y se encuentre seco, el sello debe cumplir todas las propiedades de acuerdo con su naturaleza química, tal como indica el numeral 500.2.5.1. Para el caso de sellos elastoméricos de poliuretano debe cumplir los requisitos para sellos de poliuretanos estándar. En el momento de la aplicación del componente de sello, la temperatura ambiente debe estar por encima de cinco grados Celsius (5 °C) y no debe haber lluvia ni fundados temores de que ella pueda ocurrir.

Los requerimientos sobre temperatura ambiente se pueden obviar, si así lo autoriza el interventor. El sello se debe realizar, preferiblemente, en horas diurnas, cuando la junta esté en el intermedio de su movimiento esperado. En caso de que se requiera la aplicación del material de sello antes de la edad especificada, se deben utilizar imprimantes que creen una barrera de vapor y garanticen una total adherencia del material sellante a los bordes de la junta.

#### 500.4.6.15.2 Instalación del sello

Antes de sellar las juntas, el constructor debe demostrar que el equipo y los procedimientos para preparar, mezclar y colocar el sello producen un sello de junta satisfactorio, de acuerdo con el tramo de prueba. El interventor debe verificar que los procedimientos de instalación propuestos estén de acuerdo con las indicaciones consignadas en la ficha técnica del producto suministrada por el fabricante.
Antes de iniciar esta tarea en forma masiva, se deben ejecutar dos pruebas de instalación en juntas, de cincuenta metros (50 m) cada

una, las cuales deben ser aprobadas por el interventor.

Para conservar un buen nivel de productividad y calidad, se deben mantener durante el periodo total de la obra, las personas y los equipos de trabajo usados para estas pruebas. Los cambios de personal, materiales o equipos deben ser notificados al interventor e implican la realización de nuevos tramos de prueba.

Las juntas deben ser verificadas en lo que corresponde a ancho, profundidad, alineamiento y preparación de la superficie de los bordes de junta, y el material de sello debe tener la aprobación del interventor, antes de que sea aplicado.

Previamente al vaciado del material de sello, se debe colocar una tirilla de respaldo, presionándola dentro de la junta con un instalador adecuado de rueda metálica, de manera que quede colocada a la profundidad requerida. La tirilla, que debe cumplir los requisitos citados en el numeral 500.2.5.2, no puede ser estirada ni torcida durante la operación de colocación. Durante la jornada de trabajo, se debe limitar la colocación de la tirilla de respaldo a las juntas que puedan ser selladas en el día.

Se debe enrasar el sello pasando una herramienta en ambas direcciones, para asegurar una aplicación libre de aire. La superficie del sello debe quedar tres milímetros (3 mm) por debajo de los bordes de la junta.

El sello que no adhiera a la superficie de la pared de la junta, que contenga huecos o falle en su tiempo de curado, se debe rechazar y debe ser reemplazado por el constructor, sin costo adicional alguno para INVÍAS.

### 500.4.6.16 Apertura al tránsito

El paso de personas y de equipos para el aserrado y para la comprobación de la regularidad superficial, se puede autorizar cuando haya transcurrido el plazo necesario para que no se produzcan desperfectos superficiales, y se haya secado el producto químico de curado, si se emplea este método.

Al abrir el pavimento al tránsito público, todas las juntas deben estar selladas o protegidas contra daño y contra la intrusión de materiales extraños.

#### 500.4.6.16.1 Requisitos para la apertura al tránsito

##### 500.4.6.16.1.1 Resistencia

El tránsito de obra no puede circular sobre el pavimento, mientras este no haya alcanzado un módulo de rotura de por lo menos el ochenta y cinco por ciento (85 %) de la exigida, a veintiocho días (28 d).

##### 500.4.6.16.1.2 Tiempo

La apertura al tránsito automotor no se debe autorizar antes de cumplir el cien por ciento (100 %) de la resistencia especificada, además se debe haber cumplido con la culminación de la totalidad de la obra, con todos los elementos especificados en los documentos del proyecto.

### 500.4.6.17 Proceso constructivo para casos especiales

El constructor debe seguir las indicaciones de los documentos del proyecto para adelantar la construcción de las losas de concreto en todos los casos especiales, como losas irregulares, empates con estructuras fijas o con otros pavimentos de concreto, presencia de estructuras hidráulicas, tales como pozos de inspección y sumideros o empalmes con pavimentos asfálticos, entre otros.

### 500.4.6.18 Requerimientos de temperatura

Los trabajos de construcción de la capa de rodadura de concreto hidráulico se deben realizar en condiciones de luz solar. Sin embargo, cuando se requiera terminar el proyecto en un tiempo especificado por INVÍAS o se deban evitar horas pico de tránsito público, el interventor puede autorizar el trabajo en horas de oscuridad, siempre y cuando el constructor garantice el suministro y la operación de un equipo de iluminación artificial que sea aprobado por este.

El vaciado del concreto se interrumpe cuando llueva con una intensidad tal, que pudiera, a criterio del interventor y por instrucción de este, producir deformaciones en los bordes de las losas o la pérdida de textura superficial del concreto fresco.

En zonas calurosas, se deben extremar las precauciones, con el fin de evitar fisuraciones o desecación superficial. Donde la temperatura ambiente exceda de treinta grados Celsius (30 °C), se debe contemplar el empleo de aditivos retardadores de fraguado aprobados por el interventor.

La temperatura de la masa de concreto, durante la operación de vaciado, no puede ser inferior a diez grados Celsius (10 °C) y no más allá de treinta y cinco grados Celsius (35 °C); se prohíbe la puesta en obra sobre una superficie cuya temperatura sea inferior a cero grados Celsius (0 °C) o cuando la temperatura ambiente sea inferior a cuatro grados Celsius (4 °C).

El sellado de juntas en caliente se suspende cuando la temperatura ambiente baje de cinco grados Celsius (5 °C), o en caso de lluvia o viento fuerte, salvo aprobación del interventor.

## 500.4.7 Conservación

Todo concreto defectuoso o deteriorado que no cumpla las características establecidas en el diseño, debe ser intervenido por el constructor para llevarlo a las condiciones de diseño, sin costo adicional para INVÍAS. En todo caso, los procedimientos deben ser aprobados por el interventor, cualquiera sea el tipo de intervención. Se deben dejar registrados en los documentos del proyecto las reparaciones realizadas y el método de reparación.

El pavimento de concreto hidráulico se debe mantener en perfectas condiciones por el constructor cumpliendo los requerimientos mínimos establecidos en el presente artículo, hasta el recibo definitivo de los trabajos, sin que ello implique costo adicional alguno para INVÍAS.

## 500.4.8 Manejo ambiental

En adición a los aspectos generales indicados en el artículo 106, Aspectos ambientales, se describen a continuación algunos de los cuidados relevantes en relación con la protección ambiental, sin perjuicio de los que exijan

los documentos de cada proyecto particular o la legislación ambiental vigente.

Todas las labores requeridas para la construcción de la capa de rodadura de concreto hidráulico se deben realizar teniendo en cuenta lo establecido en los estudios o evaluaciones ambientales del proyecto y las normas y disposiciones vigentes sobre la conservación del ambiente y los recursos naturales. En caso de contradicciones con lo indicado en el presente numeral deben prevalecer, en su orden, la legislación ambiental y lo indicado en los documentos del proyecto.

Sea que los agregados los explote el constructor o le sean suministrados por terceros, el interventor debe verificar que se encuentren vigentes todas las licencias para su explotación.

Así mismo, se controla que todos los procesos de preparación de agregados, elaboración, transporte y colocación de la mezcla y el acabado de la capa de rodadura se realicen con un cabal cumplimiento de las normas y disposiciones ambientales vigentes.

Al término de los trabajos de construcción de la capa de rodadura de concreto hidráulico, el constructor debe limpiar la superficie y retirar todo material sobrante o desperdicio y transportarlo y depositarlo apropiadamente en un lugar autorizado por las autoridades ambientales de la jurisdicción respectiva.

Siempre que se deban demoler y reponer losas, los productos de la demolición son de propiedad del constructor, quien debe disponer de ellos de manera que no causen afectaciones ambientales ni se genere obligación de ninguna índole a INVÍAS.

Todas las actividades que se ejecuten en cumplimiento a esta especificación deben acatar lo establecido en las normas y disposiciones ambientales. De esta manera, dichas actividades deben estar incluidas en los costos del proyecto, por tanto, no deben ser objeto de reconocimiento directo en el contrato.

## 500.5 Condiciones para el recibo de los trabajos

Durante la ejecución de los trabajos, se deben adelantar los siguientes controles principales:

- Verificar el estado y el funcionamiento de todo el equipo de construcción.
- Comprobar que los materiales por utilizar cumplan todos los requisitos de calidad exigidos por la presente especificación.
- Verificar la correcta aplicación del método de trabajo aprobado en cuanto a la elaboración y el manejo de los agregados, así como en cuanto a la manufactura, transporte, colocación, compactación, ejecución de juntas, acabado y curado de las mezclas de concreto que constituyen el pavimento.
- Efectuar los ensayos necesarios para el control de la mezcla.
- Cuando sea posible, establecer una correlación entre el módulo de rotura y la resistencia a la compresión para el concreto con el cual se construye la capa de rodadura.
- Vigilar la regularidad en la producción de los agregados y de la mezcla de concreto, durante el periodo de ejecución de las obras.
- Verificar permanentemente el asentamiento, así como el contenido de aire de la mezcla, si este último se encuentra especificado.

- Tomar cotidianamente muestras de la mezcla que se elabore, para determinar su resistencia.
- Tomar núcleos para determinar el espesor de la capa de rodadura, su densidad y su resistencia a la compresión y vigas de concreto aserradas para determinar su resistencia a la flexión, cuando corresponda.
- Realizar medidas para levantar perfiles, medir la textura superficial y comprobar la regularidad de la superficie del pavimento terminado.
- Generar una propuesta para el tramo de prueba y una extensión del proyecto para el uso de tomógrafo y FWD (para medir la transferencia de carga y deflexión) para vías NT3.

Los laboratorios en donde se realizan los ensayos necesarios para el control de la calidad de los materiales del concreto y el control de la calidad del concreto, deben ser empresas legalmente constituidas que cuenten con experiencia y/o trayectoria en ejecución de pruebas y ensayos de control de calidad de materiales, que puedan demostrar apropiadamente la competencia de su personal de laboratorio y cuyos informes de resultados informados contengan la aprobación y la autorización para su emisión, mediante la firma del responsable técnico facultado para ello. El laboratorio debe contar con todo el equipamiento principal y auxiliar necesario para el correcto desempeño de sus actividades y asegurar que estos cuenten con la exactitud y la precisión adecuadas para lograr resultados válidos. El laboratorio debe contar con un programa de calibración de sus equipos y se debe asegurar de que los resultados de la medición sean trazables al SI, mediante alguna de las siguientes alternativas:

- La calibración de los equipos proporcionados por un laboratorio de metrología acreditado por ONAC.
- La comparación directa o indirecta a patrones nacionales o internacionales que cuenten con unidades del SI.
- Los valores certificados de materiales de referencia (MRC) proporcionados por productores competentes con trazabilidad metrológica establecida al SI.

El constructor es el responsable de garantizar que todos los ensayos necesarios se realicen. Los informes de ensayos deben ser entregados rutinariamente al interventor, al profesional a cargo del diseño, a los proveedores de material y a la autoridad competente que verifique el cumplimiento de la calidad o que tome acciones correctivas.

Los orificios que dejen los núcleos para determinar el espesor de la capa de rodadura y otros controles a que haya lugar, deben ser rellenados por el constructor, sin costo alguno para INVÍAS, con una mezcla de iguales o mejores características que la empleada en la construcción de la capa de rodadura, la cual debe ser correctamente compactada, enrasada y curada.

### 500.5.1 Control de materiales

Rige lo establecido en el numeral 630.5.1 del artículo 630.

#### 500.5.1.1 Calidad del cemento hidráulico

Rige lo establecido en el numeral 630.5.1.1 del artículo 630.

### 500.5.1.2 Calidad de las adiciones suplementarias

Rige lo establecido en el numeral 630.5.1.2 del artículo 630.

### 500.5.1.3 Calidad de los aditivos, de las adiciones complementarias y de los productos químicos de curado

El constructor debe presentar certificaciones periódicas de los fabricantes o de los proveedores de estos productos, que brinden garantía en cuanto a la calidad y a la conveniencia de su utilización, para la revisión y eventual autorización de uso por parte del interventor.

### 500.5.1.4 Calidad del agua

Rige lo establecido en el numeral 630.5.1.3 del artículo 630.

### 500.5.1.5 Calidad de los agregados

De cada fuente de agregados por utilizar en la producción de concreto y para cualquier volumen previsto, se toman cuatro (4) muestras y se ejecutan los ensayos que permitan verificar el cumplimiento de los requisitos establecidos en el numeral 500.2.1.3. Los resultados de todas las pruebas deben satisfacer las exigencias citadas en dicho numeral. Los agregados que no las cumplan, no pueden ser utilizados en la elaboración de la mezcla de concreto.

Durante la etapa de producción, el interventor debe examinar los acopios y ordenar el retiro de los agregados que, a simple vista, presenten restos de elementos vegetales, materia orgánica o tamaños superiores al máximo especificado. También, ordenar acopiar por separado aquellos que presenten alguna anomalía de aspecto (tal como distinta coloración), segregación; partículas alargadas o aplanadas o plasticidad, y vigilar la altura de todos los acopios y el estado de sus elementos separadores.

Además, sea que el constructor elabore la mezcla o tenga un proveedor que se la suministre, se verifica la calidad de los agregados mediante la realización de los ensayos que se relacionan en la Tabla 500 — 9, con la frecuencia indicada en ella.

Los resultados de los ensayos deben satisfacer todos los requisitos establecidos en el presente artículo y lo definido en la fórmula de trabajo. En caso contrario, la mezcla elaborada con los agregados defectuosos es rechazada y las losas vaciadas con el concreto cuestionado deben ser demolidas y construidas nuevamente, a expensas del constructor, y hasta contar con la aprobación del interventor.

La curva granulométrica de cada ensayo individual se debe ajustar a la franja de tolerancia. Esta franja se construye a partir de la granulometría de diseño de la mezcla (fórmula de trabajo), con los límites fijados en la Tabla 500 — 10.

En caso de que los valores obtenidos excedan la franja de tolerancia definida para la fórmula de trabajo, pero no se salgan de las franjas normativas, el proveedor o el constructor deben preparar en laboratorio una mezcla con la gradación defectuosa, la cual se debe someter a todas las pruebas de valoración descritas en el presente artículo. En el caso de que no cumpla todos los requerimientos, el constructor debe demoler y retirar, a sus expensas, las losas cuestionadas y las debe reponer, sin costo alguno para INVÍAS.

Tabla 500 — 9. Ensayos de verificación sobre los agregados para capas de rodadura de concreto hidráulico

| Característica | Norma de ensayo | Frecuencia |
|---|---|---|
| **Composición (F)** | | |
| Granulometría | INV E-213 | 1 por jornada |
| Módulo de finura | INV E-213 | 1 por jornada |
| **Dureza, agregado grueso (O)** | | |
| Desgaste en la máquina de Los Ángeles | INV E-218 | 1 por mes |
| Degradación por abrasión en el equipo Micro-Deval | INV E-238 | 1 por mes |
| Resistencia mecánica por el método del 10 % de finos<br>- Seco y húmedo | INV E-224 | 1 por mes |
| **Durabilidad (O)** | | |
| Pérdidas en ensayo de solidez en sulfatos (o magnesio) | INV E-220 | 1 por mes |
| Reactividad de los agregados | Ver numeral 630.5.1.4 del artículo 630 | Tabla 630 — 17 |
| **Limpieza (F)** | | |
| Impurezas en agregado grueso | INV E-237 | 1 por semana |
| Terrones de arcilla y partículas deleznables | INV E-211 | 1 por semana |
| Partículas livianas | INV E-221 | 1 al inicio del proyecto, 1 cada cambio de fuente y 1 cada 2,5 meses |
| Material que pasa el tamiz de 0,075 mm (nro. 200) | INV E-214 | 1 por semana |
| **Geometría de las partículas (F)** | | |
| Partículas fracturadas mecánicamente | INV E-227 | 1 por jornada |
| Índice de alargamiento y aplanamiento | INV E-230 | 1 por semana |

Nota: se entiende como jornada, un día (1 d) de producción de agregados.

La reactividad potencial de un agregado, se debe evaluar a partir de los resultados obtenidos de acuerdo con lo indicado en el numeral 630.2.6.1 del artículo 630.

El interventor puede modificar la frecuencia de los ensayos a la mitad de lo indicado en la Tabla 500 — 9, siempre que considere que los materiales son suficientemente homogéneos o si en el control de recibo de la obra terminada hubiese aceptado sin objeción diez (10) lotes consecutivos.

Las tolerancias granulométricas aplicables a la fórmula de trabajo se encuentran indicadas en la Tabla 500 — 10.

Tabla 500 — 10. Tolerancias granulométricas respecto de la fórmula de trabajo

| Tolerancia | Tamiz (mm / U.S. Standard) | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 9,5 | 4,75 | 2,36 | 1,18 | 0,600 | 0,300 | 0,150 | 0,075 |
| | 3/8 Pulgada | Nro. 4 | Nro. 8 | Nro. 16 | Nro. 30 | Nro. 50 | Nro. 100 | Nro. 200 |
| | Puntos de porcentaje (%) sobre la masa seca de los agregados | | | | | | | |
| | ± 4 | | ± 3 | | | | | ± 1 |

### 500.5.1.6 Calidad del acero

Rige lo establecido en el numeral 630.5.1.5 del artículo 630.

### 500.5.1.7 Calidad de materiales de sellado de juntas

El constructor debe presentar certificaciones periódicas de los fabricantes o proveedores de los productos por emplear en el sellado de las juntas, que brinden garantía en cuanto a la calidad y a la conveniencia de su utilización, para la revisión y eventual autorización de uso por parte del interventor.

El constructor debe garantizar el sello contra defectos de los materiales y de instalación, por un periodo mínimo de cinco (5) años.

## 500.5.2 Control del concreto

De cada elemento de transporte a la obra, se controla el aspecto del concreto y su temperatura. Cualquier concreto segregado, cuya envuelta no sea homogénea debe ser rechazado por el interventor, sin tener que recurrir a prueba alguna de laboratorio o de campo para tomar tal determinación.

### 500.5.2.1 Control de requisitos de durabilidad

Rige lo establecido en el numeral 630.5.2.1 del artículo 630.

### 500.5.2.2 Control de la dosificación

Rige lo establecido en el numeral 630.5.2.3 del artículo 630.

### 500.5.2.3 Control de la consistencia

Se debe controlar la consistencia de cada carga transportada, para lo cual se debe extraer una muestra en el momento de la colocación del concreto, para someterla al ensayo de asentamiento (INV E-404/NTC 396). El resultado obtenido se debe ajustar al establecido al definir la fórmula de trabajo, con las tolerancias que muestra la Tabla 500 — 11. Si el asentamiento se encuentra por fuera de los límites de tolerancia o por fuera del rango aceptado en el numeral 500.4.3, se debe tomar una segunda muestra del mismo camión y se debe repetir el ensayo. Si este último se encuentra dentro de los límites y las tolerancias especificados, se debe aceptar el viaje. En caso contrario, se debe rechazar.

Tabla 500 — 11. Tolerancias en el asentamiento y en el contenido de aire respecto de los definidos en la fórmula de trabajo

| Característica | Construcción | Tolerancia |
|---|---|---|
| Asentamiento (mm) | Formaleta deslizante | 0 |
| | Flota motorizada | ± 25 |
| | Regla vibratoria | ± 25 |
| | Rodillo vibratorio | 0 |
| | Cimbra de rodillo | 0 |
| | *Fast track* | ± 25 |
| Contenido de aire (%), cuando esté especificado | Formaletas fijas | + 1,8 |
| | Formaletas deslizantes | + 1,8 |

### 500.5.2.4 Contenido de aire

Si en el diseño de la mezcla se ha especificado un contenido de aire, se debe controlar en cada uno de los tres (3) primeros camiones que lleguen a la obra en la jornada de trabajo y en los tres (3) primeros después de cada interrupción, programada o no, durante el curso de dicha jornada, según la norma de ensayo INV E-406/NTC 1032. Los resultados se deben ajustar al valor establecido al definir la fórmula de trabajo, con las tolerancias que muestra la Tabla 500 — 11. Si el resultado de la muestra de algún camión se encuentra por fuera de los límites de tolerancia, se toma una segunda muestra del mismo camión y se repite el ensayo. Si este último se encuentra dentro de la tolerancia especificada, se debe aceptar el viaje. En caso contrario, se rechaza. Si se rechaza el concreto de los tres (3) camiones consecutivos por este motivo, se suspende la producción de la mezcla y la construcción de las losas, hasta que se detecten y corrijan las causas de la anomalía.

### 500.5.2.5 Control de la densidad del concreto

Rige lo establecido en el numeral 630.5.2.6 del artículo 630.

### 500.5.2.6 Control de temperatura

Se controla la temperatura del concreto en estado fresco siguiendo la norma de ensayo ASTM C1064. Si la temperatura del concreto, medida en la entrega de este, no cumple los requisitos del numeral 500.4.6.18 del presente artículo, se debe realizar inmediatamente una medición adicional sobre una nueva muestra del mismo despacho. Si no se cumplen los requerimientos de temperatura, el concreto no se puede usar en obra.

### 500.5.2.7 Control del módulo elástico del concreto

Sobre los núcleos cilíndricos extraídos del pavimento para el control de espesores de la

capa de rodadura, numeral 500.5.3.2, se debe determinar el módulo de elasticidad, mediante el procedimiento descrito en la norma de ensayo INV E-424/NTC 4025.

El valor promedio de cada lote debe ser reportado y emplearse, si corresponde, en la revisión de los diseños estructurales de la capa de rodadura.

### 500.5.2.8 Control de la resistencia del concreto

Se considera como lote, que se acepta o rechaza en conjunto, la obra ejecutada en una jornada de trabajo.

En lo relativo a integridad del pavimento, numeral 500.5.3.1, la unidad de valoración para aceptación o rechazo es la unidad de losa, y en lo relativo a regularidad superficial se aplica lo descrito en el numeral 500.5.3.6.

De cada lote definido para inspección se deben moldear aleatoriamente y de amasadas diferentes, un mínimo de cuatro (4) muestras, constituida cada una por seis (6) especímenes prismáticos y seis (6) cilíndricos de una misma amasada y cuyas dimensiones, preparación y curado deben estar de acuerdo con la norma de ensayo INV E-420/NTC 550.

En la identificación de cada espécimen debe constar la fecha y la hora de elaboración, la identificación de la(s) losa(s) donde este fue vaciado y cualquier otra información que se considere necesaria.

Por cada muestra se elaboran las siguientes probetas:

- Seis (6) vigas prismáticas para ensayos de resistencia a flexión (INV E-414/NTC 2871), de las cuales se fallan dos (2) vigas a siete días (7 d), dos (2) a veintiocho días (28 d) y dos (2) destinadas como testigos (o las edades definidas para control, resistencia de diseño y verificación de resistencia residual), luego de ser sometidas al curado normalizado.
- Seis (6) cilindros, para ensayos de compresión (INV E-410/NTC 673), de los cuales se fallan dos (2) probetas a siete días (7 d), dos (2) a veintiocho días (28 d) y dos (2) destinadas como testigos (o las edades definidas para control, resistencia de diseño y verificación de resistencia residual), luego de ser sometidos al curado normalizado.

**Nota**: bajo condiciones excepcionales, se puede evaluar la posibilidad de usar cilindros de cien milímetros (100 mm) de diámetro por doscientos milímetros (200 mm) de altura, con una relación diámetro del cilindro/tamaño máximo nominal del agregado, no menor a tres (3). En caso de ser aprobado por el interventor, se deben usar como mínimo tres (3) probetas a siete días (7 d), tres (3) a veintiocho días (28 d) y tres (3) destinadas como testigos (o las edades definidas para control, resistencia de diseño y verificación de resistencia residual), luego de ser sometidos al curado normalizado.

El promedio de la resistencia de las dos (2) probetas de la misma mezcla y de la misma edad se considera como el resultado de un ensayo. Los valores de resistencia a siete días (7 d) (o la edad definida) se deben emplear únicamente para controlar la regularidad de la calidad de la producción del concreto para dar el tramo al tránsito, mientras que los obtenidos

a veintiocho días (28 d) (o la edad especificada) se emplean en la comprobación de la resistencia del concreto para su aceptación.

En algunos proyectos o algunas partes de un proyecto, se puede requerir que la resistencia especificada para el concreto se obtenga a una edad más temprana, la cual debe estar definida en los documentos del proyecto o acordada y aprobada por el interventor. En estos casos, se varían las edades de los ensayos, de manera consecuente y los criterios de aceptación se aplican a la nueva edad establecida.

Todos los ensayos de resistencia se reportan con la precisión indicada en las normas de ensayo respectivas, empleando el método de redondeo de la norma de ensayo INV E-823.

#### 500.5.2.8.1 Criterios de aceptación y rechazo

Los criterios de aceptación y rechazo del concreto colocado en el sitio son los dos siguientes:

- El diseño de mezcla de concreto para la capa de rodadura se considera adecuado cuando el promedio de tres (3) resultados consecutivos de resistencia a la compresión es igual o excede la resistencia especificada *f´c*. Así mismo, si el promedio de cinco (5) resultados consecutivos de resistencia a la flexión es igual o excede la resistencia especificada *f´r*.
- Ningún resultado individual de resistencia puede estar por debajo de la resistencia especificada en:
  - 3,5 MPa para *f´c* cuando *f´c* sea ≤ 35 MPa,
  - 0,10**f´c* cuando *f´c* sea > 35 MPa, o
  - 0,5 MPa para *f´r*.

La mezcla debe ser rediseñada en caso de que la resistencia a la compresión o a la flexión no cumpla con estos criterios.

Si se confirma la posibilidad de que el concreto es de baja resistencia, se deben tomar tres núcleos, como lo indica la norma INV E-418/ NTC 3658, por cada resultado del ensayo de resistencia que sea menor que los valores señalados. Los núcleos no deben ser ensayados antes de cuarenta y ocho horas (48 h) y no más tarde de siete días (7 d) de su extracción. El concreto representado por la zona de los núcleos se considera estructuralmente adecuado si el promedio de los tres núcleos es mayor al ochenta y cinco por ciento (85 %) de la resistencia especificada a la compresión y ningún núcleo individual presenta una resistencia menor del setenta y cinco por ciento (75 %) de la resistencia especificada a la compresión. Cuando los núcleos den valores erráticos, se deben extraer núcleos adicionales de la misma zona.

### 500.5.2.9 Control de curado

Todo vaciado de concreto que no sea correctamente curado, puede ser rechazado por el interventor. Si se trata de una superficie de contacto con vaciados subsecuentes de concreto, deficientemente curada, el interventor puede exigir la remoción de una capa hasta de cinco centímetros (5 cm) de espesor, por cuenta del constructor, y su consecuente reposición con una mezcla satisfactoria, curada correctamente.

Los especímenes curados en las mismas condiciones de la obra deben dar como mínimo el ochenta y cinco por ciento (85 %) de la resistencia de los especímenes curados en agua

para control de calidad. El cumplimiento de este requisito es garantía de que se está realizando un curado efectivo en obra.

Solo para efectos de aceptación y rechazo de la capa de rodadura construida, se debe medir la resistencia del concreto tanto en especímenes de control de calidad de obra como en especímenes de control del desarrollo de resistencia del concreto ya instalado, mediante la disposición de cilindros de control de calidad al pie del elemento y/o extracción y ensayo de núcleos (NTC 3658 extracción de núcleos), lo anterior para determinar la efectividad de las labores de compactación y curado, si existe alguna incertidumbre con la estructura o con la resistencia en probetas.

### 500.5.3 Control de la capa de rodadura terminada

La capa terminada debe presentar una superficie uniforme y ajustarse a las rasantes y las pendientes establecidas en los documentos del proyecto o modificadas por situaciones que lo requieran con aprobación del interventor.

La distancia entre el eje del proyecto y el borde de la capa construida no puede ser menor que la indicada en los documentos del proyecto, salvo que haya sido necesario efectuar modificaciones con la aprobación del interventor.

La cota de cualquier punto de la capa de rodadura del pavimento curado no debe variar en más de cinco milímetros (5 mm) de la proyectada. De igual manera, no deben existir depresiones mayores a tres milímetros (3 mm), cuando se compruebe con una regla de tres metros (3 m), según la norma de ensayo INV E-793. La regla se debe colocar tanto paralela como perpendicularmente al eje de la vía, en los sitios que escoja al azar el interventor, los cuales no pueden estar afectados por cambios de pendiente. Las losas que presenten anormalidades por encima de estos límites deben ser demolidas y sus escombros transportados a los sitios aprobados para su recepción, todo a expensas del constructor, quien, además, las debe reemplazar con losas que cumplan todas las exigencias del presente artículo, sin que ello implique costo alguno para INVÍAS. El producto de la demolición es propiedad del constructor.

#### 500.5.3.1 Integridad

Siempre que se presenten losas agrietadas o astilladas, se debe proceder como se indica en el numeral 500.5.4.

Si el interventor acepta losas agrietadas sin demoler, se debe dejar constancia de ello en el acta de recibo definitivo de las obras e INVÍAS puede exigir, durante el periodo de garantía de la estabilidad de la obra, la demolición total y la posterior reconstrucción de las losas agrietadas, si las grietas se han agravado o ramificado, o si han sido el origen de daños en las losas vecinas. Estas últimas también deben ser demolidas y reconstruidas con cargo a la garantía.

#### 500.5.3.2 Control del espesor

Durante la construcción de la capa de rodadura se deben nivelar el eje y los bordes del pavimento cada veinte metros (20 m) a lo largo del eje, tanto sobre la superficie de soporte de la capa de rodadura, como en la superficie del pavimento de concreto hidráulico, después

de su ejecución y curado. Estas verificaciones de nivel se deben realizar exactamente en los mismos puntos. Así mismo, una vez retiradas las formaletas, se debe realizar las verificaciones de espesores en los costados de las losas. Estas mediciones de niveles se usan como guía para delimitar zonas cuyo espesor, evaluado como se indica en los párrafos siguientes de este numeral, resulte deficiente, o para determinar la toma de núcleos cuando los resultados de la nivelación muestren que existen posibles deficiencias de espesor.

La verificación de espesor para aceptación o rechazo se debe realizar por lotes. Se deben usar los mismos lotes establecidos para la verificación de la resistencia, numeral 500.5.2.8. Cada lote se subdivide en, al menos, tres (3) sublotes de máximo trescientos cincuenta metros cuadrados (350 $m^2$) cada uno, y se deben extraer de cada sublote dos (2) testigos cilíndricos o núcleos mediante equipos provistos de brocas rotativas (norma de ensayo INV E-418/NTC 3658). Los testigos se deben extraer luego de transcurridos quince días (15 d) desde la colocación del concreto. Los espesores de los núcleos se deben medir según la norma de ensayo INV E-419. Se pueden emplear ensayos no destructivos como escáneres y radares para la verificación del espesor.

Los agujeros dejados por los núcleos en el pavimento se deben rellenar a más tardar al día siguiente del corte, con un concreto apropiado de la misma calidad del concreto de las losas o superior, que no se contraiga. Antes de su colocación, se debe aplicar una resina en las paredes del agujero, según lo establecido en el numeral 630.2.5 del artículo 630.

Si el espesor promedio de los dos (2) testigos correspondientes a un (1) sublote resulta inferior al espesor de diseño ($e_d$) en más de diez milímetros (10 mm) el constructor debe demoler todo el sublote, retirar y disponer apropiadamente los escombros en un lugar aprobado y reconstruir el pavimento, todo ello a sus expensas, de modo que cumpla todas las exigencias de la presente especificación. Igual procedimiento se debe seguir cuando el espesor de un (1) testigo resulte inferior en más de quince milímetros (15 mm) con respecto al espesor de diseño ($e_d$). El material producto de la demolición es de propiedad del constructor.

Se considera como espesor promedio del lote ($e_m$), al promedio de las alturas de los testigos extraídos de él, redondeado al milímetro (mm). Cuando corresponda la demolición de un (1) sublote por los motivos expuestos en el párrafo anterior, las alturas de los testigos tomados en el tramo objeto de demolición no se consideran en el cálculo del espesor promedio del lote ($e_m$).

Si el espesor promedio del lote ($e_m$) es inferior al espesor de diseño ($e_d$) en más de dos milímetros (2 mm) y hasta siete milímetros (7 mm), el pavimento se debe aceptar con descuento por deficiencia. El descuento se aplica al lote del cual se extrajeron los testigos, previa deducción de los sectores donde haya correspondido la demolición y la reconstrucción. El descuento ($D$), en tanto por uno, por aplicar en el pago por metro cúbico de la capa de rodadura de concreto hidráulico en el lote así afectado, se calcula con la expresión:

$$D = \left( 1 - \frac{(e_m+2)^2}{e_d^{\,2}} \right) \qquad [500.1]$$

Donde:

$e_d$, espesor de diseño, en milímetros (mm).

$e_m$, espesor promedio del lote, en milímetros (mm).

El factor de ajuste de precio por espesor (*FAE*) (menor o igual que la unidad), que se aplica al precio unitario del contrato para el pago de los lotes correspondientes al lote analizado, es el resultado de restar el descuento (*D*) de la unidad.

$$FAE = 1\text{-}D \quad [500.2]$$

Cuando el espesor promedio del lote ($e_m$) sea inferior al espesor de diseño ($e_d$) en más de siete milímetros (7 mm), el constructor debe demoler, retirar y disponer escombros y reconstruir la capa de rodadura, a sus expensas, de modo que cumpla todas las exigencias de la presente especificación. La capa de rodadura reconstruida se somete a las mismas valoraciones de calidad especificadas en este artículo para cualquier tramo de pavimento, para efectos de su aprobación o rechazo.

Si un lote califica para ser demolido, de acuerdo con el párrafo anterior, pero los resultados de alturas de núcleos y mediciones topográficas sugieren que la deficiencia no está generalizada en el lote, sino que está concentrada en algún sublote, la zona restante puede ser analizada nuevamente, tratándola como un lote. En este caso, puede ser necesario tomar testigos adicionales para cumplir el mínimo de tres (3) sublotes dentro de esta zona.

### 500.5.3.3 Control de ubicación de barras de transferencia

Se deben cumplir los desplazamientos máximos permitidos tanto en planta como en perfil establecidos en el numeral 500.2.2.1.1.

### 500.5.3.4 Control de la textura superficial

Al día siguiente de aquel en el cual se haya realizado el vaciado del concreto y el texturizado transversal, se determina, en sitios aleatorios (norma de ensayo INV E-730) que no coincidan con las juntas, la profundidad de textura por el método del círculo de arena, de acuerdo con la norma de ensayo INV E-791.

El número mínimo de puntos que se van a controlar por lote debe ser de tres (3), que se amplían a cinco (5) si la textura obtenida en uno (1) de los tres (3) primeros es inferior a la especificada. Después de diez (10) lotes consecutivos aceptados, el interventor puede reducir la frecuencia de los ensayos.

La profundidad promedio de textura del lote debe estar comprendida entre sesenta y cien centésimas de milímetro (0,6 mm – 1,0 mm), sin que ningún valor individual se encuentre por debajo de cuarenta centésimas de milímetro (0,4 mm).

Si al menos uno de estos requisitos se incumple, se rechaza el tramo representado por el lote, hasta que el constructor haga las correcciones necesarias para alcanzar los valores prescritos, las cuales deben correr de su exclusiva cuenta y costo. Si la solución que propone o implementa el constructor da lugar a disminuciones en el espesor de la capa de

rodadura, se usan los espesores reducidos para verificar de nuevo el lote o lotes de las losas para su aceptación o rechazo por espesor, según el numeral 500.5.3.2.

### 500.5.3.5 Resistencia al deslizamiento

La resistencia al deslizamiento se mide el día previo al previsto para la puesta en servicio del tramo de pavimento representado por el lote respectivo, en sitios que no coincidan con las juntas del pavimento.

Debido a que la resistencia al deslizamiento se encuentra relacionada directamente con la seguridad de los usuarios, los puntos para su determinación en cada lote no se eligen al azar, sino que son ubicados por el interventor, en aquellos lugares que considere más sensibles al deslizamiento vehicular, en condición de superficie húmeda.

Las medidas se realizan por el péndulo británico, de acuerdo con la norma de ensayo INV E-792, en tres (3) puntos por lote en zonas en tangente y en uno (1) por cada curva horizontal, curva vertical, intersección, glorieta y zona de frenado frecuente, incluidas dentro del lote. Ninguna de las medidas puede presentar un valor inferior al límite indicado en la Tabla 500 — 12, de acuerdo con el tránsito de diseño y el tipo de sección vial. En caso de que se presenten valores menores, el interventor debe realizar medidas adicionales para delimitar perfectamente el área afectada, la cual debe ser corregida por el constructor, a sus expensas, mediante microfresado. Si esta operación afecta el espesor de la capa de rodadura, se deben usar los espesores reducidos para verificar de nuevo el lote o lotes de las losas para su aceptación o rechazo por espesor, según el numeral 500.5.3.2.

Tabla 500 — 12. Valores mínimos admisibles del coeficiente de resistencia al deslizamiento con el péndulo británico

| Tipo de sección | Coeficiente de resistencia al deslizamiento, mínimo | | |
|---|---|---|---|
| | NT1 | NT2 | NT3 |
| Glorietas, curvas con radios menores de doscientos metros (200 m), pendientes mayores o iguales a cinco por ciento (≥ 5 %) en longitudes de cien metros (100 m) o más, intersecciones, zonas de frenado frecuente | 0,50 | 0,55 | 0,60 |
| Otras secciones | 0,45 | 0,50 | 0,50 |

La resistencia al deslizamiento se puede verificar también con dispositivos de rueda parcialmente bloqueada (INV E-815). En tal caso, la especificación particular indica el equipo autorizado, así como los valores mínimos por alcanzar, los cuales deben ser, cuando menos, equivalentes a los señalados en la Tabla 500 —12 para medidas con el péndulo.

### 500.5.3.6 Regularidad superficial

El Índice de Rugosidad Internacional (IRI) se debe comprobar de manera continua en toda la longitud de la obra y en cada carril, antes del recibo definitivo de la misma. Para los efectos de aceptación del pavimento terminado, este artículo establece que la determinación del IRI se debe realizar, únicamente, con

procedimientos de medida de precisión o con equipos de referencia inercial.

Las medidas de precisión se pueden adelantar con mira y nivel, de acuerdo con el procedimiento indicado en la norma de ensayo INV E-794 o con un perfilómetro pivotante de alta precisión, norma de ensayo INV E-814.

Si se opta por el equipo de referencia inercial, este se debe validar previamente con uno de precisión en un tramo de prueba de longitud no menor de doscientos metros (200 m). El equipo de referencia inercial se debe operar de acuerdo con la norma de ensayo ASTM E950.

Para efectos de la evaluación con fines de recibo, las medidas se realizan en cada uno de los carriles del pavimento construido y los valores de IRI se presentan en metro por kilómetro (m/km), en tramos consecutivos de cien metros (100 m) por carril, con la excepción que se cita en el párrafo siguiente. Un conjunto de cinco (5) tramos constituye un lote.

No hay exigencia sobre el cumplimiento de regularidad superficial en tramos que incluyan singularidades, entendiendo por tales todas aquellas alteraciones del perfil longitudinal de la carretera que incrementen el IRI y no provengan de deficiencias constructivas, como pueden ser intersecciones con otras vías, puentes, pozos de inspección, reductores de velocidad, etc., los cuales deben ser definidos por el interventor, con su ubicación respectiva (carril y abscisa), antes de proceder a la determinación de IRI.

Se entiende que la superficie del pavimento tiene una regularidad superficial aceptable, si a lo largo de la longitud evaluada en cada carril se satisfacen los valores indicados en la Tabla 500 — 13.

Tabla 500 — 13. Valores máximos admisibles de IRI (m/km)

| Porcentaje (%) de hectómetros | Tipo de tránsito | | |
|---|---|---|---|
| | NT1 | NT2 | NT3 |
| 40 | 2,4 | 1,9 | 1,4 |
| 80 | 3,0 | 2,5 | 2,0 |
| 100 | 3,5 | 3,0 | 2,5 |

Si la proporción de hectómetros donde los resultados de IRI exceden los límites especificados, no es superior a veinte por ciento (20 %) del total del lote, el interventor debe delimitar los subsectores relevantes en el incumplimiento y puede autorizar su corrección mediante fresado, siempre y cuando dicha operación dé lugar a un acabado superficial semejante al conjunto de la obra y no origine disminuciones de espesor que conduzcan al rechazo de lotes de obra, en los términos definidos en el numeral 500.5.3.2. Si el acabado es incorrecto y/o la reducción de espesor conduce al rechazo, el constructor debe demoler, retirar y reconstruir los lotes afectados. Tanto la corrección de defectos como la demolición y el retiro al sitio de disposición de sobrantes y la posterior reconstrucción de la capa de rodadura, con la calidad exigida por el presente artículo, deben ser a expensas del constructor.

Si la proporción de hectómetros donde los resultados de IRI exceden los límites especificados es mayor a veinte por ciento (20 %) del total del lote, toda la longitud de este debe ser demolida y reconstruida. La demolición, el traslado y la disposición del material demolido y la reconstrucción de la capa de rodadura, con la calidad exigida por el presente artículo, deben ser a expensas del constructor.

En ambos casos, el material demolido es de propiedad del constructor. Este, a su vez, no puede invocar las reparaciones o las reconstrucciones derivadas de deficiencias en la regularidad superficial, como causal para incumplir el programa de trabajo.

#### 500.5.3.7 Eficiencia en la transferencia de carga en las juntas

Se debe comprobar la transferencia de carga, tanto en las juntas longitudinales como en las transversales, siguiendo las indicaciones de los documentos del proyecto. En ellos se deben fijar, también, los valores mínimos admisibles y los procedimientos que se debe seguir en caso de incumplimiento.

### 500.5.4 Defectos e imperfecciones a edades tempranas

Si se presentan fisuras tempranas, se debe realizar una revisión detallada de las mezclas utilizadas, de los asentamientos medidos, del manejo de las películas o del procedimiento de protección y curado, del tiempo de ejecución de los cortes, de la temperatura ambiente y del concreto y, en general, de todos los elementos que puedan haber incidido en la ocurrencia del fenómeno.

Las losas no pueden presentar grietas. El interventor puede aceptar pequeñas fisuras de retracción plástica, de corta longitud y que no afecten más que de forma limitada a la superficie del pavimento, y debe exigir su sellado.

Si una losa presenta una grieta única no ramificada, sensiblemente paralela a una junta, el interventor la puede aceptar si el constructor efectúa, a sus expensas, las operaciones indicadas a continuación:

- Si la junta más próxima a la grieta no se hubiera construido aún, se instalan en la grieta pasadores o barras de unión, con disposición similar a los existentes en la junta. La grieta se sella, previa regularización y cajeo de sus bordes.
- Si la junta más próxima a la grieta ya se hubiera construido, la grieta se inyecta, tan pronto como sea posible, con resina epóxica para mantener unidos sus bordes y restablecer la continuidad de la losa.

En losas con otros tipos de grietas, como las de esquina, el interventor las puede aceptar u ordenar la demolición parcial de la zona afectada y su posterior reconstrucción. En el primer caso, la grieta se inyecta tan pronto como sea posible, con resina epóxica que mantenga unidos sus bordes y restablezca la continuidad de la losa. Ninguno de los elementos de la losa, después de su reconstrucción, puede tener una (1) de sus dimensiones de menos de treinta centímetros (0,30 m). La reposición se ancla mediante grapas al resto de la losa.

La resina polimérica debe cumplir lo establecido en el numeral 630.2.5 del artículo 630 y se debe aplicar de acuerdo con un

procedimiento previamente aprobado por el interventor.

Si a causa del aserrado prematuro se presentan astilladuras en las juntas, estas deben ser reparadas por el constructor, a sus expensas, usando un concreto o mortero de resina epóxica apropiado de la misma calidad del concreto de las losas o superior. Antes de la colocación del producto de reparación, la junta debe ser preparada mediante el corte de una cavidad apropiada que permita remover todo el concreto afectado y provea el espacio en tamaño y forma adecuados para la reparación y, a continuación, se debe aplicar un imprimante en la cavidad cumpliendo lo establecido en el numeral 630.2.5 del artículo 630.

En todos los casos, el constructor debe presentar, previamente, un documento con las acciones correctivas propuestas, incluyendo materiales, dimensiones y procedimientos que pretende utilizar para la reparación de la capa de rodadura.

### 500.5.5 Conservación de la capa de rodadura de concreto hidráulico

La capa de rodadura de concreto hidráulico se debe mantener en perfectas condiciones, de acuerdo con lo establecido en el numeral 500.4.7 del presente artículo.

## 500.6 Medida

La unidad de medida de la capa de rodadura de concreto hidráulico debe ser el metro cúbico ($m^3$), aproximado a la décima (0,1), de concreto suministrado, colocado, compactado y terminado, debidamente aceptado por el interventor, de acuerdo con lo exigido en este artículo.

El resultado de la medida se debe reportar con la aproximación establecida, empleando el método de redondeo de la norma de ensayo INV E-823.

El volumen se determina multiplicando la longitud real medida a lo largo del eje del proyecto, por el ancho y el espesor mostrados en los documentos del proyecto. En aquellos lotes aceptados cuyo espesor promedio resulte inferior al de diseño, el volumen se determina usando el espesor promedio del lote en lugar del espesor mostrado en los documentos del proyecto. No se mide, con fines de pago, ningún volumen por fuera de estos límites.

Cuando en el proyecto se establezca la construcción de losas reforzadas, como se indica en el numeral 500.2.2.3, el acero de refuerzo correspondiente se debe medir como se indica en el artículo 640, Acero de refuerzo.

El acero correspondiente a pasadores y barras de amarre no se debe medir para efectos de pago independiente.

## 500.7 Forma de pago

El pago se debe hacer al precio unitario del contrato, multiplicado por el FAE, definido anteriormente, por toda obra ejecutada, de acuerdo con este artículo y aprobada por el interventor.

El precio unitario debe cubrir todos los costos de adquisición, obtención de licencias ambientales, permisos y derechos de explotación o alquiler de las fuentes de materiales y el descapote y la preparación de las zonas por explotar. Debe cubrir, también, todos los

costos de explotación de las fuentes de materiales; la selección, la trituración, el eventual lavado y la clasificación de los materiales pétreos; el suministro, el almacenamiento, los desperdicios, cargues, transportes, descargues y la mezcla de todos los materiales constitutivos de la mezcla de concreto, cuya fórmula de trabajo se haya aprobado, incluidos los aditivos; la obtención, el transporte, el suministro y la aplicación del agua requerida para el humedecimiento de la superficie de apoyo del pavimento o el suministro y la colocación del papel especial o el material plástico para aislar la capa de rodadura de la capa de soporte; el costo de la definición de la fórmula de trabajo; el suministro, la colocación y el retiro de las formaletas fijas cuando ellas se utilicen; el suministro, el almacenamiento, los desperdicios, cargues, transportes, descargues y la colocación de los pasadores y de sus dispositivos de soporte, de las barras de unión, de los elementos para separación de la capa de rodadura y el suministro y la aplicación de los materiales de curado y de los materiales para el sello de todas las juntas, según lo contemple el proyecto y su instalación; el transporte del concreto al sitio de los trabajos, su colocación y vibrado; la ejecución de juntas en fresco o por aserrado; el acabado superficial y el curado requerido; las instalaciones provisionales; los costos de arreglo o construcción de las vías de acceso a las fuentes de materiales; la adecuación paisajística de las fuentes para recuperar las características hidrológicas superficiales al terminar su explotación; el tramo de prueba; la señalización preventiva de la vía y el ordenamiento del tránsito público durante la realización de las obras y durante el periodo de curado; la limpieza final del sitio de los trabajos al término satisfactorio de estos y, en general, todo costo relacionado con la correcta ejecución de los trabajos especificados.

El precio unitario debe incluir los costos de administración e imprevistos y la utilidad del constructor.

La preparación de la superficie existente, salvo el humedecimiento o el suministro y colocación del papel especial o el material plástico previos a la colocación del concreto, se considera incluida en el ítem referente a la capa a la cual corresponde dicha superficie y, por tanto, no hay lugar a pago separado por este concepto. Si dicho ítem no está contemplado en el contrato, el constructor debe incluir el costo de la preparación de la superficie existente dentro del precio unitario de la capa de rodadura de concreto hidráulico.

El acero necesario para la construcción de losas reforzadas se paga con cargo al artículo 640.

## 500.8 Ítem de pago

| Ítem | Descripción | Unidad |
|---|---|---|
| 500.1 | Pavimento de concreto hidráulico | Metro cúbico ($m^3$) |
| 500.2 | Pavimento de concreto hidráulico de fraguado rápido (*fast track*) | Metro cúbico ($m^3$) |

Nota: en el caso de pavimentos de concreto hidráulico de fraguado rápido (*fast track*), los documentos del proyecto deben definir la edad a la cual se debe alcanzar la resistencia de diseño.

## 500.9 Glosario

### 500.9.1 Definiciones tipos de pavimentos de concreto hidráulico

#### 500.9.1.1 Pavimento de concreto convencional con juntas

Es un pavimento que está compuesto de losas de concreto hidráulico, moduladas en forma rectangular o cuadradas, sin ningún tipo de malla de refuerzo con barras corrugadas al interior de las losas, con juntas transversales de contracción, con o sin barras de transferencia, y con juntas longitudinales con o sin la presencia de barras de transferencia, y con o sin la presencia de barras de amarre.

#### 500.9.1.2 Pavimento con juntas y losas reforzadas

Es un pavimento que está compuesto de losas de concreto hidráulico, moduladas de acuerdo con los criterios establecidos en esta especificación, pero que, por consideraciones de esfuerzos en el concreto, tamaño de las losas, presencia de elementos fijos dentro de las losas, o todas ellas, se requiere la colocación de una o dos mallas de barras de acero de refuerzo corrugado, ubicadas en el sitio establecido en los documentos del proyecto.

#### 500.9.1.3 Sobrelosas

Es un pavimento que está compuesto de losas de concreto hidráulico, convencional con juntas, reforzado o no, colocadas sobre un pavimento existente, que recibe un tratamiento previo. Las sobrelosas se clasifican, de acuerdo con el tipo de estructura existente sobre la cual se coloca de la siguiente manera.

##### 500.9.1.3.1 Sobre pavimento de concreto, adheridas

Cuando las losas nuevas de concreto hidráulico se colocan sobre un pavimento de concreto existente y en el diseño se considera la adherencia entre estos. Se debe garantizar la adherencia tanto en la construcción como en la operación.

##### 500.9.1.3.2 Sobre pavimento de concreto, no adheridas

Cuando las losas nuevas de concreto hidráulico se colocan sobre un pavimento de concreto existente. En los criterios de diseño no se considera la adherencia entre el concreto nuevo y el existente. No es necesario garantizar la adherencia ni durante la construcción ni en la operación, aunque se permite que se adhiera como factor de seguridad.

##### 500.9.1.3.3 Sobre pavimento asfáltico, adheridas

Cuando las losas nuevas de concreto hidráulico se colocan sobre un pavimento asfáltico existente y en el diseño se considera la adherencia entre el concreto nuevo y el asfalto. Se debe garantizar la adherencia tanto en la construcción como en la operación.

##### 500.9.1.3.4 Sobre pavimento asfáltico, no adheridas

Cuando las losas nuevas de concreto hidráulico se colocan sobre un pavimento asfáltico existente. En los criterios de diseño no se considera la adherencia entre concreto nuevo y el asfalto. No es necesario garantizar la adherencia ni durante la construcción, ni en la operación, aunque se permite que se adhiera como factor de seguridad.

#### 500.9.1.3.5 Sobre pavimento compuesto, adheridas

Cuando las losas nuevas de concreto hidráulico se colocan sobre un pavimento compuesto existente (pavimento de concreto antiguo y sobrecapa asfáltica antigua), y en el diseño se considera la adherencia entre el concreto nuevo y el asfalto. Se debe garantizar la adherencia tanto en la construcción como en la operación.

#### 500.9.1.3.6 Sobre pavimento compuesto, no adheridas

Cuando las losas nuevas de concreto hidráulico se colocan sobre un pavimento compuesto existente (pavimento de concreto antiguo y sobrecapa asfáltica antigua). En los criterios de diseño no se considera la adherencia entre concreto nuevo y el asfalto. No es necesario garantizar la adherencia ni durante la construcción, ni en la operación, aunque se permite que se adhiera como factor de seguridad.

### 500.9.1.4 Pavimento continuamente reforzado (con limitaciones)

Es un pavimento que está compuesto de una losa de concreto hidráulico, sin juntas de contracción, pero que por consideraciones de esfuerzos en el concreto se requiere la colocación de un sistema de refuerzo corrugado, tanto en sentido longitudinal como transversal, ubicado en el sitio establecido en los documentos del proyecto.
Para este tipo de pavimento son aplicables los procedimientos establecidos en este artículo, con excepción de los capítulos de modulación, corte y sellado de juntas, y lo relacionado con los sistemas de transferencia de carga y amarre.

## 500.9.2 Otras de iniciones

### 500.9.2.1 Material cementante

Un material cementante es aquel que tiene las propiedades de adhesión y cohesión necesarias para unir agregados y conformar una masa sólida de resistencia y durabilidad adecuada. Los principales cementantes son los cementos hidráulicos, algunas escorias y ciertos materiales con propiedades puzolánicas. De acuerdo con el grado de poder cementante y los requisitos específicos de las aplicaciones, estos cementantes se pueden utilizar en forma individual o combinados entre sí.

### 500.9.2.2 Adiciones suplementarias

Son materiales inorgánicos de origen natural o artificial que al ser incorporados en las mezclas cementicias (lechadas, morteros o concretos) o directamente durante la creación del cemento, permiten alcanzar mejoras tecnológicas de desempeño, ya sea en su estado fresco, durante su fraguado y/o en su estado endurecido (propiedades resistentes y durables).

Las adiciones suplementarias son materiales cementantes que tienen propiedades puzolánicas, hidráulicas, o ambas. Algunos ejemplos son las cenizas volantes (clases C y F según la NTC 3493/ASTM C618), el humo de sílice, las puzolanas naturales o calcinadas, las escorias cementantes (granulada y molida), metacaolín (arcilla calcinada), entre otros.

De acuerdo con la disponibilidad de materiales, las propiedades finales deseadas y las capacidades tecnológicas, se puede utilizar más de un tipo de adición suplementaria, en

forma combinada con los demás materiales. Los cementos «ternarios» son aquellos que contienen dos adiciones suplementarias diferentes en su composición, además del clínker, yeso y aditivos de proceso (si se usan). Los cementos «cuaternarios» son los que contienen tres adiciones principales más clínker, yeso y aditivos de proceso (si se usan).

Dependiendo de la naturaleza de la adición, estas pueden no solo contribuir con las propiedades de ganancia de resistencia del cemento, sino también con otras propiedades de las mezclas.

Tabla 500 — 14. Naturaleza de las adiciones suplementarias

| Material | Naturaleza cementante o tipo de reacción |
|---|---|
| Puzolana natural (clase N) (Nota 1) | Puzolánica con cemento Portland |
| Ceniza volante silícea (clase F) (Nota 1) | Puzolánica con cemento Portland |
| Ceniza volante de alta cal (clase C) (Nota 1) | Puzolánica con cemento Portland, pero también ligeramente hidráulica |
| Escoria de alto horno granulada y molida | Potencialmente hidráulica |
| Humo de sílice (Nota 2) | Puzolánico con cemento Portland |
| Relleno calcáreo | Llenante con acción hidráulica ligera con cemento Portland |
| Metacaolín (arcilla calcinada) | Puzolánica con cemento Portland |

Nota 1: clasificación de acuerdo con la NTC 3493 (ASTM C618).

Nota 2: debe cumplir lo establecido en la norma técnica ASTM C1240.

### 500.9.2.3 Adiciones complementarias

Son materiales que se incorporan a las mezclas de concreto para mejorar o modificar otras prestaciones del concreto diferentes a las características cementantes o de actividad hidráulica que sí ofrecen las adiciones suplementarias.

Las adiciones complementarias pueden ser fibras, pigmentos, llenantes, polímeros, entre otras.

- Las fibras para el concreto consisten en elementos de corta longitud y pequeña sección que son incorporados a su masa con el objetivo de mejorar algunas de sus prestaciones, tanto en estado fresco como una vez endurecido. Estas fibras generalmente son de acero, sintética, vidrio (protegida al álcalis), o su combinación, disponibles en una amplia variedad de formas, tamaños y espesores.
- La utilización de fibras contribuye a modificar el comportamiento del concreto, ya sea para disminuir la fisuración, modificar la resistencia, conceder ductilidad, reemplazar parcialmente el refuerzo o aumentar la durabilidad, las que sean aplicables según el diseño. Es conveniente que se determinen

la dosificación y el tipo de fibras por utilizar, dependiendo de las normas que las estipulan, para que de este modo se logre proporcionar la funcionalidad del material en los diferentes espacios y a su vez se garantice un adecuado desempeño de la estructura.

- Los pigmentos son partículas de polvo más fino que el cemento, químicamente inertes, insolubles en agua y resistentes a la alcalinidad del cemento; crean un color en el concreto, y pueden ser naturales o sintéticos. Un buen color depende de la pureza del pigmento, del porcentaje de la sustancia colorante, de su finura y su granulometría. Se recomienda no pasar del diez por ciento (10 %) de pigmentos en la mezcla para no tener exceso de partículas finas.
- Los llenantes son materiales inertes químicamente conocidos como rellenos que fomentan la densificación de la pasta de cemento o pueden tener un efecto físico, contribuyendo a la dispersión de los granos de cemento, a la vez que actúan como centros de nucleación, facilitando mejores condiciones para la hidratación y el desarrollo de resistencia a edad temprana.

#### 500.9.2.4 Norma sismo resistente (NSR)

Es el Reglamento Colombiano de Construcción Sismorresistente encargado de regular las condiciones con las que deben contar las construcciones, con el fin de que la respuesta estructural a un sismo sea favorable.

# Suministro de cemento hidráulico

## Artículo 501 – 22

## 501.1 Descripción

Esta especificación establece las condiciones para el suministro de cemento hidráulico para la elaboración de las estabilizaciones, las mezclas, los morteros y las lechadas que se requieran para ejecutar las unidades de obra que incluyan cemento hidráulico como uno de sus componentes y consideren el pago separado del producto.

## 501.2 Materiales

### 501.2.1 Requisitos del cemento hidráulico

El cemento hidráulico debe cumplir alguna de las normas de la Tabla 501 — 1, o los requisitos particulares que establezcan los documentos del proyecto. Se deben presentar las pruebas de laboratorios que cuenten con experiencia y/o trayectoria en ejecución de pruebas y ensayos de control de calidad de materiales, que puedan demostrar apropiadamente la competencia de su personal de laboratorio y cuyos informes de resultados informados contengan la aprobación y la autorización para su emisión, mediante la firma del responsable técnico facultado para ello. El laboratorio debe contar con todo el equipamiento principal y auxiliar necesario para el correcto desempeño de sus actividades y asegurar que estos cuenten con la exactitud y la precisión adecuadas para lograr resultados válidos. El laboratorio debe contar con un programa de calibración de sus equipos y se debe asegurar que los resultados de la medición sean trazables al Sistema Internacional de Unidades (SI) mediante alguna de las siguientes alternativas, con el fin de garantizar la calidad del cemento hidráulico:

- La calibración de los equipos proporcionados por un laboratorio de metrología acreditado por el Organismo Nacional de Acreditación de Colombia (ONAC).
- La comparación directa o indirecta a patrones nacionales o internacionales que cuenten con unidades del SI.
- Los valores certificados de materiales de referencia (MRC) proporcionados por productores competentes con trazabilidad metrológica establecida al SI.

Tabla 501 — 1. Especificaciones de cementos hidráulicos

| Denominación | Norma | Tipo de requisitos que establece la norma |
|---|---|---|
| Cemento hidráulico especificado por desempeño | NTC 121 | - Propiedades de desempeño<br>- No hay restricciones sobre la composición del cemento o sus ingredientes. |
| Cemento Portland | ASTM C150 | - Ingredientes<br>- Proporciones<br>- Composición química<br>- Requisitos físicos |
| Cemento hidráulico adicionado (Nota) | ASTM C595 | |

Nota: se excluyen los cementos tipo IS (> 70).

En caso de usar material cementante blanco, este debe cumplir lo indicado en la NTC 1362.

Cementos fabricados bajo las normas ASTM C150, ASTM C595 o ASTM C1157 se pueden usar cuando se demuestre mediante ensayos de laboratorio que el desempeño es similar o superior que el especificado en la NTC 121.

## 501.3 Equipo

### 501.3.1 Vehículos de transporte

El cemento hidráulico puede ser transportado a granel, por medio de vehículos que posean la capacidad de transporte del material, sin ninguna alteración en este, o por medio de sacos u otros mecanismos. En cualquier caso, se debe garantizar que el producto no esté expuesto a humedecimiento, ya sea por lluvia o por la humedad del ambiente. Si el cemento suministrado llega a presentar hidratación, el interventor puede rechazar el material.

Si el cemento se transporta en sacos, los vehículos deben tener un cobertor adecuado, debidamente asegurado, que impida un eventual vertido de la carga sobre las vías por las que circulan.

### 501.3.2 Almacenamiento

El almacenamiento que requiera el cemento hidráulico transportado a granel se debe realizar en silos adecuados para tal fin, los cuales deben tener los aparatos de medida y seguridad necesarios para garantizar su correcto funcionamiento. Para mitigar las emisiones de polvo del cemento presentadas por las descargas y mantener despejados y en buen estado los ductos de ventilación y desfogue, los silos deben contar con un sistema de filtros que garantice un almacenamiento óptimo y la no alteración de las propiedades del cemento. Así mismo, deben disponer de dispositivos adecuados para la toma de muestras y ser herméticos para evitar que el cemento se humedezca.

Cuando el transporte se realice por medio de sacos, estos se deben almacenar sobre superficies totalmente secas (sobre estibas), apilados de tal manera que los primeros sean también los primeros en ser utilizados. Se deben cubrir con un material impermeable, reduciendo la exposición a humedades relativas elevadas y a la circulación de aire. Se recomienda un almacenamiento máximo de sesenta días (60 d) donde solo se deben

superponer máximo doce (12) sacos. Si se prevé un periodo de almacenamiento mayor, no se deben superponer más de siete (7) sacos, con el objetivo de evitar que el cemento sufra compactaciones por cargas elevadas.

## 501.4 Ejecución de los trabajos

### 501.4.1 Aspectos generales

El constructor debe suministrar cemento hidráulico que cumpla todas las disposiciones legales referentes a las dimensiones y los pesos de los vehículos de transporte y al control de la contaminación ambiental de estos.

A la llegada de cada vehículo al sitio de los trabajos, el constructor debe entregar al interventor una certificación expedida por el fabricante del cemento hidráulico, donde se indiquen las fechas de elaboración y despacho, así como los resultados de ensayos de calidad efectuados sobre muestras representativas de la entrega, los cuales deben satisfacer todas las condiciones establecidas en las especificaciones de la Tabla 501 — 1. Dicha constancia no evita, en ningún caso, la ejecución de ensayos de comprobación por parte del interventor, ni implica necesariamente la aceptación de la entrega. De todas maneras, el interventor se debe abstener de aceptar el empleo de suministros de cemento hidráulico que no se encuentren respaldados por la certificación del fabricante.

Se deben comprobar, con la frecuencia que el interventor considere pertinente, los sistemas de transporte y trasvase si la entrega es a granel, y las condiciones de almacenamiento, en todo cuanto pueda afectar la calidad del material. El interventor puede ordenar la suspensión de la utilización del producto, mientras realiza las comprobaciones que estime convenientes de las características de calidad del cemento hidráulico.

El empleo del cemento hidráulico en la elaboración de las distintas unidades de obra de las que forma parte se debe hacer conforme lo establece el artículo correspondiente.

### 501.4.2 Manejo ambiental

En adición a los aspectos generales indicados en el artículo 106, Aspectos ambientales, el suministro de cemento hidráulico se debe realizar teniendo en cuenta lo establecido en los estudios o evaluaciones ambientales del proyecto y las normas y disposiciones vigentes sobre la conservación del ambiente y los recursos naturales.

Todas las actividades que se ejecuten en cumplimiento a esta especificación deben acatar lo establecido en las normas y disposiciones ambientales. De esta manera, dichas actividades deben estar incluidas en los costos del proyecto, por tanto, no deben ser objeto de reconocimiento directo en el contrato.

## 501.5 Condiciones para el recibo del producto

### 501.5.1 Controles generales

Se deben adelantar los siguientes controles principales:

- Verificar que en las operaciones de suministro del cemento hidráulico se cumpla la legislación vigente en relación con las materias ambiental, de seguridad industrial, almacenamiento y transporte.

- Verificar el estado y el funcionamiento de los equipos de transporte y almacenamiento del cemento hidráulico.

### 501.5.2 Controles específicos para el recibo y tolerancias

Al respecto, se deben ejecutar las siguientes actividades:

- Para cementos fabricados bajo la norma NTC 121 se debe demostrar experimentalmente que se cumplen los requisitos de desempeño enunciados dentro de esta. Para cementos fabricados bajo las normas ASTM C150, ASTM C595 o ASTM C1157, además de cumplir su norma de fabricación, también se debe demostrar mediante ensayos de laboratorio que el desempeño es igual o superior al especificado en la NTC 121. Los ensayos requeridos se deben efectuar con la siguiente periodicidad:
  - Una vez (1) por cada mes de ejecución de las obras y, como mínimo, tres (3) veces a intervalos convenientemente espaciados si la obra dura menos de tres (3) meses.
  - Cada vez que se modifique el material suministrado.
  - Cada vez que el interventor lo solicite.
- La toma de las muestras se debe hacer siguiendo la norma INV E-301 y los ensayos se deben realizar en un laboratorio que cumpla lo indicado en el numeral 501.2.1 del presente artículo. No se debe admitir tolerancia alguna en relación con los límites que se establecen en las normas enunciadas en la Tabla 501 — 1 o con los establecidos en la especificación particular del proyecto, si fuese el caso. Por tanto, el incumplimiento del resultado de alguno de los ensayos implica el rechazo del producto.
- Efectuar los controles necesarios para determinar la cantidad de cemento hidráulico incorporado en las mezclas que el interventor haya aprobado.

## 501.6 Medida

Para efectos de pago, el cemento hidráulico se debe medir, solamente en aquellas unidades de obra en las que los artículos correspondientes o los documentos del proyecto indiquen que el cemento hidráulico se paga por aparte. En estos casos, la unidad de medida del cemento hidráulico debe ser el kilogramo (kg), aproximado al kilogramo entero, incorporado en la unidad de obra correspondiente debidamente aprobada por el interventor.

El resultado de la medida se debe reportar con la aproximación establecida, mediante el método de redondeo de la norma INV E-823. Para determinar la cantidad de cemento hidráulico por pagar, se debe calcular el peso de la mezcla aceptada en su posición final, mediante el producto del volumen aprobado por su densidad media en obra en cada lote y, posteriormente, aplicando a este valor el porcentaje de cemento promedio que resulte de los ensayos realizados sobre muestras representativas del volumen de mezcla aceptada.

## 501.7 Forma de pago

El pago se debe hacer al precio unitario del respectivo contrato, por el cemento hidráulico efectivamente suministrado y recibido, aprobado por el interventor. En caso de requerir la incorporación de adiciones suplementarias,

su precio debe estar incluido dentro del material suministrado.

El precio unitario debe incluir los costos de administración e imprevistos y la utilidad del constructor.

## 501.8 Ítem de pago

| Ítem | Descripción | Unidad |
|---|---|---|
| 501.1 | Cemento Portland, norma ASTM C150, tipo ___ | Kilogramo (kg) |
| 501.10 | Cemento hidráulico adicionado, norma ASTM C595, tipo ___ | Kilogramo (kg) |
| 501.20 | Cemento hidráulico especificado por desempeño, norma NTC 121, tipo ___ | Kilogramo (kg) |

Nota: se debe elaborar un ítem de pago para cada tipo de cemento que se especifique en los documentos del proyecto.

## 501.9 Glosario

Las siguientes definiciones son aplicables a esta especificación:

### 501.9.1 Material cementante

Es aquel que tiene las propiedades de adhesión y cohesión necesarias para unir agregados y conformar una masa sólida de resistencia y durabilidad adecuada. Los principales cementantes son los cementos hidráulicos, algunas escorias y ciertos materiales con propiedades puzolánicas. De acuerdo con el grado de poder cementante y los requerimientos específicos de las aplicaciones, estos cementantes se pueden utilizar en forma individual o combinados entre sí.

### 501.9.2 Cemento hidráulico

Cemento que fragua y endurece por reacción química con el agua, incluso bajo esta.

### 501.9.3 Clínker Portland

Componente del cemento en forma granulada, constituido principalmente por silicatos, aluminatos y ferroaluminatos de calcio y que se obtiene por la cocción, hasta fusión parcial (clinkerización), de una mezcla convenientemente proporcionada y homogenizada de materiales, debidamente seleccionados.

### 501.9.4 Cemento Portland

Cemento hidráulico que se obtiene de la pulverización del clínker Portland. Consiste esencialmente en silicatos de calcio hidratados.

### 501.9.5 Cemento hidráulico adicionado

Cemento hidráulico que consta de dos o más componentes inorgánicos (por lo menos uno de los cuales no es cemento Portland o clínker Portland) que, por separado o en conjunto, contribuyen a las propiedades de incremento de resistencia del cemento, elaborado con o sin otros componentes, adiciones de proceso y adiciones funcionales, por molienda conjunta u otro proceso de mezcla.

### 501.9.6 Adiciones suplementarias

Son materiales cementantes inorgánicos de origen natural o artificial que tienen propiedades puzolánicas, hidráulicas, o ambas, y que, al ser incorporadas directamente durante la creación del cemento, permiten alcanzar en la mezcla de concreto mejoras tecnológicas de desempeño, ya sea en su estado fresco,

durante su fraguado y/o en su estado endurecido (propiedades resistentes y durables). Algunos ejemplos son las cenizas volantes (clases C y F según la NTC 3493/ASTM C618), el humo de sílice, las puzolanas naturales o calcinadas, las escorias cementantes (granulada y molida), metacaolín (arcilla calcinada), entre otros. La Tabla 501 — 2 resume la naturaleza de las adiciones suplementarias más empleadas.

Tabla 501 — 2. Naturaleza de las adiciones suplementarias

| Material | Naturaleza cementante o tipo de reacción |
|---|---|
| Puzolana natural (clase N) (Nota 1) | Puzolánica con cemento Portland |
| Ceniza volante silícea (clase F) (Nota 1) | Puzolánica con cemento Portland |
| Ceniza volante de alta cal (clase C) (Nota 1) | Puzolánica con cemento Portland, pero también ligeramente hidráulica |
| Escoria de alto horno granulada y molida | Potencialmente hidráulica |
| Humo de sílice (Nota 2) | Puzolánico con cemento Portland |
| Relleno calcáreo | Llenante con acción hidráulica ligera con cemento Portland |
| Metacaolín (arcilla calcinada) | Puzolánica con cemento Portland |

Nota 1: clasificación de acuerdo con la NTC 3493 (ASTM C618).

Nota 2: debe cumplir lo establecido en la norma técnica ASTM C1240.

De acuerdo con la disponibilidad de materiales, las propiedades finales deseadas y las capacidades tecnológicas, se puede utilizar más de un tipo de adición suplementaria, en forma combinada con los demás materiales. Los cementos «ternarios» son aquellos que contienen dos adiciones suplementarias diferentes en su composición, además de clínker, yeso y aditivos de proceso (si se usan). Los cementos «cuaternarios» son los que contienen tres adiciones principales más clínker, yeso y aditivos de proceso (si se usan).

Dependiendo de la naturaleza de la adición, estas pueden no solo contribuir con las propiedades de ganancia de resistencia del cemento, sino también con otras propiedades de las mezclas.