INDICE							
Categoría	**Número de Documento**	**Fecha**	**Descripción**	**Observaciones**	**Tomo**	**N° de Folio**	**N° de Folio**
Oficios contratista de obra	CPRS-055-2024	7-oct-2024	Continuación Entrega del Informe Final para revisión de interventoría correspondiente al Volumen V Versión 0 del mejoramiento de estudios y diseños proyecto Tercer Puente Sobre el Rio Sinú.		80	15801	15910
Oficios contratista de obra	CPRS-056-2024	11-oct-2024	Respuesta a oficio de la Veeduría Areneros con recibida el 22 de septiembre de 2024.		80	15911	15929
Oficios contratista de obra	CPRS-057-2024	11-oct-2024	Respuesta a oficio CTE-460-0100-2024 Incumplimiento en la Entrega de Diseños del Volumen VII. Mejoramiento de Estudios y Diseños.		80	15930	15933
Oficios contratista de obra	CPRS-058-2024	11-oct-2024	Respuesta a oficio C.E SIM-2442-2024 Observaciones Solución Vial del acceso al Tercer Puente ubicado en Calle 15a con Carrera 3W Margen Izquierda / Secretaría de Tránsito y Transporte.		80	15934	15937
Oficios contratista de obra	CPRS-059-2024	18-oct-2024	Respuesta al Oficio CTE-460-0104-2024. Asunto Solicitud informe de avance de tramites de permisos y/o licencias.		80	15938	15957
Oficios contratista de obra	CPRS-060-2024	18-oct-2024	Respuesta al Oficio Respuesta al Oficio COCS-460-CPRS-C-9-2024. Solicitud planes de acción.		80	15958	15965
Oficios contratista de obra	CPRS-061-2024	18-oct-2024	Respuesta al Oficio COCS-460-CPRS-C-7-2024 Observaciones Volumen IV.		80	15966	16000

TRAMO	Apique	Profundidad (m)	Muestra	Descripción General	Límites de consistencia %			Humedad natural, Wn (%)	IL	Evaluación de Expansividad	Potencial de Expansión					
					LL	LP	IP				LL	IP	Humedad de Equilibrio, Wequi (%)	Potencial	Peso Unitario Seco (ton/m³)	Pex (Ton/m²)
PAVIMENTO LA COQUERA	APIQUE 1	0.00 - 0.65	1	GRAVA LIMOSA CON ARENA	0	0	0	11.00	N/A	No Expansible	Bajo	Bajo	3.6	Potencial Bajo	1.600	0.079
		1.20 - 1.50	2	LIMO DE ALTA PLASTICIDAD	66	35	31	13.00	-0.69	Expansible	muy alto	Alto	34.6	Potencial Alto	1.455	1.326
	APIQUE 2	0.00 - 0.10	1	ARENA LIMOSA CON PRESENCIA DE GRAVA	0	0	0	7.00	N/A	No Expansible	Bajo	Bajo	3.6	Potencial Bajo	1.600	0.102
		1.20 - 1.50	2	LIMO DE ALTA PLASTICIDAD	66	34	32	31.00	-0.07	Expansible	muy alto	Muy Alto	34.6	Potencial Alto	1.330	0.359
	APIQUE 3 / PDC 1	0.00 - 0.80	1	ARENA LIMOSA CON PRESENCIA DE GRAVA	0	0	0	11.00	N/A	No Expansible	Bajo	Bajo	3.6	Potencial Bajo	1.600	0.079
		0.80 - 1.10	2	ARCILLA ARENOSA DE MEDIANA PLASTICIDAD CON GRAVA	32	23	9	19.00	-0.51	Expansible	Bajo	Bajo	18.6	Potencial Bajo	1.600	0.224
	APIQUE 4 / PDC 2	0.00 - 0.50	1	ARENA LIMOSA CON PRESENCIA DE GRAVA	0	0	0	11.00	N/A	No Expansible	Bajo	Bajo	3.6	Potencial Bajo	1.600	0.079
		0.50 - 1.00	2	ARENA ARCILLOSA CON PRESENCIA DE GRAVA	36	22	14	18.00	-0.27	Expansible	Bajo	Medio	20.5	Potencial Alto	1.600	0.289

Tabla 6. Presión probable de expansión de campo.
Fuente: Propia.

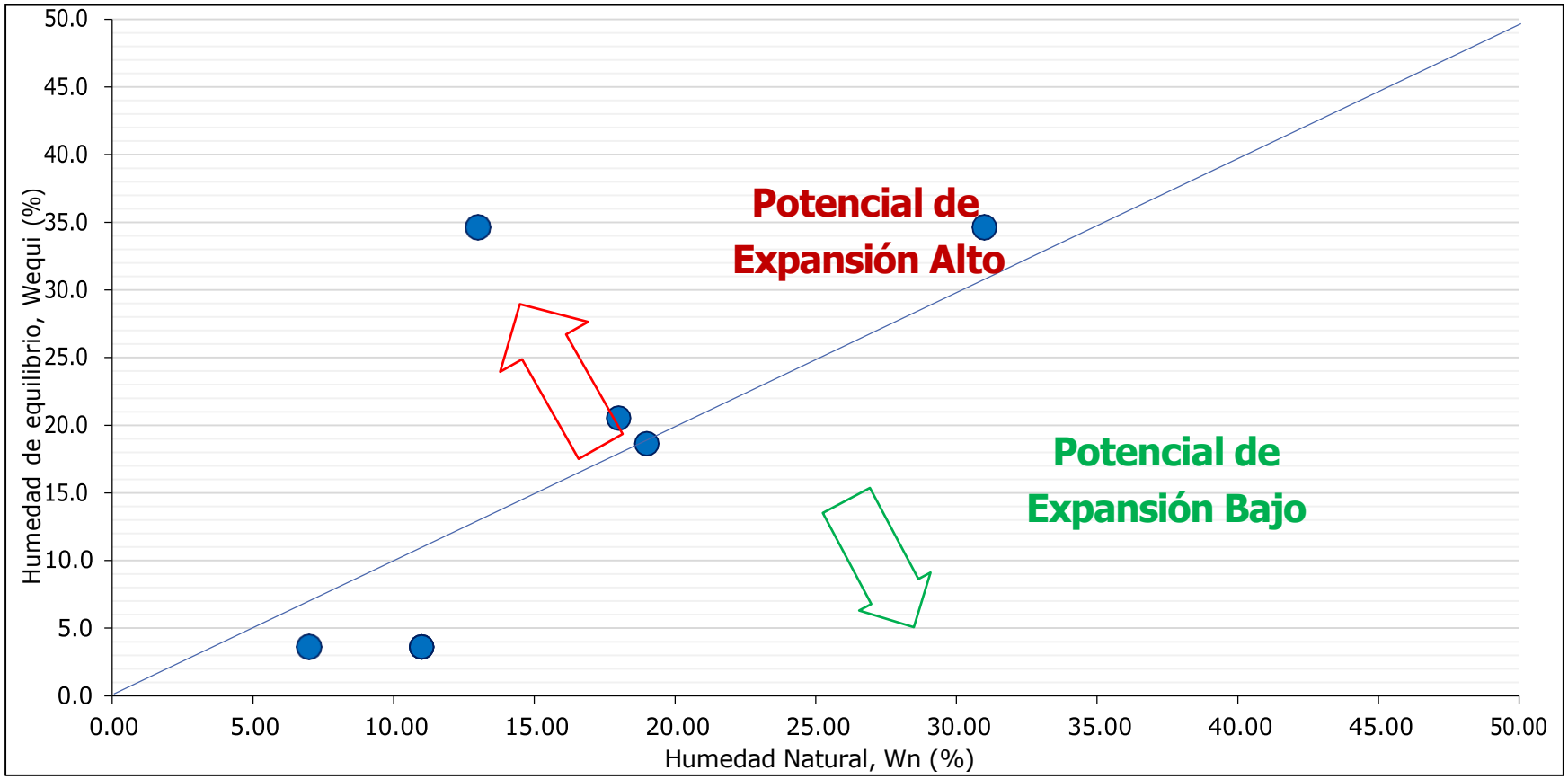


Figura 8. Humedad de equilibrio, Wequi Vs Humedad natural, Wn.
Fuente: Propia.

Cra. 15 No. 122 – 35 Oficina 702, Santa Bárbara. Tel: (601) 6560781 Bogotá D.C. Colombia
Email: consorcio.riosinu@concrearmadoltda.com

Teniendo en cuenta la Figura anterior respecto a los resultados obtenidos en laboratorio de los ***apiques***, se observa que parte de los materiales muestran valores de humedad de equilibrio variable con respecto a la humedad natural (dichos valores se encuentran por encima de la línea continua de pendiente 1:1), en términos generales se puede manifestar que existe un potencial de expansión probable para todas las muestras **Alto**.

De la evaluación realizada, se tiene que la presión probable de expansión de campo oscila entre ***0.079 Ton/m² y 1.326 Ton/m²***. Sin embargo, comparando los valores calculados de la presión probable de expansión de campo y el potencial de expansión calculados en función de los límites de consistencia y la humedad de equilibrio, se hace necesario la incorporación de mejoramiento por Expansividad o presión probable, debido a que los valores de presión presentados son **Altos** y figuran un peligro para la estructura de pavimento.

A partir del ejercicio anterior se concluye que todos los materiales que componen el sector de estudio ***presentan un potencial expansión Alto y bajo***. Posterior al análisis de capacidad portante, se podrá concluir sobre la necesidad de un espesor de mejoramiento mayor o igual, al requerido para aumentar dicha capacidad del suelo. En el **Anexo 3**, se presenta la memoria de cálculo del Análisis de potencial de expansión.

8. ANÁLISIS RESULTADOS ENSAYO CBR

Con el fin de determinar la capacidad portante del suelo de subrasante o competencia mecánica de los materiales de fundación de la estructura del pavimento se realizaron (4) apiques.

Ensayo Penetrómetro Dinámico de Cono PDC

El Penetrómetro Dinámico de Cono (PDC) mide la penetración dinámica por golpes, a través del terreno natural o suelo fundación, levemente cementados. Este ensayo consiste en dejar caer la punta en forma de cono del equipo en el suelo, deslizar el martillo hasta dejarlo caer libremente, luego medir la profundidad en (mm) marcada en la regla, Los resultados de la prueba PDC se expresan en términos de índices de penetración de cono dinámico, definido como el desplazamiento vertical descendente del PDC producido por la fuerza que ejerce la caída del martillo deslizante (mm/golpe) y con los valores obtenidos se puede realizar la conversión a CBR. Existen varias fórmulas o correlaciones que nos permiten hallar el CBR de diseño, para lo cual utilizaremos la correlación proporcionada por la norma INV E-172-22 para todo tipo de suelos.

Para la correlación de los valores de CBR del presente informe, Se determinaron en base a los autores Livneh and ishai, 1967, harison, 1976 y research data. A continuación, se resumen los valores obtenidos:

CBR OBTENIDO POR MEDIO DE ENSAYO DE PDC	
PDC	**CBR**
APIQUE 3 / PDC 1	1.40
APIQUE 4 / PDC 2	1.57

Para el diseño de un pavimento rígido, la condición de la subrasante juega un papel fundamental para poder desarrollar un diseño óptimo, por tal motivo es necesario conocer su potencial expansivo y su capacidad portante la cual es expresada por medio de la resistencia al corte o rigidez bajo carga cíclica. Para este diseño se utiliza el ensayo desarrollado por Stanton y Porter en 1929 "CBR Californian Bearing Ratio". En Colombia este ensayo se realiza bajo los lineamientos que se especifican por INVIAS (INV. E-148-13), basado en AASHTO 193-72. En este ensayo el CBR se determina como parámetro mecánico y puede ser realizado in situ o en laboratorio. Cabe resaltar que, para caracterizar la subrasante en laboratorio, se debe realizar sobre muestras inalteradas, dicho de otra forma, no se puede cuantificar de manera directa este parámetro mecánico sobre suelos friccionantes o gruesos (gravas y arenas).

Cra. 15 No. 122 – 35 Oficina 702, Santa Bárbara. Tel: (601) 6560781 Bogotá D.C. Colombia
Email: consorcio.riosinu@concrearmadoltda.com

De los ***4 apiques*** realizados en campo, se obtuvo **2** *resultado de* ***CBR inalterado*** espacialmente a lo largo de la vía, estos se tomaron para el cálculo del CBR de diseño, así se logró valorar el comportamiento de la subrasante a la compresión en función del módulo resiliente.

A continuación, se resumen los valores obtenidos:

N° de Apique	TIPO DE CBR	CBR					
		Sin sumergir			Sumergido		
		CBR, 0.1" (%)	CBR, 0.2" (%)	HUMEDAD (%)	CBR, 0.1" (%)	CBR, 0.2" (%)	HUMEDAD (%)
CBR1	INALTERADO	5.22	4.61	16.17%	0.64	0.83	38.01%
CBR2	INALTERADO	3.36	3.13	23.30%	0.32	0.23	34.86%

Tabla 7. Resultados de CBR.
Fuente: Propia.

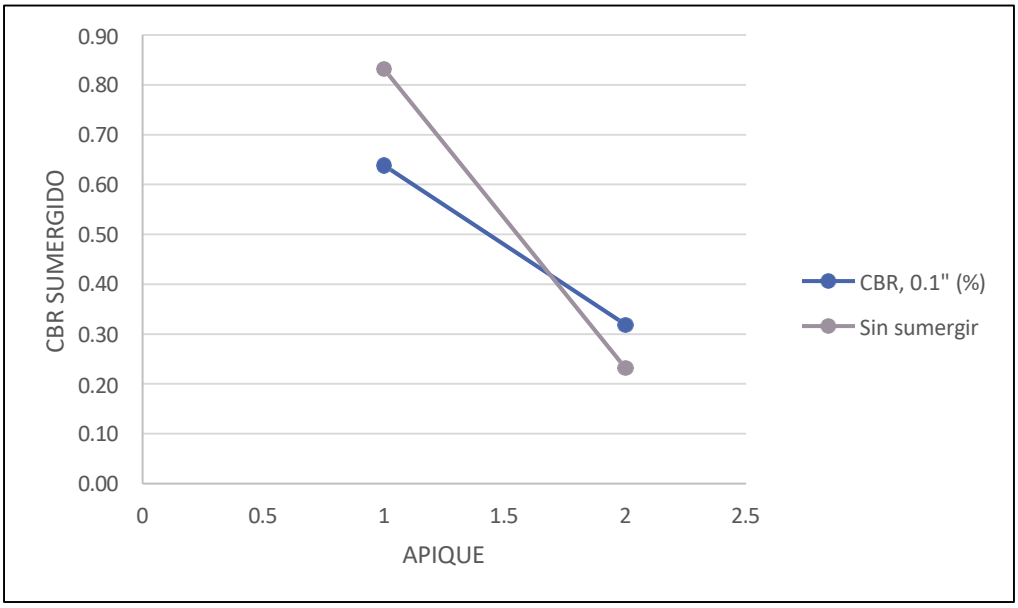


Figura 9. Resultados de CBR-Subrasante.
Fuente: Propia.

9.1 CBR de diseño

Con el fin de determinar la capacidad portante del suelo de subrasante se realizaron **4 apiques**, a los cuales se les pudo realizar la inmersión de 4 días **a 1 de CBR** para determinar el CBR de diseño.

La necesidad de utilizar el CBR sumergido obedece a que los niveles freáticos son superficiales en épocas de invierno, adicional a esto se busca contemplar el escenario más desfavorable al cual puede llegar a ser sometida la estructura. En la **tabla 8** se puede observar los resultados obtenidos por cada apique.

Nota: Se utiliza el CBR sumergido con el objetivo de contemplar el escenario más desfavorable al cual puede llegar a ser sometida la estructura, es decir, un nivel de saturación del suelo de subrasante.

El análisis del CBR de diseño se realizará aplicando la siguiente metodología para su selección: cuando se tengan menos de 5 resultados, se recomienda tomar el menor valor de resistencia, cuando se tengan 5 resultados o más, se pueden usar otros métodos por ejemplo por el criterio de la media o del Instituto de Asfalto. (Sánchez Sabogal Fernando, Modulo 6: Evaluación de la subrasante) o percentil 75. De acuerdo con lo anterior el CBR de diseño será igual al valor promedio por tramo analizado y obtenido siendo este el más crítico.

Localización general	Zona	Apique N°	Muestra	Profundidad (m)	CBR (%)	Descripción	CBR (%) Seleccionado
BARRIO LA COQUERA, MUNICIPIO DE MONTERIA, DEPARTAMENTO DE CORDOBA.	1	APIQUE 1	2	1.20 - 1.50	0.83	Limo de alta plasticidad (MH)	0.573
		APIQUE 2	2	1.20 - 1.50	0.32	Limo de alta plasticidad (MH)	
	2	APIQUE 3 / PDC 1	2	0.80 – 1.10	1.40	Arcilla arenosa de mediana plasticidad (CL)	1.485
		APIQUE 4 / PDC 2	2	0.50 – 1.00	1.57	Arena arcillosa con presencia de grava (SC)	

Tabla 8. Selección del CBR de diseño.
Fuente: Elaboración propia.

Este parámetro es de gran importancia a la hora de evaluar condiciones de mejoramiento o reemplazo de la subrasante, definir si son suelos granulares de los cuales nos interesa conocer la resistencia o si son suelos finos de los cuales nos interesa la estabilidad volumétrica. Adicional se puede evaluar la alternativa de la instalación de un geotextil, ya sea tejido o no tejido en función del CBR de diseño y la granulometría.

Generalmente los suelos de subrasante son suelos arcillosos o materiales finos con alta plasticidad, los cuales tienden a ser colapsables. Los resultados geotécnicos, permiten observar dentro del análisis granulométrico de las muestras estudiadas en función del porcentaje que pasa el tamiz No 200 que tipo de material es: suelos finos tipo arcillas de baja, mediana y excesiva plasticidad. Ver **tabla 9.**

Localización general	Apique N°	Muestra	Profundidad (m)	% Que Pasa Tamiz No 200 (%)	Tipo de Suelo
BARRIO LA COQUERA, MUNICIPIO DE MONTERIA, DEPARTAMENTO DE CORDOBA.	APIQUE 1	2	1.20 - 1.50	98.50%	Limo de alta plasticidad (MH)
	APIQUE 2	2	1.20 - 1.50	98.00%	Limo de alta plasticidad (MH)
	APIQUE 3	2	0.80 – 1.10	52.00%	Arcilla arenosa de mediana plasticidad (CL)
	APIQUE 4	2	0.50 – 1.00	34.00%	Arena arcillosa con presencia de grava (SC)

Tabla 9. Definición de la subrasante en función del % que pasa el tamiz No 200.
Fuente**:** Elaboración propia.

A continuación, se presenta una metodología para calcular el espesor de mejoramiento de la subrasante en función del CBR del suelo de reemplazo que permite encontrar un CBR equivalente.

9.2 Metodología de Ivanov para selección de espesor mínimo de mejoramiento

Esta metodología permite calcular el espesor del refuerzo de mejoramiento de la subrasante, es el planteado por Ivanov, el cual plantea una ecuación en función del espesor del material de mejoramiento y su módulo, el módulo de resiliencia de las condiciones actuales de la subrasante y el radio del área cargada.

Como se mencionó anteriormente es necesario realizar un mejoramiento en la subrasante ya que el suelo de soporte no cumple con el valor mínimo requerido para una subrasante de buenas condiciones. El material de mejoramiento a emplear debe cumplir con los requerimientos de la **tabla 10,** debe tener un valor de CBR mínimo de 3% para afirmados y subbase y además debe cumplir con las especificaciones del artículo **230-22** de la norma INVIAS.

CBR [%]	Clasificación general	Usos
0 – 3	Muy pobre	Subrasante
3 – 7	Pobre a regular	Subrasante
7 – 20	Regular	Afirmados y subbase
20 – 50	Bueno	Subbase y base
> 50	Excelente	Base

Tabla 10. Fuente: Tabla 8.12 Pavimentos (Materiales, Construcción y Diseño), Hugo Rondon y Freddy Reyes. Percentil para determinar el CBR de la subrasante.

Para determinar el módulo resiliente de la subrasante y del material de mejoramiento se utilizó la correlación con el valor de CBR cuya expresión es $Mr=2555*(CBR^{0.64})$ *0.0703, adicional a esto para obtener el CBR de diseño

equivalente se plantea el cálculo del modelo resiliente equivalente, mediante la formulación propuesta por IVANOV:

$$E_e = \frac{E_0}{1 - \frac{2}{\pi}\left(1 - \frac{1}{n^{3.5}}\right)\arctan\left(\frac{ns}{2a}\right)}$$

$$n = \sqrt[2.5]{\frac{E_1}{E_0}}$$

Figura 10. Ecuación 1.

Donde:

Ee: Modulo resiliente equivalente (kg/cm2)
E0: Modulo resiliente del material de la subrasante (kg/cm2)
E1: Modulo resiliente del material de mejoramiento (kg/cm2)
n: Modulo ponderado de las capas
s: Espesor del material de mejoramiento (cm)
a: Radio del área cargada (cm)
La **ecuación 1** permite encontrar una equivalencia del módulo de resiliencia y CBR de diseño, el cual según especificaciones y experiencia debe estar limitado a 3.0%, para lo cual se considera que el CBR del material de reemplazo equivale a 10%, de esta forma podemos conservar la relación a la compresión entre el módulo del material de reemplazo y el módulo equivalente. En la **tabla 11 Y tabla 12** se reporta el resultado de la modelación utilizando la teoría de Ivanov.

Cra. 15 No. 122 – 35 Oficina 702, Santa Bárbara. Tel: (601) 6560781 Bogotá D.C. Colombia
Email: consorcio.riosinu@concrearmadoltda.com

CBR de Subrasante (%):	0.57
CBR del mejoramiento (%):	15.00

$$E_{1-2} = \frac{E_2}{1 - \frac{2}{\pi}\left(1 - \frac{1}{n^{3.5}}\right)\tan^{-1}(n)\left(\frac{h_1}{2a}\right)}$$

$$n = \left(\frac{E_1}{E_2}\right)^{\frac{1}{2.5}}$$

CBR de SBR (%)	Esr (kg/cm2)	Ege (kg/cm²)	Hge (cm)	Eeq (kg/cm²)	CBR eq (%)	n	2a
0.57	125.8	1016.5	5.0	161.3	**0.85**	2.31	30.14
0.57	125.8	1016.5	10.0	207.4	**1.26**	2.31	30.14
0.57	125.8	1016.5	15.0	259.1	**1.78**	2.31	30.14
0.57	125.8	1016.5	20.0	312.7	**2.39**	2.31	30.14
0.57	125.8	1016.5	25.0	365.9	**3.06**	2.31	30.14
0.57	125.8	1016.5	30.0	417.7	**3.76**	2.31	30.14
0.57	125.8	1016.5	35.0	467.7	**4.49**	2.31	30.14
0.57	125.8	1016.5	40.0	515.8	**5.23**	2.31	30.14
0.57	125.8	1016.5	45.0	561.8	**5.98**	2.31	30.14
0.57	125.8	1016.5	50.0	605.8	**6.73**	2.31	30.14
0.57	125.8	1016.5	55.0	647.8	**7.47**	2.31	30.14
0.57	125.8	1016.5	60.0	688.0	**8.21**	2.31	30.14

Tabla 11. Resumen Capacidad de soporte equivalente metodología IVANOV (zona 1).

CBR de Subrasante (%):	1.49
CBR del mejoramiento (%):	15.00

$$E_{1-2} = \frac{E_2}{1 - \frac{2}{\pi}\left(1 - \frac{1}{n^{3.5}}\right)\tan^{-1}(n)\left(\frac{h_1}{2a}\right)}$$

$$n = \left(\frac{E_1}{E_2}\right)^{\frac{1}{2.5}}$$

CBR de SBR (%)	Esr (kg/cm2)	Ege (kg/cm²)	Hge (cm)	Eeq (kg/cm²)	CBR eq (%)	n	2a
1.49	231.4	1016.5	5.0	276.1	**1.97**	1.81	30.14
1.49	231.4	1016.5	10.0	330.8	**2.61**	1.81	30.14
1.49	231.4	1016.5	15.0	390.6	**3.39**	1.81	30.14
1.49	231.4	1016.5	20.0	451.3	**4.25**	1.81	30.14
1.49	231.4	1016.5	25.0	510.5	**5.15**	1.81	30.14
1.49	231.4	1016.5	30.0	566.8	**6.06**	1.81	30.14
1.49	231.4	1016.5	35.0	619.8	**6.97**	1.81	30.14
1.49	231.4	1016.5	40.0	669.3	**7.86**	1.81	30.14
1.49	231.4	1016.5	45.0	715.5	**8.73**	1.81	30.14
1.49	231.4	1016.5	50.0	758.5	**9.56**	1.81	30.14
1.49	231.4	1016.5	55.0	798.6	**10.36**	1.81	30.14
1.49	231.4	1016.5	60.0	836.0	**11.13**	1.81	30.14

Tabla 12. Resumen Capacidad de soporte equivalente metodología IVANOV (zona 2).

De lo anterior se infiere que el espesor del material que actuará como mejoramiento de la estructura de pavimento es de **40 cm** para la zona 1 que contemplan los apiques (1-2) y un mejoramiento de **25 cm** para la zona 2 que contempla los apiques (3-4). a lo largo de todo su trayecto, además de presentar un **CBR de 15%,** para garantizar un CBR de Diseño Equivalente de **5%.**

Por otra parte, al momento de evaluar el potencial de expansión se puede apreciar que la estructura compensa con las presiones ejercidas por el terreno.

Estructura para evitar Expansión			
Material	**Espesor (m)**	**ɣ (Ton/m³)**	**σ (Ton/m²)**
Losa Pavimento	0.20	2.40	0.480
Subbase Granular	0.15	2.00	0.300
Mejoramiento	0.40	2.00	0.800
Esfuerzo Total Estructura (Ton/m²)			**1.580**

Fuente: elaboración propia zona 1.

Estructura para evitar Expansión			
Material	**Espesor (m)**	**ɣ (Ton/m³)**	**σ (Ton/m²)**
Losa Pavimento	0.20	2.40	0.480
Subbase Granular	0.15	2.00	0.300
Mejoramiento	0.25	2.00	0.500
Esfuerzo Total Estructura (Ton/m²)			**1.280**

Fuente: elaboración propia zona 2.

Cra. 15 No. 122 – 35 Oficina 702, Santa Bárbara. Tel: (601) 6560781 Bogotá D.C. Colombia
Email: consorcio.riosinu@concrearmadoltda.com

9. ESTRUCTURA RECOMENDADA

Esta consultoría selecciona el mejoramiento con geotextil recomendado por la metodología de IVANOV que cumple con la condición de separación y adicional a eso cumple con la condición de refuerzo. Ver **Figura 11 y Figura 12.** A continuación se presenta una tabla resumen contemplando las diferentes unidades de diseño.

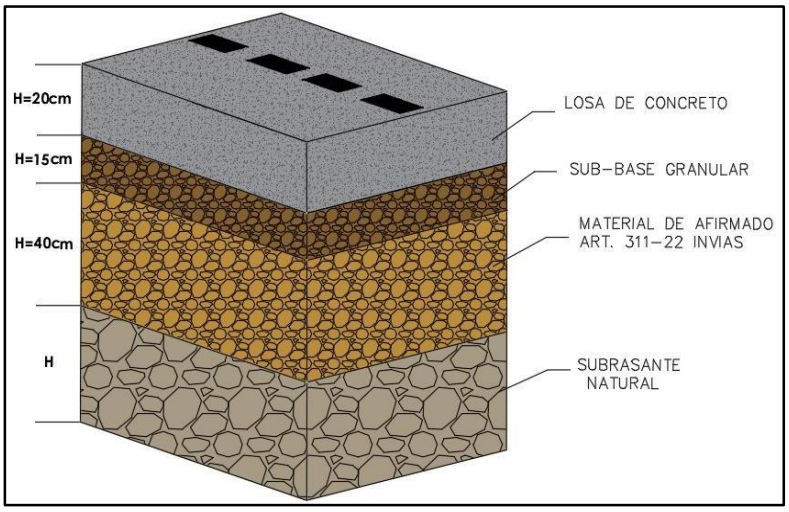


Figura 11. Modelo estructural seleccionado zona 1
Fuente: Elaboración propia.

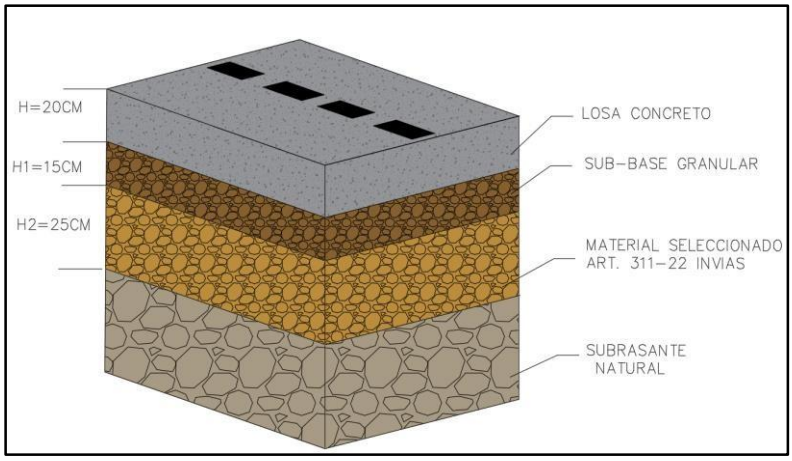


Figura 12. Modelo estructural seleccionado zona 2
Fuente: Elaboración propia.

Cra. 15 No. 122 – 35 Oficina 702, Santa Bárbara. Tel: (601) 6560781 Bogotá D.C. Colombia
Email: consorcio.riosinu@concrearmadoltda.com

10. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- Los tipos de suelos encontramos en todos los tramos fueron los siguientes:

  - ✓ Grava limosa con arena (GM).
  - ✓ Arena limosa con presencia de grava (SM).
  - ✓ Arena arcillosa con presencia de grava (SC).
  - ✓ Arcilla arenosa de mediana plasticidad con presencia de grava (CL).
  - ✓ Limo de alta plasticidad (MH).

- Durante la exploración en campo no se encontró el nivel freático en los apiques realizados.

- La humedad más alta registrada de todas las muestras obtenidas es del 31%. La mínima humedad registrada es de 7%.

- El grado de plasticidad muestra que los límites líquidos del estrato de "Arcilla" fue de 32%, para el estrato de "arena" es de 36%, para el trato de "limo" es de 66%. El límite plástico del estrato de "Arcilla" es de 23%, Para el estrato de "arena" es de 22%, para los estratos de "limo" varían entre 34% y 35%. De igual manera para el estrato de "Arcilla" el índice de plasticidad obtenido presenta un valor de 9% y para el estrato de "Arena" el índice de plasticidad obtenido presenta un valor de 14% y para el estrato de limo varía entre 31% y 32%.

- Se tiene que todas las muestras evaluadas del terreno natural presentan potencial expansivo alto y bajo.
- Se analizó el potencial de expansión de los CBR realizados en la zona de estudio y se obtuvo que el potencial de expansión más crítico es de **1.326 Ton/m2** en el apique 1**.** Estas expansiones críticas se contrarrestan con la estructura de pavimento recomendada en esta consultoría.

- El material de mejoramiento que se deberá utilizar consiste en un suelo seleccionado tipo afirmado (Art. 311-22 del INVIAS).

- La estructura de pavimento recomendada (losa de pavimento y sub-base), se muestran por fines esquematización de la estructura de mejoramiento,

dado que la presente consultoría no realizo el estudio de pavimento y dichos esperares pueden variar dependiendo del especialista encargado de dicho diseño (espesor de losa y sub-base).

- Se recomienda que durante la etapa constructiva se tenga en cuenta el manejo de las aguas. En caso de ser necesario utilizar motobombas para evacuar las aguas lluvias que eventualmente puedan caer en el sitio al momento de realizar las excavaciones, como también las aguas subterráneas presentes en la zona del proyecto. Para tal fin se debe realizar las excavaciones con una pequeña pendiente hacia algún punto donde se prevea la instalación de la bomba con el fin de facilitar la evacuación de aguas lluvias.

- Para mejorar la capacidad de la subrasante a un 5% del CBR y a la vez contrarrestar la posible expansión de los suelos encontrados en condiciones de saturación, se debe utilizar un material de mejoramiento mínimo de **40 cm** para la zona 1 y de **25 cm** para la zona 2, en toda la zona del proyecto.

- **Nota: Los espesores propuestos de losa de pavimento y sub-base granular se estipularon a nivel esquemático y no cuentan con un soporte de un estudio estructural de pavimento.**

- Se recomienda que durante la etapa constructiva no se exponga el suelo natural durante la excavación o movimientos de tierra requeridos por el diseño geométrico, en todos los casos se debe ajustar el diseño dependiente de la vía por encima del nivel actual de la misma.

- El diseño debe satisfacer las condiciones hidráulicas para asegurar el buen funcionamiento del proyecto.

11. LIMITACIONES

Este informe y las recomendaciones que aquí se consignan se realizan con base en los apiques realizados en campo y con las muestras obtenidas y llevadas a laboratorio, a las cuales se les practicaron los ensayos respectivos anteriormente descritos.

Si por cualquier motivo durante los trabajos de diseño y/o construcción surgen variaciones y se observan condiciones diferentes del suelo de subrasante, se solicita que se comuniquen con el consultor con el fin de realizar los ajustes que sean del caso.



RONALDO ANDRES CHAMORRO SOÑETT
ELABORO.
Ingeniero Civil
Celular: 300 219 21 26



JESÚS DAVID PIZARRO FERNANDEZ
REVISO.
Coordinador de Consultoría INGELABCON S.A.S.
Ingeniero Civil – Especialista en vías.
Celular: 314 631 74 10

ANEXOS

- **Anexo 1. Ensayos Estratigráficos y Ensayos de laboratorio de caracterización.**
- **Anexo 2. Resultados de ensayo CBR.**
- **Anexo 3. Expansividad-Presión Probable.**
- **Anexo 4. Tabla de Ivanov**
- **Anexo 5. Resultado Ensayo PDC.**

Cra. 15 No. 122 – 35 Oficina 702, Santa Bárbara. Tel: (601) 6560781 Bogotá D.C. Colombia
Email: consorcio.riosinu@concrearmadoltda.com

15816

CODIGO: EL-F-S002-1	PERFIL DE EXPLORACIÓN DE MUESTRAS IN SITU- INV E – 148 – 13	CONSORCIO PUENTE RÍO SINÚ
FECHA: 6-12-2022		
VERSION: 02		
PAGINA 1 DE 3		

						CONVENCIONES		
Cliente:	CONSORCIO PUENTE RIO SINÚ					**ENSAYOS CONVENCIONALES**	**SIMBOLO MATERIAL DE ESTRATOS**	
Proyecto:	CONSTRUCCIÓN DEL TERCER PUENTE SOBRE EL RIO SINU EN EL MUNICIPIO DE MONTERÍA, DEPARTAMENTO DE CÓRDOBA					**HN** Humedad natural		***ARCILLAS***
Ubicación:	BARRIO LA COQUERA DEL MUNICIPIO DE MONTERIA - CÓRDOBA					**%P. #4** Pasa tamiz # 4		***LIMOS***
N° orden:	378-24					**%P. #200** Pasa tamiz # 200		***GRAVAS***
APIQUE 1	**Coordenada Norte:**	8°45'0.30"	**Fecha inicio**	3/08/2024		**LL** Limite Liquido		***ARENAS***
	Coordenada Este:	75°53'50.70"	**Fecha fin**	3/08/2024		**IP** Indice de Plasticidad		***OTROS MATERIALES***

Profundidad [m]	Simbolo Geologia	Nivel Freatico	Descripción Material Campo	Muestra [#]	Tipo de Muestra	Clasificación SUCS		Clasificación AASHTO	ENSAYO REALIZADO					
									HN	%P. #4	%P. #200	LL	IP	MO
0.65			MATERIAL TIPO RELLENO DE COLOR ROJIZO CON UN ESPESOR DE 0.00m - 0.65m	1	SUELTA	GM	GRAVA LIMOSA CON ARENA	A-1-a (0)	11%	55.07	14.64	NL	NP	
1.50			MATERIAL COHESIVO DE COLOR MARRÓN OSCURO CON UN ESPESOR DE 1.20m - 1.50m	2	CBR	MH	LIMO DE ALTA PLASTICIDAD	A-7-5 (20)	13%	100.00	98.48	66%	31%	

Resúmen Nivel Freático:

En la exploración realizada NO se encontro nivel freático a una profundidad de 1.50m

Observaciones:

INGELABCON S.A.S.
NIT: 901124473-8

LABORATORISTA JEFE

COORDINADOR ENSAYOS DE LABORATORIO

15817

CODIGO: EL-F-S002-1	FORMATO	
FECHA : 13/07/2021		
VERSION : 01	CLASIFICACIÓN DE MUESTRAS	
página 2 de 3		

PROYECTO:	CONSTRUCCIÓN DEL TERCER PUENTE SOBRE EL RIO SINU EN EL MUNICIPIO DE MONTERÍA, DEPARTAMENTO DE CÓRDOBA	**APIQUE N°**	**1**
UBICACIÓN:	BARRIO LA COQUERA DEL MUNICIPIO DE MONTERIA - CÓRDOBA		
CLIENTE:	CONSORCIO PUENTE RIO SINÚ	**MUESTRA**	**1**
FECHA:	3 de agosto de 2024	PROF. (m)	0.00 - 0.65

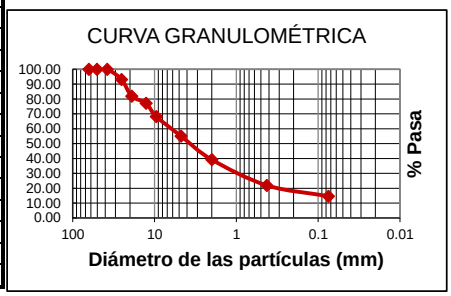
	LIMITE LIQUIDO	LIMITE PLÁSTICO	HUMEDAD NATURAL	
N° Golpes				
Recipiente N°			ILC45	
Peso recip. + suelo humedo (gr)			353.40	
Peso recip. + suelo seco (gr)	**NL**	**NP**	322.00	
Peso del agua (gr)			31.40	
Peso del recipiente (gr)			44.70	
Peso del suelo seco (gr)			277.30	
Contenido de Humedad=			11.32%	
ESTIMACION O PROMEDIO=	**NL**	**NP**	**11%**	

GRANULOMETRÍA

Peso Seco Neto Inicial (grs) :	**277.30**
Peso Seco Neto Final (gr):	**236.70**
Peso Pasa 200 por lavado (gr):	**40.60**

Tamiz	Tamaño (mm)	Peso Ret. (gr)	Peso Ret. corregido (gr)	Retenido (%)	Ret. Acum. (%)	Pasa (%)
2 1/2"	63.5	0.00	0.0	0.00	0.00	100.00
2"	50.8	0.00	0.0	0.00	0.00	100.00
1 1/2"	38.1	0.00	0.0	0.00	0.00	100.00
1"	25.4	18.90	18.9	6.82	6.82	93.18
3/4"	19.05	31.10	31.1	11.22	18.03	81.97
(1/2)"	12.7	13.50	13.5	4.87	22.90	77.10
(3/8)"	9.52	24.60	24.6	8.87	31.77	68.23
N°4	4.75	36.50	36.5	13.16	44.93	55.07
N°10	2.00	43.90	43.9	15.83	60.76	39.24
N°40	0.43	48.00	48.0	17.31	78.07	21.93
N ° 200	0.08	20.20	20.2	7.28	85.36	14.64
Fondo	0.00	0.00	40.6	14.64	100.00	0.00
Total		236.70	277.30			





PASA #4	55.07	**LL**	NL
PASA #10	39.24	**LP**	NP
PASA #200	14.64	**IP**	NP

CLASIFICACIONES		
SUCS	GM	GRAVA LIMOSA CON ARENA
AASTHO	A-1-a (0)	

OBSERVACIONES:

JEYSON JAVIER ATENCIA AGAMEZ
LABORATORISTA JEFE

ING. CAMILO HERNESTO HOYOS ALVAREZ
COORDINADOR DE ENSAYOS DE LABORATORIO

Los informes presentados por la organización son realizados con base en las muestras entregadas al laboratorio –INGELABCON S.A.S., los cuales no podrán ser editados, reproducidos o usados en cualquier tipo de campaña de información técnica sin autorización escrita de gerencia.

INGELABCON S.A.S
NIT. 901.124.673-8
Oficina: Cra 9ª #34-35 Barrio Ospina Pérez – Montería –Córdoba
Cel: 3146317410 – Email: ingelabcon@gmail.com

15818

CODIGO: EL-F-S002-1	FORMATO	
FECHA : 13/07/2021		
VERSION : 01	CLASIFICACIÓN DE MUESTRAS	
página 3 de 3		

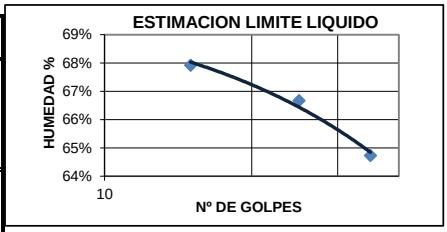
PROYECTO:	CONSTRUCCIÓN DEL TERCER PUENTE SOBRE EL RIO SINU EN EL MUNICIPIO DE MONTERÍA, DEPARTAMENTO DE CÓRDOBA	**APIQUE N°**	**1**
UBICACIÓN:	BARRIO LA COQUERA DEL MUNICIPIO DE MONTERIA - CÓRDOBA		
CLIENTE:	CONSORCIO PUENTE RIO SINÚ	**MUESTRA**	**2**
FECHA:	3 de agosto de 2024	PROF. (m)	1.20 - 1.50

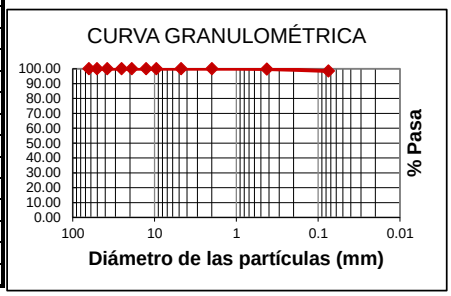
	LIMITE LIQUIDO			LIMITE PLASTICO			HUMEDAD NATURAL	
N° Golpes	35	25	15					
Recipiente N°	L1	I40	C17	C55	P22		ILC23	
Peso recip. + suelo humedo (gr)	23.43	26.07	21.2	15.63	12.21		350.20	
Peso recip. + suelo seco (gr)	20.31	21.53	17.03	13.91	10.62		314.30	
Peso del agua (gr)	3.12	4.54	4.17	1.72	1.59		35.90	
Peso del recipiente (gr)	15.49	14.72	10.89	9.01	6.04		44.70	
Peso del suelo seco (gr)	4.82	6.81	6.14	4.9	4.58		269.60	
Contenido de Humedad=	64.73%	66.67%	67.92%	35.10%	34.72%		13.32%	
ESTIMACION O PROMEDIO=	**66%**			**35%**			**13%**	

GRANULOMETRÍA

Peso Seco Neto Inicial (grs) :	**269.60**
Peso Seco Neto Final (gr):	**1.50**
Peso Pasa 200 por lavado (gr):	268.10

Tamiz	Tamaño (mm)	Peso Ret. (gr)	Peso Ret. corregido (gr)	Retenido (%)	Ret. Acum. (%)	Pasa (%)
2 1/2"	63.5	0.00	0.0	0.00	0.00	100.00
2"	50.8	0.00	0.0	0.00	0.00	100.00
1 1/2"	38.1	0.00	0.0	0.00	0.00	100.00
1"	25.4	0.00	0.0	0.00	0.00	100.00
3/4"	19.05	0.00	0.0	0.00	0.00	100.00
(1/2)"	12.7	0.00	0.0	0.00	0.00	100.00
(3/8)"	9.52	0.00	0.0	0.00	0.00	100.00
N°4	4.75	0.00	0.0	0.00	0.00	100.00
N°10	2.00	0.00	0.0	0.00	0.00	100.00
N°40	0.43	0.20	0.2	0.20	0.20	99.80
N ° 200	0.08	1.30	1.3	1.31	1.52	98.48
Fondo	0.00	0.00	0.0	0.00	1.52	98.48
Total		1.50	1.5			





PASA #4	100.00	**LL**	66%
PASA #10	100.00	**LP**	35%
PASA #200	98.48	**IP**	31%

CLASIFICACIONES		
SUCS	MH	LIMO DE ALTA PLASTICIDAD
AASTHO	A-7-5 (20)	

OBSERVACIONES

JEYSON JAVIER ATENCIA AGAMEZ
LABORATORISTA JEFE

ING. CAMILO HERNESTO HOYOS ALVAREZ
COORDINADOR DE ENSAYOS DE LABORATORIO

Los informes presentados por la organización son realizados con base en las muestras entregadas al laboratorio –INGELABCON S.A.S., los cuales no podrán ser editados, reproducidos o usados en cualquier tipo de campaña de información técnica sin autorización escrita de gerencia.

INGELABCON S.A.S
NIT. 901.124.673-8
Oficina: Cra 9ª #34-35 Barrio Ospina Pérez – Montería –Córdoba
Cel: 3146317410 – Email: ingelabcon@gmail.com

15819

CODIGO: EL-F-S002-1	PERFIL DE EXPLORACIÓN DE MUESTRAS IN SITU- INV E – 148 – 13	CONSORCIO PUENTE RÍO SINÚ
FECHA: 6-12-2022		
VERSION: 02		
PAGINA 1 DE 3		

													CONVENCIONES					
Cliente:			CONSORCIO PUENTE RIO SINÚ										**ENSAYOS CONVENCIONALES**			**SIMBOLO MATERIAL DE ESTRATOS**		
Proyecto:			CONSTRUCCIÓN DEL TERCER PUENTE SOBRE EL RIO SINU EN EL MUNICIPIO DE MONTERÍA, DEPARTAMENTO DE CÓRDOBA										**HN**	Humedad natural			***ARCILLAS***	
Ubicación:			BARRIO LA COQUERA DEL MUNICIPIO DE MONTERIA - CÓRDOBA										**%P. #4**	Pasa tamiz # 4			***LIMOS***	
N° orden:			378-24										**%P. #200**	Pasa tamiz # 200			***GRAVAS***	
APIQUE		**2**	**Coordenada Norte:**		8°44'58.30"		**Fecha inicio**		3/08/2024				**LL**	Limite Liquido			***ARENAS***	
			Coordenada Este:		75°53'47.50"		**Fecha fin**		3/08/2024				**IP**	Indice de Plasticidad			***OTROS MATERIALES***	

Profundidad [m]	**Simbolo Geologia**	**Nivel Freatico**	**Descripción Material Campo**	**Muestra [#]**	**Tipo de Muestra**	**Clasificación SUCS**		**Clasificación AASHTO**	**ENSAYO REALIZADO**					
									HN	**%P. #4**	**%P. #200**	**LL**	**IP**	**MO**
0.1			SUELO NATURAL DE COLOR MARRÓN OSCURO CON ESPESOR DE 0.00m - 0.10m	**1**	SUELTA	**SM**	ARENA LIMOSA CON PRESENCIA DE GRAVA	A-2-4 (0)	7%	78.19	34.32	NL	NP	
1.50			MATERIAL COHESIVO DE COLOR MARRÓN OSCURO CON UN ESPESOR DE 1.20m - 1.50m	**2**	CBR	**MH**	LIMO DE ALTA PLASTICIDAD	A-7-5 (20)	31%	100.00	98.27	66%	32%	

Resúmen Nivel Freático:

En la exploración realizada NO se encontro nivel freático a una profundidad de 1.50m

Observaciones:

- Cambio de estrato a 0.45 m

INGELABCON S.A.S.

LABORATORISTA JEFE

COORDINADOR ENSAYOS DE LABORATORIO

15820

CODIGO: EL-F-S002-1	FORMATO	CONSORCIO PUENTE RÍO SINÚ
FECHA : 13/07/2021		
VERSION : 01	CLASIFICACIÓN DE MUESTRAS	
página 2 de 3		

PROYECTO:	CONSTRUCCIÓN DEL TERCER PUENTE SOBRE EL RIO SINU EN EL MUNICIPIO DE MONTERÍA, DEPARTAMENTO DE CÓRDOBA	APIQUE N°	2
UBICACIÓN:	BARRIO LA COQUERA DEL MUNICIPIO DE MONTERIA - CÓRDOBA		
CLIENTE:	CONSORCIO PUENTE RIO SINÚ	MUESTRA	1
FECHA:	3 de agosto de 2024	PROF. (m)	0.00 - 0.10

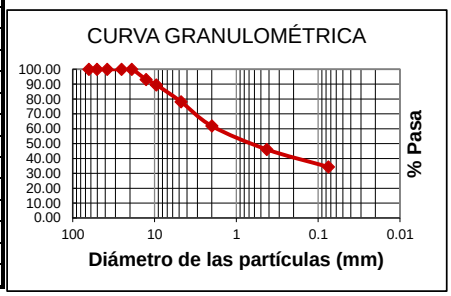
	LIMITE LIQUIDO	LIMITE PLÁSTICO	HUMEDAD NATURAL	
N° Golpes	NL	NP		
Recipiente N°			ILC49	
Peso recip. + suelo humedo (gr)			345.60	
Peso recip. + suelo seco (gr)			325.20	
Peso del agua (gr)			20.40	
Peso del recipiente (gr)			42.30	
Peso del suelo seco (gr)			282.90	
Contenido de Humedad=			7.21%	
ESTIMACION O PROMEDIO=	NL	NP	7%	

GRANULOMETRÍA

Peso Seco Neto Inicial (grs) :	**282.90**
Peso Seco Neto Final (gr):	**185.80**
Peso Pasa 200 por lavado (gr):	**97.10**

Tamiz	Tamaño (mm)	Peso Ret. (gr)	Peso Ret. corregido (gr)	Retenido (%)	Ret. Acum. (%)	Pasa (%)
2 1/2"	63.5	0.00	0.0	0.00	0.00	100.00
2"	50.8	0.00	0.0	0.00	0.00	100.00
1 1/2"	38.1	0.00	0.0	0.00	0.00	100.00
1"	25.4	0.00	0.0	0.00	0.00	100.00
3/4"	19.05	0.00	0.0	0.00	0.00	100.00
(1/2)"	12.7	19.40	19.4	6.86	6.86	93.14
(3/8)"	9.52	10.20	10.2	3.61	10.46	89.54
N°4	4.75	32.10	32.1	11.35	21.81	78.19
N°10	2.00	46.20	46.2	16.33	38.14	61.86
N°40	0.43	44.60	44.6	15.77	53.91	46.09
N ° 200	0.08	33.30	33.3	11.77	65.68	34.32
Fondo	0.00	0.00	97.1	34.32	100.00	0.00
Total		185.80	282.90			





PASA #4	78.19	**LL**	NL
PASA #10	61.86	**LP**	NP
PASA #200	34.32	**IP**	NP

CLASIFICACIONES		
SUCS	SM	ARENA LIMOSA CON PRESENCIA DE GRAVA
AASTHO	A-2-4 (0)	

OBSERVACIONES:

JEYSON JAVIER ATENCIA AGAMEZ
LABORATORISTA JEFE

ING. CAMILO HERNESTO HOYOS ALVAREZ
COORDINADOR DE ENSAYOS DE LABORATORIO

Los informes presentados por la organización son realizados con base en las muestras entregadas al laboratorio –INGELABCON S.A.S., los cuales no podrán ser editados, reproducidos o usados en cualquier tipo de campaña de información técnica sin autorización escrita de gerencia.

INGELABCON S.A.S
NIT. 901.124.673-8
Oficina: Cra 9ª #34-35 Barrio Ospina Pérez – Montería –Córdoba
Cel: 3146317410 – Email: ingelabcon@gmail.com

15821

CODIGO: EL-F-S002-1	FORMATO	
FECHA : 13/07/2021		
VERSION : 01	CLASIFICACIÓN DE MUESTRAS	
página 3 de 3		

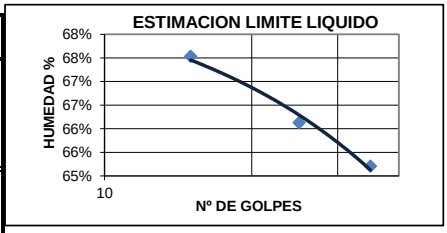
PROYECTO:	CONSTRUCCIÓN DEL TERCER PUENTE SOBRE EL RIO SINU EN EL MUNICIPIO DE MONTERÍA, DEPARTAMENTO DE CÓRDOBA	**APIQUE N°**	**2**
UBICACIÓN:	BARRIO LA COQUERA DEL MUNICIPIO DE MONTERIA - CÓRDOBA		
CLIENTE:	CONSORCIO PUENTE RIO SINÚ	**MUESTRA**	**2**
FECHA:	3 de agosto de 2024	PROF. (m)	1.20 - 1.50

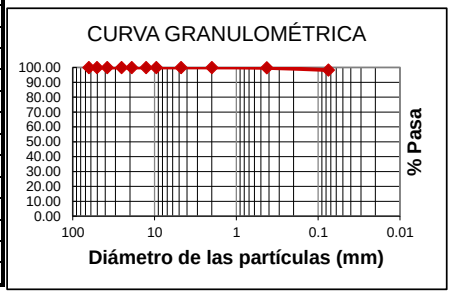
	LIMITE LIQUIDO			LIMITE PLASTICO			HUMEDAD NATURAL	
N° Golpes	35	25	15					
Recipiente N°	ILC45	ILC3	ILC5	ILC9	ILC12		ILC18C	
Peso recip. + suelo humedo (gr)	23.38	26.04	21.1	15.6	12.21		209.90	
Peso recip. + suelo seco (gr)	20.25	21.53	16.96	13.93	10.665		169.70	
Peso del agua (gr)	3.13	4.51	4.14	1.67	1.545		40.20	
Peso del recipiente (gr)	15.45	14.71	10.83	9.01	6.04		41.80	
Peso del suelo seco (gr)	4.8	6.82	6.13	4.92	4.625		127.90	
Contenido de Humedad=	65.21%	66.13%	67.54%	33.94%	33.41%		31.43%	
ESTIMACION O PROMEDIO=		**66%**			**34%**		**31%**	

GRANULOMETRÍA

Peso Seco Neto Inicial (grs) :	**127.90**
Peso Seco Neto Final (gr):	**1.71**
Peso Pasa 200 por lavado (gr):	126.19

Tamiz	Tamaño (mm)	Peso Ret. (gr)	Peso Ret. corregido (gr)	Retenido (%)	Ret. Acum. (%)	Pasa (%)
2 1/2"	63.5	0.00	0.0	0.00	0.00	100.00
2"	50.8	0.00	0.0	0.00	0.00	100.00
1 1/2"	38.1	0.00	0.0	0.00	0.00	100.00
1"	25.4	0.00	0.0	0.00	0.00	100.00
3/4"	19.05	0.00	0.0	0.00	0.00	100.00
(1/2)"	12.7	0.00	0.0	0.00	0.00	100.00
(3/8)"	9.52	0.00	0.0	0.00	0.00	100.00
N°4	4.75	0.00	0.0	0.00	0.00	100.00
N°10	2.00	0.00	0.0	0.00	0.00	100.00
N°40	0.43	0.26	0.3	0.26	0.26	99.74
N ° 200	0.08	1.45	1.5	1.46	1.73	98.27
Fondo	0.00	0.00	0.0	0.00	1.73	98.27
Total		1.71	1.7			





PASA #4	100.00	**LL**	66%
PASA #10	100.00	**LP**	34%
PASA #200	98.27	**IP**	32%

CLASIFICACIONES		
SUCS	MH	LIMO DE ALTA PLASTICIDAD
AASTHO	A-7-5 (20)	

OBSERVACIONES

JEYSON JAVIER ATENCIA AGAMEZ
LABORATORISTA JEFE

ING. CAMILO HERNESTO HOYOS ALVAREZ
COORDINADOR DE ENSAYOS DE LABORATORIO

Los informes presentados por la organización son realizados con base en las muestras entregadas al laboratorio –INGELABCON S.A.S., los cuales no podrán ser editados, reproducidos o usados en cualquier tipo de campaña de información técnica sin autorización escrita de gerencia.

INGELABCON S.A.S
NIT. 901.124.673-8
Oficina: Cra 9ª #34-35 Barrio Ospina Pérez – Montería –Córdoba
Cel: 3146317410 – Email: ingelabcon@gmail.com

15822

CODIGO: EL-F-S002-1	PERFIL DE EXPLORACIÓN DE MUESTRAS IN SITU- INV E – 148 – 13	CONSORCIO PUENTE RÍO SINÚ
FECHA: 6-12-2022		
VERSION: 02		
PAGINA 1 DE 3		

							CONVENCIONES		
Cliente:	CONSORCIO PUENTE RIO SINÚ						**ENSAYOS CONVENCIONALES**		**SIMBOLO MATERIAL DE ESTRATOS**
Proyecto:	CONSTRUCCIÓN DEL TERCER PUENTE SOBRE EL RIO SINU EN EL MUNICIPIO DE MONTERÍA, DEPARTAMENTO DE CÓRDOBA						**HN**	Humedad natural	***ARCILLAS***
Ubicación:	BARRIO LA COQUERA DEL MUNICIPIO DE MONTERIA - CÓRDOBA						**%P. #4**	Pasa tamiz # 4	***LIMOS***
N° orden:	378-24						**%P. #200**	Pasa tamiz # 200	***GRAVAS***
APIQUE	**3**	**Coordenada Norte:**	8°44'48.30"	**Fecha inicio**	3/08/2024		**LL**	Limite Liquido	***ARENAS***
		Coordenada Este:	75°53'44.20"	**Fecha fin**	3/08/2024		**IP**	Indice de Plasticidad	***OTROS MATERIALES***

Profundidad [m]	Simbolo Geologia	Nivel Freatico	Descripción Material Campo	Muestra [#]	Tipo de Muestra	Clasificación SUCS		Clasificación AASHTO	ENSAYO REALIZADO					
									HN	%P. #4	%P. #200	LL	IP	MO
0.8			MATERIAL TIPO RELLENO DE COLOR MARRON CLARO CON UN ESPESOR DE 0.00m - 0.80m	1	SUELTA	SM	ARENA LIMOSA CON PRESENCIA DE GRAVA	A-4 (0)	11%	70.08	47.57	NL	NP	
1.1			MATERIAL COHESIVO DE COLOR MARRÓN CLARO CON UN ESPESOR DE 0.80m - 1.10m	2	SUELTA	CL	ARCILLA ARENOSA DE MEDIANA PLASTICIDAD CON GRAVA	A-4 (2)	19%	64.88	52.08	32%	9%	

Resúmen Nivel Freático:

En la exploración realizada NO se encontro nivel freático a una profundidad de 1.50m

Observaciones:

- Cambio de estrato a 0.45 m

INGELABCON S.A.S.
NIT. 901134473-8

LABORATORISTA JEFE

COORDINADOR ENSAYOS DE LABORATORIO

15823

CODIGO: EL-F-S002-1	FORMATO	
FECHA : 13/07/2021		
VERSION : 01	CLASIFICACIÓN DE MUESTRAS	
página 2 de 3		

PROYECTO:	CONSTRUCCIÓN DEL TERCER PUENTE SOBRE EL RIO SINU EN EL MUNICIPIO DE MONTERÍA, DEPARTAMENTO DE CÓRDOBA	**APIQUE N°**	**3**
UBICACIÓN:	BARRIO LA COQUERA DEL MUNICIPIO DE MONTERIA - CÓRDOBA		
CLIENTE:	CONSORCIO PUENTE RIO SINÚ	**MUESTRA**	**1**
FECHA:	3 de agosto de 2024	PROF. (m)	0.00 - 0.45

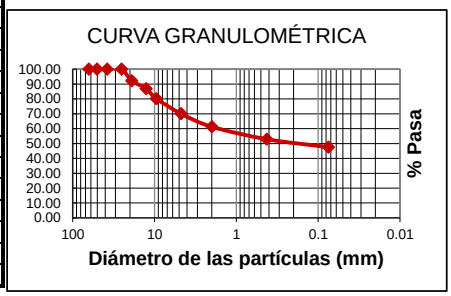
	LIMITE LIQUIDO	LIMITE PLÁSTICO	HUMEDAD NATURAL	
N° Golpes				
Recipiente N°			ILC45	
Peso recip. + suelo humedo (gr)			380.97	
Peso recip. + suelo seco (gr)	**NL**	**NP**	347.60	
Peso del agua (gr)			33.37	
Peso del recipiente (gr)			51.80	
Peso del suelo seco (gr)			295.80	
Contenido de Humedad=			11.28%	
ESTIMACION O PROMEDIO=	**NL**	**NP**	**11%**	

GRANULOMETRÍA

Peso Seco Neto Inicial (grs) :	**295.80**
Peso Seco Neto Final (gr):	**155.10**
Peso Pasa 200 por lavado (gr):	**140.70**

Tamiz	Tamaño (mm)	Peso Ret. (gr)	Peso Ret. corregido (gr)	Retenido (%)	Ret. Acum. (%)	Pasa (%)
2 1/2"	63.5	0.00	0.0	0.00	0.00	100.00
2"	50.8	0.00	0.0	0.00	0.00	100.00
1 1/2"	38.1	0.00	0.0	0.00	0.00	100.00
1"	25.4	0.00	0.0	0.00	0.00	100.00
3/4"	19.05	22.90	22.9	7.74	7.74	92.26
(1/2)"	12.7	15.80	15.8	5.34	13.08	86.92
(3/8)"	9.52	19.80	19.8	6.69	19.78	80.22
N°4	4.75	30.00	30.0	10.14	29.92	70.08
N°10	2.00	26.00	26.0	8.79	38.71	61.29
N°40	0.43	24.80	24.8	8.38	47.09	52.91
N ° 200	0.08	15.80	15.8	5.34	52.43	47.57
Fondo	0.00	0.00	140.7	47.57	100.00	0.00
Total		155.10	295.80			





PASA #4	70.08	**LL**	NL
PASA #10	61.29	**LP**	NP
PASA #200	47.57	**IP**	NP

CLASIFICACIONES		
SUCS	SM	ARENA LIMOSA CON PRESENCIA DE GRAVA
AASTHO	A-4 (0)	

OBSERVACIONES:

JEYSON JAVIER ATENCIA AGAMEZ
LABORATORISTA JEFE

ING. CAMILO HERNESTO HOYOS ALVAREZ
COORDINADOR DE ENSAYOS DE LABORATORIO

Los informes presentados por la organización son realizados con base en las muestras entregadas al laboratorio –INGELABCON S.A.S., los cuales no podrán ser editados, reproducidos o usados en cualquier tipo de campaña de información técnica sin autorización escrita de gerencia.

INGELABCON S.A.S
NIT. 901.124.673-8
Oficina: Cra 9ª #34-35 Barrio Ospina Pérez – Montería –Córdoba
Cel: 3146317410 – Email: ingelabcon@gmail.com

15824

CODIGO: EL-F-S002-1	FORMATO	CONSORCIO PUENTE RÍO SINÚ
FECHA : 13/07/2021		
VERSION : 01	CLASIFICACIÓN DE MUESTRAS	
página 3 de 3		

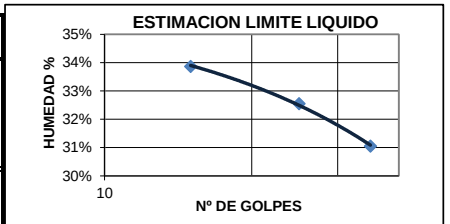
PROYECTO:	CONSTRUCCIÓN DEL TERCER PUENTE SOBRE EL RIO SINU EN EL MUNICIPIO DE MONTERÍA, DEPARTAMENTO DE CÓRDOBA	APIQUE N°	3
UBICACIÓN:	BARRIO LA COQUERA DEL MUNICIPIO DE MONTERIA - CÓRDOBA		
CLIENTE:	CONSORCIO PUENTE RIO SINÚ	MUESTRA	2
FECHA:	3 de agosto de 2024	PROF. (m)	1.20 - 1.50

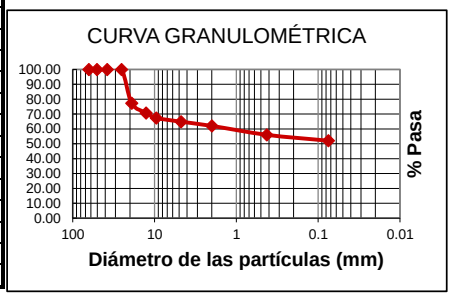
	LIMITE LIQUIDO			LIMITE PLASTICO			HUMEDAD NATURAL	
N° Golpes	35	25	15					
Recipiente N°	I111	I10	ILC97	P33	ILC10		ILC18C	
Peso recip. + suelo humedo (gr)	23.74	26.4	21.99	12.94	15.39		209.90	
Peso recip. + suelo seco (gr)	21.42	23.61	19.26	11.71	14.15		183.30	
Peso del agua (gr)	2.32	2.79	2.73	1.23	1.24		26.60	
Peso del recipiente (gr)	13.95	15.04	11.2	6.39	8.84		41.80	
Peso del suelo seco (gr)	7.47	8.57	8.06	5.32	5.31		141.50	
Contenido de Humedad=	31.06%	32.56%	33.87%	23.12%	23.35%		18.80%	
ESTIMACION O PROMEDIO=		**32%**			**23%**		**19%**	

GRANULOMETRÍA

Peso Seco Neto Inicial (grs) :	**141.50**
Peso Seco Neto Final (gr):	**67.80**
Peso Pasa 200 por lavado (gr):	73.70

Tamiz	Tamaño (mm)	Peso Ret. (gr)	Peso Ret. corregido (gr)	Retenido (%)	Ret. Acum. (%)	Pasa (%)
2 1/2"	63.5	0.00	0.0	0.00	0.00	100.00
2"	50.8	0.00	0.0	0.00	0.00	100.00
1 1/2"	38.1	0.00	0.0	0.00	0.00	100.00
1"	25.4	0.00	0.0	0.00	0.00	100.00
3/4"	19.05	32.10	32.1	22.69	22.69	77.31
(1/2)"	12.7	9.20	9.2	6.50	29.19	70.81
(3/8)"	9.52	4.80	4.8	3.39	32.58	67.42
N°4	4.75	3.60	3.6	2.54	35.12	64.88
N°10	2.00	4.00	4.0	2.83	37.95	62.05
N°40	0.43	8.50	8.5	6.01	43.96	56.04
N ° 200	0.08	5.60	5.6	3.96	47.92	52.08
Fondo	0.00	0.00	73.7	52.08	100.00	0.00
Total		67.80	141.50			





PASA #4	64.88	**LL**	32%
PASA #10	62.05	**LP**	23%
PASA #200	52.08	**IP**	9%

CLASIFICACIONES		
SUCS	CL	ARCILLA ARENOSA DE MEDIANA PLASTICIDAD CON GRAVA
AASTHO	A-4 (2)	

OBSERVACIONES

INGELABCON S.A.S. NIT. 901124673-8

JEYSON JAVIER ATENCIA AGAMEZ
LABORATORISTA JEFE

ING. CAMILO HERNESTO HOYOS ALVAREZ
COORDINADOR DE ENSAYOS DE LABORATORIO

Los informes presentados por la organización son realizados con base en las muestras entregadas al laboratorio –INGELABCON S.A.S., los cuales no podrán ser editados, reproducidos o usados en cualquier tipo de campaña de información técnica sin autorización escrita de gerencia.

INGELABCON S.A.S
NIT. 901.124.673-8
Oficina: Cra 9ª #34-35 Barrio Ospina Pérez – Montería –Córdoba
Cel: 3146317410 – Email: ingelabcon@gmail.com

15825

CODIGO: EL-F-S002-1	PERFIL DE EXPLORACIÓN DE MUESTRAS IN SITU- INV E – 148 – 13	CONSORCIO PUENTE RÍO SINÚ
FECHA: 6-12-2022		
VERSION: 02		
PAGINA 1 DE 3		

						CONVENCIONES		
Cliente:	CONSORCIO PUENTE RIO SINÚ					**ENSAYOS CONVENCIONALES**		**SIMBOLO MATERIAL DE ESTRATOS**
Proyecto:	CONSTRUCCIÓN DEL TERCER PUENTE SOBRE EL RIO SINU EN EL MUNICIPIO DE MONTERÍA, DEPARTAMENTO DE CÓRDOBA					**HN**	Humedad natural	***ARCILLAS***
Ubicación:	BARRIO LA COQUERA DEL MUNICIPIO DE MONTERIA - CÓRDOBA					**%P. #4**	Pasa tamiz # 4	***LIMOS***
N° orden:	378-24					**%P. #200**	Pasa tamiz # 200	***GRAVAS***
APIQUE **4**	**Coordenada Norte:**	8°44'46.10"	**Fecha inicio**	3/08/2024		**LL**	Limite Liquido	***ARENAS***
	Coordenada Este:	75°53'40.20"	**Fecha fin**	3/08/2024		**IP**	Indice de Plasticidad	***OTROS MATERIALES***

Profundidad [m]	Simbolo Geologia	Nivel Freatico	Descripción Material Campo	Muestra [#]	Tipo de Muestra	Clasificación SUCS		Clasificación AASHTO	ENSAYO REALIZADO					
									HN	%P. #4	%P. #200	LL	IP	MO
0.45			MATERIAL TIPO RELLENO COLOR MARRON CLARO CON UN ESPESOR DE 0.00m - 0.50m	1	SUELTA	SC	ARENA LIMOSA CON PRESENCIA DE GRAVA	A-1-b (0)	11%	77.74	19.69	NL	NP	
1.00			MATERIAL TIPO RELLENO DE COLOR MARRON CLARO CON UN ESPESOR DE 0.50m - 1.00m	2	CBR	SC	ARENA ARCILLOSA CON PRESENCIA DE GRAVA	A-2-6 (1)	18%	64.08	34.23	36%	14%	

Resúmen Nivel Freático:

En la exploración realizada NO se encontro nivel freático a una profundidad de 1.50m

Observaciones:

- Cambio de estrato a 0.45 m

INGELABCON S.A.S.

LABORATORISTA JEFE

COORDINADOR ENSAYOS DE LABORATORIO

15826

CODIGO: EL-F-S002-1	FORMATO	
FECHA : 13/07/2021		
VERSION : 01	CLASIFICACIÓN DE MUESTRAS	
página 2 de 3		

PROYECTO:	CONSTRUCCIÓN DEL TERCER PUENTE SOBRE EL RIO SINU EN EL MUNICIPIO DE MONTERÍA, DEPARTAMENTO DE CÓRDOBA	**APIQUE N°**	**4**
UBICACIÓN:	BARRIO LA COQUERA DEL MUNICIPIO DE MONTERIA - CÓRDOBA		
CLIENTE:	CONSORCIO PUENTE RIO SINÚ	**MUESTRA**	**1**
FECHA:	3 de agosto de 2024	PROF. (m)	0.00 - 0.50

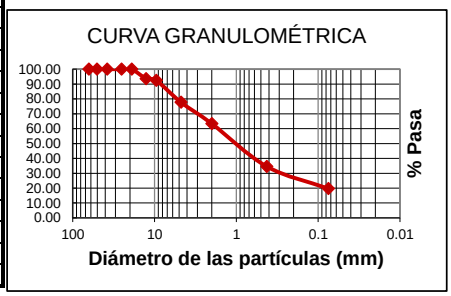
	LIMITE LIQUIDO	LIMITE PLÁSTICO	HUMEDAD NATURAL	
N° Golpes				
Recipiente N°			ILC21	
Peso recip. + suelo humedo (gr)			215.00	
Peso recip. + suelo seco (gr)	**NL**	**NP**	198.00	
Peso del agua (gr)			17.00	
Peso del recipiente (gr)			38.50	
Peso del suelo seco (gr)			159.50	
Contenido de Humedad=			10.66%	
ESTIMACION O PROMEDIO=	**NL**	**NP**	**11%**	

GRANULOMETRÍA

Peso Seco Neto Inicial (grs) :	**159.50**
Peso Seco Neto Final (gr):	**128.10**
Peso Pasa 200 por lavado (gr):	**31.40**

Tamiz	Tamaño (mm)	Peso Ret. (gr)	Peso Ret. corregido (gr)	Retenido (%)	Ret. Acum. (%)	Pasa (%)
2 1/2"	63.5	0.00	0.0	0.00	0.00	100.00
2"	50.8	0.00	0.0	0.00	0.00	100.00
1 1/2"	38.1	0.00	0.0	0.00	0.00	100.00
1"	25.4	0.00	0.0	0.00	0.00	100.00
3/4"	19.05	0.00	0.0	0.00	0.00	100.00
(1/2)"	12.7	10.10	10.1	6.33	6.33	93.67
(3/8)"	9.52	2.00	2.0	1.25	7.59	92.41
N°4	4.75	23.40	23.4	14.67	22.26	77.74
N°10	2.00	22.90	22.9	14.36	36.61	63.39
N°40	0.43	46.00	46.0	28.84	65.45	34.55
N ° 200	0.08	23.70	23.7	14.86	80.31	19.69
Fondo	0.00	0.00	31.4	19.69	100.00	0.00
Total		128.10	159.50			





PASA #4	77.74	**LL**	NL
PASA #10	63.39	**LP**	NP
PASA #200	19.69	**IP**	NP

CLASIFICACIONES		
SUCS	SC	ARENA LIMOSA CON PRESENCIA DE GRAVA
AASTHO	A-1-b (0)	

OBSERVACIONES:

JEYSON JAVIER ATENCIA AGAMEZ
LABORATORISTA JEFE

ING. CAMILO HERNESTO HOYOS ALVAREZ
COORDINADOR DE ENSAYOS DE LABORATORIO

Los informes presentados por la organización son realizados con base en las muestras entregadas al laboratorio –INGELABCON S.A.S., los cuales no podrán ser editados, reproducidos o usados en cualquier tipo de campaña de información técnica sin autorización escrita de gerencia.

INGELABCON S.A.S
NIT. 901.124.673-8
Oficina: Cra 9ª #34-35 Barrio Ospina Pérez – Montería –Córdoba
Cel: 3146317410 – Email: ingelabcon@gmail.com

15827

CODIGO: EL-F-S002-1	FORMATO	CONSORCIO PUENTE RÍO SINÚ
FECHA : 13/07/2021		
VERSION : 01	CLASIFICACIÓN DE MUESTRAS	
página 3 de 3		

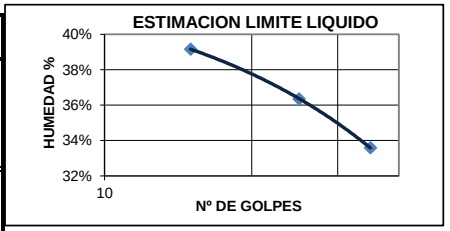
PROYECTO:	CONSTRUCCIÓN DEL TERCER PUENTE SOBRE EL RIO SINU EN EL MUNICIPIO DE MONTERÍA, DEPARTAMENTO DE CÓRDOBA	APIQUE N°	4
UBICACIÓN:	BARRIO LA COQUERA DEL MUNICIPIO DE MONTERIA - CÓRDOBA		
CLIENTE:	CONSORCIO PUENTE RIO SINÚ	MUESTRA	2
FECHA:	3 de agosto de 2024	PROF. (m)	0.50 - 1.00

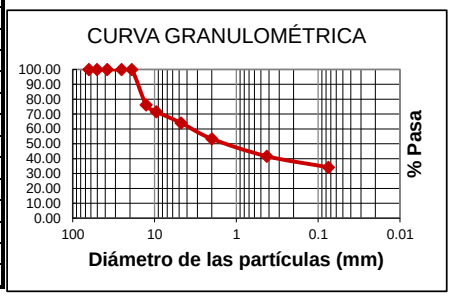
	LIMITE LIQUIDO			LIMITE PLASTICO			HUMEDAD NATURAL	
N° Golpes	35	25	15					
Recipiente N°	ILC222	I87	I001	P31	C02		ILC031	
Peso recip. + suelo humedo (gr)	22.69	24.35	27.37	12	14.75		292.90	
Peso recip. + suelo seco (gr)	19.63	21.58	23.68	10.92	13.75		255.00	
Peso del agua (gr)	3.06	2.77	3.69	1.08	1		37.90	
Peso del recipiente (gr)	10.52	13.96	14.26	6.48	8.52		42.30	
Peso del suelo seco (gr)	9.11	7.62	9.42	4.44	5.23		212.70	
Contenido de Humedad=	33.59%	36.35%	39.17%	24.32%	19.12%		17.82%	
ESTIMACION O PROMEDIO=		**36%**			**22%**		**18%**	

GRANULOMETRÍA

Peso Seco Neto Inicial (grs) :	**212.70**
Peso Seco Neto Final (gr):	**139.90**
Peso Pasa 200 por lavado (gr):	72.80

Tamiz	Tamaño (mm)	Peso Ret. (gr)	Peso Ret. corregido (gr)	Retenido (%)	Ret. Acum. (%)	Pasa (%)
2 1/2"	63.5	0.00	0.0	0.00	0.00	100.00
2"	50.8	0.00	0.0	0.00	0.00	100.00
1 1/2"	38.1	0.00	0.0	0.00	0.00	100.00
1"	25.4	0.00	0.0	0.00	0.00	100.00
3/4"	19.05	0.00	0.0	0.00	0.00	100.00
(1/2)"	12.7	50.50	50.5	23.74	23.74	76.26
(3/8)"	9.52	9.80	9.8	4.61	28.35	71.65
N°4	4.75	16.10	16.1	7.57	35.92	64.08
N°10	2.00	22.80	22.8	10.72	46.64	53.36
N°40	0.43	24.90	24.9	11.71	58.35	41.65
N ° 200	0.08	15.80	15.8	7.43	65.77	34.23
Fondo	0.00	0.00	72.8	34.23	100.00	0.00
Total		139.90	212.70			





PASA #4	64.08	**LL**	36%
PASA #10	53.36	**LP**	22%
PASA #200	34.23	**IP**	14%

CLASIFICACIONES		
SUCS	SC	ARENA ARCILLOSA CON PRESENCIA DE GRAVA
AASTHO	A-2-6 (1)	

OBSERVACIONES

JEYSON JAVIER ATENCIA AGAMEZ
LABORATORISTA JEFE

ING. CAMILO HERNESTO HOYOS ALVAREZ
COORDINADOR DE ENSAYOS DE LABORATORIO

Los informes presentados por la organización son realizados con base en las muestras entregadas al laboratorio –INGELABCON S.A.S., los cuales no podrán ser editados, reproducidos o usados en cualquier tipo de campaña de información técnica sin autorización escrita de gerencia.

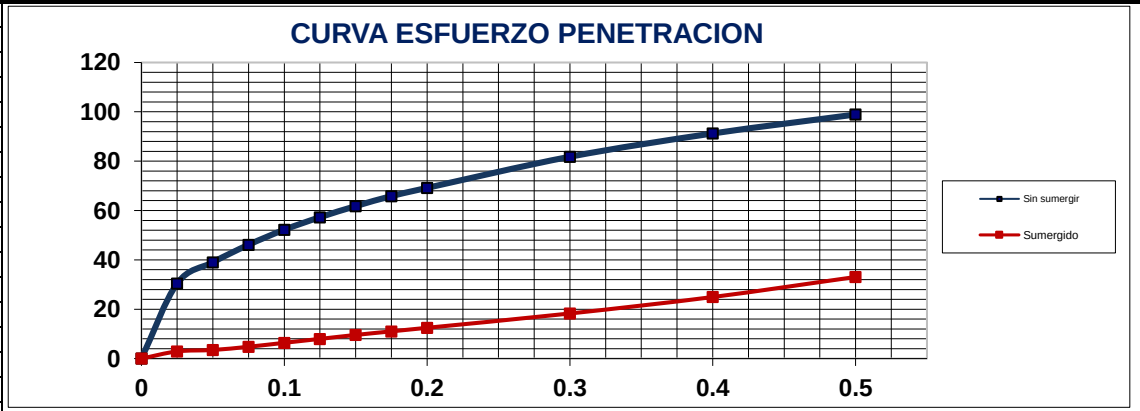
INGELABCON S.A.S
NIT. 901.124.673-8
Oficina: Cra 9ª #34-35 Barrio Ospina Pérez – Montería –Córdoba
Cel: 3146317410 – Email: ingelabcon@gmail.com

15828

CODIGO: EL-F-S007	FORMATOS	CONSORCIO PUENTE RÍO SINÚ
FECHA : 12/08/2019		
VERSION : 00	ENSAYO CBR MUESTRA INALTERADA	
PAGINA 1 DE 1	INV-E- 148-13	

CLIENTE:	SERTET S.A.S				
PROYECTO:	CONSTRUCCIÓN DEL TERCER PUENTE SOBRE EL RIO SINU EN EL MUNICIPIO DE MONTERÍA, DEPARTAMENTO DE CÓRDOBA				
UBICACIÓN DEL PROYECTO:	ZONA URBANA DEL MUNICIPIO DE MONTERÍA, CÓRDOBA				
DESCRIPCION DEL MATERIAL	CBR1			**MUESTRA N°:**	2
TAMAÑO MAX. DE PARTICULAS		**IN**	**COLOR:**	ROJIZO	

Molde N.	Sin sumergir	Sumergido
	0	0
Esf (lb/pulg2) pen.0,025 pulg	30.5	2.9
Esf (lb/pulg2) pen.0,05 pulg	39.0	3.5
Esf (lb/pulg2) pen.0,075 pulg	46.1	4.8
Esf (lb/pulg2) pen.0,1 pulg	52.2	6.4
Esf (lb/pulg2) pen.0,125 pulg	57.3	8.0
Esf (lb/pulg2) pen.0,15 pulg	61.8	9.6
Esf (lb/pulg2) pen.0,175 pulg	65.8	11.0
Esf (lb/pulg2) pen.0,2pulg	69.2	12.5
Esf (lb/pulg2) pen.0,3 pulg	81.8	18.3
Esf (lb/pulg2) pen.0,4 pulg	91.2	24.9
Esf (lb/pulg2) pen.0,5 pulg	98.9	33.1
CBR 0,1"	5.22	0.64
CBR 0,2"	4.61	0.83
CBR CORR 0,1"	5.22	0.64
CBR CORR 0,2"	4.61	0.83
MAXIMO CBR	**5.22**	**0.83**
Humedad	**16.2%**	**38.0%**
Expansión (%)	**0.37**	



PESOS UNITARIOS (Ton/m3)		**DESCRIPCION DEL SUELO**		
HUMEDO	1.69	**SUSC**	MH	LIMO DE ALTA PLASTICIDAD
SECO	1.455	**AASTHO**	A-7-5 (20)	

Observaciones:

INGELABCON S.A.S. NIT: 901124673-8

JEISON ATENCIA AGAMEZ
LABORATORISTA

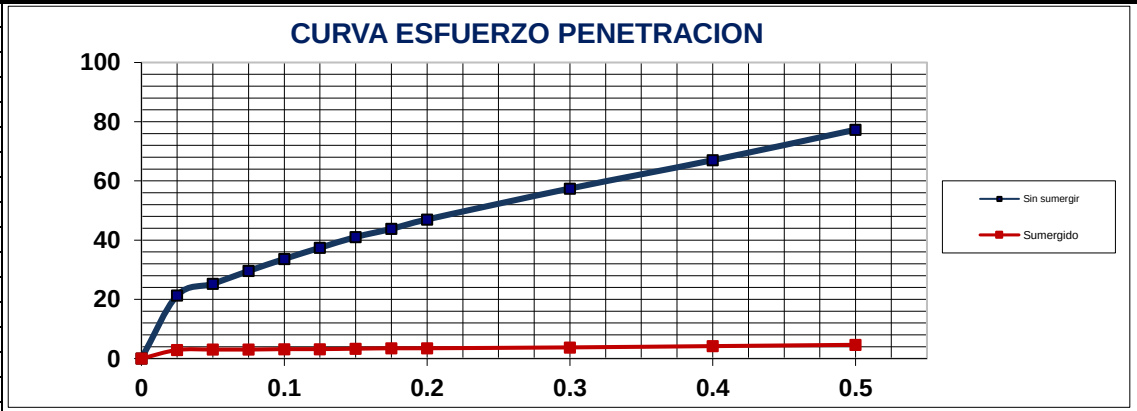
ING. CAMILO HERNESTO HOYOS ALVAREZ
COORDINADOR DE ENSAYOS DE LABORATORIO

15829

CODIGO: EL-F-S007	FORMATOS	
FECHA : 12/08/2019		
VERSION : 00	ENSAYO CBR MUESTRA INALTERADA	
PAGINA 1 DE 1	INV-E- 148-13	

CLIENTE:	SERTET S.A.S				
PROYECTO:	CONSTRUCCIÓN DEL TERCER PUENTE SOBRE EL RIO SINU EN EL MUNICIPIO DE MONTERÍA, DEPARTAMENTO DE CÓRDOBA				
UBICACIÓN DEL PROYECTO:	ZONA URBANA DEL MUNICIPIO DE MONTERÍA, CÓRDOBA				
DESCRIPCION DEL MATERIAL	CBR2			**MUESTRA N°:**	2
TAMAÑO MAX. DE PARTICULAS		**IN**	**COLOR:**	ROJIZO	

Molde N.	Sin sumergir	Sumergido
	0	0
Esf (lb/pulg2) pen.0,025 pulg	21.3	2.9
Esf (lb/pulg2) pen.0,05 pulg	25.2	3.0
Esf (lb/pulg2) pen.0,075 pulg	29.6	3.0
Esf (lb/pulg2) pen.0,1 pulg	33.6	3.2
Esf (lb/pulg2) pen.0,125 pulg	37.4	3.2
Esf (lb/pulg2) pen.0,15 pulg	41.0	3.3
Esf (lb/pulg2) pen.0,175 pulg	43.8	3.5
Esf (lb/pulg2) pen.0,2pulg	47.0	3.5
Esf (lb/pulg2) pen.0,3 pulg	57.4	3.8
Esf (lb/pulg2) pen.0,4 pulg	67.0	4.2
Esf (lb/pulg2) pen.0,5 pulg	77.3	4.6
CBR 0,1"	3.36	0.32
CBR 0,2"	3.13	0.23
CBR CORR 0,1"	3.36	0.32
CBR CORR 0,2"	3.13	0.23
MAXIMO CBR	**3.36**	**0.32**
Humedad	**23.3%**	**34.9%**
Expansión (%)	**0.36**	



PESOS UNITARIOS (Ton/m3)		**DESCRIPCION DEL SUELO**		
HUMEDO	1.64	**SUSC**	MH	LIMO DE ALTA PLASTICIDAD
SECO	1.330	**AASTHO**	A-7-5 (20)	

Observaciones:

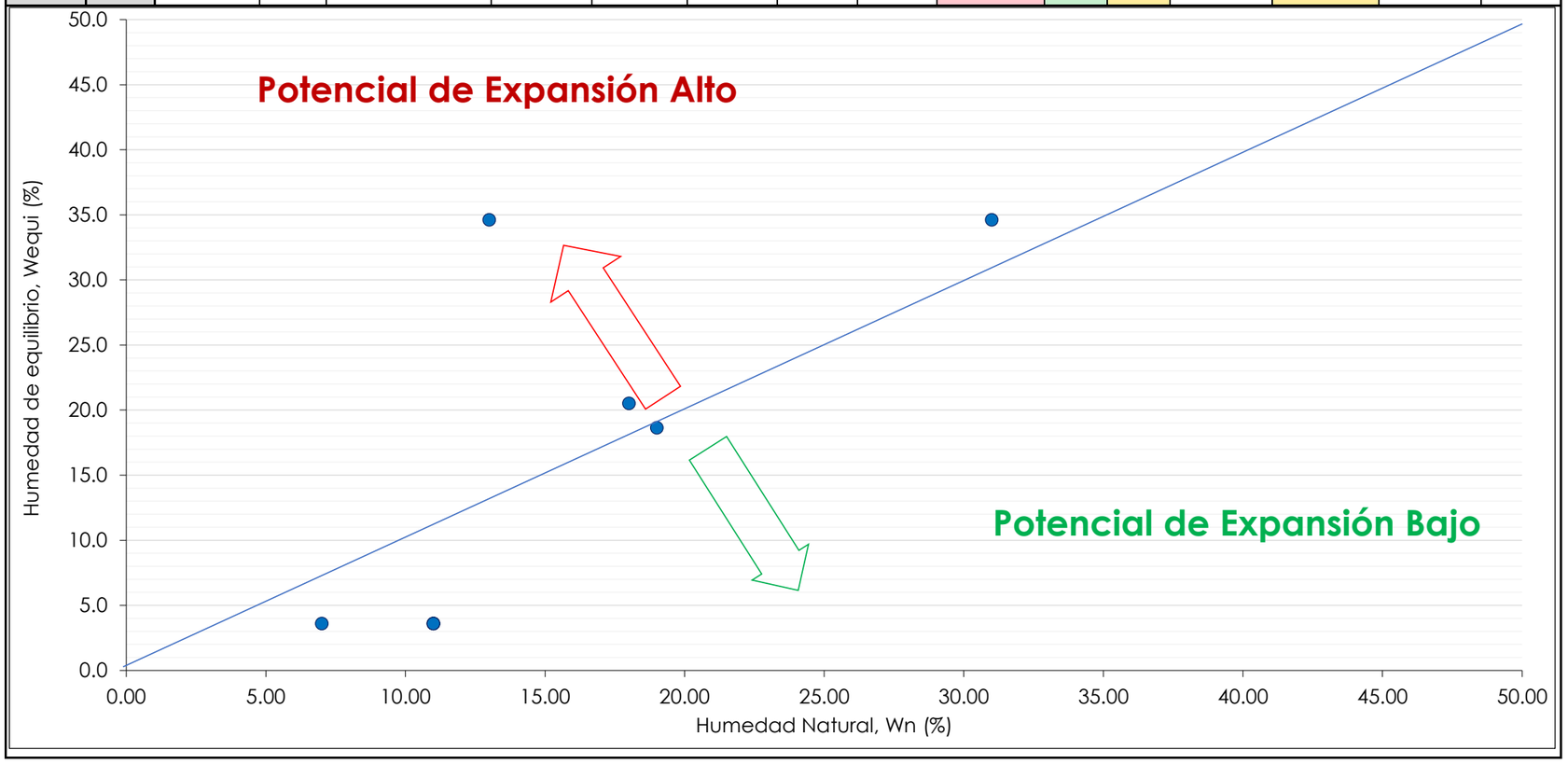
INGELABCON S.A.S.
NIT: 901124673-8

JEISON ATENCIA AGAMEZ
LABORATORISTA

ING. CAMILO HERNESTO HOYOS ALVAREZ
COORDINADOR DE ENSAYOS DE LABORATORIO

Presión Probable de Expansión de Campo

TRAMO	Apique	Profundidad (m)	Muestra	Descripción General	Límites de consistencia %			Humedad natural, Wn (%)	IL	Evaluación de Expansividad	Potencial de Expansión					
					LL	LP	IP				LL	IP	Humedad de Equilibrio, Wequi (%)	Potencial	Peso Unitario Seco (ton/m³)	Pex (Ton/m²)
PAVIMENTO LA COQUERA	APIQUE 1	0.00 - 0.65	1	GRAVA LIMOSA CON ARENA	0	0	0	11.00	N/A	No Expansible	Bajo	Bajo	3.6	Potencial Bajo	1.600	0.079
		1.20 - 1.50	2	LIMO DE ALTA PLASTICIDAD	66	35	31	13.00	-0.69	Expansible	muy alto	Alto	34.6	Potencial Alto	1.455	1.326
	APIQUE 2	0.00 - 0.10	1	ARENA LIMOSA CON PRESENCIA DE GRAVA	0	0	0	7.00	N/A	No Expansible	Bajo	Bajo	3.6	Potencial Bajo	1.600	0.102
		1.20 - 1.50	2	LIMO DE ALTA PLASTICIDAD	66	34	32	31.00	-0.07	Expansible	muy alto	Muy Alto	34.6	Potencial Alto	1.330	0.359
	APIQUE 3 / PDC 1	0.00 - 0.80	1	ARENA LIMOSA CON PRESENCIA DE GRAVA	0	0	0	11.00	N/A	No Expansible	Bajo	Bajo	3.6	Potencial Bajo	1.600	0.079
		0.80 - 1.10	2	ARCILLA ARENOSA DE MEDIANA PLASTICIDAD CON GRAVA	32	23	9	19.00	-0.51	Expansible	Bajo	Bajo	18.6	Potencial Bajo	1.600	0.224
	APIQUE 4 / PDC 2	0.00 - 0.50	1	ARENA LIMOSA CON PRESENCIA DE GRAVA	0	0	0	11.00	N/A	No Expansible	Bajo	Bajo	3.6	Potencial Bajo	1.600	0.079
		0.50 - 1.00	2	ARENA ARCILLOSA CON PRESENCIA DE GRAVA	36	22	14	18.00	-0.27	Expansible	Bajo	Medio	20.5	Potencial Alto	1.600	0.289



Fórmula de Ivanov – Calculo de Capacidad Portante Equivalente

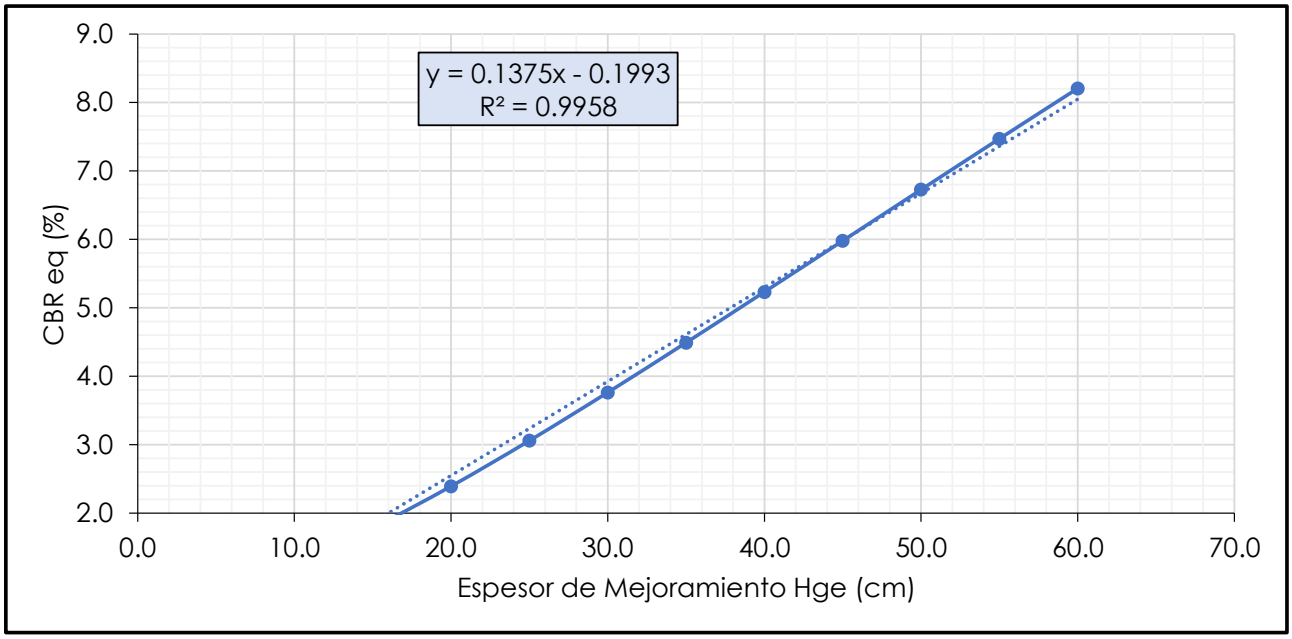
CBR de Subrasante (%):	0.57
CBR del mejoramiento (%):	15.00

$$E_{1-2} = \frac{E_2}{1-\frac{2}{\pi}\left(1-\frac{1}{n^{3.5}}\right)\tan^{-1}(n)\left(\frac{h_1}{2a}\right)}$$

$$n = \left(\frac{E_1}{E_2}\right)^{\frac{1}{2.5}}$$

CBR de SBR (%)	Esr (kg/cm2)	Ege (kg/cm^2)	Hge (cm)	Eeq (kg/cm^2)	CBR eq (%)	n	2a
0.57	125.8	1016.5	5.0	161.3	**0.85**	2.31	30.14
0.57	125.8	1016.5	10.0	207.4	**1.26**	2.31	30.14
0.57	125.8	1016.5	15.0	259.1	**1.78**	2.31	30.14
0.57	125.8	1016.5	20.0	312.7	**2.39**	2.31	30.14
0.57	125.8	1016.5	25.0	365.9	**3.06**	2.31	30.14
0.57	125.8	1016.5	30.0	417.7	**3.76**	2.31	30.14
0.57	125.8	1016.5	35.0	467.7	**4.49**	2.31	30.14
0.57	125.8	1016.5	40.0	515.8	**5.23**	2.31	30.14
0.57	125.8	1016.5	45.0	561.8	**5.98**	2.31	30.14
0.57	125.8	1016.5	50.0	605.8	**6.73**	2.31	30.14
0.57	125.8	1016.5	55.0	647.8	**7.47**	2.31	30.14
0.57	125.8	1016.5	60.0	688.0	**8.21**	2.31	30.14

Relación del Espesor de Mejoramiento(Hge) y CBR Equivalente (CBReq)



Fórmula de Ivanov – Calculo de Capacidad Portante Equivalente

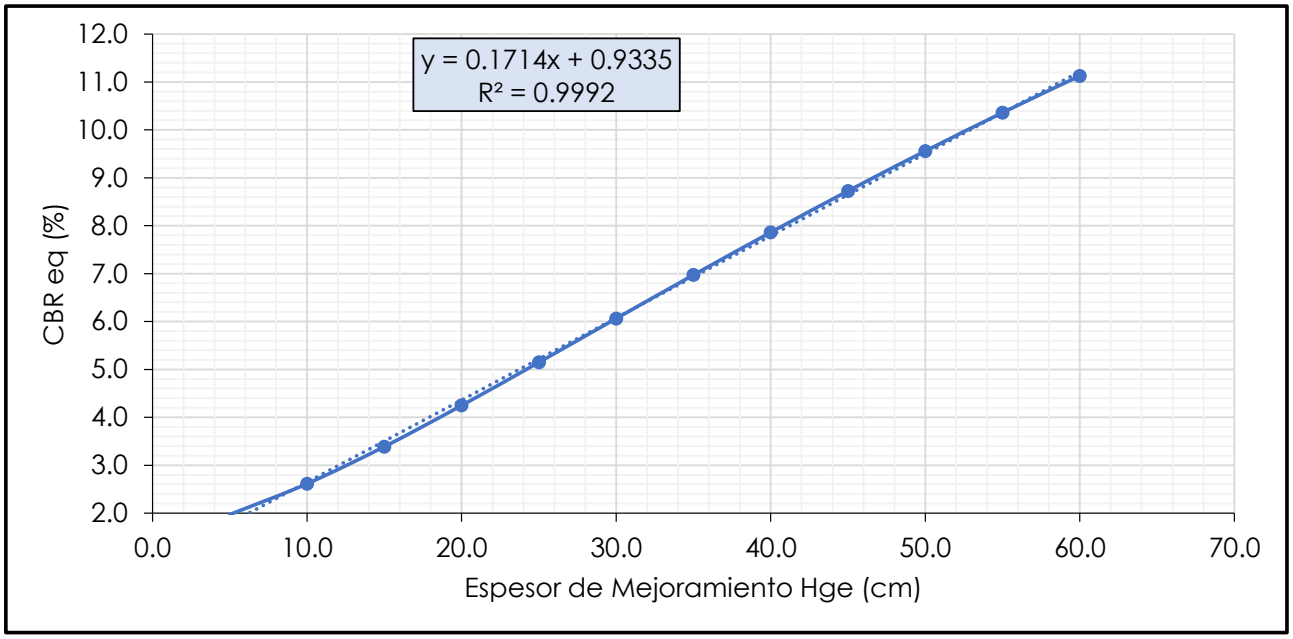
CBR de Subrasante (%):	1.49
CBR del mejoramiento (%):	15.00

$$E_{1-2} = \frac{E_2}{1-\frac{2}{\pi}\left(1-\frac{1}{n^{3.5}}\right)\tan^{-1}(n)\left(\frac{h_1}{2a}\right)}$$

$$n = \left(\frac{E_1}{E_2}\right)^{\frac{1}{2.5}}$$

CBR de SBR (%)	Esr (kg/cm2)	Ege (kg/cm^2)	Hge (cm)	Eeq (kg/cm^2)	CBR eq (%)	n	2a
1.49	231.4	1016.5	5.0	276.1	**1.97**	1.81	30.14
1.49	231.4	1016.5	10.0	330.8	**2.61**	1.81	30.14
1.49	231.4	1016.5	15.0	390.6	**3.39**	1.81	30.14
1.49	231.4	1016.5	20.0	451.3	**4.25**	1.81	30.14
1.49	231.4	1016.5	25.0	510.5	**5.15**	1.81	30.14
1.49	231.4	1016.5	30.0	566.8	**6.06**	1.81	30.14
1.49	231.4	1016.5	35.0	619.8	**6.97**	1.81	30.14
1.49	231.4	1016.5	40.0	669.3	**7.86**	1.81	30.14
1.49	231.4	1016.5	45.0	715.5	**8.73**	1.81	30.14
1.49	231.4	1016.5	50.0	758.5	**9.56**	1.81	30.14
1.49	231.4	1016.5	55.0	798.6	**10.36**	1.81	30.14
1.49	231.4	1016.5	60.0	836.0	**11.13**	1.81	30.14

Relación del Espesor de Mejoramiento(Hge) y CBR Equivalente (CBReq)



Comparación entre resultados PDC con distintas correlaciones de CBR.

CONSORCIO PUENTE RÍO SINÚ

1	2	3	4	5	6	7 (CBR)					
Numero de golpes	Penetración acumulada (mm)	Penetración entre lecturas (mm)	Penetración por golpe (mm)	Factor del martillo	Índice PDC (mm/golpe)	INVIAS			ARTICULO (Prediction of CBR Using Dynamic Cone Penetrometer)		
PDC1						**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**
2	65	65	-	-	-	-	-	-	-	-	-
4	110	45	11	1	11.3	19.3	23.4	19.1	1.4	1.4	1.4
6	175	65	11	1	10.8	20.3	24.3	20.2	1.5	1.4	1.4
8	255	80	10	1	10.0	22.5	26.5	22.6	1.5	1.5	1.4
RESULTADO PDC PROMEDIO					8.23	19.3	23.4	19.1	1.4	1.4	1.4
PROMEDIO ENTRE CORRELACIONES						20.62			1.40		

AP3 - PDC1

AUTORES PARA CORRELACIONES		CORRELACION
1	Kleyn y Van Heerden	CBR = 428.5 (PDC)^-1.28
2	TRL Overseas Road - note 8	CBR = 302 (PDC)^-1.057
3	MOPT Colombia (1992)	CBR = 567.0(PDC)^-1.40
4	Livneh and Ishai, 1967	CBR = 2.2 - 0.71 (Log (PDC)) ^ 1.5
5	Harison, 1986	CBR = 2.81 - 1.32 (Log (PDC))
6	Research Data	CBR = 2.494 - 1.0672 (Log (PDC))

Comparación entre resultados PDC con distintas correlaciones de CBR.

CONSORCIO PUENTE RÍO SINÚ

1	2	3	4	5	6	7 (CBR)					
Numero de golpes	Penetración acumulada (mm)	Penetración entre lecturas (mm)	Penetración por golpe (mm)	Factor del martillo	Índice PDC (mm/golpe)	INVIAS			ARTICULO (Prediction of CBR Using Dynamic Cone Penetrometer)		
PDC1						**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**
2	45	45	-	-	-	-	-	-	-	-	-
4	70	25	6	1	6.3	41.0	43.5	43.6	1.7	1.8	1.6
6	120	50	8	1	8.3	28.4	32.1	29.1	1.6	1.6	1.5
8	145	25	3	1	3.1	99.7	90.6	115.0	2.0	2.2	2.0
10	230	85	9	1	8.5	27.7	31.4	28.3	1.6	1.6	1.5
RESULTADO PDC PROMEDIO					7.00	27.7	31.4	28.3	1.6	1.6	1.5
PROMEDIO ENTRE CORRELACIONES						29.16			1.57		

AP4 - PDC2

	AUTORES PARA CORRELACIONES	CORRELACION
1	Kleyn y Van Heerden	CBR = 428.5 (PDC)^-1.28
2	TRL Overseas Road - note 8	CBR = 302 (PDC)^-1.057
3	MOPT Colombia (1992)	CBR = 567.0(PDC)^-1.40
4	Livneh and Ishai, 1967	CBR = 2.2 - 0.71 (Log (PDC)) ^ 1.5
5	Harison, 1986	CBR = 2.81 - 1.32 (Log (PDC))
6	Research Data	CBR = 2.494 - 1.0672 (Log (PDC))

ANEXO No. 3
DISEÑO PLUVIAL

CONTRATO No. LP-SIM-024-2023

OBJETO DEL CONTRATO:

CONSTRUCCIÓN DEL TERCER PUENTE SOBRE EL RIO SINU EN EL MUNICIPIO DE MONTERÍA, DEPARTAMENTO DE CÓRDOBA



INFORME DE MEJORAMIENTO DE ESTUDIOS Y DISEÑOS V0

VOLUMEN V, DRENAJE PLUVIAL

BOGOTA D.C, OCTUBRE DE 2024

	Elaboró	Revisó	Aprobó
Firma:			
Nombre:	Manuel A. Silgado Álvarez	Fernando Amar	Fernando Amar
Cargo:	Diseñador Hidráulico	Director de Consultoría	Director de Consultoría

CONTROL DE CAMBIOS		
Versión	Fecha	Descripción del Cambio
V00		Elaboración inicial

TABLA DE CONTENIDO

1 INTRODUCCIÓN 8

2 ALCANCE 8

2.1 Área de Estudio 8

2.1.1 Localización del Proyecto 8

2.2 Condiciones topográficas de la zona 10

2.3 Clima y Temperatura 11

2.4 Hidrografía 11

2.4.1 Río Sinú 12

2.4.2 Sistema de Drenaje y Manejo de Aguas 12

2.4.3 Ciénaga y Humedales 12

2.4.4 Ríos Menores y Quebradas 12

3 CONTENIDO DEL INFORME 12

3.1 Normatividad 13

3.2 Metodología 14

3.2.1 Insumo 15

3.2.2 Diseño conceptual en InfraWorks 22

3.2.3 Análisis Morfométrico 23

3.2.4 Análisis Hidrológico 23

3.2.5 Análisis Hidráulico 39

3.2.6 Modelación Hidráulica 50

3.2.7 Cantidades de obra 62

3.2.8 Planos de diseño 62

3.3 Resultados Obtenidos 62

3.3.1 Insumo 62

3.3.2 Análisis Morfométrico 68

3.3.3 Análisis Hidrológico 69

3.3.4 Análisis Hidráulico 71

4 CONCLUSIONES 73

5 RECOMENDACIONES 74

6 RELACIÓN DE PERSONAL PROFESIONAL 74

7 BIBLIOGRAFÍA 75

FIGURAS

Figura 1 Localización General del Proyecto. 9
Figura 2 Localización específica de la vía a diseñar. 9
Figura 3 Topografía de la zona. 10
Figura 4 Guía Metodológica Estudios Hidráulico – Hidrológicos. 14
Figura 5. Esquema de un hidrograma de crecida. 20
Figura 6. Área de drenaje proyectada en HEC-HMS. 33
Figura 7. Hidrograma de crecida TR 50 Años. 33
Figura 8. Hidrograma de crecida TR 100 Años. 34
Figura 9. Atenuación de hidrograma. 36
Figura 10. Hidrograma de flujo en un intervalo de tiempo definido. 38
Figura 11. Calibración de los parámetros de Tránsito de Muskingum. 38
Figura 12. Sección típica cuneta triangular seleccionada. 41
Figura 13. Socavación general en cauces definidos. 54
Figura 14. Factor de corrección por contracción del cauce (μ). 55
Figura 15. Factor de corrección por forma de la pila K_1. 58
Figura 16. Factor de corrección por forma de la pila K_2. 58
Figura 17. Factor de corrección por forma de la pila K_3. 59
Figura 18. Método de Artamanov. Interceptación del flujo por los estribos dentro del canal. 60
Figura 19. Método de Artamanov. Valores de los coeficientes. 61
Figura 20. Localización de Estación Meteorológica Seleccionada. 63
Figura 21. Delimitación de Áreas de Drenaje. 69
Figura 22. Sección Típica de Zanjas de Coronación Proyectadas. 72
Figura 23. Revisión de dimensiones hidráulicas propuestas Zanja de Coronación Entrega 1. 72
Figura 24. Revisión de dimensiones hidráulicas propuestas Zanja de Coronación Entrega 2. 73

TABLAS

Tabla 1. Cartera de Localización del Tramo Vial. 9
Tabla 2. Valores de *K* para la prueba de datos dudosos. 17
Tabla 3. Períodos de retorno recomendados según obra de drenaje vial. 18
Tabla 4. Períodos de retorno recomendados según área de drenaje. 18
Tabla 5. Coeficientes para cálculo de curvas IDF sintéticas Regionalizadas. 19
Tabla 6. Valores de coeficiente de rugosidad. 24
Tabla 7. Determinación del Tiempo de Concentración (Tc) para proyectos no urbanísticos. 27
Tabla 8. Determinación del Tiempo de Concentración (Tc) para proyectos urbanísticos. 28
Tabla 9. Valores de coeficiente de escorrentía referencia. 30

Tabla 10. Grupo hidrológico del suelo según el SCS, RAS. 34
Tabla 11. Valores de número de curva referencia. 35
Tabla 12. Valores máximos de velocidades en canales revestidos. 40
Tabla 13. Dimensiones de la cuneta a emplear. 41
Tabla 14. Elementos geométricos para una sección circular. 42
Tabla 15. Coeficientes de perdidas por accesorios. 44
Tabla 16. Parámetros necesarios para análisis en HY-8. 52
Tabla 17. Clasificación para la socavación general. 53
Tabla 18. Estación pluviométrica seleccionada del área de estudio. 63
Tabla 19. Parámetros para la prueba de datos dudosos. 64
Tabla 20. Resultados de la prueba de datos dudosos. 64
Tabla 21. Ecuaciones de ajuste y cálculo de P max 24 horas para diferentes periodos de retorno. 65
Tabla 22. Cálculo de la precipitación media. 66
Tabla 23. Cálculo de intensidades regionalizadas para curvas IDF. 67
Tabla 24. Parámetros morfométricos de las cuencas delimitadas. 68
Tabla 25. Parámetros morfométricos y pluviométricos para el cálculo del Tc. 69
Tabla 26. Cálculo de Tiempo de Concentración de Áreas aferentes. 70
Tabla 27. Valores calculados del coeficiente de escorrentía. 70
Tabla 28. Cálculo de caudales por el método racional para estructuras hidráulicas. 70
Tabla 29. Chequeo del tirante normal parte 1. 71
Tabla 30. Chequeo del tirante normal parte 2. 71
Tabla 31. Determinación de Cárcamo Propuesto parte 1. 72
Tabla 32. Determinación de Cárcamo Propuesto parte 2. 72

ECUACIONES

Ecuación 1. Determinación del Tiempo de Retorno. 18
Ecuación 2. Regionalización de Intensidad. 19
Ecuación 3. Caudal de escorrentía por el método racional. 29
Ecuación 4. Cálculo de profundidad de exceso o escorrentía. 31
Ecuación 5. Cálculo de abstracción inicial. 31
Ecuación 6. Cálculo de la escorrentía. 31
Ecuación 7. Cálculo de retención potencial máxima. 31
Ecuación 8. Estado del caudal en el Tiempo Actual. 35
Ecuación 9. Estado del caudal en el Tiempo Anterior. 35
Ecuación 10. Estado del caudal en el Tiempo Futuro. 35
Ecuación 11. Determinación diferencial de almacenamiento. 36

Ecuación 12. Cálculo de volumen almacenado. 37
Ecuación 13. Estimación de tránsito de un tramo de cauce. 37
Ecuación 14. Cálculo de flujo de salida en función de coeficientes Muskingum. 37
Ecuación 15. Cálculo de coeficientes de tránsito. 37
Ecuación 16. Fórmula de Manning. 39
Ecuación 17. Fórmula de Factor de Sección. 40
Ecuación 18. Fórmula de Manning. 40
Ecuación 19. Factor de sección. 43
Ecuación 20. Sumatoria de pérdidas por accesorios. 43
Ecuación 21. Caudal Captado. 44
Ecuación 22. Longitud del bordillo. 45
Ecuación 23. Longitud efectiva. 45
Ecuación 24. Pendiente equivalente. 45
Ecuación 25. Relación de flujo frontal. 45
Ecuación 26. Pendiente. 45
Ecuación 27. Lámina de agua de diseño. 46
Ecuación 28. Corrección por contracción. 46
Ecuación 29. Velocidad de flujo. 47
Ecuación 30. Área neta de la rejilla. 47
Ecuación 31. Lámina de agua de diseño. 47
Ecuación 32. Número de orificios. 47
Ecuación 33. Variación de caudal a la salida del embalse. 48
Ecuación 34. Variación de volumen por encima del vertedero. 48
Ecuación 35. Expresión para hidrograma de salida. 49
Ecuación 36. Variación de caudal a la salida del vertedero. 49
Ecuación 37. Socavación general para suelos cohesivos. 54
Ecuación 38. Coeficiente de sección. 55
Ecuación 39. Profundidad media. 55
Ecuación 40. Coeficiente de frecuencia. 55
Ecuación 41. Coeficiente de correlación por el efecto de la densidad del agua durante la creciente. 56
Ecuación 42. Socavación general para suelos no cohesivos. 56
Ecuación 43. Exponente que depende del diámetro medio de las partículas del material granular. 56
Ecuación 44. Diámetro medio de las partículas del material granular. 56
Ecuación 45. Profundidad de Socavación Local. 57

Ecuación 46. Profundidad de Socavación Local. 58
Ecuación 47. Diámetro medio de las partículas del material granular. 61

GRÁFICOS

Gráfico 1. Climatología de la Ciudad de Montería. 11
Gráfico 2. Curvas IDF. 68

1 INTRODUCCIÓN

El municipio de Montería, ubicado en el departamento de Córdoba, es una región que, debido a su clima tropical, experimenta temporadas de lluvias intensas, las cuales generan importantes desafíos en la infraestructura urbana, especialmente en el sistema de drenaje pluvial. La acumulación de aguas lluvias en zonas vulnerables, como las áreas cercanas a puentes y vías de comunicación, provoca inundaciones, erosión del terreno y deterioro estructural, afectando tanto el tránsito vehicular como la seguridad de los ciudadanos.

Este proyecto tiene como objetivo principal el diseño e implementación de un sistema de drenaje pluvial eficiente para el puente y sus estructuras para el proyecto "**CONSTRUCCIÓN DEL TERCER PUENTE SOBRE EL RIO SINÚ**" en Montería, con el fin de mitigar los riesgos asociados a las precipitaciones y garantizar la funcionalidad continua de esta importante obra vial. A través de un enfoque integral, que incluye estudios hidrológicos, topográficos y de ingeniería civil, se busca proponer soluciones sostenibles y de bajo impacto ambiental que contribuyan al bienestar de la comunidad y a la protección del entorno.

El proyecto se desarrollará en fases, comenzando por un análisis detallado de las condiciones actuales del drenaje y las características hidrológicas de la zona, seguido por la implementación de estructuras de captación, conducción y disposición de aguas pluviales, ajustadas a las normativas vigentes y a las mejores prácticas de ingeniería. Además, se contemplarán medidas de mantenimiento preventivo y correctivo para garantizar la durabilidad del proyecto.

2 ALCANCE

2.1 Área de Estudio

En este capítulo se presentan las características generales de la zona de estudio, importantes para la contextualización previa a la realización del estudio hidrológico hidráulico.

2.1.1 Localización del Proyecto

Montería es un municipio colombiano, capital del departamento de Córdoba. Está ubicado al noroccidente del país en la región Caribe Colombiana, se encuentra a orillas del río Sinú, por lo que es conocida como la "Perla del Sinú". Es considerada la capital ganadera de Colombia; anualmente celebra la feria de la Ganadería durante el mes de junio. Es, además, un importante centro comercial y universitario, reconocida como una de las ciudades colombianas con mayor crecimiento y desarrollo en los últimos años y por impulsar el desarrollo sostenible.

El proyecto en estudio se localiza en zona urbana del municipio de Montería, específicamente en el sector de La Coquera. con las coordenadas geográficas presentadas en la **Tabla 1**. En la **Figura 1** se

presenta la localización general del proyecto, con referencia a la zona central del municipio, y en la **Figura 2** presenta su localización específica.

Nomenclatura Catastral	Abscisa Inicial	Abscisa Final	Ancho de calzada (m)	Longitud del tramo (m)	Coordenadas Inicio		Coordenadas Final	
					Latitud	Longitud	Latitud	Longitud
A-1 Puente	K0+040.00	K0+640.00	7.00	600	8° 45' 0.49" N	75° 53' 51.31" O	8° 44' 46.36" N	75° 53' 40.70" O

Tabla 1. Cartera de Localización del Tramo Vial.
Fuente: Elaboración propia.

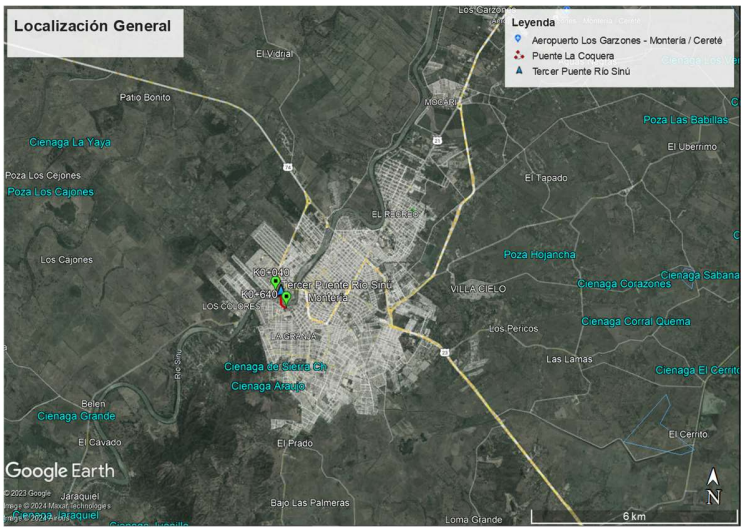


Figura 1 Localización General del Proyecto.
Fuente: (Google, 2024)

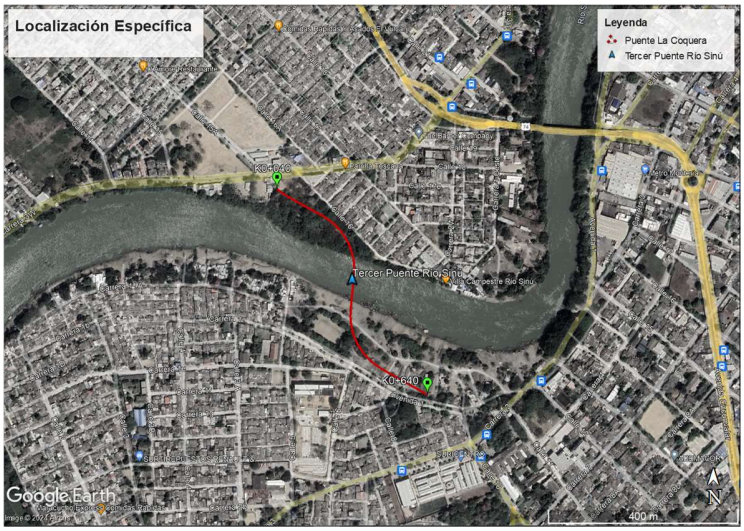


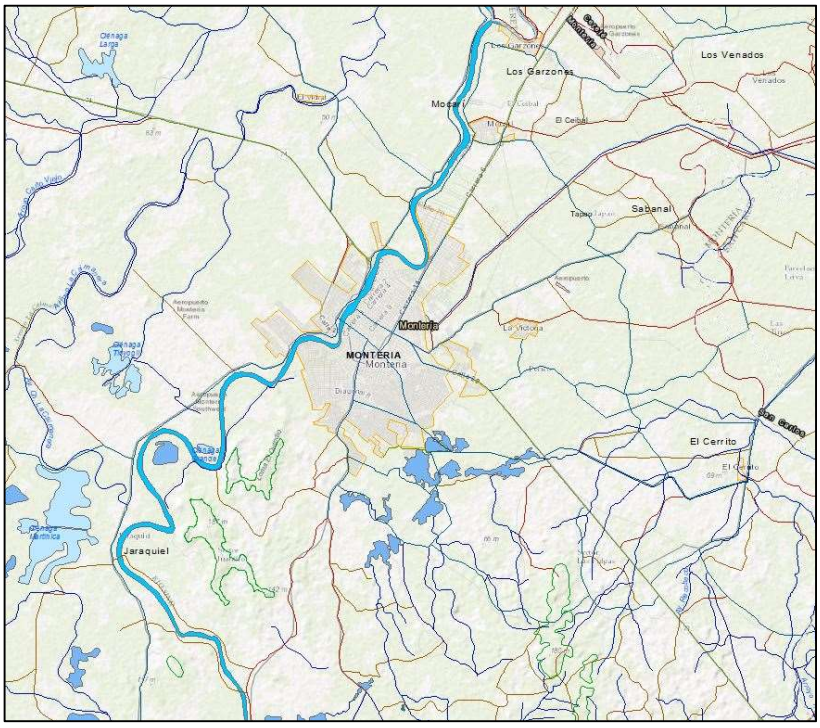
Figura 2 Localización específica de la vía a diseñar.
Fuente: (Google, 2024).

2.2 Condiciones topográficas de la zona

La ciudad de Montería, ubicada en el departamento de Córdoba, presenta una topografía predominantemente plana, característica de la planicie costera del Caribe colombiano. La mayor parte de su territorio se encuentra a menos de 50 metros sobre el nivel del mar, lo que facilita la formación de amplias planicies aluviales, especialmente a lo largo del valle del río Sinú, que atraviesa la ciudad de norte a sur. Estas características topográficas, con terrenos bajos y sin mayores elevaciones, tienen implicaciones importantes para el desarrollo urbano, la gestión de recursos hídricos y la planificación de infraestructuras en la región.

Las coordenadas geográficas de Montería son latitud: 8.748°, longitud: -75.881° y elevación: 19 m. La topografía en un radio de 3 kilómetros de Montería contiene solamente variaciones modestas de altitud, con un cambio máximo de altitud de 71 metros y una altitud promedio sobre el nivel del mar de 16 metros. En un radio de 16 kilómetros contiene solamente variaciones modestas de altitud (206 metros). En un radio de 80 kilómetros contiene variaciones grandes de altitud (868 metros).

El área en un radio de 3 kilómetros de Montería está cubierta de pradera (51%) y arboles (40%), en un radio de 16 kilómetros de árboles (31%) y pradera (27%) y en un radio de 80 kilómetros de árboles (25%) y pradera (25%). (Weather Spark, 2024). En la Figura 3 se aprecia imagen topográfica de la zona de estudio.



Fuente: Colombia en Mapas.
Figura 3 Topografía de la zona.

2.3 Clima y Temperatura

Montería tiene un clima tropical de sabana, caracterizado por temperaturas cálidas durante todo el año y una notable variación estacional en las precipitaciones. Este tipo de clima se clasifica como "Aw" en el sistema de Köppen.

En resumen, Montería experimenta un clima cálido y húmedo con una temporada de lluvias y una temporada seca, y las temperaturas permanecen elevadas durante todo el año.

Los veranos son cortos y tórridos, los inviernos son calurosos y mojados y está opresivo y nublado todo el año. Durante el transcurso del año, la temperatura generalmente varía de 23 °C a 35 °C y rara vez baja a menos de 22 °C o sube a más de 38 °C.

La temporada calurosa dura 2,2 meses, del 2 de febrero al 10 de abril, y la temperatura máxima promedio diaria es más de 34 °C. El mes más cálido del año en Montería es marzo, con una temperatura máxima promedio de 35 °C y mínima de 24 °C.

La temporada fresca dura 3,5 meses, del 15 de agosto al 30 de noviembre, y la temperatura máxima promedio diaria es menos de 32 °C. El mes más frío del año en Montería es octubre, con una temperatura mínima promedio de 24 °C y máxima de 31 °C.

Se establece el nivel de comodidad de la humedad en el punto de rocío, ya que éste determina si el sudor se evaporará de la piel enfriando así el cuerpo. Cuando los puntos de rocío son más bajos se siente más seco y cuando son altos se siente más húmedo. A diferencia de la temperatura, que generalmente varía considerablemente entre la noche y el día, el punto de rocío tiende a cambiar más lentamente, así es que, aunque la temperatura baje en la noche, en un día húmedo generalmente la noche es húmeda.

El nivel de humedad percibido en Montería, debido por el porcentaje de tiempo en el cual el nivel de comodidad de humedad es bochornoso, opresivo o insoportable, no varía considerablemente durante el año, y permanece entre el 1 % del 99 %.

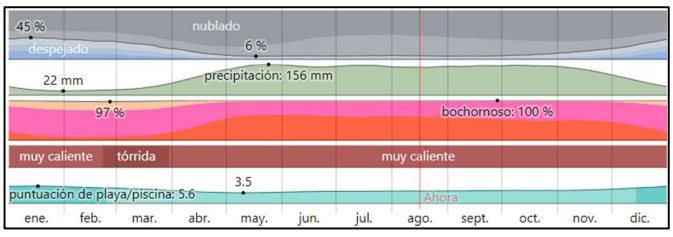


Gráfico 1. Climatología de la Ciudad de Montería.
Fuente: (Weather Spark, 2024)

2.4 Hidrografía

El sistema hidrográfico de la ciudad de Montería se encuentra discriminado en los siguientes numerales.

2.4.1 Río Sinú

El río Sinú es uno de los ríos más importantes de la región Caribe de Colombia. Se origina en la cordillera de los Montes de María y recorre una distancia de aproximadamente 350 kilómetros hasta desembocar en el mar Caribe. Este cuerpo de agua atraviesa Montería y es crucial para la ciudad en términos de suministro de agua, transporte fluvial y actividades económicas como la pesca y el riego agrícola. El río también juega un papel en el control de inundaciones, aunque las crecidas pueden ser problemáticas durante la temporada de lluvias.

2.4.2 Sistema de Drenaje y Manejo de Aguas

Montería ha desarrollado una red de canales y drenajes para manejar las aguas pluviales y minimizar el riesgo de inundaciones. Esta infraestructura incluye tanto canales naturales como artificiales que dirigen el exceso de agua hacia el río Sinú y otros cuerpos de agua cercanos.

2.4.3 Ciénaga y Humedales

Al norte de Montería se encuentra la Ciénaga de Ayapel, una de las ciénagas más grandes de la región. Es un importante ecosistema que actúa como una zona de amortiguamiento para el río Sinú y proporciona hábitats para diversas especies de fauna y flora. La ciénaga también ayuda en la regulación del flujo de agua y en la reducción de inundaciones. Además de la ciénaga de Ayapel, hay varios humedales en la región que contribuyen a la biodiversidad y al equilibrio ecológico. Estos humedales también son esenciales para la captura de carbono y el mantenimiento de la calidad del agua.

2.4.4 Ríos Menores y Quebradas

La Quebrada La Candelaria contribuye al sistema fluvial en el área de Montería. Aunque es menos significativa que el río Sinú, juega un papel en la recolección de aguas pluviales y la prevención de inundaciones. Así como, la Quebrada La Pelona y otras quebradas menores que existen y alimentan el río Sinú y otros cuerpos de agua en la región. Estas quebradas también son importantes para el equilibrio hídrico local.

3 CONTENIDO DEL INFORME

En este apartado se presenta el contenido del informe, el cual detalla de manera estructurada los aspectos más relevantes del proyecto. El cual incluye normatividad vigente, metodología, resultados, informe de control topográfico y carteras, conclusiones y recomendaciones del proyecto. El objetivo es proporcionar una visión integral y clara del desarrollo del proyecto destacando los elementos críticos que han influido en su ejecución.

3.1 Normatividad

La reglamentación y recomendaciones dadas en Colombia para las obras hidráulicas y de drenaje vial están resumidas a continuación.

- Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico – Título D (RAS – 2016) "Sistemas de Recolección y Evacuación de Aguas Residuales Domésticas y Aguas Lluvias" (Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio, 2016)
- Resolución 0330 de 2017 – "Por la cual se adopta el Reglamento Técnico para el Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico – RAS y se derogan las resoluciones 1096 de 2000, 0424 de 2001, 0668 de 2003, 1459 de 2005, 1447 de 2005 y 2320 de 2009". (Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio, 2017)
- Resolución 0799 de 2021 – "Por la cual se modifica la Resolución 0330 de 2017" (Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio, 2021)"
- Resolución 0908 de 2021 – "Por medio de la cual se corrigen errores formales de la Resolución 0799 de 2021" (Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio, 2021)
- Obras Menores de Drenaje y Estructuras Viales PROGRAMA COLOMBIA RURAL (Ministerio de Transporte; Instituto Nacional de Vías - INVÍAS, 2022).
- Norma Colombiana de Diseño de Puentes CCP14 (Ministerio de Transporte; Instituto Nacional de Vías - INVÍAS, 2013)
- Manual de Drenaje para Carreteras (Ministerio de Transporte; INVÍAS, 2011)

3.2 Metodología

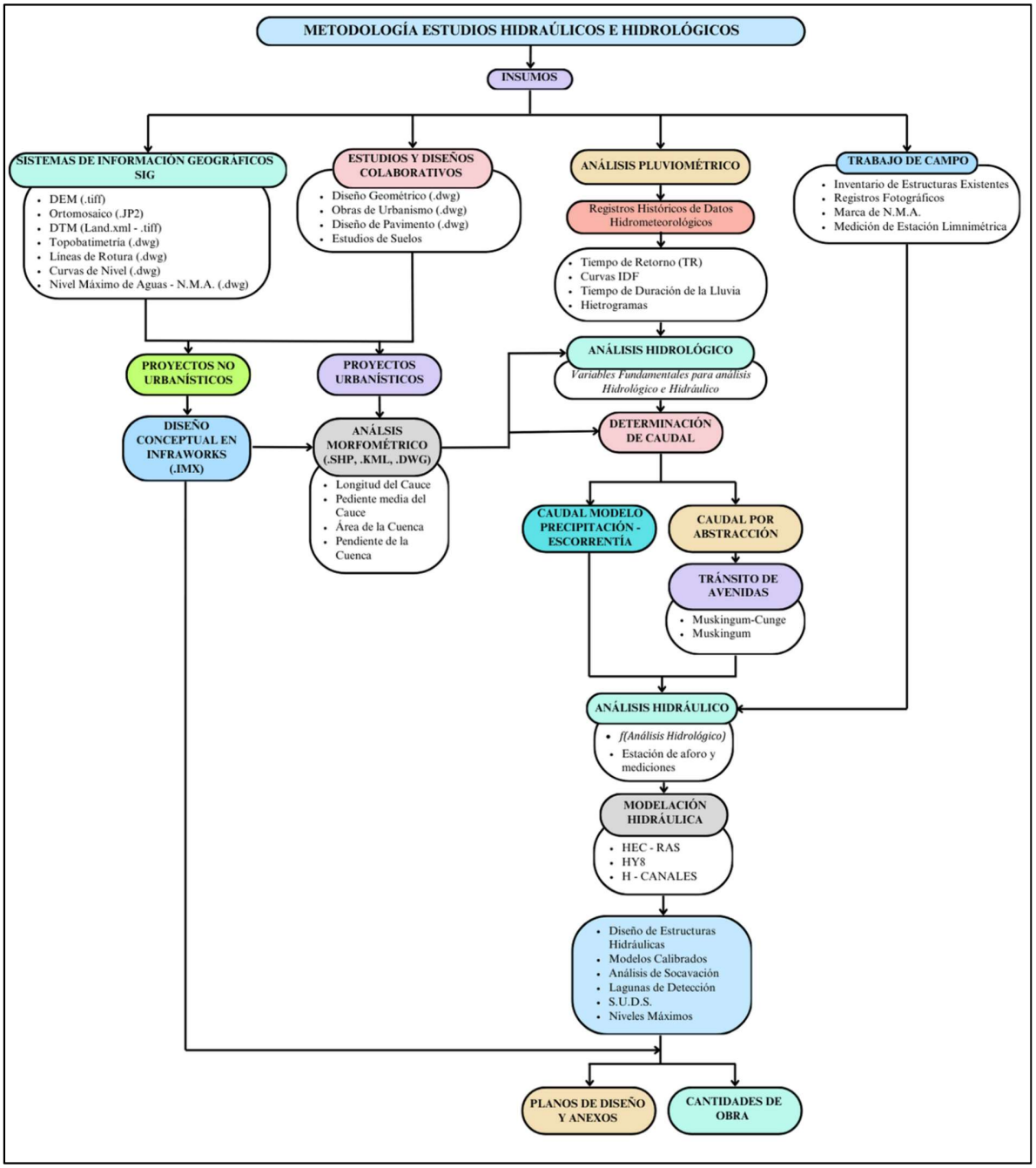


Figura 4 Guía Metodológica Estudios Hidráulico – Hidrológicos.
Fuente: Elaboración propia.

A continuación, en los siguientes numerales se desglosará la metodología a utilizar para el desarrollo del estudio hidráulico e hidrológico, abarcando los aspectos esenciales brindados por la normatividad colombiana y bibliografía existente.

3.2.1 Insumo

Para la realización del estudio hidráulico e hidrológico, es esencial contar con los siguientes insumos principales:

3.2.1.1 Sistemas de Información Geográficos (SIG)

Los sistemas de Información Geográficos serán herramientas de gran importancia en los estudios hidráulicos e hidrológicos toda vez que facilitarán la recopilación, análisis y visualización de datos espaciales relacionados con el agua como lo son cuerpos de agua, cuencas hidrográficas, redes de drenaje y otros aspectos.

Asimismo, facilitarán la integración de los modelos hidráulicos e hidrológicos con datos geoespaciales. Esto será crucial para simular el comportamiento de ríos, embalses y sistemas de drenaje bajo diferentes condiciones.

El modelo digital de elevación se contará como insumo para la creación de modelos hidráulicos que simularán como se mueven los caudales a través del terreno y definir el flujo superficial, áreas de drenaje y acumulación de las mismas. Este insumo puede ser obtenido desde el Satélite de Observación Terrestre Alos Palsar de la NASA, Plataforma Google Earth Engine o partir del procesamiento de vuelos fotogramétricos los cuales brindan múltiples recursos cartográficos a diferentes precisiones. Generando datos en formato compatible como .tiff.

Los insumos de Ortomosaicos y DTM, se obtendrán de los estudios fotogramétricos los cuales mediante un dron equipado con una cámara de alta resolución y un sistema de GPS. El dron realiza un vuelo siguiendo un patrón de cuadrícula sobre la zona de estudio, lo que garantiza una cobertura uniforme del área. Las imágenes aéreas capturadas se procesarán para crear los insumos antes mencionados y modelos tridimensionales, generando datos en formatos compatibles como land.xml, .JP2 y .tiff. El cual, es fundamental para para la realización del diseño conceptual en InfraWorks.

El insumo topobatimétrico, es de vital importancia para conocer las condiciones topografícas de los fondos de cursos de aguas, donde se implementarán el ecosonda, que permitirá determinar la geometría o fondo del cauce a través de una onda sonora o pulso, en una frecuencia determinada. Esto con el fin de tomar a detalle los puntos de quiebres horizontales y verticales para tener mejor relieve de la zona, identificando la lámina del agua y nivel máximo de inundación, se procesará la información tomada en campo mediante el software Autocad Civil 3D (.dwg), se montan los puntos tomados y generando una superficie con perfil longitudinal y secciones transversales.

El insumo de líneas de roturas, curvas de nivel y niveles máximos de aguas, se adquirirán en el levantamiento topográfico, donde se utilizarán las herramientas de estaciones totales y GPS

diferencial (DGPS) para capturar coordenadas X, Y, Z en puntos seleccionados del terreno. Se creará una red de estaciones en puntos estratégicos para maximizar la cobertura y minimizar errores de medición. Una vez realizado el levantamiento topográfico, los datos se procesarán para generar un proyecto civil 3D, y se creará una superficie con curvas de nivel a partir de una nube de puntos o líneas de roturas que representará el terreno existente.

3.2.1.2 Estudios y Diseños Colaborativos

Los insumos de este capítulo, comprenderán del suministro de diseños geométricos de infraestructura vial y/o arquitectónicos, obras de urbanismos, diseños de pavimentos y estudios de suelos. Esto con el fin de establecer lineamientos como direccionamiento de flujo, vertimiento final de las aguas pluviales, niveles máximos de aguas, modelos calibrados, parámetros fundamentales dentro del análisis morfométrico e hidrológico, etc. Este insumo es de vital importancia, ya que, permitirá establecer si los estudios y diseños corresponden a proyectos urbanísticos o no.

3.2.1.3 Análisis Pluviométrico

Este numeral se describe la metodología a implementar correspondiente al análisis pluviométrico del proyecto, se mencionarán los parámetros para el cálculo del caudal de escorrentía de diseño, así como los métodos a aplicar para este análisis.

3.2.1.3.1 Registros Históricos de Datos Hidrometeorológicos

Durante el análisis pluviométrico se consultará en la página web DHIME del IDEAM (IDEAM, 2024) las estaciones pluviométricas cercanas a la zona de estudio que cuenten con datos de precipitación máxima en 24 horas a escala multianual para el periodo de internes (últimos 15 a 30 años), estos datos serán descargados para cálculo de la precipitación máxima en 24 horas promedio, dato que será ingresado en la elaboración de las curvas IDF.

Teniendo en cuenta la ubicación del proyecto en referencia, se seleccionará una estación pluviométrica conforme a la cercanía al área de estudio, en caso contrario, es decir que la estación se encuentre distante a la zona de trabajo, se tomarán estaciones pluviométricas circundantes y se realizará el cálculo de precipitación mediante el método de Isoyetas, el cual consiste en trazar curvas de igual precipitación para un periodo de retorno específico mediante un proceso de interpolación de puntos con tres coordenadas que incluyen la ubicación de las estaciones y la cantidad de precipitación (latitud, longitud, precipitación) lo que permite generar un mapa de contornos, a partir del cual se obtiene la precipitación máxima y media en 24 horas de la zona de interés o por polígonos de Thiessen (también conocidos como polígonos de Voronoi) que es una herramienta utilizada para estimar la precipitación media en un área cuando se tienen datos de estaciones meteorológicas dispersas, generando polígonos dividiendo una región en zonas alrededor de cada estación de medición, de modo que cada punto dentro de un polígono está más cerca de la estación dentro de ese polígono que de cualquier otra estación permitiendo estimar la precipitación en áreas donde no se tienen mediciones directas.

3.2.1.3.2 Pruebas de Datos Dudosos

La estimación o prueba de datos dudosos se realizará por El método del Water Resources Council (WRC) que permitirá identificar y ajustar los datos atípicos o inconsistentes en la serie de datos históricos hidrometeorológicos. Este método es particularmente útil para asegurar que los datos sean consistentes y representativos antes de utilizarlos en análisis o modelos hidrológicos.

Este método consiste en aplicar criterios de un umbral basado en estadísticas como la media y la desviación estándar. Los datos que caen fuera de este umbral se consideran potencialmente dudosos. Por ejemplo, se podría considerar como criterio un rango de $\bar{X} \pm K * S$, donde K es un factor que define el nivel de tolerancia con referencia al número de datos como se muestra en la **Tabla 2**.

TABLA 12.5.3
Valores K_n para la prueba de datos dudosos

Tamaño de muestra n	K_n	Tamaño de muestra n	K_n	Tamaño de muestra n	K_n	Tamaño de muestra n	K_n
10	2.036	24	2.467	38	2.661	60	2.837
11	2.088	25	2.486	39	2.671	65	2.866
12	2.134	26	2.502	40	2.682	70	2.893
13	2.175	27	2.519	41	2.692	75	2.917
14	2.213	28	2.534	42	2.700	80	2.940
15	2.247	29	2.549	43	2.710	85	2.961
16	2.279	30	2.563	44	2.719	90	2.981
17	2.309	31	2.577	45	2.727	95	3.000
18	2.335	32	2.591	46	2.736	100	3.017
19	2.361	33	2.604	47	2.744	110	3.049
20	2.385	34	2.616	48	2.753	120	3.078
21	2.408	35	2.628	49	2.760	130	3.104
22	2.429	36	2.639	50	2.768	140	3.129
23	2.448	37	2.650	55	2.804		

Fuente: U. S. Water Resources Council, 1981. Esta tabla contiene valores de K_n de un lado con un nivel de significancia del 10% para la distribución normal.

Tabla 2. Valores de *K* para la prueba de datos dudosos.
Fuente: Tabla 12.5.3 U. S Water Resources Council.

3.2.1.3.3 Análisis de Frecuencia de Precipitaciones de la Estación de Estudio

El análisis de frecuencia de precipitaciones se realizará mediante el Test de Kolmogorov-Smirnov (KS), el cual es una prueba estadística no paramétrica que se utiliza para comparar distribuciones de probabilidad, o para comparar una muestra con una distribución teórica (como la normal, exponencial, etc.). Su objetivo es determinar si los conjuntos de datos provienen de la misma distribución o si una muestra sigue una distribución específica.

3.2.1.3.4 Tiempo de Retorno (TR)

El tiempo o periodo de retorno es un evento con una magnitud dada que puede definirse como el intervalo de recurrencia promedio entre eventos que igualan o exceden una magnitud especificada, es

decir, la probabilidad de ocurrencia de un evento en cualquier observación es el inverso de su periodo de retorno, como se muestra en la **Ecuación 1**.

$$P(X \geq X_T) = \frac{1}{T}$$

Ecuación 1. Determinación del Tiempo de Retorno.
Fuente: (Chow V. T., 1994).

Conforme a lo anterior, se deduce que el periodo o tiempo de retorno está asociado a eventos hidrológicos máximos al tiempo esperado máximo en años para que el caudal pico de la creciente sea igualado o excedido, por tal motivo está mancomunado al análisis de frecuencia de precipitaciones máximas en 24 horas. Por otra parte, según la normatividad presentada en el **numeral** ¡Error! No se encuentra el origen de la referencia. los periodos de retornos son asociados y/o seleccionados a las características de la estructura hidráulica a construir. Por tanto, tal selección se realizará en función de las condiciones de drenaje y las clasificaciones establecidas en la **Tabla 3** y **Tabla 4**.

PERIODOS DE RETORNO - MANUAL DE DRENAJE VIAL	
Tipo de Obra	**Tr (años)**
Cunetas	5
Zanjas de Coronación	10
Estructuras de Caída	10
Alcantarillas 0.90 m	10
Alcantarillas > 0.90 m	20
Puentes Luz < 10 m	25
Puentes 10 m < luz < 50 m	50
Puentes luz ≥ 50 m	100
Drenaje Subsuperficial	2

Tabla 3. Períodos de retorno recomendados según obra de drenaje vial.
Fuente: Tabla 2.8 manual de drenaje vial INVIAS.

Características del Área de Drenaje	Tiempo o Periodo de Retorno (años)
Tramos iniciales en zonas residenciales con áreas tributarias menores de 2 hectáreas.	3
Tramos iniciales en zonas comerciales o industriales, con áreas tributarias menores de 2 hectáreas.	5
Tramos de alcantarillado con áreas tributarias entre 2 y 10 hectáreas.	5
Tramos de alcantarillado con áreas tributarias mayores a 10 hectáreas.	10
Canales abiertos que drenan áreas menores a 1000 hectáreas.	50
Canales abiertos en zonas planas y que drenan áreas mayores a 1000 hectáreas.	100
Canales abiertos en zonas montañosas (altas velocidades) o media ladera, que drenan áreas mayores a 1000 hectáreas.	100

Tabla 4. Períodos de retorno recomendados según área de drenaje.
Fuente: (Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio, 2017).

3.2.1.3.5 Elaboración de Curvas IDF

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. Se elaborarán con información de precipitaciones obtenidas de estaciones meteorológicas,

ya sea información de pluviogramas, pluviógrafos o mapas isoyetales, y son de gran importancia para el diseño de estructuras hidráulicas, ya que permiten calcular la intensidad de precipitación.

Para la elaboración de las curvas IDF se utilizará la ecuación sintética de Díaz – Granados (**Ecuación 2)** el cual cuenta con coeficientes de regresión según la región de país (Ver **Tabla 5**).

Región	Coeficientes de Regresión			
	a	b	c	d
Andina	0.94	0.18	0.66	0.83
Orinoquia	5.53	0.17	0.63	0.42
Pacífica	13.92	0.19	0.58	0.20
Caribe	24.85	0.22	0.50	0.10

Tabla 5. Coeficientes para cálculo de curvas IDF sintéticas Regionalizadas.
Fuente: Curvas IDF sintéticas Díaz-Granados.

$$I = a\,\frac{T^b}{t^c}\,M^d$$

Ecuación 2. Regionalización de Intensidad.
Fuente: (Vargas & Díaz - Granados, 1998).

Donde:

- 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 (**Tabla 5**)

3.2.1.3.6 Tiempo de Duración de la Lluvia

El tiempo de duración de la lluvia o tormenta de diseño se convierte en una de las variables más sensibles a la hora de calcular la precipitación neta ya que con este tiempo se generará el hietograma de diseño para el cálculo de la precipitación neta y posteriormente la generación del hidrograma de crecida.

En la **Figura 5**, se puede observar el comportamiento de un hidrograma de crecida; este hidrograma permitirá conocer después de iniciada la lluvia, el momento en que toda la escorrentía provocada por ese tiempo de duración de la lluvia expresada en precipitaciones ya ha pasado; y se encuentra en la curva de agotamiento. Dicho de otra forma, entre más dure la precipitación más tarda la cuenca en evacuar la escorrentía, son directamente proporcionales.

En caso de que se requiera la implementación de la Tormenta de Diseño, esta consultoría utilizará la metodología de probabilidad de excedencia para estimar el tiempo de duración de la lluvia de la zona de estudio. Para tal propósito se tomará como referencia la información de precipitación suministrada por el IDEAM en intervalos de 60 min.

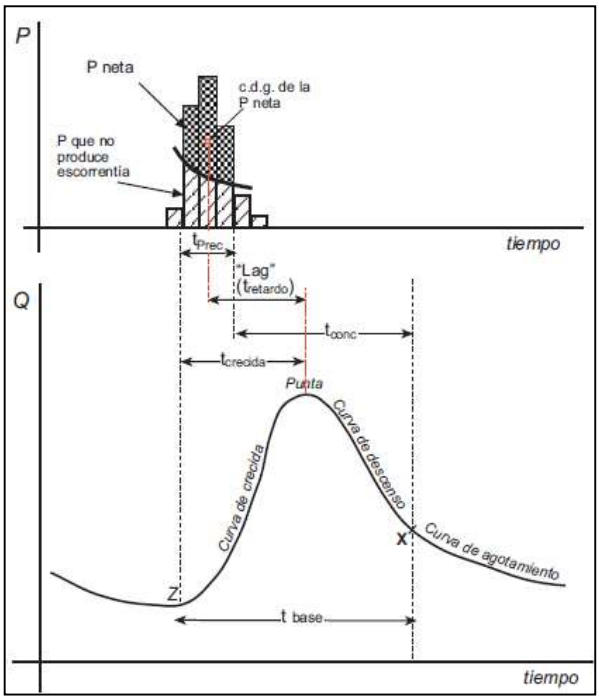


Figura 5. Esquema de un hidrograma de crecida.
Fuente: (Chow V. T., 1994).

Con la información obtenida se realizará un análisis de excedencia de duración de la lluvia, donde se calculará la probabilidad de excedencia; con este valor y el tiempo de duración de la lluvia, se generará una gráfica en la cual se proyectan dos líneas de tendencia y de las cuales se halla su respectiva ecuación.

3.2.1.3.7 Hietogramas 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, que será seleccionado con base a lo informado en el **numeral 3.2.1.3.4** para confeccionar un hietograma de lluvias asociado a un tiempo específico (tiempo de duración de la lluvia). Una vez conocida la intensidad de precipitación, se generará el hietograma de diseño

El hietograma de diseño se realizará por el método de bloques alternos que consiste en utilizar una curva de intensidad-duración-frecuencia para el periodo de retorno seleccionado según lo establecido en el **numeral 3.2.1.3.4**.

3.2.1.4 Trabajo de Campo

En este numeral se describen las actividades e insumos pertenecientes para la validación de datos, inventario de estructuras existentes, registros fotográficos, marcas del nivel máximo de aguas (N.M.A.) y mediciones de Estación Limnimétrica.

3.2.1.4.1 Inventario de Estructuras Existentes

Se realizará un inventario físico de las estructuras existentes observando su estado actual, ubicación geográfica, abscisado y dimensiones, además se realizará un chequeo hidráulico para verificar su capacidad.

3.2.1.4.1.1 Valoración física de las estructuras existentes

En este punto se estudiará el estado físico de las estructuras existentes del presente proyecto, donde se describirá las estructuras que se encontraron durante el levantamiento topográfico, añadiendo nombre de la estructura, tipo de estructura, formato de estructura, coordenadas y estado actual de dichas estructuras.

3.2.1.4.1.2 Valoración hidráulica de estructuras existentes

En este numeral se realizará una verificación de la capacidad hidráulica de las estructuras existentes. El análisis hidráulico se realizará asociando al caudal aportante según las áreas aferentes y el caudal según la capacidad de la estructura existente. Para aumentar la confiabilidad durante el chequeo hidráulico, se deberá tener una información detallada en el insumo SIG del cual se obtendrá información de gran importancia para el análisis hidráulico, información como dimensiones de las estructuras, cotas a la entrada y salida, longitudes, abscisas, entre otras variables.

3.2.1.4.1.3 Valoración espacial y geométrica de las estructuras existentes

En este numeral se desarrollará una ver verificación espacial y geométrica de las estructuras existentes en función de la morfometría de las cuencas (cauce principal), puntos bajos y el diseño geométrico horizontal de los estudios y diseños colaborativos respectivamente. Aclarando que, en caso de que algunas estructuras hidráulicas, no cumplan con el ancho mínimo requerido y no se encuentran centradas de acuerdo al trazado estas deberán ser reconstruidas.

3.2.1.4.2 Registros Fotográficos

Los registros fotográficos son de vital importancia en los insumos de campo, debido a que este ofrecerá una representación visual de las condiciones actuales de los cuerpos de agua y las estructuras hidráulicas, así como identificar y documentar características específicas de la topografía, vegetación, condición patológica de la estructura, direccionamiento de flujo y el comportamiento hidrológico reforzando el análisis e interpretación de los datos recolectados.

3.2.1.4.3 Marca del N.M.A.

La marca del Nivel Máximo de Aguas (N.M.A.) es un aspecto crucial en los insumos debido a que corrobora y evidencia el N.M.A. del levantamiento topográfico, así como asegurar que las estructuras

existentes o proyectadas puedan soportar condiciones extremas y evitar el colapso durante eventos de inundación, asimismo se podrá determinar las áreas propensas a inundaciones.

El nivel máximo de aguas será un dato clave para calibrar y validar los modelos hidrológicos, los cuales necesitan esta información para realizar la simulación con precisión el comportamiento de los cuerpos de agua y prever escenarios futuros.

3.2.1.4.4 Medición de Estación Limnimétrica

Este insumo es crucial en el trabajo de campo, ya que implica la obtención de datos específicos de dos estaciones limnimétricas: una ubicada aguas abajo y otra aguas arriba dentro la zona de estudio.

Estas mediciones abarcan la cota de fondo de cada estación limnimétrica, el nivel de la mira y la sección transversal del cuerpo de agua en los puntos de medición, esto es complementado con los insumos presentados en el **numeral 3.2.1.1**. Este proceso es fundamental para el análisis hidráulico e hidrológico de ríos, lagos y otros cuerpos de agua.

La precisión en la medición de la cota de fondo y del nivel de la mira permite establecer con exactitud el nivel de agua y sus variaciones a lo largo del tiempo. La sección transversal obtenida proporciona información esencial sobre la geometría del cuerpo de agua, lo que es necesario para evaluar la capacidad, el comportamiento del flujo y la interacción con las estructuras hidráulicas presentes.

Además, al integrar estas mediciones con las cotas de la lámina de agua en varios puntos a lo largo del área de estudio, se facilita la determinación precisa de la pendiente de energía del flujo. Esta información es clave para diseñar y optimizar estructuras hidráulicas y/o medidas de mitigación ante el riesgo por inundación, y gestionar el flujo de agua de manera eficiente. La combinación de estos datos permite una comprensión integral del comportamiento del agua en el sistema estudiado, contribuyendo a una planificación más efectiva y a la implementación de estrategias adecuadas para la gestión del recurso hídrico.

3.2.2 Diseño conceptual en InfraWorks

En este capítulo, se procederá a implantar preliminarmente las estructuras hidráulicas como Box Culvert, Pontones, Puentes y cunetas, utilizando para ello los insumos SIG y, Estudios y Diseños Colaborativos (Archivo land .xml y archivo JP2). A continuación, se desarrollará la ubicación de las estructuras hidráulicas sobre el proyecto, el cual proporcionará una visión clara de su alineación vertical en puntos específicos donde son necesarios la implementación de dichas estructuras. Asimismo, se evidenciará la información del dimensionamiento de las estructuras, que permitirán una comprensión detallada del estudio hidráulico e hidrológico en diferentes puntos a lo largo de su trayecto. En esta fase inicial también se llevará a cabo la planificación preliminar de las obras menores y superestructuras que serán necesarias para el desarrollo integral del proyecto, considerando su integración con los estudios y/o diseños colaborativos y su impacto en el entorno. Este enfoque integral no solo asegura que todos los aspectos del diseño se coordinen de manera efectiva y se alineen con los objetivos del proyecto, sino que también facilita la obtención de cantidades de obras

preliminares, las cuales permiten identificar posibles actividades y elaborar un presupuesto preliminar más preciso.

3.2.3 Análisis Morfométrico

Mediante este análisis cuantitativo se buscará conocer las características físicas de las áreas aferentes aportantes a las estructuras hidráulicas. Es necesario realizar la delimitación de las áreas tributarias de las estructuras a analizar; en este caso este ejercicio se realizará en función del comportamiento de drenaje de las zonas de influencia obtenidos de los insumos mencionados en los **numerales 3.2.1.1** y **3.2.1.2**.

Es fundamental comprender las distintas geoformas y el comportamiento topográfico de la zona de influencia en función de los puntos de análisis específicos. Para lograr esto, la consultoría empleará diversos datos topográficos y geomáticos, incluyendo el Modelo Digital de Elevación (DEM) en formato .tiff, ortomosaicos en formato .jp2, y el Modelo Digital del Terreno (DTM) en formatos land.xml o .tiff. Estos datos se obtendrán mediante el procesamiento del vuelo fotogramétrico realizado sobre la zona del proyecto y se reproducirán en el software Global Mapper.

Una vez cargados en Global Mapper, se procederá a generar los contornos de los insumos topográficos para definir con precisión la delimitación de la cuenca hidrográfica. Esta delimitación es crucial, ya que tiene un impacto directo en el análisis hidrológico subsiguiente. El archivo resultante será exportado a Google Earth en formato .xml, donde se llevará a cabo una verificación detallada del relieve.

Luego, en Google Earth, se procederá a definir con exactitud el área de las cuencas hidrográficas y sus cauces principales. Parámetros claves que se evaluarán incluyen la longitud del cauce, la pendiente media del cauce, el área de la cuenca y la pendiente media de la cuenca. Esta evaluación detallada permite una comprensión precisa del comportamiento del agua en el sistema y es fundamental para la planificación y gestión adecuada del recurso hídrico.

3.2.4 Análisis Hidrológico

Este apartado detalla la metodología empleada para el análisis hidrológico del proyecto, incluyendo la especificación de los parámetros necesarios para el cálculo del caudal de escorrentía de diseño. Se abordarán los métodos analíticos y las fórmulas a utilizar en función de las características y tipos de cuenca analizados.

Primero, se identificarán y definirán los parámetros clave para la determinación del caudal de escorrentía, tales como la intensidad de precipitación, el tiempo de concentración, el coeficiente de escorrentía y el área de la cuenca. Estos parámetros son esenciales para realizar una estimación precisa del caudal de diseño en condiciones específicas de lluvia.

Los resultados obtenidos serán cruciales para la planificación y el diseño de infraestructuras hidráulicas y para la gestión eficiente de recursos hídricos en el proyecto.

3.2.4.1 Coeficiente de rugosidad (n)

El coeficiente de rugosidad es un parámetro utilizado en hidráulica para calcular la resistencia al flujo en canales y conductos abiertos. Se emplea en la fórmula de Manning, que es una de las ecuaciones más comunes para estimar el caudal de agua y la velocidad del flujo en estos sistemas.

El coeficiente de rugosidad (ŋ) se seleccionará en función de la cobertura del suelo y se tomará como referencia de los valores establecidos en la **Tabla 6**.

Rugosidad de Manning para Canales Abiertos			
Tipo de Canal y Descripción	**Mínimo**	**Normal**	**Máximo**
Corrientes Naturales			
Corrientes Menores (ancho superficial en nivel creciente < 31 metros)			
a. corrientes en planicies			
1. Limpias, rectas, máximo nivel, sin montículos ni pozos profundos.	0.025	0.030	0.033
2. Igual al anterior, pero con más piedras y malezas.	0.030	0.035	0.040
3. Limpio, serpenteante, algunos pozos y bancos de arena.	0.033	0.040	0.045
4. Igual al anterior, pero con algunos matorrales y piedras.	0.035	0.045	0.050
b. concreto			
1. Alcantarilla, recta y libre de basuras.	0.010	0.011	0.013
2. Alcantarilla con curvas, conexiones y algo de basuras.	0.011	0.013	0.014
3. Bien terminado.	0.011	0.012	0.014
4. Alcantarillado de aguas residuales, con pozos de inspección, entradas, etc, recto.	0.013	0.015	0.017
5. Sin pulir, formaleta o encofrado metálico.	0.012	0.013	0.014
6. Sin pulir, formaleta o encofrado en madera lisa.	0.012	0.014	0.016
7. Sin pulir, formaleta o encofrado en madera rugosa.	0.015	0.017	0.020

Tabla 6. Valores de coeficiente de rugosidad.
Fuente: Tabla 5.6 (Chow V. , Hidráulica de Canales Abiertos, 1959).

3.2.4.2 Tiempo de concentración

Se refiere al tiempo mínimo necesario para que los diferentes puntos espaciales de un área de drenaje estén aportando las escorrentías superficiales y de forma simultánea a un punto de salida o de convergencia hidráulica de la cuenca. El cálculo del tiempo de concentración permitirá dimensionar estructuras hidráulicas como canales abiertos o tuberías, siendo una variable sumamente importante para la determinación del caudal, ya sea por el método precipitación – escorrentía o el método por abstracción. Por tanto, diferentes autores al entender la importancia de este parámetro a la hora de evaluar el Tc en el diseño hidrológico desarrollaron diferentes modelos empíricos para la estimación de este parámetro.

Las fórmulas que actualmente se utilizan para el cálculo del tiempo de concentración tienen uso específico según el tipo de cuenca donde se va a emplear, tamaño de la cuenca, pendiente de la misma y variables de cobertura y precipitación; sin embargo, la precisión a la hora de calcular el caudal puede variar considerablemente por la variabilidad que se da en el resultado entre una y otra ecuación.

La estimación del Tc de las diferentes áreas de drenaje se calculará con el promedio de diferentes modelos utilizados para el cálculo de esta variable dependiendo si el proyecto corresponde a urbanístico o no urbanístico.

Ahora bien, **s**i durante el proceso de cálculo del tiempo de concentración, el valor hallado es inferior a 10 min, se seleccionará como mínimo 10 minutos para no sobre estimar el valor de la intensidad de precipitación, ya que 10 minutos se considera el valor crítico del Tc (Ministerio de Transporte de Colombia, 2009).

En la **Tabla 7** se detallan las diferentes ecuaciones para el tiempo de concentración para proyectos no urbanísticos, que incluyen proyectos de infraestructuras viales no urbanas y estructuras hidráulicas como puentes, pontones y Box Culvert. Por otro lado, en la **Tabla 8** se presentan ecuaciones para determinar el tiempo de concentración para proyectos urbanísticos, tales como Sistemas Urbanos de Desarrollo Sostenibles (S.U.D.S) que abarcan elementos como cárcamos, cunetas y tuberías.

Ecuación	Formulación	Variables	Aplicaciones, limitaciones y consideraciones de resultados obtenidos
Ecuación de Kirpich (Kirpich, 1940).	$Tc = 0.663 \left(\frac{L_s^2}{Sc}\right)^{0.385} * 60$	T_C = Tiempo de concentración (min) Ls = Longitud del cauce (km) Sc = Pendiente media del cauce (m/m)	*Kirpich (1940) calibró dos modelos empíricos para estimar el tiempo de concentración en pequeñas cuencas en Pensilvania y Tennessee, con áreas que variaban entre 0,4 y 45,3 Ha, con pendientes media entre 3% y 10%. Los valores de Tc estimados, se deben multiplicar por 0,4 (flujo de canal sobre suelo natural) y 0,2 (flujo de canal revestido en concreto) (Gericke & Smithers, 2014).*
Empírico (Flujo de canal) (Johnstone and Cross 1949, Fang et al. 2008)	$Tc = 0.0543 \left(\frac{Ls}{Sc}\right)^{0.5} * 60$	T_C = Tiempo de concentración (min) Ls = Longitud del cauce (km) Sc = Pendiente media del cauce (m/m)	*Johnstone y Cross (1949) desarrollaron una ecuación empírica para estimar el Tc, para cuencas hidrográficas en el río Scioto y Sandusky (Ohio) con áreas entre (65 y 4.206 km2) (Salimi, 2017). La ecuación de Johnstone y Cross relaciona para el cálculo del Tc la longitud y pendiente del canal (L/S) (Fang, Thompson, Cleveland, & Pradhan, 2007)*
California Culvert Practice (California Division of Highways 1960)	$Tc = (0.871 Ls^3 \Delta H^{-1.0})^{0.385} * 60$	T_C = Tiempo de concentración (min) ΔH = diferencia de elevación del canal principal (m) Ls = Longitud del cauce (km)	*Método desarrollado por la división de carreteras de california (1960), para pequeñas cuencas montañosas de California (Sharifi & Hosseini, 2011) y se obtuvo con datos de pequeñas cuencas en los EE.UU (Kaufmann, Almeida, Anache, Steffen, & Alves, 2014).*
Department of Public Works (1995)	$Tc = 0.00751 \left(\frac{11.9 Ls^3}{\Delta H}\right)^{0.385}$	Tc = Tiempo de concentración (min) ΔH = diferencia de elevación del canal principal (m) Ls= Distancia máxima (m) entre la división de la cuenca y la salida	*Esta fórmula fue desarrollada originalmente para pequeñas cuencas de montaña en California.(S. Grimaldi, , A. Petroselli , F. Tauro & M. Porfiri, 2012).*
Método Bransby-Williams (Williams 1922, Li y Chibber 2008)	$Tc = 0.683 \left(\frac{Ls\, A^{0.4}}{D\, Sc^{0.2}}\right) * 60$	T_C = Tiempo de concentración (min) A= Área de la cuenca en (Km2) Ls = Longitud del cauce (km) D = Diámetro de una cuenca circular (km) Sc = Pendiente media del cauce (%)	*Williams (1922) desarrollo un estudio sobre la descarga de inundaciones en la India y Haktanir y Sezen (1990) desarrollaron su metodología por medio de un análisis de regresión utilizando datos de cuencas ubicadas en Turquía (Kaufmann, Almeida, Anache, Steffen, & Alves, 2014). Este método está basado en el uso experimental para cuencas hidrográficas con áreas de drenaje menores a 129,5 km2. (Li & Chibber, 2008)*
Empírico (Flujo de canal) Colorado-Sabol method(Sabol 2008)	$Tc = 0.498 \left[\frac{A^{0.1}(Ls*Lc)^{0.25}}{Sc^{0.2}}\right] * 60 = i$ $Tc = 1.495 \left[\frac{A^{0.1}(Ls*Lc)^{0.25}}{Sc^{0.2}}\right] * 60 = ii$ $Tc = 0.963 \left[\frac{A^{0.1}(Ls*Lc)^{0.25}}{i_p^{0.36} Sc^{0.14}}\right] * 60 = iii$	T_C = Tiempo de concentración (min) Lc = Distancia centroide (km), A= Área de la cuenca en (Km2) Ls = Longitud del cauce (km) ip = factor de impermeabilidad (%) Sc = Pendiente media del cauce (m/m)	*Sabol (2008) propuso tres empíricas diferentes Métodos de CT para ser utilizados en regiones de drenaje con uso geomorfológico y del suelo distintivo características en el estado de Colorado, EE. UU. Se utilizaron análisis de regresión múltiple paso a paso. Para seleccionar las variables predictoras basadas en la geomorfología dela cuenca y variables de desarrollo. Posteriormente, las cuencas se agruparon como: (i) Montañas Rocosas, Grandes Llanuras y Meseta, (ii) rural y (iii) urbano. (Gericke & Smithers, 2014).*
Metodo empirico para flujo de canal	$Tc = 2.154 \left[\frac{n^{0.52} L_s^{0.5}}{i^{0.38} S_c^{0.31}}\right] * 60$	T_C = Tiempo de concentración (min) Ls = Longitud del cauce (km)	*Desarrollado en cuencas entre 2.6 y 334.4 km2 en Georgia EE.UU. Se realizaron analisis de regresion lineal multiple encontrando que la*

Ecuación	Formulación	Variables	Aplicaciones, limitaciones y consideraciones de resultados obtenidos
Sheridan's (1994, USDA NRCS 2010)	$Tc = 2.154\left[\frac{n^{0.52}2.2L_s^{0.92}}{i^{0.38}S_c^{0.31}}\right]$*60	i2= I critica Tc TR 2 años (mm/h) Sc = Pendiente media del cauce (m/m) n = Coeficiente de Rugosidad	*variable más significativa fue la longitud del cauce principal. (Gericke & Smithers, 2014).*
Ecuación de Ventura - Heras(Vahabzadeh, Saleh, Safari, & Khosravi, 2013)	$Tc = 0.30\left(\frac{Ls}{Sc^{0.25}}\right)^{0.75}$*60	T_C = Tiempo de concentración (min) Ls = Longitud del cauce (km) Sc = Pendiente media del cauce (%)	*Esta ecuación es aplicable a cuencas pequeñas (Vahabzadeh, Saleh, Safari, & Khosravi, 2013), adicional es utilizada en flujo de canales*

Tabla 7. Determinación del Tiempo de Concentración (Tc) para proyectos no urbanísticos.
Fuente: elaboración propia.

Ecuación	Formulación	Variables	Aplicaciones, limitaciones y consideraciones de resultados obtenidos
Ecuación de Kirpich (Kirpich, 1940).	$Tc = 0.0663\left(\frac{Ls^2}{Sc}\right)^{0.385}$	*Tc = Tiempo de concentración (hr)* *Ls = Longitud del cauce (km)* *Sc = Pendiente media del cauce (m/m)*	*Kirpich (1940) calibró dos modelos empíricos para estimar el tiempo de concentración en pequeñas cuencas en Pensilvania y Tennessee, con áreas que variaban entre 0,4 y 45,3 ha, con pendientes media entre 3% y 10%. McCuen et al. (1984) demostró que este método tuvo tendencia a subestimar el Tc en un 75% en cuencas urbanizadas con área entre 8 y 16 km², en las cuales predominaba el flujo de canal. Gericke, O. J., & Smithers, J. C. (2016), demostraron que al emplear esta ecuación en cuencas con áreas que variaban entre 17.35 y 598 km², y pendiente media entre 0.0173 y 0.1029 m/m, obtuvieron los sesgos positivos más pequeños (error medio de 16.8 horas y desviación estándar de 37.1%).*
California Culvert Practice (California Division of Highways 1960)	$Tc = 0.951Ls^{1.155}\Delta H^{-0.385}$	*Tc = Tiempo de concentración (hr)* *ΔH = diferencia elevación del canal principal (m)* *Ls = Longitud del cauce (km)*	*Método desarrollado por la división de carreteras de california (1960), para pequeñas cuencas montañosas de California (Sharifi & Hosseini, 2011) y se obtuvo con datos de pequeñas cuencas en los EE.UU. con áreas menores de 40.47km² (Kaufmann, Almeida, Anache, Steffen, & Alves, 2014). Lo anterior concuerda con los resultados obtenidos por Ravazzani, G., Boscarello, L., Cislaghi, A., & Mancini, M. (2019), donde estimaron el tiempo de concentración en 46 cuencas de del rio Po con areas entre 56 y 1.588 km² y pendientes de terrenos montañosos con variaciones entre 0.022 y 0.268 m/m. Los resultados mostraron valores de EMC = 8.21 horas, valores que en términos generales subestimaron moderadamente los valores del Tc, sin ser el peor ni el mejor resultado.*
Método de Carter	$Tc = 0.0977Ls^{0.6}Sc^{-0.3}$	*Tc = Tiempo de concentración (hr)* *Ls = Longitud del cauce (km)* *Sc = Pendiente media del cauce (m/m)*	*Método desarrollado para cuencas urbanas con áreas menores de 20,8 km² y canales con longitud inferior a 11,3 km (Sharifi & Hosseini, 2011). Se recomienda para cuencas cuyo cauce principal tiene un flujo de*

Ecuación	Formulación	Variables	Aplicaciones, limitaciones y consideraciones de resultados obtenidos
(Carter, 1961)			*canales naturales n entre 0.013 y 0.025, (Salimi, E. T. 2017), de ALMEIDA, I. K., ALMEIDA, A. K., ANACHE, J. A. A., STEFFEN, J. L., & SOBRINHO, T. A. (2014), afirman que esta ecuación se desarrolló a partir de datos de cuencas urbanas.*
Método TxDOT (1994).	$Tc = 0.369986(1.1 - C)Ls^{0.5}Sc^{-0.333}$	*Tc = Tiempo de concentración (hr)* *Ls = Longitud del cauce (km)* *Sc = Pendiente media del cauce (m/m)* *C = Coeficiente de escorrentía método Racional*	*Resulta de la modificación al modelo del método de la agencia federal de aviación (FAA, 1970) (Citado en (Li & Chibber, 2008). El departamento de transporte de Texas (TxDOT), adoptó en su manual de diseño hidráulico, la metodología planteada anteriormente para estimar el Tc en cuencas de la región de Texas (Fang, Thompson, Cleveland, & Pradhan, Variations of Time of Concentration Estimates Using NRCS Velocity Method, 2007). Li, M. H., Chibber, P., & Cahill, A. T. (2005) emplearon esta ecuación para comparar el valor del Tc con los resultados obtenidos del tiempo de viaje en una pista de prueba de escorrentia por impulso para la cual hallaron una ecuación. Concluyen que el metodo TxDOT tiende a sobre estimar el valor del Tc, arrojando resultados mas bajos en superficies de arcilla, asfalto y concreto, mientras que el grupo más alto indica el resultado en pastos.*
Simas - Hawkins (2002, Fang (2008)	$Tc = \frac{0.322A^{0.594}}{Ls^{0.594}Sc^{0.15}} \left[\frac{25400}{CN} - 254\right]^{0.313}$	*Tc = Tiempo de concentración (hr)* *A= Area de la cuenca en (Km2)* *Ls = Longitud del cauce (km)* *Sc = Pendiente media del cauce (m/m)* *CN = Número de curva*	*Método desarrollado en 168 cuencas de los Estados Unidos con áreas entre 0.001 y 14 km². de ALMEIDA, I. K., ALMEIDA, A. K., ANACHE, J. A. A., STEFFEN, J. L., & SOBRINHO, T. A. (2014), en su estudio utilizaron en una cuenca hidrográfica 30 metodologías empíricas para el cálculo del Tc, dentro de las cuales, el método de Simas - Hawkins fue clasificado en un grupo en el cual esta ecuación es apropiada para cuencas naturales.*
Ecuación de Ventura (Vahabzadeh, Saleh, Safari, & Khosravi, 2013)	$Tc = 0.067 \frac{Ls^{1.155}}{\left(\frac{\Delta H}{1000}\right)^{0.385}}$	*Tc = Tiempo de concentración (hr)* *Ls = Longitud del cauce (km)* *ΔH = Desnivel de la cuenca (km)*	*Esta ecuación es aplicable a cuencas pequeñas (Vahabzadeh, Saleh, Safari, & Khosravi, 2013). Los autores encontraron que, en una de las cuencas de estudio, la cual se subdividió en 6 subcuencas con pendientes que oscilaban entre 0.002627 y 0.024079 m/m y longitud del cauce principal entre 52.389 y 13.345 km, el método de Venturas, fue el segundo con mejores resultados con un valor del EMC de 2 horas. Esta ecuación es utilizada en flujo de canales.*

Tabla 8. Determinación del Tiempo de Concentración (Tc) para proyectos urbanísticos.
Fuente: elaboración propia.

3.2.4.3 Determinación de Caudal

La determinación del caudal es esencial para el diseño de las estructuras hidráulicas, ya que con este valor se determina el tamaño y la capacidad necesaria para manejar el flujo de agua y garantizar la seguridad y funcionalidad de estas estructuras. De la misma manera, es clave para prever y gestionar inundaciones e implementación de medidas preventivas para protección de áreas vulnerables.

En los siguientes numerales se presentará las diferentes formas o determinaciones de caudal por la consultoría.

3.2.4.3.1 Caudal modelo Precipitación – Escorrentía

Para la determinación del caudal por medio del modelo precipitación – escorrentía, se implementará el cálculo del caudal por el Método Racional basado en modelos de abstracción con un raciocinio simple, el cual será aplicado en cuencas menores de 250 ha como se recomienda en el Manual de Drenaje para Carreteras (Ministerio de Transporte; INVÍAS, 2011). Para la estimación del caudal por este método, se empleará la **Ecuación 3**.

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

Ecuación 3. Caudal de escorrentía por el método racional.
Fuente: (Monsalve Sáenz, 1999).

Donde:

- Q = Caudal de escorrentía en (m^3/s)
- C = Coeficiente de escorrentía
- I = Intensidad de precipitación en (mm/h)
- A = Área de la cuenca en (km^2)

3.2.4.3.1.1 Coeficiente de escorrentía (C)

El coeficiente de escorrentía C es la variable más sensible en la aplicación del método racional para la estimación de la escorrentía máxima en una cuenca hidrográfica. Este coeficiente representa la fracción de la precipitación que se convierte en escorrentía superficial y tiene una influencia significativa en la determinación de la tasa de escorrentía pico en relación con la intensidad de la lluvia para el área de drenaje en cuestión.

La selección del coeficiente de escorrentía C se llevará a cabo considerando una variedad de factores relacionados con las características físicas y la cobertura del suelo de la cuenca. Este coeficiente se ajusta en función del período de retorno del evento de precipitación, que es el intervalo de tiempo esperado entre eventos de lluvia de igual o mayor intensidad. La determinación del período de retorno se basa en análisis estadísticos de datos históricos de precipitación y en la evaluación de las características específicas de la superficie del área, como el tipo de suelo, la pendiente, el uso del suelo, y la cobertura vegetal.

El valor para la cobertura del suelo se obtendrá de la **Tabla 9**, en donde se observa que el coeficiente de escorrentía está asociado al periodo de retorno.

Coeficientes de Escorrentía para ser usados en el Método Racional						
Características de la Superficie	**Periodo de Retorno (años)**					
	2	**5**	**10**	**25**	**50**	**100**
Áreas Desarrolladas						
Asfáltico	0.73	0.77	0.81	0.86	0.90	0.95
Concreto / Techo	0.75	0.80	0.83	0.88	0.92	0.97
Zonas Verdes (jardines, parques, etc)						
Condición pobre (cubierta de pasto menor del 50% del área)						
Plano (0 - 2%)	0.32	0.34	0.37	0.40	0.44	0.47
Promedio (2 - 7%)	0.37	0.40	0.43	0.46	0.49	0.53
Pendiente superior a 7%	0.40	0.43	0.45	0.49	0.52	0.55
Condición promedio (cubierta de pasto del 50 al 75% del área)						
Plano (0 - 2%)	0.25	0.28	0.30	0.34	0.37	0.41
Promedio (2 - 7%)	0.33	0.36	0.38	0.38	0.45	0.49
Pendiente superior a 7%	0.37	0.40	0.42	0.42	0.49	0.53
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
Promedio (2 - 7%)	0.29	0.32	0.35	0.39	0.42	0.46
Pendiente superior a 7%	0.34	0.37	0.40	0.44	0.47	0.51
Áreas No Desarrolladas						
Áreas de Cultivos						
Plano (0 - 2%)	0.31	0.34	0.36	0.40	0.43	0.47
Promedio (2 - 7%)	0.35	0.38	0.41	0.44	0.48	0.51
Pendiente superior a 7%	0.39	0.42	0.44	0.48	0.51	0.54
Pastizales						
Plano (0 - 2%)	0.25	0.28	0.30	0.34	0.37	0.41
Promedio (2 - 7%)	0.33	0.36	0.38	0.42	0.45	0.49
Pendiente superior a 7%	0.37	0.40	0.42	0.46	0.49	0.53
Bosques						
Plano (0 - 2%)	0.22	0.25	0.28	0.31	0.35	0.39
Promedio (2 - 7%)	0.31	0.34	0.36	0.40	0.43	0.47
Pendiente superior a 7%	0.35	0.39	0.41	0.45	0.48	0.52

Tabla 9. Valores de coeficiente de escorrentía referencia.
Fuente: Tabla 15.1.1 Ven T Chow (Chow, Maidment, & Mays, Hidrología Aplicada, 2000).

3.2.4.3.1.2 Intensidad de precipitación

En este caso particular, la selección de la intensidad de precipitación será calculada de la ecuación sintética de Díaz-Granados mencionada en el **numeral 3.2.1.3.5**.

3.2.4.3.2 Caudal Por Abstracción

En este capítulo se realizará la estimación de caudales por el método de número de curva del SCS (Servicio de Conservación de Suelo de los Estados Unidos). Este procedimiento usa un modelo de precipitación efectiva por un evento de lluvia, asignando un numero de curva que permite conocer la condición hidrológica de la cuenca de estudio y depende del tipo de suelo y de las condiciones de cobertura de esta. Una vez calculada la precipitación efectiva, se estiman los caudales dando como resultado un hidrograma.

El Modelo de Abstracción por SCS permitirá determinar la precipitación efectiva producida por un evento de lluvia. Este método asigna un número de curva para cada tipo de suelo dependiendo de sus características de permeabilidad. La **Ecuación 4** es la que permite el cálculo de la profundidad de la precipitación de exceso o escorrentía.

$$P = \frac{(P_t - I_a)^2}{(P_t - I_a) + S}$$

Ecuación 4. Cálculo de profundidad de exceso o escorrentía.
Fuente: (United States Department of Agriculture, 1986).

La abstracción inicial I_a son todas las pérdidas que ocurren antes de que empiece la escorrentía, es decir, representa el agua retenida por depresiones, interceptada por vegetación, la evaporación e infiltración. Tras muchos estudios a cuencas se determinó que la abstracción inicial puede ser obtenida mediante la **Ecuación 5**.

$$I_a = 0.2S$$

Ecuación 5. Cálculo de abstracción inicial.
Fuente: (United States Department of Agriculture, 1986).

Teniendo en cuenta lo anterior, la ecuación para la escorrentía quedaría de la siguiente forma:

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

Ecuación 6. Cálculo de la escorrentía.
Fuente: (United States Department of Agriculture, 1986).

El valor de retención potencial máxima (S) después de que empieza la escorrentía está relacionado con el suelo y las condiciones de cobertura de la cuenca a través del CN, se puede calcular utilizando la siguiente expresión, **ecuación 6**.

$$S = 25.4\left(\frac{1000}{CN} - 10\right)$$

Ecuación 7. Cálculo de retención potencial máxima.
Fuente: (United States Department of Agriculture, 1986).

Donde

- P = Profundidad de precipitación efectiva (m)
- S= Retención potencial máxima (m)
- P_t = Profundidad de precipitación total (m).
- CN = Valor del número de curva

La aplicación de esta metodología se encuentra integrada en el software HEC-HMS, el cual será explicada en el **numeral 3.2.4.3.2.1**.

3.2.4.3.2.1 Estimación del caudal con HEC-HMS usando el modelo del SCS (NRCS)

El software HEC-HMS fue desarrollado por el cuerpo de ingenieros del ejército de los estados unidos, permite calcular el caudal de escorrentía y generar el hidrograma de lluvia donde se puede observar el caudal pico y el tránsito de duración de la lluvia. Para hacer uso del software será necesario contar con los siguientes datos:

- ✓ Hietograma de diseño en función de la duración de la lluvia.
- ✓ Numero de curva seleccionado.
- ✓ Tiempo de retardo (Lag Time) (min).
- ✓ Área de la cuenca en (km^2).
- ✓ Selección del método de estimación de pérdida. (SCS Curve Number)
- ✓ Método de transformación (SCS Unit Hydrograph)

El HEC-HMS es un sistema de modelación hidrológica desarrollado para estimar el caudal de escorrentía, volumen de agua en función del caudal generado por la lluvia y permite generar el hidrograma de lluvia de salida de una cuenca o varias microcuencas, estimando caudales pico y tiempos picos para condiciones de lluvia extrema en un día. Una de las ventajas de este método es que la perdida por infiltración se realiza con el método del número de curva el cual fue descrito anteriormente.

En **Figura 6**, se puede observar un ejemplo del área de una cuenca con la configuración dada en el software para la estimación del caudal de escorrentía. Del mismo modo, en la **Figura 7** se observa el hidrograma de lluvia de la cuenca para un periodo de retorno de 50 años y en la **Figura 8** se observa el hidrograma para un periodo de retorno de 100 años, cada una con su respectiva pérdida de precipitación por infiltración y la precipitación efectiva en escorrentía superficial.

Cabe resaltar que los hidrogramas de crecida nos permitirán representar gráficamente la duración de la lluvia desde el momento de inicio del evento hasta llegar al caudal pico el cual representa el mayor riesgo hidráulico, por consiguiente, será valor utilizado para el diseño de estas estructuras. En el eje de las ordenadas se puede ver representada la distribución de caudales de escorrentía y en el eje de las abscisas el tiempo de duración de la lluvia.

El área bajo la curva representa el volumen de agua que no es más que un producto de la distribución del caudal por el tiempo de duración de la lluvia; dicho de otra forma, un hidrograma es la representación gráfica de $Q = f(t)$.



Figura 6. Área de drenaje proyectada en HEC-HMS.
Fuente: Software HEC-HMS.

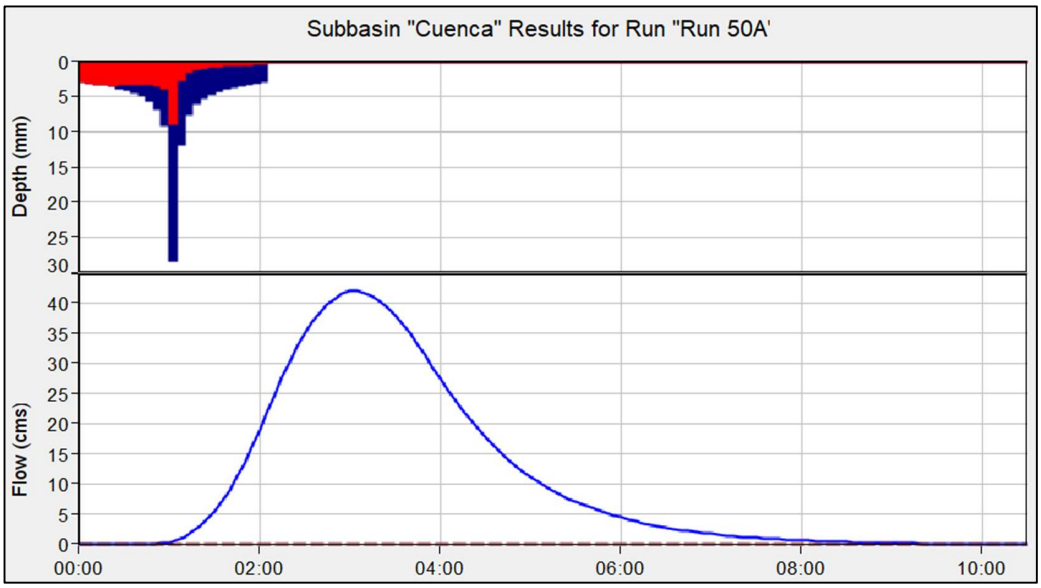


Figura 7. Hidrograma de crecida TR 50 Años.
Fuente: HEC-HMS.

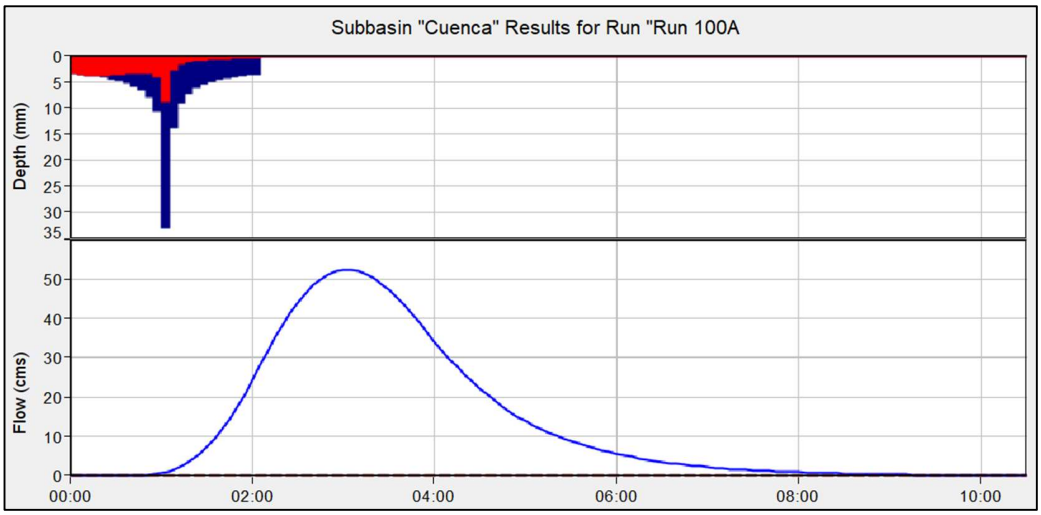


Figura 8. Hidrograma de crecida TR 100 Años.
Fuente: HEC-HMS.

3.2.4.3.2.1.1 Número de Curva (CN)

El número de curva (CN) es una variable adimensional en un rango de $0 \leq CN \leq 100$ en donde se tendrá en cuenta la descripción del uso de suelo o cobertura y la textura de este en función del grupo hidrológico del suelo que varían de A hasta D, como se presenta en la **Tabla 10** y **Tabla 11**.

Grupo Hidrológico	Textura del suelo
A	Arena, arena margosa o marga arenosa (capacidad de infiltración mayor a 7.63 mm)
B	Limo margoso o marga (capacidad de infiltración de 3.81 a 7.62 mm/h)
C	Margas arcillo arenosas (capacidad de infiltración de 1.27 a 3.81 mm/h)
D	Marga arcillosa, marga, arcillo limosa, arcilla arenosa, arcilla limosa o arcilla (capacidad de infiltración de 0 a 1.27 mm/h)

Tabla 10. Grupo hidrológico del suelo según el SCS, RAS.
Fuente: Tabla D.4.4. Titulo D, RAS (Ministerio de Desarrollo Económico, 2000).

Tipo de cobertura y condición hidrológica		Área impermeable promedio	Números de curva para cada tipo de suelos			
			A	B	C	D
Espacios abiertos	Cobertura pobre (cobertura de pastos <50%)		68	79	86	89
	Cobertura parcial (cobertura de pastos de 50% a 75%)		49	69	79	84
	Cobertura buena (cobertura de pastos >75%)		39	61	74	80
Áreas impermeables	Parqueaderos, techos, zonas pavimentadas, entre otros		98	98	98	98
Calles y carreteras	Andenes pavimentados y sumideros		98	98	98	98
	Zanjas o diques pavimentados		83	89	92	93
	Zona cubierta de gravas		76	85	89	91
	Zona cubierta de arenas o polvo		72	82	87	89

Tipo de cobertura y condición hidrológica		Área impermeable promedio	Números de curva para cada tipo de suelos			
			A	B	C	D
Zonas urbanas	Zonas comerciales y de negocios	85%	89	92	94	95
	Zona industrial	72%	81	88	91	93
Zonas residenciales (por tamaño del lote)	500 m² o menos	65%	77	85	90	92
	1000 m²	38%	61	75	83	87
	1350 m²	30%	57	72	81	86
	2000 m²	25%	54	70	80	85
	4000 m²	20%	51	68	79	84
	8000 m²	12%	46	65	77	82
Áreas urbanas permeables en desarrollo y sin vegetación			77	86	91	94

Tabla 11. Valores de número de curva referencia.
Fuente: Tabla D.4.5 Titulo D, RAS (Ministerio de Desarrollo Económico, 2000).

3.2.4.3.2.1.2 Tránsito de avenidas aplicando el método de Muskingum-Cunge

El método de Muskingum-Cunge es un enfoque usado para modelar la propagación de las crecidas en ríos y canales. Se basa en la idea de que el flujo de agua en un canal o río puede ser descrito mediante una serie de ecuaciones que representan cómo el agua se mueve a través de una sección del canal a lo largo del tiempo. El método de Muskingum-Cunge es una extensión del método de Muskingum y es más adecuado para condiciones no lineales. Donde se deberá conocer las características del cauce, como la geometría y la pendiente del cauce, datos hidrometeorológicos, insumos presentados en los numerales anteriores.

El método matemático se define que para cada intervalo de tiempo (t) y para cada segmento de cauce se calcula el flujo o caudal utilizando las siguientes fórmulas:

$$Q_i(t)$$

Ecuación 8. Estado del caudal en el Tiempo Actual.
Fuente: (Chow V. T., 1994).

$$Q_i(t - \Delta t)$$

Ecuación 9. Estado del caudal en el Tiempo Anterior.
Fuente: (Chow V. T., 1994).

$$Q_i(t - \Delta t) = K[X * Q_i(t) + (1 - X) * Q_i(t - \Delta t)]$$

Ecuación 10. Estado del caudal en el Tiempo Futuro.
Fuente: (Chow V. T., 1994).

Donde:

- i = Segmento de inicio.
- t= tiempo.
- $t - \Delta t$ = Diferencial de tiempo pasado.
- K = Coeficiente de Retardo.

- X = Coeficiente de Almacenamiento.

3.2.4.3.2.1.3 Tránsito de avenidas aplicando el método de Muskingum

La teoría del tránsito de avenida por Muskingum, aplica el fenómeno que sucede en una cuenca que tiene un cauce principal ante un evento pluvial generando así una cantidad de escorrentía, es decir, un hidrograma que transita hasta el punto de salida, donde muestra un aumento de atenuación y retardo, debido a las condiciones topográficas variables en la entrada y salida.

Es decir, el hidrograma observado en A, al transitar y llegar al punto B tienden a mostrar mayor atenuación y retardo; similar desde B hasta C. El cálculo del tránsito de avenidas es obtener el hidrograma de salida de una cuenca a partir de los datos de entrada. Para efectos prácticos es importante determinar la atenuación de un hidrograma con pico definido para tomar medidas de prevención aguas abajo, similar a los sistemas de alerta temprana.

Esto se realiza en la cuenca de la quebrada aportante al puente debido a que las condiciones morfométricas lo ameritan, la teoría es aplicada por medio de este método con el fin de atenuar el valor del caudal optimizando así el análisis bidimensional a emplear en dicha cuenca.

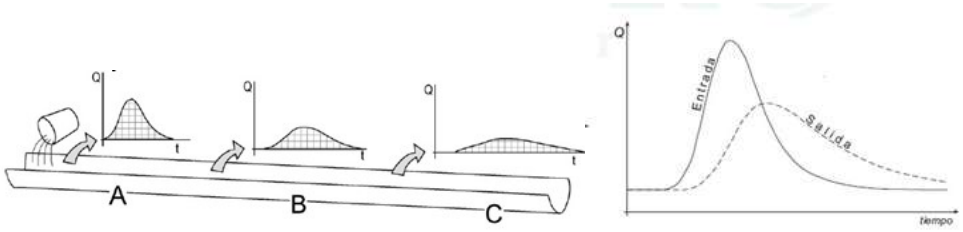


Figura 9. Atenuación de hidrograma.
Fuente: (Monsalve Sáenz, 1999).

El método de Muskingum se desarrolló en la década de 1930 en relación con el diseño de obras de protección contra inundaciones en la cuenca del río Muskingum, Ohio. Se basa en la ecuación diferencial de almacenamiento:

$$I - O = \frac{dS}{DT}$$

Ecuación 11. Determinación diferencial de almacenamiento.
Fuente: (Monsalve Sáenz, 1999).

Dónde:

- I = flujo de entrada.
- O = flujo de salida.
- dS/dt = almacenamiento.

En el método el almacenamiento es una función lineal del flujo de entrada y salida.

$$S = K[X * I + (1 - X) * O]$$

Ecuación 12. Cálculo de volumen almacenado.
Fuente: (Monsalve Sáenz, 1999).

Dónde:

S= volumen almacenado
K= coeficiente de almacenamiento (constante de tiempo)
X= factor de ponderación (adimensional).
I = Flujo de entrada (m^3/s)
O = Flujo de salida (m^3/s)
K =Coeficiente de retardo en horas (m^3/s-hr) o segundos (m^3/s).

El tránsito de un tramo de cauce responde a la idea básica de un depósito lineal.

$$\frac{I_1 + I_2}{2} - \frac{O_1 + O_2}{2} = \frac{S_2 + S_1}{\Delta t}$$

Ecuación 13. Estimación de tránsito de un tramo de cauce.
Fuente: (Monsalve Sáenz, 1999).

Expresado en nivel 1 y 2:

$$S_1 = K[X * I_1 + (1 - X)O_1]$$

$$S_2 = K[X * I_2 + (1 - X)O_2]$$

$$O_2 = C_0 I_2 + C_1 I_1 + C_2 O_1$$

Ecuación 14. Cálculo de flujo de salida en función de coeficientes Muskingum.
Fuente: (Monsalve Sáenz, 1999).

Dónde: C_0, C_1 y C_2 con coeficientes de tránsito.

$$C_0 = \frac{\frac{\Delta t}{K} - 2X}{2(1 - X) + \frac{\Delta t}{K}}$$

$$C_1 = \frac{\frac{\Delta t}{K} + 2X}{2(1 - X) + \frac{\Delta t}{K}}$$

$$C_2 = \frac{2(1 - X) - \frac{\Delta t}{K}}{2(1 - X) + \frac{\Delta t}{K}}$$

Ecuación 15. Cálculo de coeficientes de tránsito.
Fuente: (Monsalve Sáenz, 1999).

Dado un hidrograma de flujo de entrada, una condición de flujo inicial, un intervalo de tiempo elegido y los coeficientes de tránsito se pueden calcular.

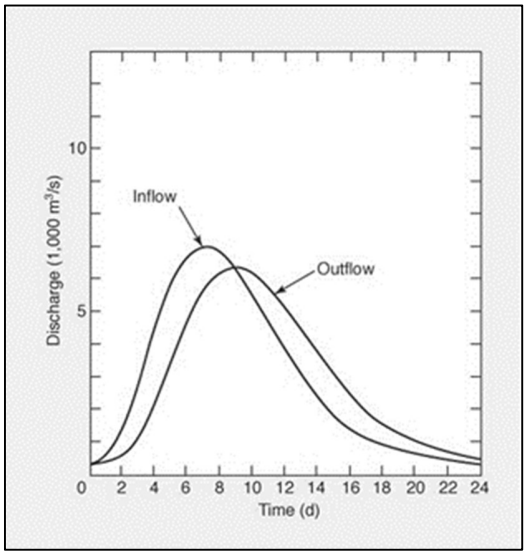


Figura 10. Hidrograma de flujo en un intervalo de tiempo definido.
Fuente: (Monsalve Sáenz, 1999).

El parámetro K es una función de la longitud del alcance del canal y la velocidad de la onda de inundación; a la inversa, el parámetro X es función de las características del flujo y del canal que provocan la difusión de la escorrentía. Por lo tanto, K representa la parte de traslación (o concentración). Asimismo, X se restringe en el rango $0.00 \leq X \leq 0.50$. Los valores de X superiores a 0.50 producirán una amplificación del hidrograma (es decir, difusión negativa), que no se corresponde con la realidad (según los números de Froude aplicables a los caudales de crecida).

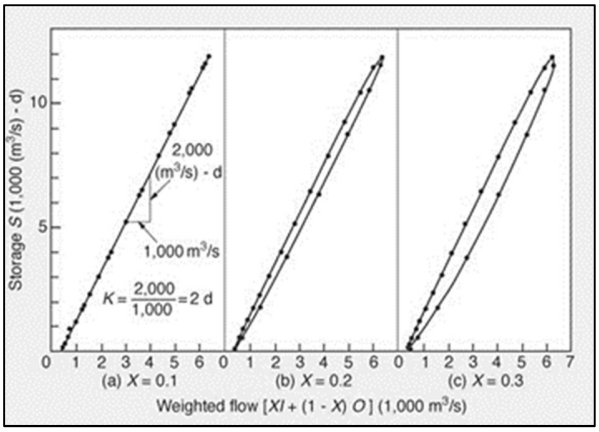


Figura 11. Calibración de los parámetros de Tránsito de Muskingum.
Fuente: (Ponce, 2014).

Una vez determinado los parámetros antes mencionados, se empleará en Software HEC-HMS en los cauces donde se requieran el tránsito de avenida para la atenuación del caudal según lo descrito en el **numeral 3.2.4.3.2.1.3**.

3.2.5 Análisis Hidráulico

Una vez realizado el análisis hidrológico, el trabajo de campo de la zona de estudio y calculado el caudal de escorrentía que será transportado, se procederá a realizar el análisis hidráulico de todas las estructuras o estudios propuestos donde generalmente se implementarán en función del análisis hidrológico, estaciones de aforo y mediciones, con el fin de garantizar el buen funcionamiento en función de la capacidad hidráulica de las estructuras o cauces con el fin de mitigar riesgos de inundación y se describirán cuáles serán las estructuras de donde evacuarán las escorrentías superficiales del proyecto de ser necesario.

3.2.5.1 Análisis Hidráulico en Función del Análisis Hidrológico

Con la realización del análisis hidrológico correspondiente para la zona de estudio se conocerá el caudal de diseño, el cual hace referencia al caudal que transitará por la estructura o cuerpo de agua analizado. Con la información obtenida y mediante métodos como el de Manning y las ecuaciones de contracción se determinará la capacidad hidráulica de los diferentes componentes del sistema hidráulico de drenaje, tales como ríos, quebradas, Box Culverts, lagunas de detección y Sistemas Urbanos de Drenaje Sostenible (S.U.D.S.).

3.2.5.1.1 Análisis Hidráulico De La Sección Vial

Una vez realizado el análisis hidrológico de la zona de estudio y calculado el caudal de escorrentía que será transportado por cada tramo vial, se procederá a realizar el análisis hidráulico de los tramos mencionados con el fin de garantizar el buen funcionamiento con relación a la capacidad hidráulica de la sección transversal de la vía extraída del insumo del diseño geométrico.

Con esto se buscará valorar la capacidad hidráulica de las secciones trasversales de los diferentes alineamientos, tal procedimiento se realizará calculando el tirante normal en función del factor de sección de flujo uniforme, **Ecuación 16**. La ecuación para el cálculo del factor de sección se reduce desde la ecuación de Manning para flujo uniforme, **Ecuación 17.**

$$Q = \frac{1}{n} AR^{2/3}\sqrt{S}$$

Ecuación 16. Fórmula de Manning.
Fuente: (Chow V. , Hidráulica de Canales Abiertos, 1959).

Donde

Q = Caudal en (m^3/s)
A = Área de la sección de flujo de agua (m^2)

Como el caudal es un valor conocido al ser calculado previamente, el área hidráulica y la pendiente se conoce del diseño geométrico y el coeficiente de rugosidad del diseño de pavimento, se aplica la **Ecuación 17** donde el área y radio hidráulico se encuentran en función del tirante.

$$AR^{2/3} = \frac{Qn}{\sqrt{S}}$$

Ecuación 17. Fórmula de Factor de Sección.
Fuente: (Chow V. , Hidráulica de Canales Abiertos, 1959).

3.2.5.2 Dimensionamiento Hidráulico De Estructuras

Para realizar el análisis hidráulico se deberá conocer las variables fundamentales, ya sean dependientes o independientes. De igual forma, se deberá conocer el intervalo de las magnitudes con que se calcularán o estimarán en el diseño hidráulico para garantizar el buen funcionamiento del proyecto.

3.2.5.2.1 Velocidad Máxima Permitida

Obedece a velocidades máximas permitidas para evitar que se presente el fenómeno de la erosión en el cuerpo de la cuenca. El control de velocidad se realizará en función del caudal de diseño obtenido durante la modelación hidráulica por medio de la **Ecuación 18** y tomando los valores de referencia de la **Tabla 12**.

- $V = \frac{1}{n} R(h)^{2/3}\sqrt{S}$

Ecuación 18. Fórmula de Manning.
Fuente: (Chow V. , Hidráulica de Canales Abiertos, 1959)

Material	Velocidad Máxima (m/s)
Ladrillo común	3.0
Ladrillo vitrificado	5.0
Arcilla vitrificada (gres)	4.0
Concreto 175 kg/cm²	6.0
Concreto 210 kg/cm²	10.0
Concreto 280 kg/cm²	15.0
Concreto 350 kg/cm²	20.0

Tabla 12. Valores máximos de velocidades en canales revestidos.
Fuente: Tabla 4.2 Manual de drenaje vial INVIAS.

3.2.5.2.2 Coeficiente de rugosidad (n)

El coeficiente de rugosidad se seleccionará en función de la cobertura del suelo y se toma como referencia de los valores establecidos en la **Tabla 6**.

3.2.5.2.3 Caudal de Diseño

Los caudales de diseño se extraerán del análisis hidrológico previamente realizado según lo metodología aplicada en el **numeral 3.2.4.3**.

3.2.5.2.4 Pendiente

La pendiente se seleccionará del insumo de diseño vertical de la vía. Para el análisis hidráulico se seleccionarán las pendientes de la topografía de zona de estudio, típicamente en zonas planas, la pendiente de diseño obedece a la diferencia de nivel de los dos extremos en relación con la distancia horizontal, pendiente expresada en **m/m** y varía según topografía.

3.2.5.3 Dimensionamiento Hidráulico de Cárcamos

Las ecuaciones presentadas en el **numeral 3.2.5.1.1** aplican en su totalidad para el pre-dimensionamiento de estructuras hidráulicas tipo cárcamos y zanja de coronación en los cuales se realizarán los ajustes pertinentes en la información de geometrías hidráulicas.

3.2.5.4 Dimensionamiento Hidráulico de Cunetas en Función de su Longitud

El drenaje longitudinal de una vía deberá considerar una pendiente asociada a la condición de autolimpieza (arrastre de partículas que pueden quedar depositadas) y la que produciría velocidades erosivas (aceleración del desgaste y abrasión). La corriente no deberá producir daños importantes por erosión en la superficie del cauce o conducto. Por lo tanto, la velocidad media debe no exceder las máximas velocidades admisibles.

Si es necesaria la implementación de la estructura, se analizará la longitud de las cunetas para el proyecto, se hace la comparación con el caudal capaz de soportar la geometría de la cuneta y el caudal de captación en tal tramo, donde el caudal captado por la cuneta debe ser mayor al caudal de escorrentía del tramo estudiado y en caso de presentarse una situación en donde los tramos de la cuneta presentan desbordamiento, se localizarán estructuras tipo box culverts.

En la **Tabla 13** se observa un resumen de los valores para el chequeo y la sección de cuneta a emplear se puede observar en la **Figura 12**.

TRIANGULAR	I	II
Z1 =	0.00	2.15
Z2 =	1.50	0.35
d (m) =	0.25	0.20
a (m) =	0.30	0.43
c (m) =	0.38	0.07
n =	0.02	0.02
	Terreno	Concreto

Tabla 13. Dimensiones de la cuneta a emplear.
Fuente: Elaboración propia.

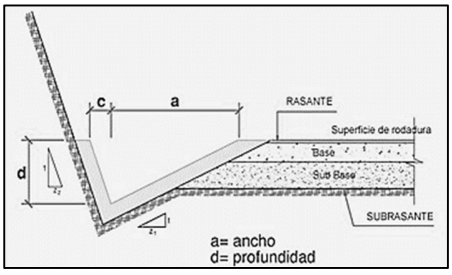


Figura 12. Sección típica cuneta triangular seleccionada.
Fuente: (Ministerio de Transporte; INVÍAS, 2011).

3.2.5.5 Dimensionamiento Hidráulico de Tuberías

En el siguiente numeral se detallarán las diversas técnicas y metodologías utilizadas en el análisis hidráulico para tuberías, abarcando tanto el flujo libre como el flujo a presión simple. Asimismo, se proporcionará una descripción detallada de cada enfoque.

3.2.5.5.1 Tuberías a Flujo Libre

Una vez realizado el análisis hidráulico y seleccionado el tipo de tubería para captar el caudal de diseño, se hará necesario dimensionar el diámetro de la tubería para realizar la entrega final a los cuerpos de aguas o estructuras hidráulicas existentes y aledañas al proyecto. Para el manejo de las escorrentías superficiales y subsuperficiales se realizará por medio de una combinación de drenaje, transportando a puntos específicos las aguas sobre el proyecto. El análisis de la red de tuberías a flujo libre se fundamenta en el cálculo de la profundidad hidráulica como se explicará a continuación.

3.2.5.5.1.1 Control de profundidad hidráulica

Se debe realizar un control de la profundidad hidráulica como se menciona en el **artículo 151 de la resolución 0330 de 2017**, donde definen que la relación máxima permisible entre la profundidad hidráulica (y) y diámetro interno de la tubería (**d_o**) en el alcantarillado pluvial no deberá exceder el 94%.

$\frac{y}{d_o}$	$\frac{A}{d_o^2}$	$\frac{P}{d_o}$	$\frac{R}{d_o}$	$\frac{T}{d_o}$	$\frac{D}{d_o}$	$\frac{A\sqrt{D}}{d_o^{5/2}}$	$\frac{AR^{2/3}}{d_o^{8/3}}$
0.01	0.0013	0.2003	0.0066	0.1990	0.0066	0.0001	0.0000
0.05	0.0147	0.4510	0.0326	0.4359	0.0336	0.0027	0.0015
0.10	0.0409	0.6435	0.0635	0.6000	0.0682	0.0107	0.0065
0.15	0.0739	0.7954	0.0929	0.7141	0.1034	0.0238	0.0152
0.20	0.1118	0.9273	0.1206	0.8000	0.1398	0.0418	0.0273
0.25	0.1535	1.0472	0.1466	0.8660	0.1774	0.0646	0.0427
0.30	0.1982	1.1593	0.1709	0.9165	0.2162	0.0921	0.0610
0.35	0.2450	1.2661	0.1935	0.9539	0.2568	0.1241	0.0820
0.40	0.2934	1.3694	0.2142	0.9798	0.2994	0.1603	0.1050
0.45	0.3428	1.4706	0.2331	0.9950	0.3446	0.2011	0.1298
0.50	0.3927	1.5708	0.2500	1.0000	0.3928	0.2459	0.1558
0.55	0.4426	1.6710	0.2649	0.9950	0.4448	0.2949	0.1825
0.60	0.4920	1.7722	0.2776	0.9798	0.5022	0.3438	0.2092
0.65	0.5404	1.8755	0.2881	0.9539	0.5666	0.4066	0.2358
0.70	0.5872	1.9823	0.2962	0.9165	0.6408	0.4694	0.2608
0.75	0.6318	2.0944	0.3017	0.8660	0.7296	0.5392	0.2840
0.80	0.6736	2.2143	0.3042	0.8000	0.8420	0.6177	0.3045
0.85	0.7115	2.3462	0.3033	0.7141	0.9964	0.7098	0.3212
0.90	0.7445	2.4981	0.2980	0.6000	1.2408	0.8285	0.3324
0.94*	0.7662	2.6467	0.2896	0.4750	1.6130	0.9725	0.3353
0.95	0.7707	2.6906	0.2864	0.4359	1.7682	1.0242	0.3349
1.00	0.7854	3.1416	0.2500	0.0000	∞	∞	0.3117

*Maximum flow occurs at 0.94 full depth.

Tabla 14. Elementos geométricos para una sección circular.
Fuente: Tabla 10.1. (Gupta, 2017).

En la **Tabla 14**, se pueden observar los diferentes valores para diferentes profundidades hidráulicas. Para el diseño de la red de drenaje utilizando un conducto cerrado, se utilizará como control el factor de sección para flujo uniforme según **Ecuación 19** para un valor de profundidad hidráulica equivalente a (**y/do) = 0.94**.

$$\frac{AR^{2/3}}{do^{8/3}} = 0.3353$$

Ecuación 19. Factor de sección.
Fuente: (Gupta, 2017).

3.2.5.5.1.2 Control de velocidades

Se deberá realizar un control de velocidad máxima de una tubería por gravedad la cual no sebe sobrepasar **10.0m/s** según la Resolución 0330 de 2017. El control de velocidad se realiza en función del caudal de diseño.

3.2.5.5.2 Tuberías a presión simple

En este numeral se hará la verificación hidráulica de las tuberías que funcionarán a presión simple por efecto de la gravedad y la presión atmosférica, en el caso de tuberías a presión, la sección de tubería trabajará a flujo lleno y se calculará el diámetro de esta en función de la energía disponible, comprobando la situación de la línea de pérdidas de carga respecto a la propia conducción y viendo el acondicionamiento del trazado sobre la misma.

Es necesario aclarar que existen dos metodologías propuestas para el proceso de diseño de una tubería a presión simple, a continuación, se describen las condiciones o requerimientos para emplear cada procedimiento:

- **Bajas perdidas menores:** Si la suma de las perdidas menores es inferior al 30% de las perdidas por fricción.
- **Altas perdidas menores:** Cuando las perdidas menores causadas por los accesorios son mayores al 30% de las perdidas por fricción.

Inicialmente se calculará la sumatoria de perdidas por accesorio mediante la **Ecuación 20**, para definir la metodología a emplear en el diseño. En la se presenta el coeficiente de pérdida por accesorio a emplear.

$$\sum h_m \leq 0.3 h_f$$

Ecuación 20. Sumatoria de pérdidas por accesorios.
Fuente: (Saldarriaga, 2019).

Donde

$\sum h_m$ = *Sumatoria de perdidas por accesorios.*
h_f = *perdidas por fricción.*

Accesorio	Km
Válvula de globo, completamente abierta	10.0
Válvula de Mariposa, completamente abierta	5.0
Válvula de Cheque, completamente abierta	2.5
Válvula de Compuerta, completamente abierta	0.2
Codo de radio corto	0.9
Codo de radio medio	0.8
Codo de gran radio	0.6
Codo de 45°	0.4
Te, en sentido recto	0.3

Accesorio	Km
Te, a través de la salida lateral	1.8
Unión	0.3
Ye de 45°, en sentido recto	0.3
Ye de 45°, salida lateral	0.8
Entrada recta a tope	0.5
Entrada con boca acampanada	0.1
Entrada con tubo entrante	0.9
Salida	1.0

Tabla 15. Coeficientes de perdidas por accesorios.
Fuente: Ilustración 2-2 libro Hidráulica de tuberías (Saldarriaga, 2019).

Una vez seleccionado los parámetros anteriormente seleccionado, se describirá los parámetros físicos de la tubería como lo es la rugosidad absoluta, temperatura, peso específico, densidad, viscosidad dinámica, viscosidad cinemática del agua y la gravedad.

3.2.5.5.3 Dimensionamiento Hidráulico de Sumideros de Ventana

En un tramo de vía con pendiente, la capacidad de interceptación de un sumidero lateral dependerá en gran parte de la profundidad del flujo junto al cordón del andén, la capacidad de interceptación y la eficiencia del sumidero lateral aumentan cuando se tiene una cuneta deprimida en el cordón de andén, ya que se incrementa la lámina de agua y el flujo adyacente del cordón del andén.

La condición hidráulica de un sumidero lateral localizado en un punto bajo de la vía equivale a un vertedero de cresta ancha, o bien a la descarga a través de un orificio, dependiendo en cada caso de la altura de la lámina de agua en el sardinel o cordón del andén.

Los sumideros laterales también se emplean como elementos de captación de la escorrentía en vías confinadas por cordones de anden o sardineles. Estos elementos y la pendiente transversal de la calzada determinan una sección triangular para el flujo de aproximación al sumidero, la cual tiene poca profundidad y un ancho superficial condicionado por las normas que limitan el grado de interferencia con el tránsito de vehículos (Díaz, 2019).

Para realizar el cálculo del caudal captado por los sumideros se tiene en cuenta la **Ecuación 21**:

$$Q_c = Q\left[1 - \left(1 - \frac{L_e}{L_t}\right)^{1.8}\right]$$

Ecuación 21. Caudal Captado.
Fuente: (Díaz, 2019).

Donde

Q_c= *Caudal Captado*
Q= *Caudal de escorrentía*
L_e=*Longitud efectiva del sumidero lateral*
L_t=*Longitud efectiva el sumidero lateral para interceptar el 100% del flujo*

Entonces

$$L_e = L_c\ (\ 1 - C)$$

Ecuación 22. Longitud del bordillo.
Fuente: (Díaz, 2019).

Lc=Longitud estándar de un sumidero lateral, es decir, longitud del bordillo
C= 0.10

Entonces

$$L_t = K_c * {Q_s}^{0.42} * {S_o}^{0.3} * (\frac{1}{n * S_e})^{0.6}$$

Ecuación 23. Longitud efectiva.
Fuente: (Díaz, 2019).

Donde

K_c=Coeficiente de unidades 0.817 para sistema internacional y 0.6 para sistema inglés
Q_s= Caudal de la calle o Caudal de escorrentía
S_o=Pendiente Longitudinal
n=Coeficiente de rugosidad de Manning
S_e=Pendiente equivalente
Para cuneta con depresión

$$S_e = S_x + S_w + E_w$$

Ecuación 24. Pendiente equivalente.
Fuente: (Díaz, 2019).

Donde

Sx=Bombeo o pendiente transversal
S_w=Pendiente transversal en la cuneta
E_w=Relación de flujo frontal

$$E_w = {Q_w}/{Q_s}$$

Ecuación 25. Relación de flujo frontal.
Fuente: (Díaz, 2019).

Q_w= Flujo frontal transportado por ancho de la cuneta
Q_s= Flujo transportado por la calle
Para una cuneta sin depresión

$$S_e = S_X$$

Ecuación 26. Pendiente.
Fuente: (Díaz, 2019).

Donde

S_x= Pendiente de bombeo

3.2.5.5.4 Análisis Hidráulico de Rejillas de Captación

Una vez valorada la capacidad hidráulica de cada tramo vial en función del tirante hidráulico (altura del bordillo), se procederá a realizar el diseño de las rejillas óptimas en caso de ser necesarias, esto para la captación de los caudales de las vías. El diseño pretenderá determinar el largo real, el número total de espacios, cálculo de pérdidas de la rejilla y estimar los caudales de excesos en caso tal que la capacidad de captación de los caudales generados, los caudales posteriormente entregarán las escorrentías superficiales a la red de drenaje pluvial por medio de tubería. El análisis hidráulico se realizará para un periodo de retorno de 5 años conforme a lo descrito en el **numeral 3.2.1.3.4**.

Con la determinación de los caudales que captaran los sumideros correspondientes a los evaluados en el proyecto, se planteará una geometría inicial para rejillas, cuya longitud corresponde al ancho de las vías a evaluar; se establecerá el ancho de la rejilla, el diámetro de los barrotes, la separación de estos y el coeficiente de captación de la rejilla como orificio sumergido. Posteriormente se determinará el valor de la lámina de agua de diseño con la **Ecuación 27**:

$$H = \left(\frac{Q_d}{1.84 \cdot L}\right)^{2/3}$$

Ecuación 27. Lámina de agua de diseño.
Fuente: (Díaz, 2019).

Donde

H = Lámina de agua de diseño (m).
Q_d = Caudal de diseño (m^3/s).
L = Ancho de la calzada (m).

Luego se estimará la corrección de la longitud de la rejilla por las dos contracciones laterales, para ellos se utiliza la **Ecuación 28**.

$$L' = L - 0.2H$$

Ecuación 28. Corrección por contracción.
Fuente: (Díaz, 2019).

Donde

L'= Corrección por contracción (m).
L = Ancho de la calzada (m).
H = Lámina de agua de diseño (m).

Teniendo esta corrección, se procederá a determinar la velocidad de flujo sobre la vía con la **Ecuación 29**, y en cuanto a la velocidad entre barrotes se establece según lo indicado en el numeral 4.5.4 del RAS 2000 en su título B.

$$V_r = \frac{Q_d}{L' \cdot H}$$

Ecuación 29. Velocidad de flujo.
Fuente: (Ministerio de Desarrollo Económico, 2000)

Con la **Ecuación 30, Ecuación 31** y la **Ecuación 32**, se determinará el área neta de la rejilla, la longitud de la rejilla y el número de orificios, en función del caudal captado y las condiciones de diseño establecidas. Los resultados pretenderán estimar cual es la longitud de la rejilla capaz de captar el caudal de escorrentía generado. Es preciso que los resultados sean comparados con el predimensionamiento inicial y considerar los alcances constructivos de manera objetiva en concordancia con la rejilla seleccionada.

$$A_n = \frac{Q_d}{C_d \cdot V_b}$$

Ecuación 30. Área neta de la rejilla.
Fuente: (Díaz, 2019).

$$L_r = \frac{A_n \cdot (a + b)}{a \cdot B}$$

Ecuación 31. Lámina de agua de diseño.
Fuente: (Díaz, 2019).

$$N = \frac{A_n}{a \cdot B}$$

Ecuación 32. Número de orificios.
Fuente: (Díaz, 2019).

Donde

A_n = Área neta de la rejilla (m^2).
Q_d = Caudal de diseño (m^3/s).
C_d = Coeficiente para la captación de la rejilla como orificio sumergido.
V_b = Velocidad de flujo entre barrotes (m/s).
L_r = Lámina de agua de diseño (m).
a= separación entre barrotes (m).
b= Diámetro de los barrotes (m).
B= Ancho de la rejilla (m).
N= Numero de orificios.

3.2.5.5.5 Lagunas de Detección

Las lagunas de retención hacen parte integral de los sistemas urbanos de desarrollo sostenible SUDS y tienen como ventaja la capacidad de almacenar un volumen de agua que permite amortiguar la escorrentía superficial asociada a un periodo de retorno, adicional tiene una gran aceptabilidad en

proyectos de desarrollo urbano desde la parte estética y paisajística. Por otro lado, juega un papel potencial desde el punto de vista ecológico.

Este numeral se centra en encontrar las dimensiones de las lagunas de retención asociado a un periodo de retorno de 10 años. La finalidad es amortiguar el caudal seleccionado para una cobertura con área desarrollada.

- **Calculo volumen de excesos de los lagos**: Como primera medida es necesario conocer cuál es el volumen de exceso producido por el cambio de cobertura del suelo, tal cantidad se selecciona haciendo una superposición de los caudales asociados al tiempo de duración de la lluvia. Los volúmenes presentados se extraen del software HEC-HMS.
- **Calculo variación (O) de salida en función de altura de exceso y ancho de vertedero:** Una vez definidas las dimensiones de la laguna de detención se debe definir al ancho del vertedero, el cual me permite controlar la variación del caudal de salida en función de la altura. Se selecciona un vertedero rectangular para el cual se utiliza la **Ecuación 33.**

$$O = 3.18 * b * h^{\frac{2}{3}}$$

Ecuación 33. Variación de caudal a la salida del embalse.
Fuente: (Díaz, 2019).

Donde

O = Variación de caudal a la salida del embalse (m^3/s).
b = Ancho del vertedero (m).
h = Altura a la salida del vertedero (m).

Posteriormente conociendo el área del embalse o laguna de detención se podrá calcular la variación de volumen almacenado en función de la altura, en este caso se calculará el volumen por encima de la altura del vertedero con la **Ecuación 34**.

$$S = A * h$$

Ecuación 34. Variación de volumen por encima del vertedero.
Fuente: (Díaz, 2019).

Donde

S = Variación de volumen por encima del vertedero (m^3).
A = Área del vertedero (m^2).
h = Altura a la salida del vertedero (m).

Por último, se calculará con un diferencial de tiempo (Δt) los datos para el hidrograma de salida en función del volumen y el caudal para lo cual se empleará la expresión presentada en la **Ecuación 35**. El valor de (Δt) será constante y equivalente a 15 min (900 s).

$$\left(\frac{2S}{\Delta t}\right) + O$$

Ecuación 35. Expresión para hidrograma de salida.
Fuente: (Díaz, 2019).

- **Hidrogramas de entrada y salida del vertedero:** Con la ecuación encontrada para cada modelo de cada embalse, se procederá a diseñar el hidrograma que permite controlar el caudal a la salida del vertedero, para lo cual será necesario definir un intervalo de tiempo el cual será de 5 min. La finalidad del trabajo en este numeral es controlar el volumen de exceso una vez sea desarrollada el área de la cuenca, por tal motivo se toma como referencia el hidrograma asociado al tiempo de duración de la lluvia calculado en HEC-HMS el cual se llama caudal cobertura futura y se denotará como (I). Posteriormente los valores de (**I**) deben ser acumulados ($\mathbf{I_{i-1} + I_i}$) ya que serán considerados más adelante como parte integral de las siguientes ecuaciones.

$$\left(\frac{2S_i}{\Delta t} + O_i\right) = (I_{i-1} + I_i) + \left(\frac{2S_{i-1}}{\Delta t} - O_{i-1}\right)$$

$$\left(\frac{2S_i}{\Delta t} - O_i\right) = \left(\frac{2S_i}{\Delta t} + O_i\right) - 2O_i$$

$$O = C_1\left(\frac{2S_i}{\Delta t} + O_i\right)^2 + C_2\left(\frac{2S_i}{\Delta t} + O_i\right) - C_3$$

Ecuación 36. Variación de caudal a la salida del vertedero.
Fuente: (Díaz, 2019).

Donde

O = Variación de caudal a la salida del vertedero.
C_1, C_2 y C_3 = Coeficientes de determinación.

La **Ecuación 36** será ecuación encontrada en el modelo de tendencia polinómica de la curva de variación de caudal para la laguna de detección. Estos modelos serán seleccionados ya que su coeficiente de determinación será muy cercano a 1.

En los resultados se presentará el proceso de cálculo en función de las ecuaciones mencionadas anteriormente. Como se mencionó anteriormente el intervalo de tiempo es de 5 min. Y finalmente se consignará el hidrograma que permite observar la variación de caudal en función del tiempo tanto para la entrada (I) como a la salida (O) del embalse.

3.2.5.6 Análisis Hidráulico en Función de Estaciones de Aforo y Medición

Cuando para el proyecto en cuestión se cuente con estaciones de aforo, es decir, estaciones limnimétricas o limnigráficas, se podrá obtener el caudal que transita por el cuerpo de agua a partir de datos directos de nivel de la lámina de agua y de la sección transversal. Estos datos serán sometidos a un análisis de sensibilidad para calibrar en función de la pendiente y del coeficiente de rugosidad el caudal que se ingresará a la modelación y permitirá la mejor representación de comportamiento real del cauce analizado.

3.2.6 Modelación Hidráulica

Una vez completado el análisis hidráulico de las estructuras requeridas para el proyecto, se llevará a cabo la modelación hidráulica para comprender y prever el comportamiento de dichas estructuras dentro de los sistemas pluviales. Esta modelación se realizará bajo diversas condiciones, considerando los períodos de retorno seleccionados, con el objetivo de evaluar de manera precisa el rendimiento y la eficacia de las soluciones propuestas en diferentes escenarios hidrológicos.

3.2.6.1 Modelación Hidráulica con HEC – RAS

HEC-RAS es una herramienta diseñada para realizar cálculos hidráulicos tanto en una como en dos dimensiones, abarcando redes completas de canales y cauces naturales y construidos. Este software será utilizado para modelar el flujo del agua en ríos, canales y otros cuerpos de agua, lo cual permitirá la simulación de inundaciones y el análisis del comportamiento del flujo en estructuras hidráulicas.

Este software utiliza principios de la hidráulica de flujo uniforme y no uniforme, basándose en las ecuaciones la energía y de continuidad para modelar flujo uniforme y no uniforme en canales abiertos, y de manera específica se basa en las ecuaciones de Saint-Venant para modelar el flujo no permanente, las cuales consideran la conservación de la masa y la cantidad de movimiento, lo que permitirá al software simular fenómenos como las variaciones del nivel del agua, la velocidad de la corriente y la socavación, entre otros.

La modelación en HEC-RAS permitirá obtener los perfiles de la superficie del agua de un flujo permanente gradualmente variado en regímenes de flujo subcrítico, supercrítico y mixto. Para el flujo no permanente el programa permitirá realizar modelaciones unidimensionales y bidimensionales del flujo a analizar, esta última consistirá en simular el flujo de agua en dos dimensiones horizontales para obtener una representación más detallada y precisa del comportamiento del agua en una superficie. Con la realización de la modelación bidimensional se podrá obtener una representación más precisa de las áreas inundadas y los niveles máximos de la lámina del agua.

Para la modelación bidimensional de ríos y quebradas se utilizará una función de HEC-RAS llamada RAS Mapper la cual permitirá realizar el mapeo de inundaciones de los resultados de superficie del agua, de dónde se obtendrán zonas de inundación, niveles de la lámina de agua asociados a un periodo de retorno, mapas de velocidades, entre otros productos. Para realizar la modelación se requerirá de

las siguientes variables fundamentales: coeficiente de rugosidad, geometría del cuerpo de agua, pendiente de energía, caudal de diseño, y tener como referencia la velocidad máxima permitida.

3.2.6.2 Modelación Hidráulica con HY8

El Software programa HY8 es una herramienta integral para el análisis y diseño de estructuras de drenaje y alcantarillado, precisamente Box Culvert y Alcantarillas, proporcionando capacidades avanzadas para modelar el flujo de agua, evaluar el rendimiento de estructuras hidráulicas y garantizar el cumplimiento de normativas. El cual, permitirá evaluar aspectos claves como la capacidad de carga, el dimensionamiento adecuado y la estabilidad estructural simulando el comportamiento del flujo de agua a través de sistemas de drenaje, considerando variables como la pendiente, el diámetro del conducto y las características del terreno. Esto permitirá prever posibles problemas como el desbordamiento o la obstrucción.

El software utiliza una variedad de ecuaciones y métodos basados en la hidráulica de flujo abierto y cerrado para evaluar el comportamiento del flujo a través de alcantarillas.

1. Ecuaciones de flujo uniforme y no uniforme: utiliza la ecuación de Manning para flujos uniformes en canales abiertos y conductos parcialmente llenos.
2. Ecuaciones de Pérdidas por entrada y salida: Basadas en coeficientes empíricos que dependen del tipo de entrada y de la geometría de la estructura.
3. Ecuaciones de Pérdidas por fricción: Calculadas usando la ecuación de Manning o ecuaciones específicas para flujo cerrado.
4. Ecuaciones de control de flujo: Teniendo en cuenta si la capacidad de la estructura está controlada por la entrada o por la salida.
5. Métodos de diseño basados en el régimen de flujo: esto es determinado cuando la estructura esté completamente llena (flujo a presión – sumergido) o en caso contrario, que esté parcialmente llena donde el flujo es impulsado parcialmente por la gravedad (flujo libre).
6. Ecuaciones de continuidad y energía: Para balancear el caudal y la energía en diferentes secciones de la alcantarilla, incluyendo cambios en la pendiente y en las características del flujo.

Para la implementación de dicho Software será necesario definir una serie de parámetros los cuales serán ingresados y servirá para el chequeo de las estructuras hidráulicas, en la **Tabla 16** se presenta las variables de diseño.

VARIABLES DE DISEÑO
Tipo de estructura
Tipo Área (Google Earth)
Abscisas de localización de estructuras
Caudal de diseño (Desing Flow) (m3/s)
Geometría del canal (Channel Type)

VARIABLES DE DISEÑO
Ancho de la base del canal a la salida (Botton Width) (m)
Relación del talud del canal (Side Slope)
Pendiente dentro de la estructura (m/m)
Pendiente del canal aguas abajo (Channel Slope) (m/m)
Coeficiente de rugosidad del canal (Manning's Channel)
Cota a la salida de la estructura (Channel Invert Elevation) (msnm)
Abscisa de la estructura respecto a la vía (First Roadway Station)
Longitud de la cresta (Crest Lenght) (m)
Cota de la corona de la vía (Crest Elevation) (msnm)
Material carpeta de la estructura (Roadway Surface)
Ancho de la estructura sobre la vía (Top Width) (m)
Diámetro (Diameter) (mm)
Ancho de la estructura (Span) (mm)
Altura de la estructura (Rise) (mm)
Coeficiente de rugosidad de la estructura (Manning's)
Tipo de estructura (Culvert Type) = Side – Tapered
Angulo entre salida del agua y aleta (Tapered Inlet Edge) (26-45°)
Ancho final de aletas (Face Width) (mm)
Talud de las aletas (Side Taper 4:1 to 6:1)
Abscisa a la entrada de la estructura (Inlet Station)
Cota a la entrada de la estructura (Inlet Elevation) (msnm)
Abscisa a la salida de la estructura (Outlet Station)
Cota a la salida de la estructura (Outlet Elevation) (msnm)
Numero de cajones (Number of Barrels)

Tabla 16. Parámetros necesarios para análisis en HY-8.
Fuente: Elaboración propia.

3.2.6.3 Modelación Hidráulica H – Canales

H Canales es una herramienta especializada en el análisis hidráulico y la gestión de canales. Diseñado para facilitar la planificación, diseño y análisis de sistemas de canales y redes hidráulicas.

Este Software realiza cálculos y simulaciones para evaluar el comportamiento hidráulico de los canales, incluyendo la distribución de caudales, velocidades del flujo, y pérdidas de carga. Esto ayuda a identificar problemas potenciales y a optimizar el diseño para un rendimiento eficiente. Asimismo, permite la evaluación de riesgos asociados con el diseño de canales, como inundaciones o erosión. Además, ofrece herramientas para simular escenarios de condiciones extremas y evaluar su impacto en la infraestructura.

La modelación hidráulica en el software H - Canales facilitará el cálculo y análisis detallado de secciones transversales de estructuras hidráulicas propuestas. Este proceso permitirá evaluar con precisión las características hidráulicas del flujo en estas secciones, asegurando que se cumplan las condiciones operativas establecidas y los requisitos de diseño previamente definidos. Además, la herramienta garantizará que todos los diseños se ajusten a las normativas y estándares vigentes en el

ámbito de la ingeniería hidráulica, promoviendo la conformidad regulatoria y la optimización del rendimiento hidráulico.

3.2.6.4 Análisis de Socavación

La socavación en un cauce es la erosión que ocurre cuando una corriente de agua remueve material del lecho, afectando la estabilidad del cauce y de las estructuras cercanas. En este capítulo se presentarán las metodologías empleadas por esta consultoría para calcular la socavación en distintos escenarios. Estas metodologías tienen en cuenta las características del lecho del cauce, como el tipo de suelo, así como el tipo de estructura que se proyecta construir. Esto permitirá realizar estimaciones precisas y diseñar medidas de protección adecuadas para garantizar la seguridad y durabilidad de las obras.

3.2.6.4.1 Socavación General

Para el análisis de la socavación general se empleará la metodología de L.A. Maza quien adopta el criterio de Lischtvan – Lebediev, la cual es la más completa para determinar la socavación de manera general del lecho de un cauce. Para la aplicación de este método se requerirá del caudal máximo y la profundidad del flujo correspondiente al periodo de diseño, el perfil topográfico de la o las secciones a analizar y las características del material del fondo (peso específico o características granulométricas).

Inicialmente será necesario clasificar el tipo de cauce y del material del lecho presentado en la zona del proyecto, para así realizar los procesos cuantitativos acordes con las condiciones de este.

Clasificación para la socavación general

Tipo de cauce	Material de fondo	Distribución de materiales en el fondo
Definido	Cohesivo	Homogéneo
		Heterogéneo
	No cohesivo	Homogéneo
		Heterogéneo
No definido	Cohesivo	Homogéneo
		Heterogéneo
	No Cohesivo	Homogéneo
		Heterogéneo

Tabla 17. Clasificación para la socavación general.
Fuente: (Rodríguez Díaz, 2010).

El procedimiento empleado de Lischtvan – Lebediev para el cálculo de la socavación general se fundamenta en condiciones de equilibrio entre la velocidad media real del flujo calculado en el análisis hidráulico y la velocidad media máxima que debe soportar el lecho del rio antes de generarse la erosión. Este procedimiento deberá ser empleado a lo ancho de la sección trasversal seleccionada, preferiblemente en puntos de quiebre superficiales, en donde se calculará la profundidad hidráulica y profundidad de socavación como se muestra en la **Figura 13**.

El valor de la velocidad erosiva asociada al periodo de retorno seleccionado se extraerá de la modelación bidimensional realizada en HEC-RAS de igual forma la profundidad y el área hidráulica, valores requeridos para el análisis de socavación.

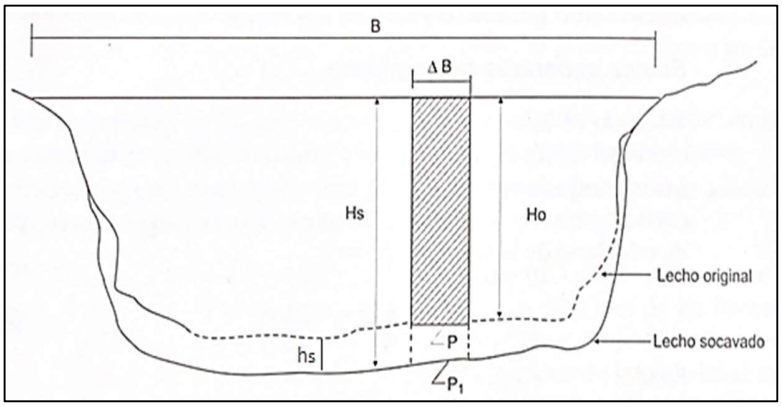


Figura 13. Socavación general en cauces definidos.
Fuente: (Rodríguez Díaz, 2010)

Dependiendo del tipo de suelo del lecho del cauce, es decir, si es cohesivo o no cohesivo, se emplearán ecuaciones diferentes.

- Socavación general para suelos cohesivos:

$$Hs = \left(\frac{\alpha \, Ho^{5/3}}{0.6 \, Yd^{1.18} \, \psi \, \beta} \right)^{1/(1+x)}$$

Ecuación 37. Socavación general para suelos cohesivos.
Fuente: (Rodríguez Díaz, 2010).

Donde

Hs = Profundidad de flujo después de ocurrida la socavación (m)
α = Coeficiente de sección
Ho = Profundidad de flujo inicial (m)
Yd= Coeficiente en función de la densidad del suelo
β = Coeficiente que depende del Tr de la creciente de diseño.
ψ = Coeficiente que depende del peso específico de la mezcla agua-materiales en suspensión
x = Exponente variable, función del Yd

$$\alpha = \frac{Qd}{\mu\, Hm^{5/3}\, Be}$$

Ecuación 38. Coeficiente de sección.
Fuente: (Rodríguez Díaz, 2010).

Donde

α = Coeficiente de sección
Qd = Caudal de diseño TR 100 Años (m3/s)
μ = Coeficiente de corrección por contracción del cauce
Hm = Profundidad media (m)
Be = Ancho efectivo de la superficie del agua en la sección transversal (m)

V (m/s)	LONGITUD LIBRE ENTRE DOS PILAS O ESTRIBOS (m)												
	10	13	16	18	21	25	30	42	52	63	106	124	200
<1.0	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
1.0	0.96	0.97	0.98	0.98	0.99	0.99	0.99	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
1.5	0.94	0.96	0.97	0.97	0.97	0.98	0.99	0.99	0.99	0.99	1.00	1.00	1.00
2.0	0.93	0.94	0.95	0.96	0.97	0.97	0.98	0.98	0.99	0.99	0.99	0.99	1.00
2.5	0.90	0.93	0.94	0.95	0.96	0.96	0.97	0.98	0.98	0.99	0.99	0.99	1.00
3.0	0.89	0.91	0.93	0.94	0.95	0.96	0.96	0.97	0.98	0.98	0.99	0.99	0.99
3.5	0.87	0.90	0.92	0.93	0.94	0.95	0.96	0.97	0.98	0.98	0.99	0.99	0.99
≥ 4.0	0.85	0.89	0.91	0.92	0.93	0.94	0.95	0.96	0.97	0.98	0.99	0.99	0.99

Figura 14. Factor de corrección por contracción del cauce (μ).
Fuente: (Rodríguez Díaz, 2010)

$$Hm = \frac{A}{Be}$$

Ecuación 39. Profundidad media.
Fuente: (Rodríguez Díaz, 2010).

Donde

Hm = Profundidad media (m)
A = Área hidráulica (m2)
Be = Ancho efectivo de la superficie del agua en la sección transversal (m)

$$\beta = 0.79 + 0.0973\ log(Tr)$$

Ecuación 40. Coeficiente de frecuencia.
Fuente: (Rodríguez Díaz, 2010).

Donde

β = Coeficiente de frecuencia, depende del TR.

Tr = Tiempo de retorno (Años)

$$\psi = -0.54 + 1.51 Y_{mez}$$

Ecuación 41. Coeficiente de correlación por el efecto de la densidad del agua durante la creciente.
Fuente: (Rodríguez Díaz, 2010).

Donde

ψ = Coeficiente de correlación por el efecto de la densidad del agua durante la creciente
Ymez = Peso específico de la mezcla agua materiales en suspensión (Ton/m3)

- Socavación general para suelos no cohesivos:

$$Hs = \left(\frac{\alpha \, Ho^{5/3}}{0.68 \, dm^{0.28} \, \psi \, \beta} \right)^{1/(1+z)}$$

Ecuación 42. Socavación general para suelos no cohesivos.
Fuente: (Rodríguez Díaz, 2010).

Donde

Hs = Profundidad de flujo después de ocurrida la socavación (m).
α = Coeficiente de sección.
Ho = Profundidad de flujo inicial (m).
dm= Diámetro medio de las partículas del material granular (mm)
β = Coeficiente que depende del Tr de la creciente de diseño.
ψ = Coeficiente que depende del peso específico de la mezcla agua-materiales en suspensión.
z = Exponente variable, función del dm

La variable que será diferente en el cálculo socavación para suelos no cohesivos es el exponente variable y el *dm*, es decir, el diámetro medio de las partículas del material granular, que será obtenido del análisis granulométrico del estudio de suelos.

$$Z = 0.395 - 0.041 \; log(dm) - 0.0089 \, log^2 dm$$

Ecuación 43. Exponente que depende del diámetro medio de las partículas del material granular.
Fuente: (Rodríguez Díaz, 2010).

Donde

Z = Exponente que depende del diámetro medio de las partículas del material granular
dm = Diámetro medio de las partículas del material granular (mm)

$$dm = 0.01 \sum di \; Pi$$

Ecuación 44. Diámetro medio de las partículas del material granular.
Fuente: (Rodríguez Díaz, 2010).

Donde

dm = Diámetro medio de las partículas del material granular (mm)
di = Diámetro de una fracción de la curva granulométrica del material (mm)

Pi = Peso de la fracción con respecto al total de la muestra (%).

En general, el fenómeno de la socavación se presenta en el lecho y orillas de los cauces, lo que genera una disminución de la cota del lecho del cauce, fenómeno que se presenta por el arrastre de partículas en el lecho de la corriente durante las crecidas.

3.2.6.4.2 Socavación Local

La socavación local es un fenómeno que ocurre cuando el flujo de agua alrededor de un obstáculo, como un pilar de puente, un estribo o cualquier estructura hidráulica, erosiona el lecho del río o canal en la proximidad inmediata del obstáculo. A continuación, se presentarán los métodos a utilizar.

- Método Laursen y Toch

Uno de los métodos más utilizados para calcular la socavación local y que se empleará es el propuesto por Laursen y Toch. Este método considera dos casos generales según la incidencia de la corriente respecto al eje de las pilas del puente: uno en el que la corriente incide de manera paralela al eje, y otro en el que lo hace oblicuamente.

Si la corriente incide de manera paralela al eje de la pila la socavación se calculará por medio de la ecuación.

$$d_s = K_1 \times K_2 \times b$$

Ecuación 45. Profundidad de Socavación Local.
Fuente: (Rodríguez Díaz, 2010).

Donde

d_s = *profundidad de socavación local, medida desde el fondo natural del cauce (m).*

K_1 = *coeficiente que depende de la relación Hs/b.*

K_2 = *coeficiente que depende de la forma de la pila.*

b = *ancho de la pila (m).*

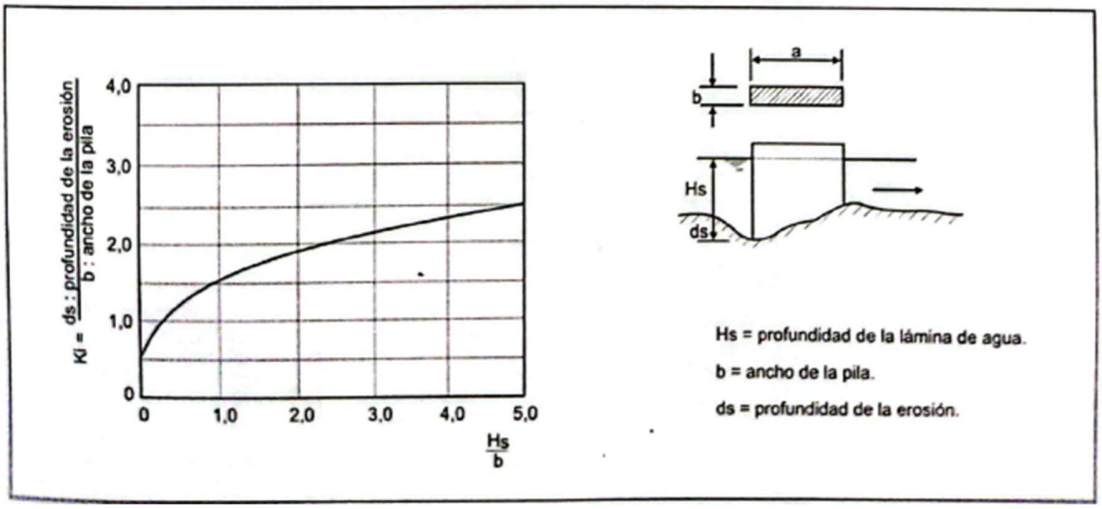


Figura 15. Factor de corrección por forma de la pila K_1.
Fuente: (Rodríguez Díaz, 2010)

FORMA DE LA NARIZ	COEFICIENTE K_2 DE SCHNEIBLE
Rectangular a/b = 4	1,00
Semicircular	0,90
Elíptica $\frac{P}{r}=\frac{2}{1}$	0,81
Elíptica $\frac{P}{r}=\frac{3}{1}$	0,75
Lenticular $\frac{P}{r}=\frac{2}{1}$	0,81
Lenticular $\frac{P}{r}=\frac{3}{1}$	0,69

FORMA DE LA NARIZ	SEGÚN TISON
Biselada a/b = 4	0,78
Perfil hidrodinámico a/b = 4	0,75

Figura 16. Factor de corrección por forma de la pila K_2.
Fuente: (Rodríguez Díaz, 2010)

Si la corriente incide de manera oblicua al eje de la pila la socavación se calculará por medio de la ecuación.

$$d_s = K_1 \times K_3 \times b$$

Ecuación 46. Profundidad de Socavación Local.

Fuente: (Rodríguez Díaz, 2010).

K_3 = *coeficiente que depende del ángulo Φ y de la relación L/b de la pila.*

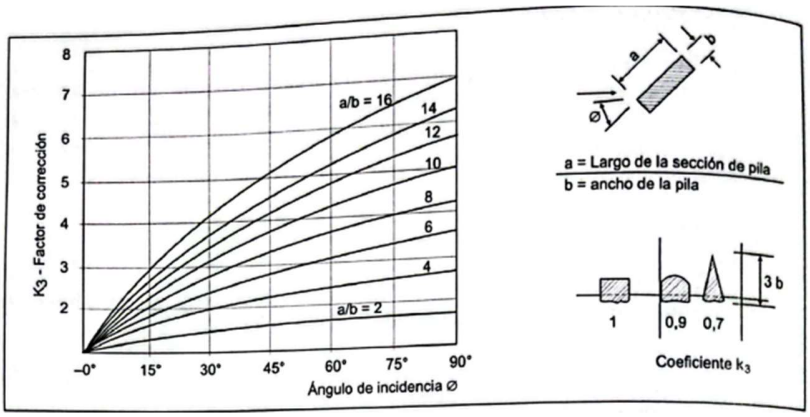


Figura 17. Factor de corrección por forma de la pila K_3.
Fuente: (Rodríguez Díaz, 2010)

- Método de Artamanov

Este método se utilizará cuando el flujo es interceptado por parte de la obra que será construida sobre el cauce. En el desarrollo de la ecuación se ha considerado que este tipo de socavación dependerá de varios factores tales como:

- La relación entre el caudal que teóricamente es interceptado y el caudal total que transporta el cauce.
- El talud que tiene los lados del estribo u obra.
- El ángulo formado por la dirección de la corriente y el eje longitudinal de la obra.

Estos factores pueden verse en la **Figura 18** así como los casos para los cuales aplica este método de cálculo de la socavación local.

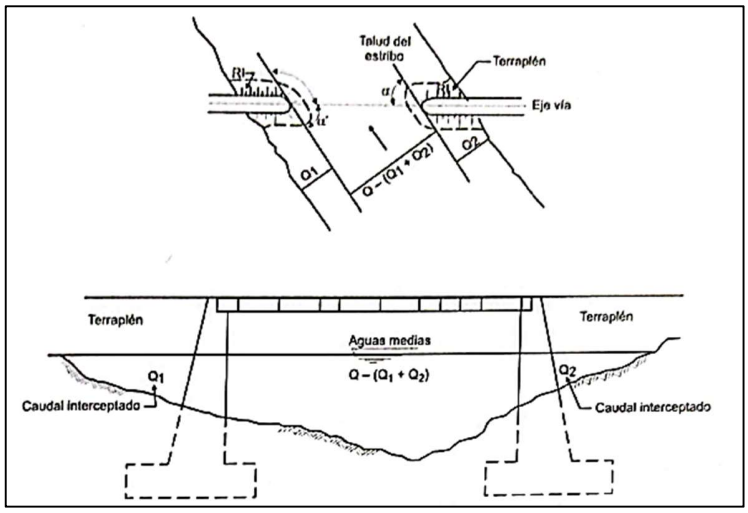


Figura 18. Método de Artamanov. Interceptación del flujo por los estribos dentro del canal.
Fuente: (Rodríguez Díaz, 2010)

La profundidad de la lámina de agua incluida la profundidad de socavación será:

$$D_s = P\alpha\ P_q\ P_R\ H_0$$

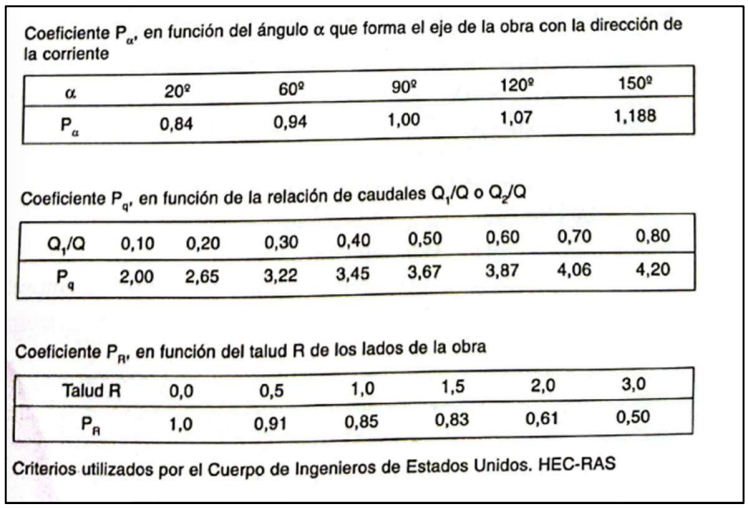
Donde

Ds = Socavación total al pie de la obra medida desde la superficie libre del agua (m).
Pq = Coeficiente que depende de la relación Q1/Q, con Q1, el caudal que teóricamente pasaría por el lugar ocupado por la estructura si esta no existiera, y Q, el caudal total que transporta el río.
Para la determinación de este parámetro se utilizará la siguiente ecuación,

$$P_q = 1.4675 + 6.55238\left(\frac{Q_1}{Q}\right) - 4.0238\left(\frac{Q_1}{Q}\right)^2$$

Donde

Pα = Coeficiente que depende del ángulo que forma el eje de la obra con la dirección de la corriente.
PR = Coeficiente que depende del talud que tiene los lados de la obra.
H0 = Profundidad de la lámina de agua en el sitio junto a la obra antes de la erosión.



Coeficiente P_α, en función del ángulo α que forma el eje de la obra con la dirección de la corriente

α	20º	60º	90º	120º	150º
P_α	0,84	0,94	1,00	1,07	1,188

Coeficiente P_q, en función de la relación de caudales Q_1/Q o Q_2/Q

Q_1/Q	0,10	0,20	0,30	0,40	0,50	0,60	0,70	0,80
P_q	2,00	2,65	3,22	3,45	3,67	3,87	4,06	4,20

Coeficiente P_R, en función del talud R de los lados de la obra

Talud R	0,0	0,5	1,0	1,5	2,0	3,0
P_R	1,0	0,91	0,85	0,83	0,61	0,50

Criterios utilizados por el Cuerpo de Ingenieros de Estados Unidos. HEC-RAS

Figura 19. Método de Artamanov. Valores de los coeficientes.
Fuente: (Rodríguez Díaz, 2010)

3.2.6.4.3 Socavación Transversal

La socavación transversal ocurre cuando el lecho de un río se profundiza en secciones donde el cauce se estrecha, debido al aumento de la velocidad de la corriente, que es causado por la construcción de estructuras dentro del río. Este incremento en la velocidad intensifica el transporte de sedimentos, lo que provoca un arrastre más significativo del material del lecho en la zona afectada.

Se utilizará el método de Straub para calcular la disminución del lecho de un río cuando la obra reduce su sección hidráulica, es decir, la socavación transversal. Con este método se asumirá que para la sección reducida y una sección aguas arriba no afectada, se cumple el principio de conservación de la masa. Para calcular la profundidad de la lámina de agua en la sección contraída, se empleará la siguiente ecuación.

$$Ht = Ho\left(\frac{Bo}{Bt}\right)^{0.642}$$

Ecuación 47. Diámetro medio de las partículas del material granular.
Fuente: (Rodríguez Díaz, 2010).

Donde

Ht= Profundidad de la lámina de agua en la sección reducida.
Ho= Profundidad de la lámina de agua en la sección aguas arriba inalterada.
Bt y Bo= Ancho de la superficie libre en las mismas secciones.

A partir de esta nueva profundidad en la sección contraída, que corresponde a la socavación por contracción, se realizará el cálculo de la socavación general y de la suma de estas dos resultará la socavación potencial en el lecho del cauce.

3.2.7 Cantidades de obra

Cuando se haya obtenido la modelación hidráulica en relación con los insumos de Estudios y Diseños Colaborativos, se procederá a determinar las cantidades de obra de las estructuras diseñadas. Estas incluirán información detallada sobre áreas, espesores, anchos, volúmenes parciales, volúmenes acumulados y otros datos relevantes para elemento. Las cantidades de obra proporcionarán una base sólida para elaborar un presupuesto preciso del proyecto.

3.2.8 Planos de diseño

Después de definir la escala a utilizar y de contar con el archivo DWG, se procede a la edición detallada de los planos para optimizar su presentación. En esta etapa, los planos se ajustarán para incluir toda la información esencial del Estudio Hidráulico – Hidrológico como lo son, implantaciones de estructuras en planta y perfil, cotas de entrada y salida, pendientes y características de los elementos diseñados. Este nivel de detalle asegura una representación completa del proyecto, lo que facilita el control tridimensional durante la etapa constructiva y ayuda a la ejecución de este de acuerdo a las especificaciones técnicas establecidas.

3.3 Resultados Obtenidos

En este capítulo se consignan los resultados obtenidos de los componentes para el correcto desarrollo del proyecto, enfocado en el estudio hidráulico e hidrológico.

3.3.1 Insumo

En este numeral se describen los insumos necesarios para el estudio de drenaje pluvial del proyecto.

3.3.1.1 Sistema de Información Geográficos (SIG)

El insumo de líneas de roturas, curvas de nivel y niveles máximos de agua fueron obtenidos por medio del estudio topográfico realizado dentro del proyecto, permitiendo la visualización de curvas de nivel representando el terreno existente.

3.3.1.2 Estudios y Diseños Colaborativos

Dentro de los estudios y diseños colaborativos se evidenció el diseño geométrico vial del proyecto, donde se estableció los direccionamientos de flujos iniciales y comportamiento del mismo. Estableciéndose dentro del grupo de **proyectos urbanísticos** como se menciona en el **numeral 3.2.1.2**.

3.3.1.3 Análisis Pluviométrico

En el presente numeral se evidencia el análisis pluviométrico seleccionado para el proyecto en referencia.

3.3.1.3.1 Registros Históricos de Datos Hidrometeorológicos

Teniendo en cuenta la ubicación del proyecto mencionado, fue seleccionada la estación pluviométrica Boca de la Ceiba, la cual es la más cercana a la zona de estudio y cuenta con precipitaciones máximas en 24 horas a escala multianual (últimos 54 años). Estas características son presentadas en la **Tabla 18** y en la **Figura 20** se evidencia la estación seleccionada en relación a la zona de estudio.

ESTACION METEOROLOGICA (IDEAM)	
Estación	**Boca de la Ceiba**
Código	13070070
Departamento	Córdoba
Municipio	Montería
Corriente	Río Sinú
Latitud N	8.830
Longitud W	-75.856
m.s.n.m	20
Categoría	Pluvio-métrica
Fecha Instalación	15/01/1970
Fecha Suspensión	N/A

Tabla 18. Estación pluviométrica seleccionada del área de estudio.
Fuente: DHIME (IDEAM, 2024).

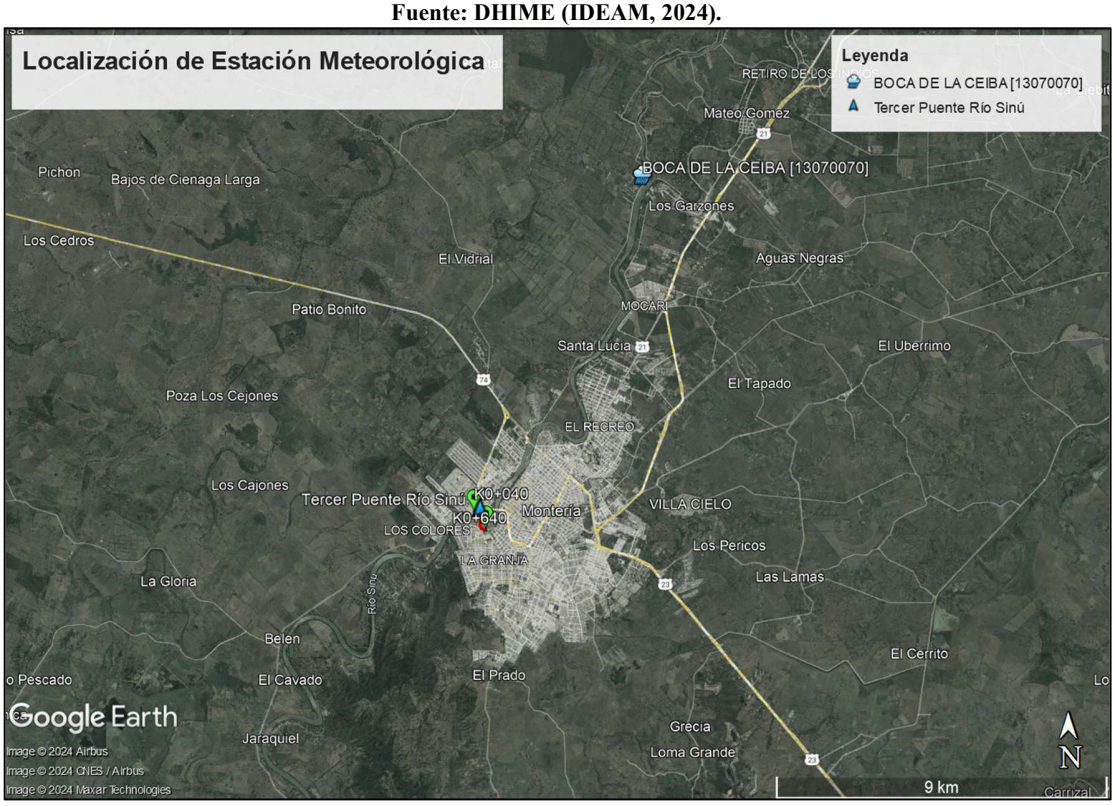


Figura 20. Localización de Estación Meteorológica Seleccionada.
Fuente: (Google, 2024).

3.3.1.3.2 Prueba de Datos Dudosos

Una vez obtenidos los valores de *k* de la **Tabla 2**, se procedió a realizar la prueba de datos dudosos por el método Water Resources Council, en la **Tabla 19** se observan los parámetros para el análisis de la estación y en la **Tabla 20** la Prueba de datos dudosos correspondiente, en donde se evidencia que no existen datos dudosos en la estación.

Número de datos, n	**54**	**54**
Sumatoria	5043.00	105.87
Máximo	140.00	2.15
Mínimo	56.00	1.75
Promedio, X	93.39	1.96
Desviación estándar, S	20.05	0.09
Coeficiente de asimetría, Cs	0.44	-0.07
Cs/6 k	0.074	-0.012

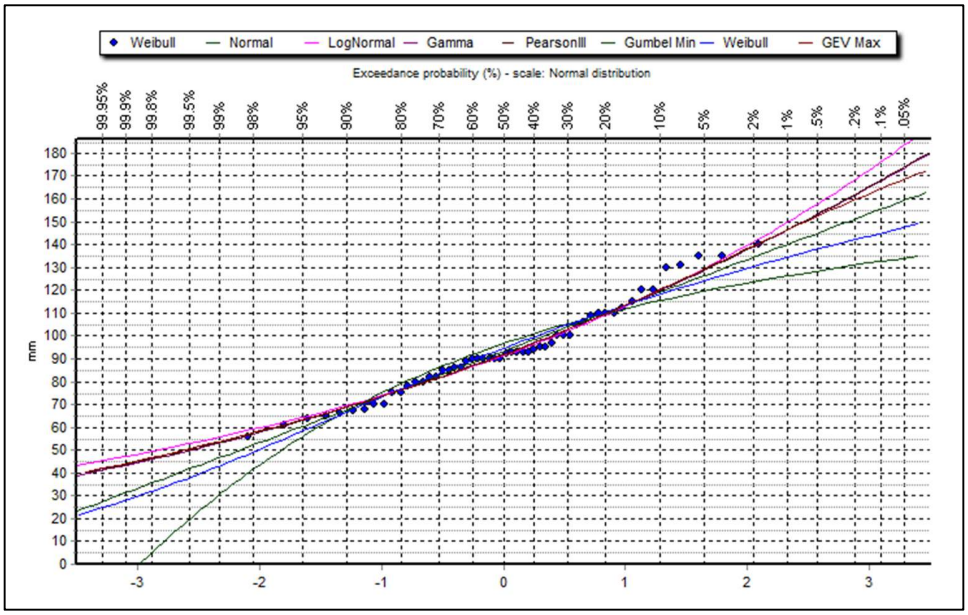
Tabla 19. Parámetros para la prueba de datos dudosos.
Fuente: Elaboración Propia.

PRUEBA DE DATOS DUDOSOS (Método Wáter Resources Council)	
Nivel de significancia	10%
Kn según tamaño de la muestra, n	2.804
Umbral de datos dudosos valor superior, valor log	2.22
Umbral de datos dudosos valor superior, valor prec (mm)	166.88
Umbral de datos dudosos valor inferior, valor log	1.70
Umbral de datos dudosos valor inferior, valor prec (mm)	49.96
Verificación de datos dudosos superiores	**No existen datos dudosos**
Verificación de datos dudosos inferiores	**No existen datos dudosos**

Tabla 20. Resultados de la prueba de datos dudosos.
Fuente: Elaboración Propia.

3.3.1.3.3 Análisis de Frecuencia de Precipitaciones de la Estación de Estudio

En la **Tabla 21** se presenta el cálculo de la precipitación máxima en 24 horas para diferentes periodos de retorno. Así como en el ¡Error! No se encuentra el origen de la referencia. se observa el comportamiento de la probabilidad de ocurrencia (eje X) y las precipitaciones máximas en 24 horas en escala aritmética (eje Y); adicional se puede observar la línea de tendencia que mejor se ajusta al modelo comprobado mediante el test Kolmogorov-Smirnov. Una vez encontrada la ecuación de ajuste de cada método se puede calcular la precipitación máxima en 24 horas para diferentes periodos de retorno bajo el programa de Hydrognomon.



Grafica 1. Modelo de línea de tendencia y modelo de ajuste estación seleccionada.
Fuente: Hydrognomon 4.

Estación	Test Kolmogorov-Smirnov						Precipitación Asociado al Periodo de Retorno (Años)					
	Met. Dist	a=1%	a=5%	a=10%	Attained a	Dmax	Tr 2	Tr 5	Tr 10	Tr 25	Tr 50	Tr 100
Boca de la Ceiba	LogNormal	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	93.64%	0.07291	91.308	109.170	119.857	132.409	141.208	149.621
	Gamma	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	91.26%	0.07618	91.958	109.712	119.830	131.271	139.025	146.247
	Pearson III	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	91.96%	0.07527	91.912	109.690	119.848	131.355	139.164	146.444
	Gumbel-Min	ACCEPT	ACCEPT	REJECT	7.89%	0.17302	96.684	109.859	115.461	120.700	123.750	126.301
	Weibull	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	33.20%	0.12878	94.616	110.623	118.223	125.804	130.439	134.447
	Gev-Max	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	94.17%	0.07209	91.722	109.814	120.225	131.827	139.440	146.251

Tabla 21. Ecuaciones de ajuste y cálculo de P max 24 horas para diferentes periodos de retorno.
Fuente: Hydrognomon 4.

3.3.1.3.4 Tiempo de Retorno (TR)

De lo mencionado en el **numeral 3.2.1.3.4** y la **Tabla 3** se definió un periodo de retorno asociado a las condiciones actuales del área de drenaje, cobertura del suelo, relevancia del proyecto y condiciones particulares de las obras hidráulicas necesarias para la evacuación de las escorrentías superficiales. Teniendo en cuenta lo anterior, se aplicaron los siguientes periodos de retorno:

- Vías: 5 años
- Zanjas de Coronación: 5 años.

3.3.1.3.5 Elaboración de Curvas IDF

Se seleccionaron los valores de precipitación máxima en 24 horas de la estación meteorológica puesto que tiene mejor adaptación a las condiciones de la zona de estudio, debido que este proyecto se encuentra ubicado en una zona con latitud media, donde las lluvias ciclónicas tienen gran influencia

en su comportamiento hidrológico, por consiguiente, al seleccionar la variable precipitación media se produce una mayor seguridad en el diseño. En la **Tabla 22** se presenta el cálculo de la precipitación media. En el **Gráfico 2** se observa el comportamiento de la probabilidad de ocurrencia (eje X) y las precipitaciones máximas en 24 horas en escala aritmética (eje Y) para la Región Caribe.

Año	Precipitación (mm)	Año	Precipitación (mm)
1970	120.00	1997	90.00
1971	93.00	1998	86.00
1972	82.00	1999	105.00
1973	70.00	2000	130.00
1974	90.00	2001	68.00
1975	67.00	2002	70.00
1976	112.00	2003	89.00
1977	93.00	2004	75.00
1978	80.00	2005	78.00
1979	135.00	2006	90.00
1980	131.00	2007	75.00
1981	100.00	2008	110.00
1982	115.00	2009	61.00
1983	86.00	2010	97.00
1984	66.00	2011	90.00
1985	100.00	2012	90.00
1986	56.00	2013	65.00
1987	92.00	2014	135.00
1988	93.00	2015	95.00
1989	93.00	2016	95.00
1990	110.00	2017	106.00
1991	100.00	2018	85.00
1992	64.00	2019	120.00
1993	110.00	2020	140.00
1994	109.00	2021	90.00
1995	82.00	2022	85.00
1996	94.00	2023	80.00
PRECIPITACIÓN PROMEDIO			**93.39**

Tabla 22. Cálculo de la precipitación media.
Fuente: (IDEAM, 2023).

CALCULO DE INTENSIDAD PARA GENERACIÓN DE CURVAS IDF								
Análisis para curvas IDF cálculos con curvas sintéticas Región Caribe (Díaz Granados)								
Valores Calculados Para la Estación Boca de la Ceiba								
Tiempo de Duración en Horas (t)		Precipitación Media de Pmáx en 24 Horas (mm)						INTENSIDAD DE LLUVIAS EN MM/HORAS
		93.39	93.39	93.39	93.39	93.39	93.39	
		Periodo de Retorno en Años (TR)						
Minutos	Horas	2	5	10	25	50	100	
5.0	0.08	157.82	193.07	224.88	275.10	320.42	373.20	
10.0	0.17	111.60	136.52	159.01	194.53	226.57	263.90	
15.0	0.25	91.12	111.47	129.83	158.83	184.99	215.47	
20.0	0.33	78.91	96.54	112.44	137.55	160.21	186.60	
25.0	0.42	70.58	86.34	100.57	123.03	143.30	166.90	
30.0	0.50	64.43	78.82	91.81	112.31	130.81	152.36	
35.0	0.58	59.65	72.97	85.00	103.98	121.11	141.06	

CALCULO DE INTENSIDAD PARA GENERACIÓN DE CURVAS IDF							
Análisis para curvas IDF cálculos con curvas sintéticas Región Caribe (Díaz Granados)							
Valores Calculados Para la Estación Boca de la Ceiba							
Tiempo de Duración en Horas (t)		Precipitación Media de Pmáx en 24 Horas (mm)					
		93.39	93.39	93.39	93.39	93.39	93.39
		Periodo de Retorno en Años (TR)					
Minutos	Horas	2	5	10	25	50	100
40.0	0.67	55.80	68.26	79.51	97.26	113.29	131.95
45.0	0.75	52.61	64.36	74.96	91.70	106.81	124.40
50.0	0.83	49.91	61.05	71.11	86.99	101.33	118.02
55.0	0.92	47.59	58.21	67.80	82.95	96.61	112.53
60.0	1.00	45.56	55.74	64.92	79.42	92.50	107.73
65.0	1.08	43.77	53.55	62.37	76.30	88.87	103.51
70.0	1.17	42.18	51.60	60.10	73.52	85.64	99.74
75.0	1.25	40.75	49.85	58.06	71.03	82.73	96.36
80.0	1.33	39.46	48.27	56.22	68.78	80.11	93.30
85.0	1.42	38.28	46.83	54.54	66.72	77.71	90.52
90.0	1.50	37.20	45.51	53.00	64.84	75.52	87.97
95.0	1.58	36.21	44.29	51.59	63.11	73.51	85.62
100.0	1.67	35.29	43.17	50.28	61.51	71.65	83.45
105.0	1.75	34.44	42.13	49.07	60.03	69.92	81.44
110.0	1.83	33.65	41.16	47.94	58.65	68.31	79.57
115.0	1.92	32.91	40.26	46.89	57.36	66.81	77.82
120.0	2.00	32.22	39.41	45.90	56.15	65.41	76.18
125.0	2.08	31.56	38.61	44.98	55.02	64.08	74.64
130.0	2.17	30.95	37.86	44.10	53.95	62.84	73.19
135.0	2.25	30.37	37.16	43.28	52.94	61.66	71.82
140.0	2.33	29.83	36.49	42.50	51.99	60.55	70.53
145.0	2.42	29.31	35.85	41.76	51.09	59.50	69.30
150.0	2.50	28.81	35.25	41.06	50.23	58.50	68.14
155.0	2.58	28.35	34.68	40.39	49.41	57.55	67.03
160.0	2.67	27.90	34.13	39.75	48.63	56.64	65.97
165.0	2.75	27.47	33.61	39.15	47.89	55.78	64.97
170.0	2.83	27.07	33.11	38.57	47.18	54.95	64.00
175.0	2.92	26.68	32.64	38.01	46.50	54.16	63.08
180.0	3.00	26.30	32.18	37.48	45.85	53.40	62.20

Tabla 23. Cálculo de intensidades regionalizadas para curvas IDF.
Fuente: Elaboración propia.

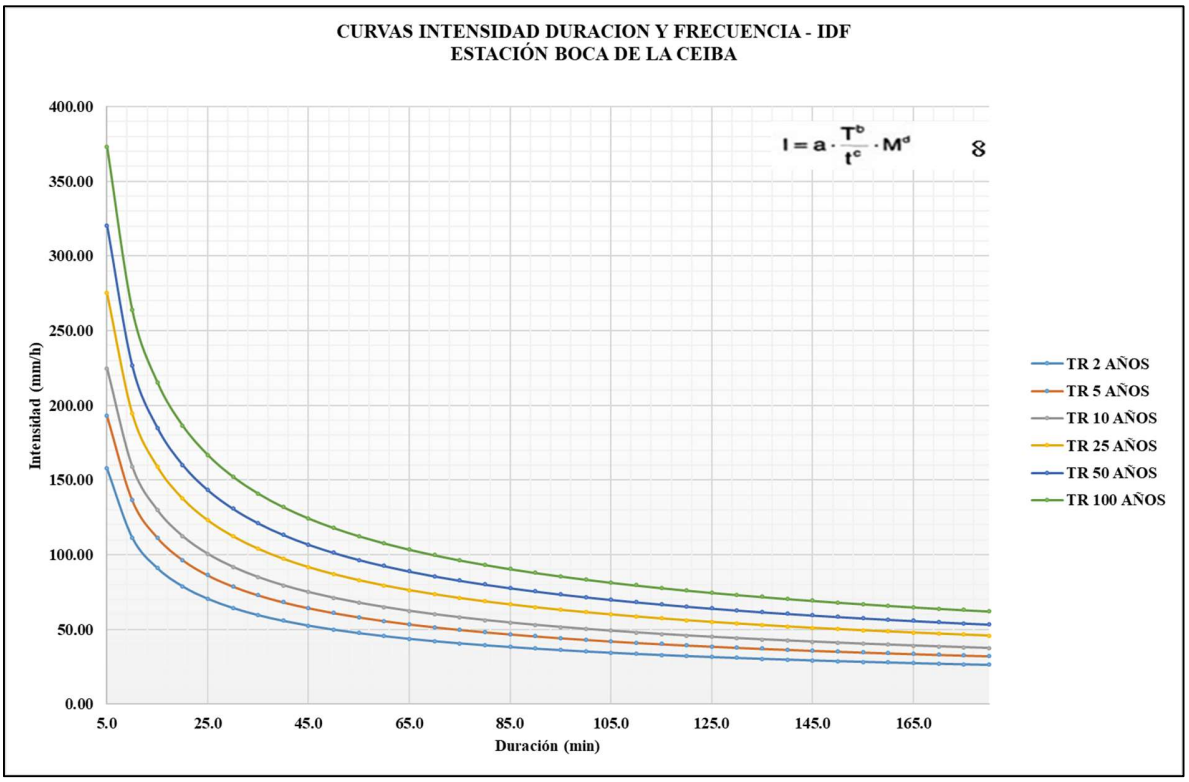


Gráfico 2. Curvas IDF.
Fuente: Elaboración propia.

3.3.2 Análisis Morfométrico

En este inciso se presentan las áreas de drenaje y demás parámetros morfométricos obtenidos en el análisis hidrológico del proyecto. Cálculo de Parámetros Morfométricos para Cuencas de Estudio.

Se realizó el cálculo de parámetros morfométricos en función de la definición de las áreas aferentes para las estructuras hidráulicas. En este caso, se delimitan las cuencas internas que tienen influencia en el proyecto (corredor sobre el puente). Se presentan en la **Tabla 24** los parámetros morfométricos calculados para las diferentes cuencas delimitadas.

Cuenca	Area (m²)	Área (km²)	Área (Ha)	Perimetro (m)	Lc (m)	Diámetro Cuenca (km)	Densidad de Drenaje (km/km²)	Indice de Gravelius	Factor de Forma	Pendiente (%)
A1-1	2,536.14	0.003	0.254	583	280.6	0.06	110.65	3.24	9.04	5.10%
A1-2	2,843.49	0.003	0.284	657	319.4	0.06	112.32	3.45	8.90	4.31%
A1-3	3,031.70	0.003	0.303	435	193.6	0.06	63.86	2.21	15.66	0.40%
A1-4	3,644.85	0.004	0.364	293	121.7	0.07	33.40	1.36	29.94	0.20%

Tabla 24. Parámetros morfométricos de las cuencas delimitadas.
Fuente: Elaboración propia.

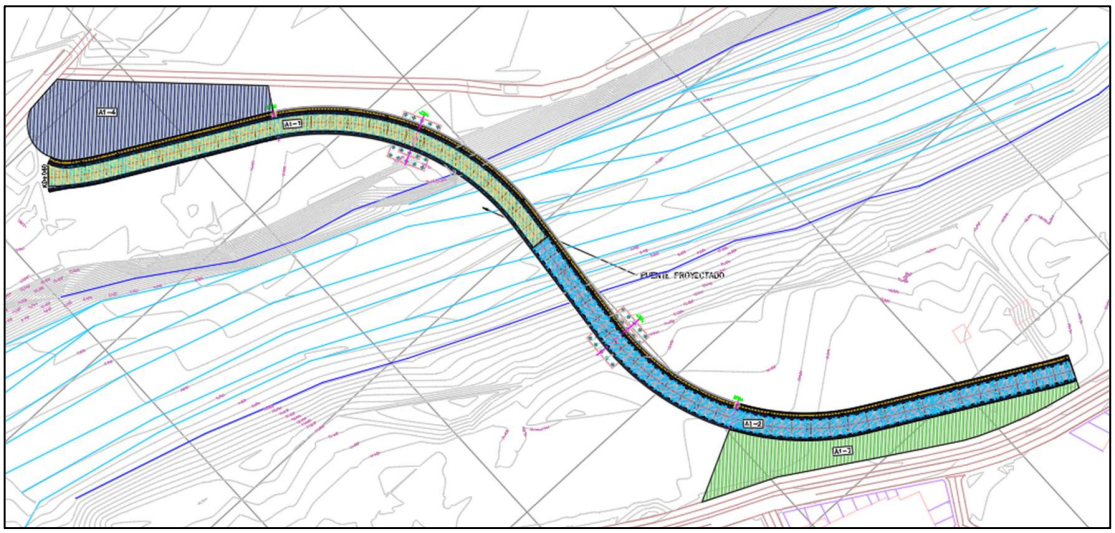


Figura 21. Delimitación de Áreas de Drenaje.
Fuente: elaboración propia en Civil 3D.

3.3.3 Análisis Hidrológico

En este inciso se presentan los resultados obtenidos del análisis hidrológico.

3.3.3.1 Coeficiente de rugosidad (n)

El coeficiente de rugosidad se seleccionó en función de la cobertura del suelo y se tomó como referencia de los valores establecidos en la **Tabla 6**, el cual corresponde a estructura en concreto sin pulir, formaleta o encofrado en madera rugosa (0.020).

3.3.3.2 Tiempo de concentración

Teniendo en cuenta lo establecido en la metodología presentada en el **numeral** ¡Error! No se encuentra el origen de la referencia. y ya establecido el tipo de proyecto (**urbanístico**) se determinó el Tc las diferentes áreas de drenaje donde se calculó con el promedio de diferentes modelos utilizados para el cálculo de esta variable (ver **Tabla 8**). Los parámetros morfométricos y pluviométricos para el cálculo se pueden observar en la **Tabla 25** y el valor calculado del Tc se consigna en la **Tabla 26**.

Cuenca	L. Cauce (m)	S (ad)	Δ de Elevación (m)	Área (m²)	Área Total (km²)	Ø Cuenca Circular (km)	Tr	n	C	i (mm/h) Tr2 - 10 min
A1-1	281	0.0510	14.31	2,536	0.003	0.06	5	0.020	0.80	157.824
A1-2	319	0.0431	13.77	2,843	0.003	0.06	5	0.020	0.80	157.824
A1-3	194	0.0040	0.77	3,032	0.003	0.06	5	0.050	0.80	157.824
A1-4	122	0.0020	0.24	3,645	0.004	0.07	5	0.050	0.80	157.824

Tabla 25. Parámetros morfométricos y pluviométricos para el cálculo del Tc.
Fuente: Elaboración propia.

Cuenca	Kirpich (1940)	Johnstone y Cross (1949)	California Culvert (1960)	Dpto Obras Publicas (1995)	Williams Li y Chibber (2008)	Sheridan (1994 - 2010)	Ventura Heras (2013)	Tc Selec (min)
A1-1	4.70	7.64	4.71	4.70	13.38	3.99	5.11	10.00
A1-2	5.54	8.87	5.55	5.54	15.56	4.73	5.81	10.00
A1-3	9.41	22.67	9.42	9.42	15.08	6.24	6.24	11.21
A1-4	8.60	25.42	8.61	8.60	10.69	5.05	5.02	10.28

Tabla 26. Cálculo de Tiempo de Concentración de Áreas aferentes.
Fuente: elaboración propia.

3.3.3.3 Determinación de Caudal bajo el Modelo de Precipitación – Escorrentía

Dado que las áreas de drenaje indicadas en los numerales anteriores corresponden a superficies menores a 250 ha, como se establece en el **numeral 3.2.4.3** de la normativa vigente, se determinó que el cálculo del caudal se realizará mediante un enfoque basado en un modelo de precipitación-escorrentía, aplicando el Método Racional.

3.3.3.3.1 Coeficiente de escorrentía (C)

La selección del coeficiente de escorrentía C se realizó en función del periodo de retorno y con base a lo identificado en la información del insumo de estudios y diseños colaborativos (Diseño Geométrico, Estructura de Pavimento y Áreas Externas). Los valores definidos se presentan en la **Tabla 27**.

Área	Área (Km²)	S (%)	Tipo de Área de Drenaje	TR 5 Años
				Coeficiente de Escorrentía
A1-1	0.0025	5.10%	Áreas desarrolladas, concreto/techo	0.80
A1-2	0.0028	4.31%	Áreas desarrolladas, concreto/techo	0.80
A1-3	0.0030	0.40%	Áreas desarrolladas, concreto/techo	0.80
A1-4	0.0036	0.20%	Áreas desarrolladas, concreto/techo	0.80

Tabla 27. Valores calculados del coeficiente de escorrentía.
Fuente: Elaboración propia.

3.3.3.3.2 Intensidad de precipitación

En este caso en particular, el cálculo de precipitación fue calculada conforme a lo establecido en el **numeral** ¡Error! No se encuentra el origen de la referencia..

3.3.3.3.3 Cálculo del Caudal por Método Racional

En la **Tabla 28**, es presentado el cálculo de caudal de escorrentía de diseño por el método racional, para las áreas aferentes a las estructuras hidráulicas.

Área	Área Total (km²)	L. Cauce (m)	S prom (%)	Tc (h)	a	b	c	d	M (mm)	Caudales de Diseño			
										Tr (años)	C (ad)	i (mm/h)	Q (m³/s)
A1-1	0.0025	280.62	5.10%	0.17	24.85	0.22	0.50	0.10	93.39	5	0.80	136.52	**0.08**
A1-2	0.0028	319.38	4.31%	0.17	24.85	0.22	0.50	0.10	93.39	5	0.80	136.52	**0.09**
A1-3	0.0030	193.60	0.40%	0.19	24.85	0.22	0.50	0.10	93.39	5	0.80	128.94	**0.09**
A1-4	0.0036	121.72	0.20%	0.17	24.85	0.22	0.50	0.10	93.39	5	0.80	134.63	**0.11**

Tabla 28. Cálculo de caudales por el método racional para estructuras hidráulicas.
Fuente: Elaboración propia.

3.3.4 Análisis Hidráulico

En este inciso se presentan los resultados de los chequeos y modelaciones hidráulicas para los correspondientes periodos de retorno y caudales de escorrentía mencionados anteriormente.

3.3.4.1 Análisis Hidráulico de las Vías Proyectadas

En la **Tabla 29** y **Tabla 30** se pueden observar los tramos seleccionados para el proceso de cálculo y análisis hidráulico. Adicional, en la tabla mencionada se evidencia la altura seleccionada del bordillo, cálculo del tirante normal, el cual en ningún momento excede la altura de este.

Las abscisas seleccionadas de cada tramo obedecen a puntos específicos como: punto bajo de curva cóncava, secciones transversales con bombeo lateral, abscisas con pendiente longitudinal constante y puntos de evacuación. Las abscisas seleccionadas de cada tramo obedecen a los puntos más críticos, donde se presenta la mayor acumulación de caudales.

Áreas Tributarias	Abscisa Inicial	Abscisa Final	Ancho de calle	Bombeo	Pendiente vía	Manning	Ah	Perímetro	Rh
			B (m)	m/m	m/m	n	m²	P (m)	m
A1-1	K0+040.00	K0+320.62	9.00	3.37%	0.051	0.020	0.12	9.18	0.01
A1-2	K0+320.62	K0+640.00	9.00	6.91%	0.043	0.020	0.14	9.36	0.01

Tabla 29. Chequeo del tirante normal parte 1.
Fuente: Elaboración propia.

Áreas Tributarias	V	Caudal de Diseño	Capacidad	Froude	Tirante Crítico	Altura Bordillo	Revisión de Altura
	m/s	Q (m³/s)	Q (m³/s)		y (m)	(m)	
A1-1	0.63	0.077	**0.077**	0.68	0.09	**0.20**	OK
A1-2	0.62	0.086	**0.086**	0.48	0.17	**0.20**	OK

Tabla 30. Chequeo del tirante normal parte 2.
Fuente: Elaboración propia.

De lo anterior se deduce, que la instalación del bordillo será a una altura de **20 cm** respecto al borde del pavimento con la finalidad de garantizar la capacidad hidráulica de la vía en función del tirante calculado asociado al periodo de retorno de **5 años.**

3.3.4.2 Análisis Hidráulico de Zanjas de Coronación

En la **Figura 22** se presentan las dimensiones propuestas para las zanjas de Coronación proyectadas. Estas dimensiones fueron verificadas en relación con su capacidad hidráulica, considerando el caudal asociado y la pendiente proyectada. Los resultados de esta verificación se detallan en la **Tabla 31** y **Tabla 32.** Además, se utilizó el software de uso libre *Hydraulic Toolbox 5.2* para realizar un análisis adicional, el cual confirma que la profundidad de diseño planteada (0.25 m) proporciona un borde libre de al menos 6 cm respecto al tirante normal esperado en el cárcamo (Ver **Figura 23** y **Figura 24**).

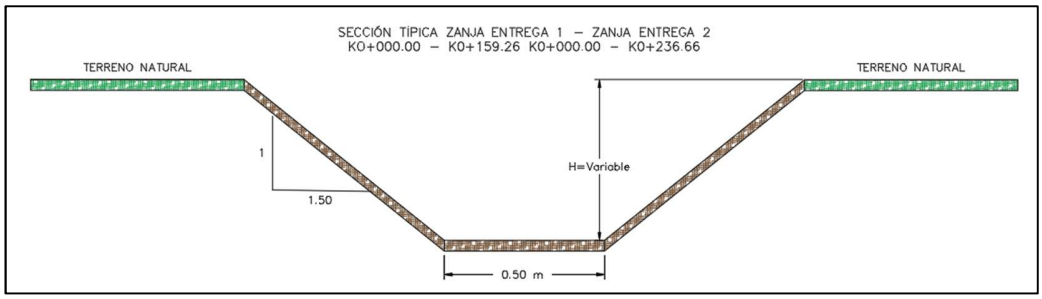


Figura 22. Sección Típica de Zanjas de Coronación Proyectadas.
Fuente: Elaboración propia.

Estructura	Áreas Tributarias	Sección	SL	n	Z (1V:ZH)	b (m)	B (m)	Qd (m³/s)	Factor Sección	AH (m²)	PM (m)	RH (m)
Zanja Entrega 1	A1-3	Trapezoidal	0.560%	0.033	1.50	0.50	0.50	**0.087**	**0.038**	0.15	1.19	0.13
Zanja Entrega 2	A1-4	Trapezoidal	0.560%	0.033	1.50	0.50	0.50	**0.109**	**0.048**	0.18	1.28	0.14

Tabla 31. Determinación de Cárcamo Propuesto parte 1.
Fuente: Elaboración propia.

Estructura	Áreas Tributarias	FS	y (m)	AH (m²)	PM (m)	RH (m)	H Diseño (m)	Rev. Prof	Capacidad (m³/s)	FS	Rev. Capacidad
Zanja Entrega 1	A1-3	**0.038**	0.19	0.22	1.40	0.16	0.25	**OK**	0.144	1.65	OK
Zanja Entrega 2	A1-4	**0.048**	0.22	0.22	1.40	0.16	0.25	**OK**	0.144	1.32	OK

Tabla 32. Determinación de Cárcamo Propuesto parte 2.
Fuente: Elaboración propia.

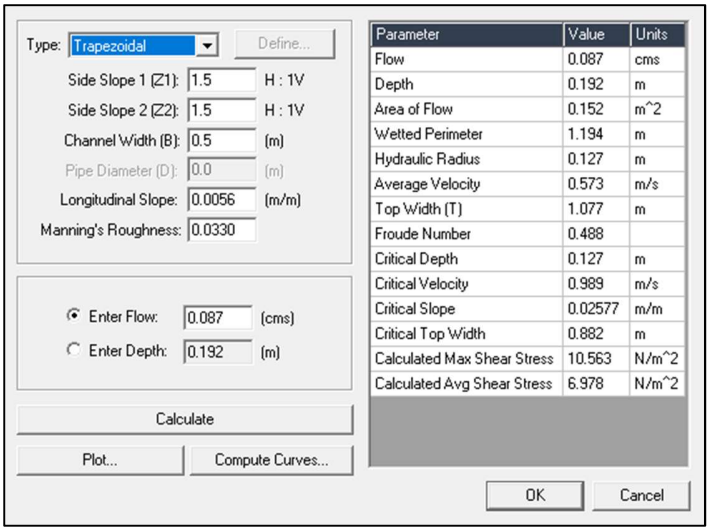


Figura 23. Revisión de dimensiones hidráulicas propuestas Zanja de Coronación Entrega 1.
Fuente: Elaboración propia en Hydraulic Toolbox 5.4.

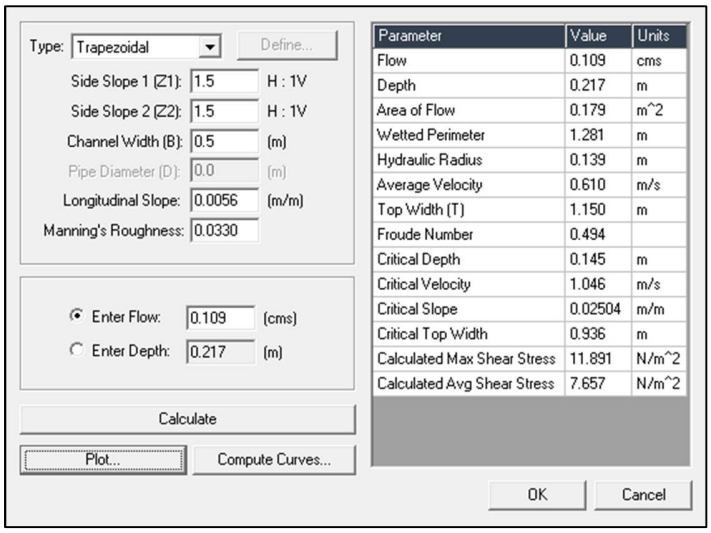


Figura 24. Revisión de dimensiones hidráulicas propuestas Zanja de Coronación Entrega 2.
Fuente: Elaboración propia en Hydraulic Toolbox 5.4.

4 CONCLUSIONES

- En la descripción fisiográfica se muestra que el proyecto se encuentra localizado en el casco urbano de Montería, perteneciente al departamento de Córdoba, presenta una elevación de aproximadamente 15 m y temperaturas que varían entre los 23 °C y 35 °C.
- Para el desarrollo del análisis morfométrico de las áreas aferentes que afectan la vía a intervenir se identifican las áreas de influencia mediante el diseño geométrico del tramo vial. Una vez delimitadas y seccionadas las cuencas aportantes al tramo vial, se describen los parámetros morfométricos de la misma.
- El análisis pluviométrico se realizó partiendo de la estación meteorológica Boca de la Ceiba del IDEAM, los cálculos de los diferentes parámetros se realizaron fundamentalmente bajo teorías existentes, sin embargo, el consultor bajo su criterio acondiciona parámetros bajo su experiencia (periodo de retorno).
- El análisis pluviométrico se realizó en función del periodo de retorno seleccionado, el cual obedece a un valor de, 5 años para la vía a intervenir y zanjas de coronación.
- La determinación de los caudales se desarrolló por el modelo precipitación - escorrentía por el método racional para el sistema de drenaje interno del proyecto.
- Como principio para el análisis de la red de drenaje, se consideró que las escorrentías superficiales serán evacuadas principalmente por la vía del proyecto, las cuales entregarán dicha escorrentía a las vías existentes que se encuentran en el perímetro del proyecto. Para mayor

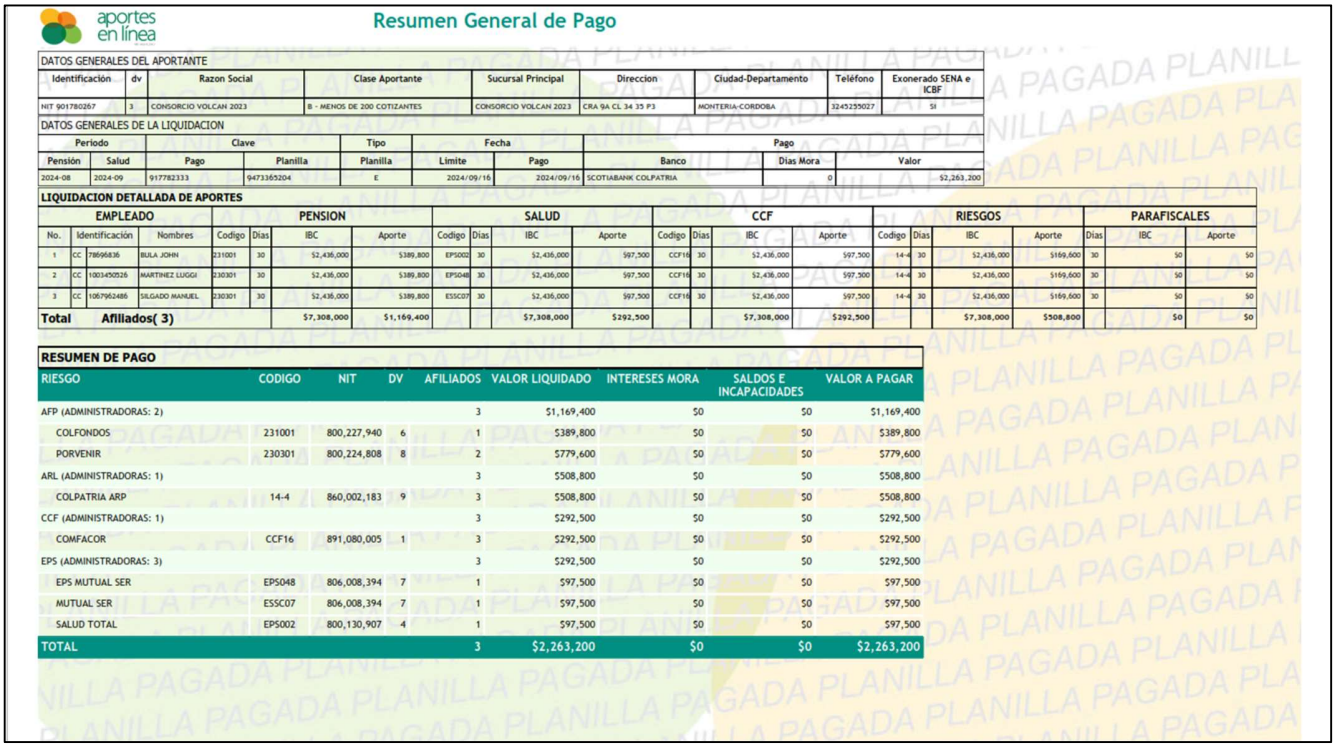
claridad, se genera el plano hidrológico e hidráulico en el cual se evidencia claramente el sistema de drenaje superficial. Ver **Anexo 1. Drenaje Pluvial**.

5 RECOMENDACIONES

- Se recomienda conservar la pendiente longitudinal del diseño para no alterar las velocidades de evacuación de escorrentías superficiales.
- Se recomienda durante la etapa de revisión al estudio, ser informado al consultor cualquier observación ya que este es el responsable del estudio.
- Se recomienda durante la etapa constructiva conservar todos los parámetros de diseño establecidos por esta consultoría, cualquier modificación debe ser informada para su aprobación.
- Se recomienda hacer mantenimiento general y limpieza rutinaria a las estructuras hidráulicas por construir con el fin de garantizar un buen funcionamiento hidráulico.

6 RELACIÓN DE PERSONAL PROFESIONAL

A continuación, se relaciona el personal profesional encargado del diseño de drenaje pluvial, así como la afiliación a seguridad social y su respectiva planilla.



aportes en línea

Resumen General de Pago

DATOS GENERALES DEL APORTANTE

Identificación	dv	Razon Social	Clase Aportante	Sucursal Principal	Direccion	Ciudad-Departamento	Teléfono	Exonerado SENA e ICBF
NIT 901780267	3	CONSORCIO VOLCAN 2023	B - MENOS DE 200 COTIZANTES	CONSORCIO VOLCAN 2023	CRA 9A CL 34 35 P3	MONTERIA-CORDOBA	3245255027	SI

DATOS GENERALES DE LA LIQUIDACION

Periodo		Clave		Tipo	Fecha		Pago		
Pensión	Salud	Pago	Planilla	Planilla	Limite	Pago	Banco	Dias Mora	Valor
2024-08	2024-09	917782333	9473365204	E	2024/09/16	2024/09/16	SCOTIABANK COLPATRIA	0	$2,263,200

LIQUIDACION DETALLADA DE APORTES

EMPLEADO				PENSION			SALUD				CCF				RIESGOS			PARAFISCALES		
No.	Identificación	Nombres	Codigo	Dias	IBC	Aporte	Codigo	Dias	IBC	Aporte	Codigo	Dias	IBC	Aporte	Codigo	Dias	IBC	Aporte	Dias	IBC	Aporte
1	CC 78696836	BULA JOHN	231001	30	$2,436,000	$389,800	EPS002	30	$2,436,000	$97,500	CCF16	30	$2,436,000	$97,500	14-4	30	$2,436,000	$169,600	30	$0	$0
2	CC 1003450526	MARTINEZ LUGGI	230301	30	$2,436,000	$389,800	EPS048	30	$2,436,000	$97,500	CCF16	30	$2,436,000	$97,500	14-4	30	$2,436,000	$169,600	30	$0	$0
3	CC 1067962486	SILGADO MANUEL	230301	30	$2,436,000	$389,800	ESSC07	30	$2,436,000	$97,500	CCF16	30	$2,436,000	$97,500	14-4	30	$2,436,000	$169,600	30	$0	$0
Total	Afiliados(3)				$7,308,000	$1,169,400			$7,308,000	$292,500			$7,308,000	$292,500			$7,308,000	$508,800		$0	$0

RESUMEN DE PAGO

RIESGO	CODIGO	NIT	DV	AFILIADOS	VALOR LIQUIDADO	INTERESES MORA	SALDOS E INCAPACIDADES	VALOR A PAGAR
AFP (ADMINISTRADORAS: 2)				3	$1,169,400	$0	$0	$1,169,400
COLFONDOS	231001	800,227,940	6	1	$389,800	$0	$0	$389,800
PORVENIR	230301	800,224,808	8	2	$779,600	$0	$0	$779,600
ARL (ADMINISTRADORAS: 1)				3	$508,800	$0	$0	$508,800
COLPATRIA ARP	14-4	860,002,183	9	3	$508,800	$0	$0	$508,800
CCF (ADMINISTRADORAS: 1)				3	$292,500	$0	$0	$292,500
COMFACOR	CCF16	891,080,005	1	3	$292,500	$0	$0	$292,500
EPS (ADMINISTRADORAS: 3)				3	$292,500	$0	$0	$292,500
EPS MUTUAL SER	EPS048	806,008,394	7	1	$97,500	$0	$0	$97,500
MUTUAL SER	ESSC07	806,008,394	7	1	$97,500	$0	$0	$97,500
SALUD TOTAL	EPS002	800,130,907	4	1	$97,500	$0	$0	$97,500
TOTAL				3	$2,263,200	$0	$0	$2,263,200

7 BIBLIOGRAFÍA

Chow, V. (1959). *Hidráulica de Canales Abiertos.* Recuperado el 08 de 10 de 2021

Chow, V. T. (1994). *Hidrología Aplicada.* Bogotá, D.C.

Chow, V., Maidment, D. R., & Mays, L. W. (2000). *Hidrología Aplicada.* Bogotá: McGRAW-HILL. Recuperado el 26 de 09 de 2021

Díaz, H. A. (2019). *DRENAJE URBANO ELEMENTOS DE DISEÑO.* ESCUELA COLOMBIANA DE INGENIERIA JULIO GARAVITO.

Google. (2024). *Google Earth Pro*. Recuperado el Febrero de 2024

Gupta, R. S. (2017). *Hydrology & Hydraulic Systems* . Estados Unidos de America.

IDEAM. (2023). *Consulta y Descarga de Datos Hidrometeorológicos*. Recuperado el 2 de Agosto de 2023, de http://dhime.ideam.gov.co/atencionciudadano/

IDEAM. (2024). *Consulta y Descarga de Datos Hidrometeorológicos*. Recuperado el Febrero de 2024, de http://dhime.ideam.gov.co/atencionciudadano/

Ministerio de Desarrollo Económico. (2000). *Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico.* Bogotá, Colombia. Recuperado el 03 de Junio de 2021

Ministerio de Transporte de Colombia. (2009). *Manual de drenaje para carreteras.* Bogotá.

Ministerio de Transporte; Instituto Nacional de Vías - INVÍAS. (2013). *Norma Colombiana de Diseño de Puentes - LRGD - CCP 14.*

Ministerio de Transporte; Instituto Nacional de Vías - INVÍAS. (2022). *Obras Menores de Drenaje y Estructuras Viales PROGRAMA COLOMBIA RURAL.*

Ministerio de Transporte; INVÍAS. (2011). *Manual de Drenaje de Carreteras.*

Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio. (2016). *Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico - RAS.* Bogotá, D.C.

Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio. (2017). *"Por la cual se adopta el Reglamento Técnico para el Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico - RAS y se derogan las resoluciones 1096 de 2000, 0424 de 2001, 0668 de 2003, 1459 de 2005, 1447 de 2005 y 2320 de 2009".* Bogotá, D. C.

Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio. (2021). *Resolución 0799 de 2021 - "Por la cual se modifica la Resolución 0330 de 2017".* Bogota, D. C.

Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio. (2021). ♣ *Resolución 0908 de 2021 – "Por medio de la cual se corrigen errores formales de la Resolución 0799 de 2021"* . Bogotá, D. C.

Monsalve Sáenz, G. (1999). Hidrología en la ingeniería. Bogotá: Escuela colombiana de ingeniería.

Ponce, V. M. (2014). *Engineering Hydrology: Principles and Practices.* San Diego.

Rodríguez Díaz, H. A. (2010). *Hidráulica Fluvial. Fundamentos y aplicaciones Socavación.* Colombia: Editorial Escuela Colombiana de Ingeniería.

Rodríguez, H. (2010). *Hidráulica Fluvial. Fundamentos y aplicaciones Socavación.* Colombia: Editorial Escuela Colombiana de Ingeniería.

Saldarriaga, J. (2019). *Hidráulica de tuberías 4a Edición.* Bogotá, D.C.

United States Department of Agriculture. (1986). *Urban Hydrology For Small Watersheds (TR - 55).*

Vargas, & Díaz - Granados. (1998). Curvas sintéticas regionalizadas de intensidad-duración-frecuencia para Colombia.

Weather Spark. (Febrero de 2024). *El clima y el tiempo promedio en todo el año en Montería*. Recuperado el 2024, de https://es.weatherspark.com/y/22571/Clima-promedio-en-Monter%C3%ADa-Colombia-durante-todo-el-a%C3%B1o

Respuesta a oficio de la Veeduría Areneros con recibida el 22 de septiembre de 2024.

CONSORCIO
PUENTE RÍO SINÚ

NIT. 901.784.351-2

Bogotá D.C., 11 de octubre de 2024

CPRS-056-2024

Señores:
VEEDURÍA DE ARENEROS
Atn. Sr. ROBINSON ANTONIO CELESTINO B
Presidente Veeduría
Casa No. 336 Barrio Nuevo Milenio del Municipio de Montería
celestinorobinson7@gmail.com
arenasdelsinu15@gmail.com
joseyepe109@gmail.com

Referencia: CONTRATO LP-SIM-024-2023 CONSTRUCCIÓN DEL TERCER PUENTE SOBRE EL RIO SINÚ, EN EL MUNICIPIO DE MONTERIA, DEPARTAMENTO DE CORDOBA.

Asunto: Respuesta a oficio de la Veeduría Areneros con recibida el 22 de septiembre de 2024.

Respetado Sr. Robinson Antonio,

Reciba un cordial saludo,

FERNANDO AMAR GARZÓN, mayor de edad, identificado con la con cédula de ciudadanía No. 9.777.464, actuando como Representante Legal de CONSORCIO PUENTE RIO SINÚ, identificado con NIT.: 901.784.351-2, por medio de la presente y obrando dentro del término correspondiente, me permito dar respuesta a la información solicitada sobe el contrato LP-SIM-024-2023, cuyo objeto es la CONSTRUCCIÓN DEL TERCER PUENTE SOBRE EL RIO SINÚ en el municipio de Montería, departamento de Córdoba.

El día 22 de septiembre de 2024, mediante correo electrónico remitido al buzón electrónico consorcio.riosinu@concrearmadoltda.com, se solicitó la siguiente información sobre la CONSTRUCCIÓN DEL TERCER PUENTE SOBRE EL RIO SINÚ:

CONSORCIO
PUENTE RÍO SINÚ

NIT. 901.784.351-2

PETICIÓN 1

"*(…) 1. Se nos informe e incluya en las rendiciones de cuentas públicas sobre los avances de la obra y de posibles modificaciones en caso que se presenten. (…)*"

RESPUESTA A PETICIÓN 1

Sobre este punto, la **CONSTRUCCIÓN DEL TERCER PUENTE SOBRE EL RIO SINÚ** no ha iniciado las actividades de ejecución. En todo caso se aclara que la información del contrato de la referencia se puede solicitar con la Secretaría de Infraestructura del municipio, para su consulta en tiempo real, en la medida que haya modificaciones al mismo, por lo que no es necesario incluirlos en rendiciones de cuenta, si hay lugar a ellas, pues la información ya es pública y se encuentra al alcance de todas las personas interesadas.

PETICIONES 2 y 3

"*(…) 2. Promover mecanismos de comunicación que permitan brindar información clara, veraz y oportuna, a las comunidades influenciadas por las obras.*

3. A la comunidad minera y/o sus familiares sean tenidos en cuenta en el proceso de contratación de mano de obra calificada y mano de obra NO calificada con el fin de afrontar y minimizar una crisis económica familiar por efectos de desalojo. (…)"

RESPUESTA A PETICIONES 2 y 3

Sobre estos puntos, es importante mencionar que el día primero (1) de agosto de dos mil veinticuatro (2024) se realizó Mesa de trabajo con delegados de areneros artesanales del sector Zarabanda sobre proyecto Tercer Puente. Mesa de trabajo en la cual se dialogó sobre el seguimiento del proyecto del Tercer Puente con la comunidad del barrio Betancí; por tal razón estas mesas de trabajo son utilizadas como mecanismo de comunicación con la comunidad para de esta manera mantener una relación articulada con la comunidad y los areneros, permitiendo que se abra un espacio con los distintos actores del proyecto que permita absolver dudas y, en general, brindar información actualizada sobre el particular.

Se adjunta la respectiva acta para su revisión y demás fines pertinentes.

PETICIÓN 4

"*(…) 4. Se nos entregue copia del presupuesto detallado del contrato en la partida gestión social y predial (incluye IVA del 19%) por valor de $6.059.194.309, anexando soportes de avance, planes y ejecución de este RUBRO. (…)*"

RESPUESTA A PETICIÓN 4

Sobre este punto, la información solicitada la pueden solicitar a la Secretaría de Infraestructura de municipio. Esta información es pública y se encuentra al alcance de cualquiera que se encuentre interesado en acceder a la misma.

PETICIÓN 5

"*(…)* 5. Se nos entregue información detallada que incluya el diseño final de la construcción. *(…)*"

RESPUESTA A PETICIÓN 5

Sobre este punto, es importante mencionar que el diseño final de la construcción no se encuentra disponible aún, ya que está siendo objeto de revisión y mejoramiento por parte del Contratista, la entidad contratante y la interventoría del proyecto.

Lo invitamos a consultar cualquier información contractual con la secretaria de Infraestructura del Municipio.

PETICIÓN 6

"(…) 6. Se nos entregue copia de Informe, actas o minutas de la consulta previa realizada para la obtención de la licencia ambiental. (…)"

RESPUESTA A PETICIÓN 6

Sobre este punto, el día treinta (30) de julio de dos mil veinticuatro (2024) el **CONSORCIO PUENTE RIO SINU** radicó oficio ante la **CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DE LOS VALLES DEL SINÚ (CVS)**, solicitando confirmación sobre la necesidad o no de obtener licencia ambiental para la construcción del **Tercer Puente Sobre el Rio Sinú**.

Mediante comunicación de respuesta identificada con radicado de salida 20242109605 de 12 de agosto de 2024, a CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DE LOS VALLES DEL SINÚ contestó lo siguiente:

CONSORCIO
PUENTE RÍO SINÚ

NIT. 901.784.351-2

"(…) nos permitimos informarle que de acuerdo a lo establecido en el Decreto Único Reglamentario 1076 de 2015, del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, estarán sujetos a licenciamiento ambiental únicamente los proyectos, obras y actividades que se enumeran en el artículo 2.2.2.3.2.2 y 2.2.2.3.2.3.
Conforme a lo anterior el proyecto en mención, NO requiere tramitar licencia ambiental. Pero teniendo en cuenta la magnitud de la obra y las demás causales para algunos trámites ambientales, dicho proyecto SI requiere Permiso de ocupación de cauce, Permiso de aprovechamiento forestal (Permiso o autorización de tala, trasplante o reubicación de árboles), Concesión de aguas y Permiso de vertimientos, estos deberán ser tramitados y obtenidos ante las autoridad competente antes de ejecutar dichas actividades, en todo caso si existe alguna actividad no descrita en la cual se necesite la utilización de algún tipo de aprovechamiento de los recursos naturales, se deberá proceder a tramitar el permiso ambiental correspondiente a dicha actividad, por consiguiente en el Cuadro 1 se relaciona la causalidad de cada permiso o trámite ambiental de acuerdo al tipo de actividad a ejecutar, esto dependiendo del método constructivo y el detalle de la obra a construir, con base en el Decreto 1076 de 2015 el cual compiló las normas ambientales vigentes. (…)"

Por lo expuesto, es imposible acceder a su petición relativa a suministrar copia de Informe, actas o minutas de la consulta previa realizada para la obtención de la licencia ambiental, pues al no requerirse licencia ambiental, tales documentos son inexistentes.

Sin embargo, es importante aclarar que se requiere la implementación del Plan de Adaptación de la Guía Ambiental (PAGA), que involucra los permisos nombrados por la **CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DE LOS VALLES DEL SINÚ (CVS),** de los cuales ya se están adelantando los tramites del Permiso de Ocupación del Cause y el Permiso de Aprovechamiento Forestal, es importante aclarar que dichos trámites se pueden consultar en dicha entidad de regulación ambiental.

Se anexan los siguientes documentos:

1. Acta de la mesa de trabajo del día primero (1) de Agosto de dos mil veinticuatro (2024).

2. Copia de la respuesta del oficio 20242109605 de 12 de agosto de 2024 expedido por la CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DE LOS VALLES DEL SINÚ.

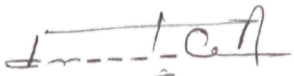
CONSORCIO
PUENTE RÍO SINÚ

NIT. 901.784.351-2

De acuerdo a lo expuesto y en atención a los documentos suministrados, se entiende perfeccionada la respuesta clara, completa y oportuna a su petición.

Quedo atento a sus comentarios.

Atentamente,



Fernando Amar Garzón
Representante Legal
CONSORCIO PUENTE RIO SINU

Anexos: Los descritos.
c.c.: Iris Spaht Camaño- Secretaría de Infraestructura – s.infraestructura@monteria.gov.co
Margarita Sabino – Contratista SIM – infra.msabino@gmail.com
Luz Marina Pérez – Supervisora Contrato Interventoría – lmperez@findeter.gov.co
Jorge Luis Taján de Ávila – Interventor - proyecto460sinu@consultecnicos.com

Elaboró: CAT
Revisó: FAG
Aprobó: FAG

ANEXO NO. 1
ACTA MESA DE TRABAJO

	SECRETARÍA DE INFRAESTRUCTURA	
	ACTA DE REUNIÓN	
CÓDIGO	**VERSIÓN**	**FECHA DE ELABORACIÓN**
SI-SUP-F-035	**01**	**23/01/2024**

Tema de la reunión	**Fecha**	1/08/2024
Mesa de trabajo con delegados de areneros artesanales del sector Zarabanda sobre proyecto Tercer Puente.	**Hora Inicio**	4 p.m.
	Hora Fin	5:30 p.m.
Secretaría de Infraestructura	**Contrato/Convenio No.**	LP-SIM-024-2023
Lugar	Sala de juntas, Centro Verde	

Objetivo

Seguimiento a proyecto del Tercer Puente con la comunidad del barrio Betancí.

Temas Tratados

Atendiendo solicitud de uno de los líderes de los mineros artesanales, se realizó una reunión (mesa de trabajo) con algunos representantes de los areneros, para socializar el proyecto tercer puente, toda vez que el gremio quería conocer de manera oficial, si el trazado del puente afectaba o no los negocios y actividades que se desarrollan en el entorno de la obra.

A la reunión llegaron 6 profesionales del derecho, que dicen representar a varias asociaciones de areneros.

Se inició la reunión con saludo y presentación de los asistentes y explicando el objetivo del encuentro.

Luego de la exposición del proyecto por parte del ingeniero de la firma contratista, la ingeniera Margarita Sabino de la Secretaría de Infraestructura, hizo algunas presiones sobre el alcance del proyecto. Mostró en plano los dos puntos a intervenir en la margen derecha, lo que según indicó, no afectaría la actividad minera que se desarrolla en el área de influencia, pues sólo habría cerramiento en las dos partes señaladas.

Pese a estas explicaciones, los abogados y algunos mineros, expresaron su inconformidad, pues consideran que de todos modos la obra ocasionará impacto en la labor minera y de otros comerciantes que trabajan en varios sectores como: Zarabanda, Puerto Platanito y Nuevo Milenio. Piden además revisar los censos, para que los trabajadores y comerciantes afectados por el proyecto, reciban compensación económica del municipio, por reconocimiento al derecho del mínimo vital, al que hace referencia la Corte Constitucional en varias de sus sentencias.

Se refirieron los abogados además, a la existencia de áreas protegidas donde operan varias asociaciones y a los títulos mineros con que cuentan algunas, expedidos por la Agencia Nacional de Minería.

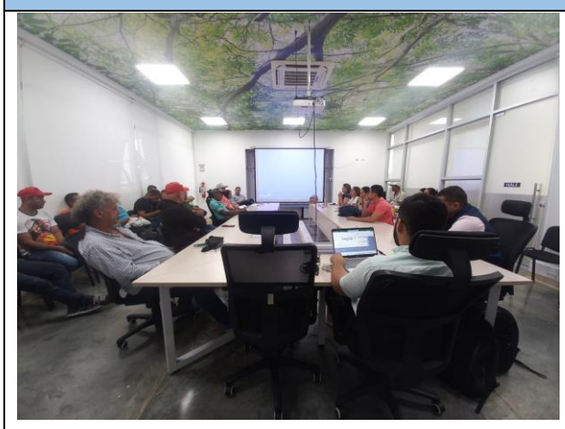
Por parte de la Secretaría de Infraestructura, se hace saber, que esta es la primera mesa de trabajo con los representantes de la actividad minera y en la próxima reunión se atenderá la solicitud expresada en el día de hoy, de que se invite a la Secretaría de Planeación, Secretaría de Gobierno y Oficina Jurídica de la Alcaldía, para revisar temas de censo, reconocimientos económicos, áreas afectadas por el proyecto entre otros.

La versión vigente y controlada de este documento, solo podrá ser consultada a través del Software Integrado de Gestión dispuesto para tal fin o por medio del Coordinador MIPG. La impresión diferente a la publicada, será considerada como documento no controlado.

	SECRETARÍA DE INFRAESTRUCTURA	
	ACTA DE REUNIÓN	
CÓDIGO	**VERSIÓN**	**FECHA DE ELABORACIÓN**
SI-SUP-F-035	**01**	**23/01/2024**

Compromisos Adquiridos		
Compromiso	**Fecha De Cumplimiento**	**Responsable**
Convocar a Secretaría de Planeación, Secretaría de Gobierno, Oficina Jurídica Alcaldía	Próxima mesa de trabajo	Secretaría de Infraestructura

Registro fotográfico






Anexos	Listado de Asistencia (Obligatorio)

La versión vigente y controlada de este documento, solo podrá ser consultada a través del Software Integrado de Gestión dispuesto para tal fin o por medio del Coordinador MIPG. La impresión diferente a la publicada, será considerada como documento no controlado.

15918

	SECRETARÍA DE INFRAESTRUCTURA
POMA MONTERÍA	**FORMATO LISTADO DE ASISTENCIA**

CÓDIGO	VERSIÓN	FECHA DE ELABORACIÓN
SI-SUP-F-036	01	23/01/2024

Fecha	01/08/24	**Hora Inicio**	4 Pm	**Hora Fin**	5:40 Pm	**Lugar**	Sala de Juntas Centro-Verde
Secretaría / Dependencia		**INFRAESTRUCTURA**		**Nombre Moderador**		Margarita Sabino	
Nombre Reunión o Tema		Mesa de trabajo. Seguimiento proyecto Tercer Puente. Mesa de Trabajo Mineros artesanales					

Nombre Asistente	Dependencia / Entidad	Correo Electrónico	Celular	Firma
Pablo Emilio Diaz Leal	Abogado Aforeros	Pablojuridico18@hotmail.es	3024174768	
[redacted]	[redacted]	Calestinarobinsanz@gmail.com	3209277766	
Edgar Manuel Vega Gomez			3002910171	
Hance Salvador Villalobos	arena del Sinú		3104712969	
[redacted]	[redacted]	Josedionisiovillalobos	3128972126	
[redacted]	[redacted]		3136635368	
[redacted]	[redacted]	barreraspmroland@gmail.com	311 4263895	
[redacted]	[redacted]	— —	3218295332	
[redacted]	[redacted]	— - —	3045703899	
Luis Camilo contreras trujillo	Sec de Gobierno	lcontrez@gmail.com	3103722920	
[redacted]	[redacted]		78688361	
[redacted]	[redacted]		3235009174	
[redacted]	[redacted]		78707082	
Deisi Sierra	Abogada	daliaghisays@gmail.com	3012714144	
Paula Andrea Paneso	SIM	Infra-paneso@gmail.com	3232071431	

3128972631

FIRMA ORGANIZADOR

15919

	SECRETARÍA DE INFRAESTRUCTURA
POMA MONTERÍA	**FORMATO LISTADO DE ASISTENCIA**

CÓDIGO	VERSIÓN	FECHA DE ELABORACIÓN
SI-SUP-F-036	01	23/01/2024

Fecha	01/08/24	**Hora Inicio**	4 Pm	**Hora Fin**	5:40 Pm	**Lugar**	Sala de juntas Centro-urde
Secretaría / Dependencia		**INFRAESTRUCTURA**		**Nombre Moderador**			
Nombre Reunión o Tema		Mesa de trabajo - Seguimiento proyecto tercer punto. (Mineros Artesanales. (Mes					

Nombre Asistente	Dependencia / Entidad	Correo Electrónico	Celular	Firma
VALENTINA TATIANA DE CASTRO	SIN	arte.Otatiana@gmail.com	3164592785	
Pamela Tespalacio S.	SIM	Infra.tespalacio@gmail.com	3012947727	
Heidy Sanchez Marcos	Contratista	Ranterio Sinu.Sanchez@gmail.com	3136846631	
Carolina Caballero Tarazona	Interventoría	caro.caballero405@gmail.com	3014039589	
Wadys Wilches	Interventoría	wadys33@hotmail.com	3116626075	
Erick Mercado Garcia	Personera Mpal	erickmercado7112@gmail.com.	3214688607	
Andrés Fernando Balboa Vega	SIM	infra.andresbalboa@gmail.com	3162551807	
Ana C. Baranda Baranda	UTAC. Cerquera	—— o ——	3054587267	
Dalia Carrill. Gamboa	Contratista	dalia cerrillo 0212@gmail.com	3234619165	
Lucalys Ramos M	SIM	infra.lramos@gmail.com	3135081136	
* Anilda Tora Salcedo	Sim	infra.loraa@gmail.com	3002069276	

FIRMA ORGANIZADOR

ANEXOS

OFICIOS DE INVITACION A ENTES

- Oficina Participación Ciudadana
- Comandante de la Policia
- Contralor Provincial de Participación Ciudadana
- Personería Municipal

15920

Gmail

Margarita Sabino <infra.msabino@gmail.com>

C.I SIM-724-2024

Secretaria de Infraestructura <s.infraestructura@monteria.gov.co> 30 de julio de 2024, 17:29
Para: "juniorhaylock24@gmail.com" <juniorhaylock24@gmail.com>, Secretaría de Gobierno <sgobierno@monteria.gov.co>

Señores
Oficina Participación Ciudadana
Secretaría de Gobierno
Montería
juniorhaylock24@gmail.com

Referencia: Contrato de Obra N° LP-SIM-024-2023 cuyo objeto es CONSTRUCCIÓN DEL TERCER PUENTE SOBRE EL RIO SINÚ EN EL MUNICIPIO DE MONTERÍA, DEPARTAMENTO DE CÓRDOBA.

Asunto: Invitación a acompañamiento mesas de trabajo con la comunidad beneficiaria del proyecto.

Alcaldía de **MONTERÍA**
SECRETARÍA DE INFRAESTRUCTURA
Cra. 1W Nº 32-49 Centro Verde

Iris Spath Camaño
Secretaria de Infraestructura

Cra. 1W Nº 32-49 Centro Verde
www.monteria.gov.co

C.I SIM-724-2024.pdf
313K

Alcaldía de
MONTERÍA

Montería, 30 de julio de 2024 **C.I SIM-724-2024**

Señores
Oficina Participación Ciudadana
Secretaría de Gobierno
Montería
juniorhaylock24@gmail.com

Referencia: Contrato de Obra N° LP-SIM-024-2023 cuyo objeto es CONSTRUCCIÓN DEL TERCER PUENTE SOBRE EL RIO SINÚ EN EL MUNICIPIO DE MONTERÍA, DEPARTAMENTO DE CÓRDOBA.

Asunto: Invitación a acompañamiento mesas de trabajo con la comunidad beneficiaria del proyecto.

Cordial saludo,

Teniendo en cuenta la supervisión y control ejercidos por la Secretaría de Infraestructura sobre el proyecto en referencia, y considerando la complejidad inherente a su desarrollo, se estarán llevando a cabo diversas mesas de trabajo a lo largo de su ejecución.

El objetivo principal de las mesas de trabajo antes descritas, es mantener una relación articulada con la comunidad, de tal manera que se abra un espacio con los distintos actores del proyecto que permita absolver dudas y, en general, brindar información actualizada sobre el particular. Lo anterior, se propone realizar por sectores.

En este orden de ideas, seguidamente indicamos el cronograma de reuniones programadas, para las cuales consideramos de gran importancia su acompañamiento:

Actividad	Objetivo	Fecha	Hora	Lugar
Mesa de trabajo con delegados Barrio Betancí	Reunión con delegados Acuerdos con la comunidad alrededor del proyecto tercer puente	**Jueves 1 de agosto**	**2 p.m.**	**Sala de reunión – Tercer piso – Centro Verde**
Reunión informativa con abogado y representantes de areneros sector Zarabanda	Informar y atender inquietudes del gremio de areneros ubicados en Zarabanda sobre trazado del puente y su incidencia en las actividades de minería artesanal que se realizan en el sector.	**Jueves 1 de agosto**	**4 p.m.**	**Sala de reunión – Tercer piso – Centro Verde**
Socialización mejora de diseños Tercer Puente con los habitantes del barrio La Coquera	Cumplimiento de acuerdo con la comunidad del barrio La Coquera	**Martes 6 de agosto**	**4 p.m.**	**I.E. Cecilia de Lleras**

Agradecemos de antemano su participación.

Atentamente;

Firmado digitalmente por IRIS SPATH CAMAÑO

IRIS SPATH CAMAÑO
Secretaria de Infraestructura
Municipio de Montería

Proyectaron: Margarita Sabino – Contratista SIM
Anilda Lora-Contratista SIM

15922

Gmail

Margarita Sabino <infra.msabino@gmail.com>

C.E SIM-1947-2024

1 mensaje

Secretaria de Infraestructura <s.infraestructura@monteria.gov.co> 30 de julio de 2024, 17:24
Para: "memot.coman@policia.gov.co" <memot.coman@policia.gov.co>

Coronel
CARLOS ANDRES GARCIA SUAREZ
Comandante Policía Metropolitana
Municipio de Montería
memot.coman@policia.gov.co

Referencia: Contrato de Obra N° LP-SIM-024-2023 cuyo objeto es CONSTRUCCION DEL TERCER PUENTE SOBRE EL RIO SINU EN EL MUNICIPIO DE MONTERIA, DEPARTAMENTO DE CORDOBA.

Asunto: Invitación a acompañamiento mesas de trabajo con la comunidad beneficiaria del proyecto.

Alcaldía de **MONTERÍA**
SECRETARÍA DE INFRAESTRUCTURA
Cra. 1W Nº 32-49 Centro Verde

Iris Spath Camaño
Secretaria de Infraestructura

Cra. 1W Nº 32-49 Centro Verde
www.monteria.gov.co

C.E SIM-1947-2024.pdf
338K

Alcaldía de
MONTERÍA

15923

Montería, 30 de julio de 2024 **C.E SIM-1947-2024**

Coronel
CARLOS ANDRES GARCIA SUAREZ
Comandante Policía Metropolitana
Municipio de Montería
memot.coman@policia.gov.co

Referencia: Contrato de Obra N° LP-SIM-024-2023 cuyo objeto es CONSTRUCCION DEL TERCER PUENTE SOBRE EL RIO SINU EN EL MUNICIPIO DE MONTERIA, DEPARTAMENTO DE CORDOBA.

Asunto: Invitación a acompañamiento mesas de trabajo con la comunidad beneficiaria del proyecto.

El pasado 5 de julio de 2024, se llevó a cabo una reunión con las diferentes dependencias de la Policía, la Secretaría de Gobierno y la Secretaría de Infraestructura. Durante esta reunión, se recomendó que, ante cualquier evento de socialización o reunión con la comunidad, se solicitara previamente el acompañamiento de la Policía, con el objetivo de garantizar el debido proceso en caso de cualquier eventualidad.

El objetivo principal de las mesas de trabajo antes descritas, es mantener una relación articulada con la comunidad, de tal manera que se abra un espacio con los distintos actores del proyecto que permita absolver dudas y, en general, brindar información actualizada sobre el particular. Lo anterior, se propone realizar por sectores.

En este orden de ideas, seguidamente indicamos el cronograma de reuniones programadas, para las cuales consideramos de gran importancia su acompañamiento:

Actividad	Objetivo	Fecha	Hora	Lugar
Mesa de trabajo con delegados Barrio Betancí	Reunión con delegados Acuerdos con la comunidad alrededor del proyecto tercer puente	**Jueves 1 de agosto**	**2 p.m.**	**Sala de reunión – Tercer piso – Centro Verde**
Reunión informativa con abogado y representantes de areneros sector Zarabanda	Informar y atender inquietudes del gremio de areneros ubicados en Zarabanda sobre trazado del puente y su incidencia en las actividades de minería artesanal que se realizan en el sector.	**Jueves 1 de agosto**	**4 p.m.**	**Sala de reunión – Tercer piso – Centro Verde**
Socialización mejora de diseños Tercer Puente con los habitantes del barrio La Coquera	Cumplimiento de acuerdo con la comunidad del barrio La Coquera	**Martes 6 de agosto**	**4 p.m.**	**I.E. Cecilia de Lleras**

Agradecemos de antemano su participación.

Atentamente

Firmado digitalmente por IRIS SPATH CAMAÑO

IRIS SPATH CAMAÑO
Secretaria de Infraestructura
Alcaldía de Montería

Proyectaron: Margarita Sabino – Contratista SIM
Anilda Lora-Contratista SIM

15924

Gmail

Margarita Sabino <infra.msabino@gmail.com>

C.E SIM-1945-2024

1 mensaje

Secretaria de Infraestructura <s.infraestructura@monteria.gov.co> 30 de julio de 2024, 16:53
Para: "jairo.romerob@contraloria.gov.co" <jairo.romerob@contraloria.gov.co>

Señor
JAIRO ENRIQUE ROMERO BENITEZ Contralor Provincial de Participación ciudadana Montería
jairo.romerob@contraloria.gov.co

Referencia: Contrato de Obra N° LP-SIM-024-2023 cuyo objeto es CONSTRUCCIÓN DEL TERCER PUENTE SOBRE EL RIO SINÚ EN EL MUNICIPIO DE MONTERÍA, DEPARTAMENTO DE CÓRDOBA.

Asunto: Invitación a acompañamiento mesas de trabajo con la comunidad beneficiaria del proyecto.

POMA
CARPEANT TUA
NEPOTES
MONTERÍA

Alcaldía de **MONTERÍA**

SECRETARÍA DE INFRAESTRUCTURA

Cra. 1W Nº 32-49 Centro Verde

Iris Spath Camaño
Secretaria de Infraestructura

Cra. 1W Nº 32-49 Centro Verde
www.monteria.gov.co

C.E SIM-1945-2024.pdf
528K

Alcaldía de
MONTERÍA

Montería, 30 de julio de 2024

C.E SIM-1945-2024

Señor
JAIRO ENRIQUE ROMERO BENITEZ
Contralor Provincial de Participación ciudadana
Montería
jairo.romerob@contraloria.gov.co

Referencia: Contrato de Obra N° LP-SIM-024-2023 cuyo objeto es CONSTRUCCIÓN DEL TERCER PUENTE SOBRE EL RIO SINÚ EN EL MUNICIPIO DE MONTERÍA, DEPARTAMENTO DE CÓRDOBA.

Asunto: Invitación a acompañamiento mesas de trabajo con la comunidad beneficiaria del proyecto.

Cordial saludo,

Teniendo en cuenta la supervisión y control ejercidos por la Secretaría de Infraestructura sobre el proyecto en referencia, y considerando la complejidad inherente a su desarrollo, se estarán llevando a cabo diversas mesas de trabajo a lo largo de su ejecución.

El objetivo principal de las mesas de trabajo antes descritas, es mantener una relación articulada con la comunidad, de tal manera que se abra un espacio con los distintos actores del proyecto que permita absolver dudas y, en general, brindar información actualizada sobre el particular. Lo anterior, se propone realizar por sectores.

En este orden de ideas, seguidamente indicamos el cronograma de reuniones programadas, para las cuales consideramos de gran importancia su acompañamiento:

Actividad	Objetivo	Fecha	Hora	Lugar
Mesa de trabajo con delegados Barrio Betancí	Reunión con delegados Acuerdos con la comunidad alrededor del proyecto tercer puente	**Jueves 1 de agosto de 2024**	**2:00 p.m.**	**Sala de reunión Centro verde**
Reunión informativa con abogado y representantes de areneros sector Zarabanda	Informar y atender inquietudes del gremio de areneros ubicados en Zarabanda sobre trazado del puente y su incidencia en las actividades de minería artesanal que se realizan en el sector.	**Jueves 1 de agosto de 2024**	**4:00 p.m.**	**Sala de reunión Tercer piso - Centro verde**
Socialización mejora de diseños Tercer Puente con los habitantes del barrio La Coquera	Cumplimiento de acuerdo con la comunidad del barrio La Coquera	**Martes 6 de agosto de 2024**	**4:00 p.m.**	**I.E. Cecilia de Lleras**

Agradecemos de antemano la atención prestada y su participación en las mismas.

Atentamente;

Firmado digitalmente por IRIS SPATH CAMAÑO

IRIS SPATH CAMAÑO
Secretaria de Infraestructura
Municipio de Montería

Proyectaron: Margarita Sabino – Contratista SIM
Anilda Lora-Contratista SIM
Revisó: Rubiela Pérez – Contratista SIM

15926

Gmail

Margarita Sabino <infra.msabino@gmail.com>

C.E SIM-1946-2024

1 mensaje

Secretaria de Infraestructura <s.infraestructura@monteria.gov.co> 30 de julio de 2024, 17:17
Para: "personeriamonteria@hotmail.com" <personeriamonteria@hotmail.com>

Señores
PERSONERÍA MUNICIPAL
Luis Gabriel Degiovanni
Personero de Montería
Municipio de Montería
personeriamonteria@hotmail.com

Referencia: Contrato de Obra N° LP-SIM-024-2023 cuyo objeto es CONSTRUCCIÓN DEL TERCER PUENTE SOBRE EL RIO SINÚ EN EL MUNICIPIO DE MONTERÍA, DEPARTAMENTO DE CÓRDOBA.

Asunto: Invitación a acompañamiento mesas de trabajo con la comunidad beneficiaria del proyecto.

Alcaldía de **MONTERÍA**
SECRETARÍA DE INFRAESTRUCTURA
Cra. 1W Nº 32-49 Centro Verde

Iris Spath Camaño
Secretaria de Infraestructura

Cra. 1W Nº 32-49 Centro Verde
www.monteria.gov.co

C.E SIM-1946-2024.pdf
312K

Alcaldía de
MONTERÍA

Montería, 30 de julio de 2024 **C.E SIM-1946-2024**

Señores
PERSONERÍA MUNICIPAL
Luis Gabriel Degiovanni
Personero de Montería
Municipio de Montería
personeriamonteria@hotmail.com

Referencia: Contrato de Obra N° LP-SIM-024-2023 cuyo objeto es CONSTRUCCIÓN DEL TERCER PUENTE SOBRE EL RIO SINÚ EN EL MUNICIPIO DE MONTERÍA, DEPARTAMENTO DE CÓRDOBA.

Asunto: Invitación a acompañamiento mesas de trabajo con la comunidad beneficiaria del proyecto.

Cordial saludo,

Teniendo en cuenta la supervisión y control ejercidos por la Secretaría de Infraestructura sobre el proyecto en referencia, y considerando la complejidad inherente a su desarrollo, se estarán llevando a cabo diversas mesas de trabajo a lo largo de su ejecución.

El objetivo principal de las mesas de trabajo antes descritas, es mantener una relación articulada con la comunidad, de tal manera que se abra un espacio con los distintos actores del proyecto que permita absolver dudas y, en general, brindar información actualizada sobre el particular. Lo anterior, se propone realizar por sectores.

En este orden de ideas, seguidamente indicamos el cronograma de reuniones programadas, para las cuales consideramos de gran importancia su acompañamiento:

Actividad	Objetivo	Fecha	Hora	Lugar
Mesa de trabajo con delegados Barrio Betancí	Reunión con delegados Acuerdos con la comunidad alrededor del proyecto tercer puente	**Jueves 1 de agosto**	**2 p.m.**	**Sala de reunión – Tercer piso – Centro Verde**
Reunión informativa con abogado y representantes de areneros sector Zarabanda	Informar y atender inquietudes del gremio de areneros ubicados en Zarabanda sobre trazado del puente y su incidencia en las actividades de minería artesanal que se realizan en el sector.	**Jueves 1 de agosto**	**4 p.m.**	**Sala de reunión – Tercer piso – Centro Verde**
Socialización mejora de diseños Tercer Puente con los habitantes del barrio La Coquera	Cumplimiento de acuerdo con la comunidad del barrio La Coquera	**Martes 6 de agosto**	**4 p.m.**	**I.E. Cecilia de Lleras**

Agradecemos de antemano su participación.

Atentamente;

Firmado digitalmente por IRIS SPATH CAMAÑO

IRIS SPATH CAMAÑO
Secretaria de Infraestructura
Municipio de Montería

Proyectaron: Margarita Sabino – Contratista SIM
Anilda Lora-Contratista SIM

CONSORCIO
PUENTE RÍO SINÚ

NIT. 901.784.351-2

ANEXO NO. 2
RESPUESTA DEL OFICIO 20242109605

CVS 12/08/2024 08:44
Al Contestar cite este No.: **20242109605**
Origen: Subdirección de Gestión Ambienta
Destino:FERNANDO AMAR GARZON
Anexos: Fol: 2

Montería,

Señor
FERNANDO AMAR GARZON
REPRESENTANTE LEGAL
Tel: (601) 6560781
Cra. 15 No. 122 – 35 Oficina 701, Santa Bárbara
consorcio.riosinu@concrearmadoltda.com
Bogotá

ASUNTO: Respuesta al radicado 20241107393: CPRS-027-2024 Consulta Referente a la Licencia Ambiental para la Construcción del Tercer Puente Sobre el Rio Sinú.

Cordial saludo,

Dando alcance al oficio citado en el asunto, donde solicita información sobre los permisos y licencias requeridos para el desarrollo del proyecto "CONSTRUCCIÓN DEL TERCER PUENTE SOBRE EL RIO SINÚ, EN EL MUNICIPIO DE MONTERIA, DEPARTAMENTO DE CORDOBA.", nos permitimos informarle que de acuerdo a lo establecido en el Decreto Único Reglamentario 1076 de 2015, del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, estarán sujetos a licenciamiento ambiental únicamente los proyectos, obras y actividades que se enumeran en el artículo 2.2.2.3.2.2 y 2.2.2.3.2.3.

Conforme a lo anterior el proyecto en mención, NO requiere tramitar licencia ambiental. Pero teniendo en cuenta la magnitud de la obra y las demás causales para algunos trámites ambientales, dicho proyecto SI requiere Permiso de ocupación de cauce, Permiso de aprovechamiento forestal (Permiso o autorización de tala, trasplante o reubicación de árboles), Concesión de aguas y Permiso de vertimientos, estos deberán ser tramitados y obtenidos ante las autoridad competente antes de ejecutar dichas actividades, en todo caso si existe alguna actividad no descrita en la cual se necesite la utilización de algún tipo de aprovechamiento de los recursos naturales, se deberá proceder a tramitar el permiso ambiental correspondiente a dicha actividad, por consiguiente en el Cuadro 1 se relaciona la causalidad de cada permiso o trámite ambiental de acuerdo al tipo de actividad a ejecutar, esto dependiendo del método constructivo y el detalle de la obra a construir, con base en el Decreto 1076 de 2015 el cual compiló las normas ambientales vigentes.

Cuadro 1. Trámites ambientales

TRÁMITE O PERMISO	CAUSALIDAD
Permiso o autorización de tala, trasplante o reubicación de árboles. Salvoconducto para la movilización de la madera proveniente de los tratamientos realizados a la vegetación.	Cuando se va a talar, trasplantar o aprovechar árboles de bosques naturales o plantados, localizados en terrenos de dominio público o en predios de propiedad privada que se encuentren caídos o muertos por causas naturales, o que por razones de orden sanitario o de ubicación y/o por daños mecánicos que estén causando perjuicio a la estabilidad de los suelos, a canales de agua, andenes, calles, obras de infraestructura o edificaciones.
Permiso de ocupación de cauce o depósito de agua	Cuando para la construcción de una obra se va a ocupar de forma permanente o transitoria el cauce de una corriente o depósito de agua.
Concesión de agua	Cuando se vaya a hacer uso o aprovechamiento de las aguas superficiales o subterráneas naturales, tanto en predios propios como ajenos.
Permiso de vertimientos	Cuando se genera vertimientos en las aguas superficiales o al suelo asociado a un acuífero.
Permiso de exploración y prospección de aguas subterráneas.	Cuando se vaya a realizar la exploración del subsuelo para el abastecimiento de agua subterránea el cual será para un aprovechamiento posterior.
Permiso de emisiones atmosféricas	Se requiere para que una persona natural o jurídica, dentro de los límites permisibles

	establecidos en las normas ambientales respectivas, pueda realizar emisiones al aire.
Otros, establecidos por las autoridades locales.	De conformidad a la normatividad particular de la autoridad local que aplique al sitio de ejecución del proyecto.

Los permisos, concesiones o autorizaciones ambientales que requiera un proyecto dependerán de las actividades puntuales que vayan a ser ejecutadas; en todo caso los trámites y su causalidad pueden ser consultados en nuestra página web www.cvs.gov.co en el link trámites y servicios.

Cabe resaltar que será obligación del ejecutor, la implementación efectiva de las medidas ambientales que se requieran durante la ejecución de las labores para prevenir y controlar la contaminación del medio ambiente y buscar el mejoramiento, conservación y restauración de los recursos naturales.

En los anteriores términos se resuelve su solicitud y quedamos atentos a aclarar cualquier inquietud adicional a través de nuestros canales de atención al usuario.

Atentamente,

ALBEIRO ARRIETA LÓPEZ
Subdirector de Gestión Ambiental

Respuesta a: 20241107393 del 01/08/2024

Elaboró: Luis Angel Vieira Manchego / SGA

Revisó: Jesus Armando Trujillo Padilla / SGA

Respuesta a oficio CTE-460-0100-2024 Incumplimiento en la Entrega de Diseños del Volumen VII. Mejoramiento de Estudios y Diseños.

CONSORCIO
PUENTE RÍO SINÚ

NIT. 901.784.351-2

Bogotá D.C., 15 de octubre de 2024

CPRS-057-2024

Señores:
CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DE LOS VALLES DEL SINÚ Y SAN JORGE - CVS
Atn. ALBEIRO ANTONIO ARRIETA LÓPEZ
Subdirector de Gestión Ambiental – CVS
Carrera 6 N° 61-25 Barrio los Bongos
Montería, Córdoba.

Referencia: *Contrato de Licitación Pública No. LP-SIM-024-2023 que tiene por objeto: "CONSTRUCCIÓN DEL TERCER PUENTE SOBRE EL RIO SINÚ, EN EL MUNICIPIO DE MONTERÍA, DEPARTAMENTO DE CÓRDOBA".*

Asunto: *SOLICITUD DEL PERMISO DE VERTIMIENTOS O CONCESIÓN DE REÚSO DE AGUAS RESIDUALES TRATADAS.*

Cordial saludo,

El **CONSORCIO PUENTE RIO SINU**, en calidad de contratista de obra encargado de la ejecución del **Contrato de Licitación Pública No. LP-SIM-024-2023** que tiene por objeto: **"CONSTRUCCIÓN DEL TERCER PUENTE SOBRE EL RIO SINÚ, EN EL MUNICIPIO DE MONTERÍA, DEPARTAMENTO DE CÓRDOBA"**, solicita formalmente el permiso de vertimientos o concesión de reúso de aguas residuales tratadas., adjuntando la siguiente información asociada al proyecto en mención:

1. Formato diligenciado CS-FO-65: FORMATO ÚNICO NACIONAL DE PERMISO DE VERTIMIENTO.
2. Copia del RUT alcaldía.
3. Cedula ciudadanía y el acta de posesión de alcalde en turno.
4. Concepto de uso del suelo del predio donde se realizará la descarga de las aguas residuales, emitido por Secretaría de Planeación Municipal.
5. Certificado de libertad y tradición del predio donde se hará la descarga.
6. Caracterización actual del vertimiento existente o estado final previsto para el vertimiento proyectado (numeral 16 del artículo 2.2.3.3.5.2 del Decreto 1076 de 2015), de acuerdo con los parámetros mínimos establecidos en la norma de vertimientos correspondiente (Resolución 699 de 2021 o aquella que la modifique, adicione o sustituya).

CONSORCIO
PUENTE RÍO SINÚ

NIT. 901.784.351-2

7. Costos detallados de inversión (Presupuesto) para las obras a realizar para la construcción del punto de descarga del vertimiento.
8. Informe técnico descriptivo de las actividades a realizar asociado al vertimiento, que contiene:

   - Ubicación del punto de descarga.
   - Descripción de la operación del sistema.
   - Cálculo de caudales.
   - Memorias técnicas y diseños de ingeniería conceptual y básica, planos de detalle del sistema de tratamiento (existente o propuesto) y condiciones de eficiencia del sistema de tratamiento que se adoptará.

9. Plan de gestión ambiental aplicable a la actividad de vertimientos.
10. Evaluación del impacto ambiental del vertimiento.
11. Certificado del Ministerio del Interior sobre presencia o no de comunidades étnicas y de existencia de territorios colectivos en el área del proyecto de conformidad con lo dispuesto en las disposiciones relacionadas con el Protocolo de Coordinación Interinstitucional para la Consulta Previa.
12. Costos de inversión y operación.
13. Planos de Ubicación y coordenadas.

La información anteriormente mencionada se puede acceder mediante la siguiente carpeta disponible en OneDrive:
https://1drv.ms/f/s!AjXc5uQ6FUJZhNII2ec2wVWu6Uk0Vg?e=dPD8a2

Sin otro particular, agradezco de antemano su valiosa colaboración.

Atentamente,

Fernando Amar Garzón
Representante Legal
CONSORCIO PUENTE RIO SINU

c.c.: Iris Spaht Camaño- Secretaría de Infraestructura – s.infraestructura@monteria.gov.co
Margarita Sabino – Contratista SIM – infra.msabino@gmail.com
Correspondencia – Findeter - correspondencia@findeter.gov.co
José Luis Cala – Supervisor Contrato CD-SIM-569-2023 – jlcala@findeter.gov.co
Luz Marina Pérez – Supervisora Contrato Interventoría – lmperez@findeter.gov.co

Elaboró: CAT
Revisó: FAG
Aprobó: FAG

15932

Soporte de Radicado PQR

Tipo de Solicitud: **PETICION**

CVS 15/10/2024 18:40
Radicado PQR No.: **20241110633**
Origen: CONSORCIO PUENTE RIO SINU
Tipo Solicitud:PETICION
Adjuntos: 1 archivos Fol: 2

Datos del Remitente:

Num Identificación:	NIT 901784351-2
Nombre:	CONSORCIO PUENTE RIO SINU
Solicitante:	CC 9777464 Fernando Amar Garzón
Cargo:	REPRESENTANTE LEGAL
Dirección:	Cra. 15 No. 122 – 35 Oficina 701, Santa Bárbara. Bogotá Cód Postal:
Teléfono y celular:	-

Asunto: OFICIO No. CPRS-057-2024: SOLICITUD DEL PERMISO DE VERTIMIENTOS O CONCESIÓN DE REÚSO DE AGUAS RESIDUALES TRATADAS.

Señores:
CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DE LOS VALLES DEL SINÚ Y SAN JORGE - CVS
Atn. ALBEIRO ANTONIO ARRIETA LÓPEZ
Subdirector de Gestión Ambiental – CVS
Carrera 6 N° 61-25 Barrio los Bongos
Montería, Córdoba.

Referencia: *Contrato de Licitación Pública No. LP-SIM-024-2023 que tiene por objeto: "CONSTRUCCIÓN DEL TERCER PUENTE SOBRE EL RIO SINÚ, EN EL MUNICIPIO DE MONTERÍA, DEPARTAMENTO DE CÓRDOBA".*
Asunto: *SOLICITUD DEL PERMISO DE VERTIMIENTOS O CONCESIÓN DE REÚSO DE AGUAS RESIDUALES TRATADAS.*

Cordial saludo,

El **CONSORCIO PUENTE RIO SINU**, en calidad de contratista de obra encargado de la ejecución del **Contrato de Licitación Pública No. LP-SIM-024-2023** que tiene por objeto: **"CONSTRUCCIÓN DEL TERCER PUENTE SOBRE EL RIO SINÚ, EN EL MUNICIPIO DE MONTERÍA, DEPARTAMENTO DE CÓRDOBA"**, solicita formalmente el permiso de vertimientos o concesión de reúso de aguas residuales tratadas., adjuntando la siguiente información asociada al proyecto en mención:

1. Formato diligenciado CS-FO-65: FORMATO ÚNICO NACIONAL DE PERMISO DE VERTIMIENTO.
2. Copia del RUT alcaldía.
3. Cedula ciudadanía y el acta de posesión de alcalde en turno.
4. Concepto de uso del suelo del predio donde se realizará la descarga de las aguas residuales, emitido por Secretaría de Planeación Municipal.
5. Certificado de libertad y tradición del predio donde se hará la descarga.
6. Caracterización actual del vertimiento existente o estado final previsto para el vertimiento proyectado (numeral 16 del artículo 2.2.3.3.5.2 del Decreto 1076 de 2015), de acuerdo con los parámetros mínimos establecidos en la norma de vertimientos correspondiente (Resolución 699 de 2021 o aquella que la modifique, adicione o sustituya).

7. Costos detallados de inversión (Presupuesto) para las obras a realizar para la construcción del punto de descarga del vertimiento.
8. Informe técnico descriptivo de las actividades a realizar asociado al vertimiento, que contiene:

    - Ubicación del punto de descarga.
    - Descripción de la operación del sistema.
    - Cálculo de caudales.
    - Memorias técnicas y diseños de ingeniería conceptual y básica, planos de detalle del sistema de tratamiento (existente o propuesto) y condiciones de eficiencia del sistema de tratamiento que se adoptará.

1. Plan de gestión ambiental aplicable a la actividad de vertimientos.
2. Evaluación del impacto ambiental del vertimiento.
3. Certificado del Ministerio del Interior sobre presencia o no de comunidades étnicas y de existencia de territorios colectivos en el área del proyecto de conformidad con lo dispuesto en las disposiciones relacionadas con el Protocolo de Coordinación Interinstitucional para la Consulta Previa.
4. Costos de inversión y operación.
5. Planos de Ubicación y coordenadas.

La información anteriormente mencionada se puede acceder mediante la siguiente carpeta disponible en OneDrive: https://1drv.ms/f/s!AjXc5uQ6FUJZhNII2ec2wVWu6Uk0Vg?e=dPD8a2

Sin otro particular, agradezco de antemano su valiosa colaboración.

Atentamente,

Fernando Amar Garzón
Representante Legal
CONSORCIO PUENTE RIO SINU

Respuesta a oficio C.E SIM-2442-2024
Observaciones Solución Vial del acceso al Tercer Puente ubicado en Calle 15a con Carrera 3W Margen Izquierda / Secretaría de Tránsito y Transporte.

CONSORCIO
PUENTE RÍO SINÚ

NIT. 901.784.351-2

Bogotá D.C., 15 de octubre de 2024

CPRS-058-2024

Señores:
CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DE LOS VALLES DEL SINÚ Y SAN JORGE - CVS
Atn. ALBEIRO ANTONIO ARRIETA LÓPEZ
Subdirector de Gestión Ambiental – CVS
Carrera 6 N° 61-25 Barrio los Bongos
Montería, Córdoba.

Referencia: *Contrato de Licitación Pública No. LP-SIM-024-2023 que tiene por objeto: "CONSTRUCCIÓN DEL TERCER PUENTE SOBRE EL RIO SINÚ, EN EL MUNICIPIO DE MONTERÍA, DEPARTAMENTO DE CÓRDOBA".*

Asunto: *SOLICITUD DEL PERMISO DE CONCESIÓN DE AGUAS SUPERFICIALES*

Cordial saludo,

El **CONSORCIO PUENTE RIO SINU**, en calidad de contratista de obra encargado de la ejecución del **Contrato de Licitación Pública No. LP-SIM-024-2023** que tiene por objeto: **"CONSTRUCCIÓN DEL TERCER PUENTE SOBRE EL RIO SINÚ, EN EL MUNICIPIO DE MONTERÍA, DEPARTAMENTO DE CÓRDOBA"**, solicita formalmente el permiso de concesión de aguas superficiales, adjuntando la siguiente información asociada al proyecto en mención:

1. Formato diligenciado CS-FO-01: FORMATO ÚNICO NACIONAL DE SOLICITUD DE CONCESIÓN DE AGUAS SUPERFICIALES.
2. Copia del RUT alcaldía.
3. Cedula ciudadanía y el acta de posesión de alcalde en turno.
4. Programa de Uso Eficiente y Ahorro del Agua.
5. Concepto uso del suelo, emitido por Secretaría de Planeación Municipal.
6. Certificado de libertad y tradición del predio donde se hará la captación.
7. Informe técnico descriptivo de las actividades a realizar para el proceso de captación, que contiene:

- Descripción del fin de uso seleccionado.
- Cantidad de agua que solicita (litros por segundo, régimen de bombeo, frecuencia de la captación).
- Término de tiempo por el cual solicita la concesión.
- Información sobre los sistemas que se adoptarán para la captación, derivación conducción, restitución de sobrantes, distribución y drenaje, y sobre las inversiones, cuantía de estas y término en el cual se van a realizar.
- Información sobre la destinación que se le dará al agua.

8. Certificado del Ministerio del Interior sobre presencia o no de comunidades étnicas y de existencia de territorios colectivos en el área del proyecto de conformidad con lo dispuesto en las disposiciones relacionadas con el Protocolo de Coordinación Interinstitucional para la Consulta Previa.
9. Costos de inversión y operación.
10. Planos de Ubicación y coordenadas.
11. Permiso de servidumbre para la construcción de las obras de captación.

La información anteriormente mencionada se puede acceder mediante la siguiente carpeta dsponible en OneDrive:

https://1drv.ms/f/s!AjXc5uQ6FUJZhNIHwliV_mu6Qpk2iA?e=HiOD70

Sin otro particular, agradezco de antemano su valiosa colaboración.

Atentamente,

Fernando Amar Garzón
Representante Legal
CONSORCIO PUENTE RIO SINU

c.c.: Iris Spaht Camaño- Secretaría de Infraestructura – s.infraestructura@monteria.gov.co
Margarita Sabino – Contratista SIM – infra.msabino@gmail.com
Correspondencia – Findeter - correspondencia@findeter.gov.co
José Luis Cala – Supervisor Contrato CD-SIM-569-2023 – jlcala@findeter.gov.co
Luz Marina Pérez – Supervisora Contrato Interventoría – lmperez@findeter.gov.co

Elaboró: CAT
Revisó: FAG
Aprobó: FAG

15936

Soporte de Radicado PQR
Tipo de Solicitud: **PETICION**

CVS 15/10/2024 18:45
Radicado PQR No.: **20241110634**
Origen: CONSORCIO PUENTE RIO SINU
Tipo Solicitud:PETICION
Adjuntos: 1 archivos Fol: 2

Datos del Remitente:

Num Identificación:	NIT 901784351-2
Nombre:	CONSORCIO PUENTE RIO SINU
Solicitante:	CC 9777464 Fernando Amar Garzón
Cargo:	REPRESENTANTE LEGAL
Dirección:	Cra. 15 No. 122 – 35 Oficina 701, Santa Bárbara. Bogotá Cód Postal:
Teléfono y celular:	-

Asunto: OFICIO No. CPRS-058-2024: SOLICITUD DEL PERMISO DE CONCESIÓN DE AGUAS SUPERFICIALES

Señores:
CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DE LOS VALLES DEL SINÚ Y SAN JORGE - CVS
Atn. ALBEIRO ANTONIO ARRIETA LÓPEZ
Subdirector de Gestión Ambiental – CVS
Carrera 6 N° 61-25 Barrio los Bongos
Montería, Córdoba.

Referencia: *Contrato de Licitación Pública No. LP-SIM-024-2023 que tiene por objeto: "CONSTRUCCIÓN DEL TERCER PUENTE SOBRE EL RIO SINÚ, EN EL MUNICIPIO DE MONTERÍA, DEPARTAMENTO DE CÓRDOBA".*
Asunto: *SOLICITUD DEL PERMISO DE CONCESIÓN DE AGUAS SUPERFICIALES*

Cordial saludo,
El **CONSORCIO PUENTE RIO SINU**, en calidad de contratista de obra encargado de la ejecución del **Contrato de Licitación Pública No. LP-SIM-024-2023** que tiene por objeto: **"CONSTRUCCIÓN DEL TERCER PUENTE SOBRE EL RIO SINÚ, EN EL MUNICIPIO DE MONTERÍA, DEPARTAMENTO DE CÓRDOBA"**, solicita formalmente el permiso de concesión de aguas superficiales, adjuntando la siguiente información asociada al proyecto en mención:

1. Formato diligenciado CS-FO-01: FORMATO ÚNICO NACIONAL DE SOLICITUD DE CONCESIÓN DE AGUAS SUPERFICIALES.
2. Copia del RUT alcaldía.
3. Cedula ciudadanía y el acta de posesión de alcalde en turno.
4. Programa de Uso Eficiente y Ahorro del Agua.
5. Concepto uso del suelo, emitido por Secretaría de Planeación Municipal.
6. Certificado de libertad y tradición del predio donde se hará la captación.
7. Informe técnico descriptivo de las actividades a realizar para el proceso de captación, que contiene:

   - Descripción del fin de uso seleccionado.
   - Cantidad de agua que solicita (litros por segundo, régimen de bombeo, frecuencia de la captación).

- Término de tiempo por el cual solicita la concesión.
- Información sobre los sistemas que se adoptarán para la captación, derivación conducción, restitución de sobrantes, distribución y drenaje, y sobre las inversiones, cuantía de estas y término en el cual se van a realizar.
- Información sobre la destinación que se le dará al agua.

1. Certificado del Ministerio del Interior sobre presencia o no de comunidades étnicas y de existencia de territorios colectivos en el área del proyecto de conformidad con lo dispuesto en las disposiciones relacionadas con el Protocolo de Coordinación Interinstitucional para la Consulta Previa.
2. Costos de inversión y operación.
3. Planos de Ubicación y coordenadas.
4. Permiso de servidumbre para la construcción de las obras de captación.

La información anteriormente mencionada se puede acceder mediante la siguiente carpeta disponible en OneDrive: https://1drv.ms/f/s!AjXc5uQ6FUJZhNIHwliV_mu6Qpk2iA?e=HiOD70

Sin otro particular, agradezco de antemano su valiosa colaboración.

Atentamente,

Fernando Amar Garzón
Representante Legal
CONSORCIO PUENTE RIO SINU

Respuesta al Oficio CTE-460-0104-2024. Asunto Solicitud informe de avance de tramites de permisos y/o licencias.

CONSORCIO
PUENTE RÍO SINÚ

NIT. 901.784.351-2

Bogotá D.C., 18 de octubre de 2024

CPRS-059-2024

Señores:
CONSORCIO CI-SINU
Atn. DR. JORGE LUIS TAJÁN DE ÁVILA
Interventor
Calle 93 No. 14-71 Bogotá
proyecto460sinu@consultecnicos.com
gerencia@consultecnicos.com

Referencia: CONTRATO LP-SIM-024-2023 CONSTRUCCIÓN DEL TERCER PUENTE SOBRE EL RIO SINÚ, EN EL MUNICIPIO DE MONTERIA, DEPARTAMENTO DE CORDOBA.

ASUNTO: Respuesta al Oficio CTE-460-0104-2024. Asunto Solicitud informe de avance de tramites de permisos y/o licencias.

Respetado Dr. Taján,

Reciba un cordial saludo,

De manera atenta por medio del presente remito el estado de trámite de los siguientes permisos ambientales junto con los soportes correspondientes:

1. **Permiso de Ocupación del Cause:** La radicación de documentos soporte para el inicio la evaluación ambiental del presente permiso ya fue realizado por la alcaldía de montería, adicionalmente ya se efectuó el pago de dicha evaluación, con lo cual se adjuntan los siguientes documentos:

   - ✓ Soporte de radicación de recibo de pago por concepto de evaluación ambiental con fecha 29 de septiembre de 2024.
   - ✓ Respuesta de la CVS de confirmación de radicado del pago con fecha del 3 de octubre de 2024.
   - ✓ Recibo de pago.

CONSORCIO
PUENTE RÍO SINÚ

NIT. 901.784.351-2

2. **Permiso de Aprovechamiento Forestal:** La radicación de documentos soporte para el inicio la evaluación ambiental del presente permiso se realizó por parte del Consorcio Puente Rio Sinú, adicionalmente ya se efectuó el pago de dicha evaluación, con lo cual se adjuntan los siguientes documentos:

   - ✓ Soporte de radicación de documentación soporte para la solicitud de evaluación ambiental para el permiso con fecha 10 de septiembre de 2024.
   - ✓ Respuesta de la CVS de confirmación de radicado del pago con fecha del 4 de octubre de 2024.
   - ✓ Recibo de pago FEA 4324.
   - ✓ Soporte de pago del recibo con fecha 11 de octubre de 2024.

3. **Permiso de Vertimientos:** La radicación de documentos soporte para el inicio la evaluación ambiental del presente permiso se realizó por parte del Consorcio Puente Rio Sinú, con lo cual se adjunta el documento soporte:

   - ✓ Soporte de radicación de documentación soporte para la solicitud de evaluación ambiental para el permiso con fecha 15 de octubre de 2024.

4. **Permiso de Concesión de Aguas:** La radicación de documentos soporte para el inicio la evaluación ambiental del presente permiso se realizó por parte del Consorcio Puente Rio Sinú, con lo cual se adjunta el documento soporte:

   - ✓ Soporte de radicación de documentación soporte para la solicitud de evaluación ambiental para el permiso con fecha 15 de octubre de 2024.

Atentamente,

Fernando Amar Garzón
Representante Legal
CONSORCIO PUENTE RIO SINU

Anexos: Los relacionados.

c.c.: Iris Spaht Camaño- Secretaría de Infraestructura – s.infraestructura@monteria.gov.co
Margarita Sabino – Contratista SIM – infra.msabino@gmail.com
Correspondencia – Findeter - correspondencia@findeter.gov.co
José Luis Cala – Supervisor Contrato CD-SIM-569-2023 – jlcala@findeter.gov.co
Luz Marina Pérez – Supervisora Contrato Interventoría – lmperez@findeter.gov.co

Elaboró: CAT
Revisó: FAG
Aprobó: FAG

ANEXO No. 1
PERMISO DE OCUPACIÓN DEL CAUSE

CVS 03/10/2024 15:53
Al Contestar cite este No.: **20242113029**
Origen: Subdirección de Gestión Ambienta
Destino:ALCALDIA DE MONTERIA
Anexos: Fol: 1

Montería,

Doctora
IRIS SPATH CAMAÑO
SECRETERIA DE INFRAESTRUCTURA
ALCALDIA DE MONTERIA
Tel: 7924545
CRA 1 W # 32 A - 49
s.infraestructura@monteria.gov.co
Montería (Cordoba)

ASUNTO: Respuesta al radicado 20241109806: RECIBO DE PAGO POR CONCEPTO DE EVALUACIÓN AMBIENTAL DEL PERMISO DE OCUPACION DE CAUCE DEL RADICADO Nº 20241105444 DE FECHA 11 DE JUNIO DE 2024

Cordial saludo,

La Corporación Autónoma Regional de los Valles del Sinú y del San Jorge, en atención a su comunicado efectuado mediante oficio citado en el asunto, en el que remite comprobante de pago por concepto de Evaluación Ambiental para el permiso de Ocupación de Cauce Según Radicado CVS No. 20241105444 de 11 de junio del 2024, respetuosamente nos permitimos dar acuso de recibido.

De igual forma nos permitimos informarle que el comprobante de pago esta debidamente legalizado y adjuntado en su respectivo Expediente.

Atentamente,

ALBEIRO ARRIETA LÓPEZ
Subdirector de Gestión Ambiental

Respuesta a: 20241109806 del 29/09/2024
Anexos: 1 archivo adjunto
Elaboró: Eusebio José Mendoza Castillo / SGA
Revisó: Jesus Armando Trujillo Padilla / SGA

Soporte de Radicado PQR

Tipo de Solicitud: **PETICION**

CVS 29/09/2024 19:37
Radicado PQR No.: **20241109806**
Origen: ALCALDIA DE MONTERIA
Tipo Solicitud:PETICION
Adjuntos: 2 archivos Fol: 1

Datos del Remitente:

Num Identificación:	NIT 800096734-1
Nombre:	ALCALDIA DE MONTERIA
Solicitante:	CC 35116903 IRIS SPATH CAMAÑO
Cargo:	SECRETERIA DE INFRAESTRUCTURA
Dirección:	CRA 1 W # 32 A - 49 Montería Cód Postal:
Teléfono y celular:	7924545 -

Asunto: RECIBO DE PAGO POR CONCEPTO DE EVALUACIÓN AMBIENTAL DEL PERMISO DE OCUPACION DE CAUCE DEL RADICADO Nº 20241105444 DE FECHA 11 DE JUNIO DE 2024

CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DE LOS VALLES DEL SINÚ Y SAN JORGE - CVS
Atn. ALBEIRO ANTONIO ARRIETA LÓPEZ
Subdirector de Gestión Ambiental – CVS
Carrera 6 N° 61-25 Barrio los Bongos Montería, Córdoba.

Referencia: PROYECTO "CONSTRUCCIÓN DEL TERCER PUENTE SOBRE EL RIO SINÚ, EN EL MUNICIPIO DE MONTERÍA, DEPARTAMENTO DE CÓRDOBA" RADICADO Nº 20241105444 DE FECHA 11 DE JUNIO DE 2024

Asunto: RECIBO DE PAGO POR CONCEPTO DE EVALUACIÓN AMBIENTAL DEL PERMISO DE OCUPACION DE CAUCE DEL RADICADO Nº 20241105444 DE FECHA 11 DE JUNIO DE 2024

Respetado doctor Rafael:

Comedidamente de manera muy respetuosa me permito allegar copia del recibo de pago por concepto de evaluación ambiental del radicado Nº 20241105444 de fecha 11 de junio de 2024**.**

Es de suma importancia contar con el apoyo de la entidad en la consecución de los permisos ambientales lo antes posible.

Agradeciendo su oportuna atención.

15942

CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DE LOS VALLES DEL SINÚ Y DEL SAN JORGE - CVS

Nit. 891.000.627-0

CONSIGNACION No 2776

Vigencia 2024

Estado Vigente

Recibido de	**ID Tercero.**	**Fecha**
MUNICIPIO DE MONTERIA	800096734-1	2024/09/27
		Valor Efectivo
Clase Ingreso		20,984,999.00
Evaluación permiso ocupacion de cauce		**Valor Cheque**
Objeto		0.00
Factura No 3979		
Nro Cta Bancaria 438899213		
	TOTAL INGRESO	**$ 20,984,999.00**

Rubro/Concepto	Descripcion	Valor
3208 - 1.1.02.02.036.02 - 1.2.3.2.12.0	Evaluación de licencias y trámites ambientales - Vigencia actual	20,984,999.00

Detalle Cuentas por Cobrar Recaudadas

Vigencia	Nro. Cuenta	Tipo Cuenta	Observaciones	Valor Cuenta	Valor Intereses	Valor Total
2024	3979	Factura Normal	COBRO DE EVALUACIÓN AMBIENTAL - SOLCIITUD PARA PERMISO DE OCUPACIÓN DE CAUCE SEGÚN RADICADO CVS No. 20241105444 DEL 11 DE JUNIO DE 2024.	20,984,999.00	0.00	20,984,999.00

CUENTAS CONTABLES

Cod. Cuenta	Concepto	Debitos	Creditos
11100640	CUENTA DE AHORROS 438899213 EVALUACION AMBIENTAL	20,984,999.00	0.00
13111801	EVALUACION AMBIENTAL	0.00	20,984,999.00
	TOTALES	**20,984,999.00**	**20,984,999.00**

Secretaria Ejecutiva CVS

ORIGINAL

CORPORACION AUTONOMA REGIONAL C.V.S. OFICINA DE TESORERIA VALLES DEL SINU Y SAN JORGE

Impreso por. NGOMEZS

Powered by CamScanner

ANEXO No. 2
PERMISO DE APROVECHAMIENTO FORESTAL

Bancolombia
NIT. 890.903.938-8

15943

Empresa: CONCREARMADO LTDA. **Nombre del pago:** CORP-AUTO-REG-SINU **Fecha:** 11-10-2024 **Hora:** 11:35:38 **Fecha de envío del pago:** 11-10-2024

NIT: 830041080 **Secuencia:** ad **Fecha de Generación:** 11-10-2024 **Fecha para Procesar el pago:** 11-10-2024

Tipo de pago: PAGO A PROVEEDORES **Número de cuenta a debitar:** 05491475989

Impreso por: martha2806

Total Registros del Lote: 1	**Registros Procesados:** 0	**Registros Rechazados:** 0	**Registros Pendientes:** 1
Valor Total del Pago: $3,120,833.00	**Valor Registros Procesados:** $0.00	**Valor Registros Rechazados:** $0.00	**Valor Registros Pendientes:** $3,120,833.00

NÚMERO DE CUENTA	TIPO DE CUENTA	DOCUMENTO BENEFICIARIO	NOMBRE BENEFICIARIO	VALOR	ENTIDAD	ESTADO	FECHA APLICACIÓN
00000000438899213	Ahorros	891000627	COPORACION AUTONOM	3,120,833.00	BANCO DE BOGOTA	POR APLICAR EN ENTIDAD DE ACH	11-10-2024

CVS 04/10/2024 12:43
Al Contestar cite este No.: **20242113094**
Origen: Área de Seguimiento Ambiental
Destino:CONSORCIO PUENTE RIO SINU
Anexos: Fol: 3

Montería,

FERNANDO AMAR GARZON
REPRESENTANTE LEGAL
CONSORCIO PUENTE RIO SINU
Tel: 6560781
CR 15 # 122 - 35 TO 2 OF 701 edificio bbva
consorcio.riosinu@concrearmadoltda.com
Montería (Cordoba)

ASUNTO: Respuesta al radicado 20241108908: SOLICITUD DE PERMISO DE APROVECHAMIENTO FORESTAL DEL PROYECTO "CONSTRUCCIÓN DEL TERCER PUENTE SOBRE EL RIO SINU EN EL MUNICIPIO DE MONTERÍA, DEPARTAMENTO DE CÓRDOBA"

Cordial saludo,

La Corporación Autónoma Regional de los Valles del Sinú y del San Jorge, en atención a la solicitud del permiso de aprovechamiento forestal en el municipio de Montería- Córdoba para la construcción del tercer puente sobre el rio Sinú, respetuosamente nos permitimos informarle lo siguiente:

Respecto a la información allegada nos permitimos solicitar el certificado de uso del suelo donde se plantea la intervención de los individuos, así como las actas de socialización con la comunidad.

Teniendo en cuenta lo establecido en el Artículo 28 de la Ley 344 de 1996, modificado por el Artículo 96 de la Ley 633 de 2000, las Corporaciones Autónomas Regionales están facultadas para cobrar los servicios de evaluación y seguimiento de las licencias ambientales, permisos, concesiones autorizaciones y demás instrumentos de control y manejo ambiental.

El Ministerio de Ambiente Vivienda y Desarrollo Territorial (hoy Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible) expidió la Resolución 1280 de 2010: "*Por la cual se establece la escala tarifaría para el cobro de los servicios de evaluación y seguimiento de las licencias ambientales, permisos, concesiones, autorizaciones y demás instrumentos de manejo y control ambiental para proyectos cuyo valor sea inferior a 2.115 smmv y se adopta la tabla única para la aplicación de los criterios definidos en el sistema y método definido en el Artículo 96 de la Ley 633 para la liquidación de la tarifa".*

En virtud de lo anterior, nos permitimos comunicarle que, para dar continuidad con el respectivo trámite de dicha solicitud, se hace necesario cancelar por concepto de servicio de evaluación ambiental, la suma de **TRES MILLONES CIENTO VEINTE MILL OCHOCIENTOS TREINTA Y TRES M/L ($ 3.120.833)**, con base en la Factura 4324, los cuales deberá consignar, a favor de la CAR CVS en **Banco de Bogotá** bajo la siguiente modalidad:

NIT	No. Convenio	Nombre Convenio	Cuenta	Tipo de cuenta	Referencia No. 1	Referencia No. 2
891000627	17115	CVS DERECHOS EVALUACIÓN Y SEGUIMIENTO	Banco de Bogotá 438899213	Ahorros	No. Factura o No. Resolución (Según aplique)	NIT o Cédula del usuario

*En la entidad bancaria informe el No. De Convenio y las referencias de pago

Así mismo, adicional a los canales físicos, también podrán efectuar los pagos a través de botón PSE con el link https://cvs.gov.co/pagosenlinea/ opción "*Evaluación y Seguimiento*".

Finalmente, una vez realizado el pago respectivo, deberá allegar el comprobante de pago, transferencia o recibo de consignación original, RUT y factura de cobro, de manera física a la oficina de Tesorería para su legalización o enviar a través del correo electrónico tesoreria@cvs.gov.co y cvs@cvs.gov.co, donde una vez legalizado posteriormente debe ser entregado en físico a la oficina de la Subdirección de Gestión Ambiental de la Corporación o envío a través del correo cvs@cvs.gov.co, para dar inicio al trámite.

Reiteramos nuestro compromiso de trabajo por una Córdoba Territorio Sostenible.

Atentamente,

RAFAEL ESPINOSA FORERO
Profesional Especializado Grado 18

Respuesta a: 20241108908 del 10/09/2024

Anexos: 1 archivo adjunto
C.C: Carlos Andres Posada Marin / ASA

Elaboró: Maritza Isabel Salvador Pardo / ASA

15947

CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DE LOS VALLES DEL SINÚ Y DEL SAN JORGE - CVS

Carrera 6 N° 61-25 Barrio los Bongos

Tel. 01 8000 91 4808

Resolución No 18764063609172 DESDE 2024-01-11 HASTA 2025-01-11 NUMERACIÓN HABILITA DEL 3431 AL 5000

Nit. 891.000.627-0

Factura No. FEA 4324

Fecha Fact.	2024/09/27	Fecha Vencimiento	2024/10/27
Identificacion	901784351-2	**Correo Electronico**	contabilidad@concrearmadoltda.com
Nombre	CONSORCIO PUENTE RIO SINU		
Direccion	CR 15 # 122 - 35 TO 2 OF 701 edificio bbva		
Telefono	6016560781	**Departamento**	Córdoba
Nro. Doc.	20241108908	**Documento**	Radicado SIDCAR

Observaciones

COBRO DE EVALUACIÓN AMBIENTAL - SOLICITUD PARA PERMISO DE APROVECHAMIENTO FORESTAL DE ÁRBOLES AISLADOS SEGÚN RADICADO CVS No. 20241108908 DEL 10 DE SEPTIEMBRE DE 2024.

Concepto	Cant.	Valor Concepto	Vlr. Descuento	Vlr. Recargo	Vlr. Total
EVALUACIÓN FORESTAL	1	3,120,833.00	0.00	0.00	3,120,833.00

Son: TRES MILLONES CIENTO VEINTE MIL OCHOCIENTOS TREINTA Y TRES PESOS Mcte

Subtotal	3,120,833.00
Descuentos	0.00
Recargos	0.00
TOTAL	3,120,833.00

Favor consignar en la Cuenta de Ahorros BANCO DE BOGOTA 438899213 - EVALUACION AMBIENTAL - Para Pagos PSE https://www.avalpaycenter.com/wps/portal/portal-de-pagos/web/pagos-aval/resultado-busqueda/realizar-pago?idConv=00023351&origen=buscar y hacer llegar copia al correo tesoreria@cvs.gov.co

NO RESPONSABLES DE IVA, NO EFECTUAR NINGUNA RETENCIÓN, SOMOS ENTIDAD DEL GOBIERNO

CUFE: 00aa29aca53a88284e8a2f899c7007d6c85ec00a567f9e7eb0b999baca381683338f3799ddc1800991a4d23ef1f40d33

Fecha validación DIAN: 2024-09-27 15:23:19

15948

Soporte de Radicado PQR
Tipo de Solicitud: **PETICION**

CVS 10/09/2024 09:46
Radicado PQR No.: **20241108908**
Origen: CONSORCIO PUENTE RIO SINU
Tipo Solicitud:PETICION
Adjuntos: 1 archivos Fol: 2

Datos del Remitente:

Num Identificación:	NIT 901784351-2
Nombre:	CONSORCIO PUENTE RIO SINU
Solicitante:	CC 9777464 FERNANDO AMAR GARZON
Cargo:	REPRESENTANTE LEGAL
Dirección:	CR 15 # 122 - 35 TO 2 OF 701 edificio bbva Montería Cód Postal:
Teléfono y celular:	6560781 -

Asunto: SOLICITUD DE PERMISO DE APROVECHAMIENTO FORESTAL DEL PROYECTO "CONSTRUCCIÓN DEL TERCER PUENTE SOBRE EL RIO SINU EN EL MUNICIPIO DE MONTERÍA, DEPARTAMENTO DE CÓRDOBA"

Doctor
RAFAEL ESPINOSA FORERO
Área de seguimiento Ambiental
Corporación Autónoma Regional de los Valles del Sinú y San Jorge-CVS
Carrera 6 N° 61-25 Barrio los Bongos
Montería, Córdoba

Referencia: CONSTRUCCIÓN DEL TERCER PUENTE SOBRE EL RIO SINU EN EL MUNICIPIO DE MONTERÍA, DEPARTAMENTO DE CÓRDOBA

Asunto: SOLICITUD DE PERMISO DE APROVECHAMIENTO FORESTAL EN EL MARCO DEL PROYECTO DE LA REFERENCIA

Respetado Espinosa:

Me permito solicitar cordialmente permiso de aprovechamiento forestal único, con el fin de ejecutar la fase de construcción del proyecto “CONSTRUCCIÓN DEL TERCER PUENTE SOBRE EL RIO SINU EN EL MUNICIPIO DE MONTERÍA, DEPARTAMENTO DE CÓRDOBA”, localizado en el municipio de Montería – Departamento de Córdoba.

Solicito el permiso de aprovechamiento forestal, debido a que parte de árboles presentan problemas fitosanitarios (muertos, enfermos o quemados), otros generan riesgo por volcamiento por el ángulo de inclinación y otros requieren ser talados de acuerdo con los diseños arquitectónicos.

Para dar apertura al trámite se adjunta la siguiente documentación:

1. Diligenciamiento formato único de aprovechamiento forestal.
2. Rut.
3. Fotocopia de la cédula del solicitante.

4. Certificado de tradición y libertad (no mayor a dos meses de expedición).
5. Copia de la escritura pública.
6. Autorizaciones por parte de los propietarios.
7. Plan de aprovechamiento forestal en los términos de referencia de la CAR – CVS.
8. Documento de caracterización de flora en veda (Bases de datos y certificado de identificación).
9. Inventario forestal.
10. Planos de obra y diseños del proyecto.
11. Mapa de localización de los árboles georreferenciados y enumerados.
12. Especificaciones técnicas.

Los documentos mencionados anteriormente se anexan en el drive https://drive.google.com/drive/folders/1EktjYstM1Jriw6RvjpwOqXHH2r08K4NX

Sin otro particular, agradecemos la atención prestada.

ANEXO No. 3
PERMISO DE VERTIMENTOS

CONSORCIO
PUENTE RÍO SINÚ

NIT. 901.784.351-2

Bogotá D.C., 15 de octubre de 2024

CPRS-057-2024

Señores:
CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DE LOS VALLES DEL SINÚ Y SAN JORGE - CVS
Atn. ALBEIRO ANTONIO ARRIETA LÓPEZ
Subdirector de Gestión Ambiental – CVS
Carrera 6 N° 61-25 Barrio los Bongos
Montería, Córdoba.

Referencia: *Contrato de Licitación Pública No. LP-SIM-024-2023 que tiene por objeto: "CONSTRUCCIÓN DEL TERCER PUENTE SOBRE EL RIO SINÚ, EN EL MUNICIPIO DE MONTERÍA, DEPARTAMENTO DE CÓRDOBA".*

Asunto: *SOLICITUD DEL PERMISO DE VERTIMIENTOS O CONCESIÓN DE REÚSO DE AGUAS RESIDUALES TRATADAS.*

Cordial saludo,

El **CONSORCIO PUENTE RIO SINU**, en calidad de contratista de obra encargado de la ejecución del **Contrato de Licitación Pública No. LP-SIM-024-2023** que tiene por objeto: **"CONSTRUCCIÓN DEL TERCER PUENTE SOBRE EL RIO SINÚ, EN EL MUNICIPIO DE MONTERÍA, DEPARTAMENTO DE CÓRDOBA"**, solicita formalmente el permiso de vertimientos o concesión de reúso de aguas residuales tratadas., adjuntando la siguiente información asociada al proyecto en mención:

1. Formato diligenciado CS-FO-65: FORMATO ÚNICO NACIONAL DE PERMISO DE VERTIMIENTO.
2. Copia del RUT alcaldía.
3. Cedula ciudadanía y el acta de posesión de alcalde en turno.
4. Concepto de uso del suelo del predio donde se realizará la descarga de las aguas residuales, emitido por Secretaría de Planeación Municipal.
5. Certificado de libertad y tradición del predio donde se hará la descarga.
6. Caracterización actual del vertimiento existente o estado final previsto para el vertimiento proyectado (numeral 16 del artículo 2.2.3.3.5.2 del Decreto 1076 de 2015), de acuerdo con los parámetros mínimos establecidos en la norma de vertimientos correspondiente (Resolución 699 de 2021 o aquella que la modifique, adicione o sustituya).

CONSORCIO
PUENTE RÍO SINÚ

NIT. 901.784.351-2

7. Costos detallados de inversión (Presupuesto) para las obras a realizar para la construcción del punto de descarga del vertimiento.
8. Informe técnico descriptivo de las actividades a realizar asociado al vertimiento, que contiene:

   - Ubicación del punto de descarga.
   - Descripción de la operación del sistema.
   - Cálculo de caudales.
   - Memorias técnicas y diseños de ingeniería conceptual y básica, planos de detalle del sistema de tratamiento (existente o propuesto) y condiciones de eficiencia del sistema de tratamiento que se adoptará.

9. Plan de gestión ambiental aplicable a la actividad de vertimientos.
10. Evaluación del impacto ambiental del vertimiento.
11. Certificado del Ministerio del Interior sobre presencia o no de comunidades étnicas y de existencia de territorios colectivos en el área del proyecto de conformidad con lo dispuesto en las disposiciones relacionadas con el Protocolo de Coordinación Interinstitucional para la Consulta Previa.
12. Costos de inversión y operación.
13. Planos de Ubicación y coordenadas.

La información anteriormente mencionada se puede acceder mediante la siguiente carpeta disponible en OneDrive:
https://1drv.ms/f/s!AjXc5uQ6FUJZhNII2ec2wVWu6Uk0Vg?e=dPD8a2

Sin otro particular, agradezco de antemano su valiosa colaboración.

Atentamente,

Fernando Amar Garzón
Representante Legal
CONSORCIO PUENTE RIO SINU

c.c.: Iris Spaht Camaño- Secretaría de Infraestructura – s.infraestructura@monteria.gov.co
Margarita Sabino – Contratista SIM – infra.msabino@gmail.com
Correspondencia – Findeter - correspondencia@findeter.gov.co
José Luis Cala – Supervisor Contrato CD-SIM-569-2023 – jlcala@findeter.gov.co
Luz Marina Pérez – Supervisora Contrato Interventoría – lmperez@findeter.gov.co

Elaboró: CAT
Revisó: FAG
Aprobó: FAG

15952

Soporte de Radicado PQR

Tipo de Solicitud: **PETICION**

CVS 15/10/2024 18:40
Radicado PQR No.: **20241110633**
Origen: CONSORCIO PUENTE RIO SINU
Tipo Solicitud:PETICION
Adjuntos: 1 archivos Fol: 2

Datos del Remitente:

Num Identificación:	NIT 901784351-2
Nombre:	CONSORCIO PUENTE RIO SINU
Solicitante:	CC 9777464 Fernando Amar Garzón
Cargo:	REPRESENTANTE LEGAL
Dirección:	Cra. 15 No. 122 – 35 Oficina 701, Santa Bárbara. Bogotá Cód Postal:
Teléfono y celular:	-

Asunto: OFICIO No. CPRS-057-2024: SOLICITUD DEL PERMISO DE VERTIMIENTOS O CONCESIÓN DE REÚSO DE AGUAS RESIDUALES TRATADAS.

Señores:
CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DE LOS VALLES DEL SINÚ Y SAN JORGE - CVS
Atn. ALBEIRO ANTONIO ARRIETA LÓPEZ
Subdirector de Gestión Ambiental – CVS
Carrera 6 N° 61-25 Barrio los Bongos
Montería, Córdoba.

Referencia: *Contrato de Licitación Pública No. LP-SIM-024-2023 que tiene por objeto: "CONSTRUCCIÓN DEL TERCER PUENTE SOBRE EL RIO SINÚ, EN EL MUNICIPIO DE MONTERÍA, DEPARTAMENTO DE CÓRDOBA".*
Asunto: *SOLICITUD DEL PERMISO DE VERTIMIENTOS O CONCESIÓN DE REÚSO DE AGUAS RESIDUALES TRATADAS.*

Cordial saludo,

El **CONSORCIO PUENTE RIO SINU**, en calidad de contratista de obra encargado de la ejecución del **Contrato de Licitación Pública No. LP-SIM-024-2023** que tiene por objeto: **"CONSTRUCCIÓN DEL TERCER PUENTE SOBRE EL RIO SINÚ, EN EL MUNICIPIO DE MONTERÍA, DEPARTAMENTO DE CÓRDOBA"**, solicita formalmente el permiso de vertimientos o concesión de reúso de aguas residuales tratadas., adjuntando la siguiente información asociada al proyecto en mención:

1. Formato diligenciado CS-FO-65: FORMATO ÚNICO NACIONAL DE PERMISO DE VERTIMIENTO.
2. Copia del RUT alcaldía.
3. Cedula ciudadanía y el acta de posesión de alcalde en turno.
4. Concepto de uso del suelo del predio donde se realizará la descarga de las aguas residuales, emitido por Secretaría de Planeación Municipal.
5. Certificado de libertad y tradición del predio donde se hará la descarga.
6. Caracterización actual del vertimiento existente o estado final previsto para el vertimiento proyectado (numeral 16 del artículo 2.2.3.3.5.2 del Decreto 1076 de 2015), de acuerdo con los parámetros mínimos establecidos en la norma de vertimientos correspondiente (Resolución 699 de 2021 o aquella que la modifique, adicione o sustituya).

7. Costos detallados de inversión (Presupuesto) para las obras a realizar para la construcción del punto de descarga del vertimiento.
8. Informe técnico descriptivo de las actividades a realizar asociado al vertimiento, que contiene:

    - Ubicación del punto de descarga.
    - Descripción de la operación del sistema.
    - Cálculo de caudales.
    - Memorias técnicas y diseños de ingeniería conceptual y básica, planos de detalle del sistema de tratamiento (existente o propuesto) y condiciones de eficiencia del sistema de tratamiento que se adoptará.

1. Plan de gestión ambiental aplicable a la actividad de vertimientos.
2. Evaluación del impacto ambiental del vertimiento.
3. Certificado del Ministerio del Interior sobre presencia o no de comunidades étnicas y de existencia de territorios colectivos en el área del proyecto de conformidad con lo dispuesto en las disposiciones relacionadas con el Protocolo de Coordinación Interinstitucional para la Consulta Previa.
4. Costos de inversión y operación.
5. Planos de Ubicación y coordenadas.

La información anteriormente mencionada se puede acceder mediante la siguiente carpeta disponible en OneDrive: https://1drv.ms/f/s!AjXc5uQ6FUJZhNII2ec2wVWu6Uk0Vg?e=dPD8a2

Sin otro particular, agradezco de antemano su valiosa colaboración.

Atentamente,

Fernando Amar Garzón
Representante Legal
CONSORCIO PUENTE RIO SINU

ANEXO No. 4
PERMISO DE CONCESIÓN DE AGUAS

CONSORCIO
PUENTE RÍO SINÚ

NIT. 901.784.351-2

Bogotá D.C., 15 de octubre de 2024

CPRS-058-2024

Señores:
CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DE LOS VALLES DEL SINÚ Y SAN JORGE - CVS
Atn. ALBEIRO ANTONIO ARRIETA LÓPEZ
Subdirector de Gestión Ambiental – CVS
Carrera 6 N° 61-25 Barrio los Bongos
Montería, Córdoba.

Referencia: *Contrato de Licitación Pública No. LP-SIM-024-2023 que tiene por objeto: "CONSTRUCCIÓN DEL TERCER PUENTE SOBRE EL RIO SINÚ, EN EL MUNICIPIO DE MONTERÍA, DEPARTAMENTO DE CÓRDOBA".*

Asunto: *SOLICITUD DEL PERMISO DE CONCESIÓN DE AGUAS SUPERFICIALES*

Cordial saludo,

El **CONSORCIO PUENTE RIO SINU**, en calidad de contratista de obra encargado de la ejecución del **Contrato de Licitación Pública No. LP-SIM-024-2023** que tiene por objeto: **"CONSTRUCCIÓN DEL TERCER PUENTE SOBRE EL RIO SINÚ, EN EL MUNICIPIO DE MONTERÍA, DEPARTAMENTO DE CÓRDOBA"**, solicita formalmente el permiso de concesión de aguas superficiales, adjuntando la siguiente información asociada al proyecto en mención:

1. Formato diligenciado CS-FO-01: FORMATO ÚNICO NACIONAL DE SOLICITUD DE CONCESIÓN DE AGUAS SUPERFICIALES.
2. Copia del RUT alcaldía.
3. Cedula ciudadanía y el acta de posesión de alcalde en turno.
4. Programa de Uso Eficiente y Ahorro del Agua.
5. Concepto uso del suelo, emitido por Secretaría de Planeación Municipal.
6. Certificado de libertad y tradición del predio donde se hará la captación.
7. Informe técnico descriptivo de las actividades a realizar para el proceso de captación, que contiene:

- Descripción del fin de uso seleccionado.
- Cantidad de agua que solicita (litros por segundo, régimen de bombeo, frecuencia de la captación).
- Término de tiempo por el cual solicita la concesión.
- Información sobre los sistemas que se adoptarán para la captación, derivación conducción, restitución de sobrantes, distribución y drenaje, y sobre las inversiones, cuantía de estas y término en el cual se van a realizar.
- Información sobre la destinación que se le dará al agua.

8. Certificado del Ministerio del Interior sobre presencia o no de comunidades étnicas y de existencia de territorios colectivos en el área del proyecto de conformidad con lo dispuesto en las disposiciones relacionadas con el Protocolo de Coordinación Interinstitucional para la Consulta Previa.
9. Costos de inversión y operación.
10. Planos de Ubicación y coordenadas.
11. Permiso de servidumbre para la construcción de las obras de captación.

La información anteriormente mencionada se puede acceder mediante la siguiente carpeta dsponible en OneDrive:

https://1drv.ms/f/s!AjXc5uQ6FUJZhNIHwliV_mu6Qpk2iA?e=HiOD70

Sin otro particular, agradezco de antemano su valiosa colaboración.

Atentamente,

Fernando Amar Garzón
Representante Legal
CONSORCIO PUENTE RIO SINU

c.c.: Iris Spaht Camaño- Secretaría de Infraestructura – s.infraestructura@monteria.gov.co
Margarita Sabino – Contratista SIM – infra.msabino@gmail.com
Correspondencia – Findeter - correspondencia@findeter.gov.co
José Luis Cala – Supervisor Contrato CD-SIM-569-2023 – jlcala@findeter.gov.co
Luz Marina Pérez – Supervisora Contrato Interventoría – lmperez@findeter.gov.co

Elaboró: CAT
Revisó: FAG
Aprobó: FAG

15956

Soporte de Radicado PQR
Tipo de Solicitud: **PETICION**

CVS 15/10/2024 18:45
Radicado PQR No.: **20241110634**
Origen: CONSORCIO PUENTE RIO SINU
Tipo Solicitud:PETICION
Adjuntos: 1 archivos Fol: 2

Datos del Remitente:

Num Identificación:	NIT 901784351-2
Nombre:	CONSORCIO PUENTE RIO SINU
Solicitante:	CC 9777464 Fernando Amar Garzón
Cargo:	REPRESENTANTE LEGAL
Dirección:	Cra. 15 No. 122 – 35 Oficina 701, Santa Bárbara. Bogotá Cód Postal:
Teléfono y celular:	-

Asunto: OFICIO No. CPRS-058-2024: SOLICITUD DEL PERMISO DE CONCESIÓN DE AGUAS SUPERFICIALES

Señores:
CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DE LOS VALLES DEL SINÚ Y SAN JORGE - CVS
Atn. ALBEIRO ANTONIO ARRIETA LÓPEZ
Subdirector de Gestión Ambiental – CVS
Carrera 6 N° 61-25 Barrio los Bongos
Montería, Córdoba.

Referencia: *Contrato de Licitación Pública No. LP-SIM-024-2023 que tiene por objeto: "CONSTRUCCIÓN DEL TERCER PUENTE SOBRE EL RIO SINÚ, EN EL MUNICIPIO DE MONTERÍA, DEPARTAMENTO DE CÓRDOBA".*
Asunto: *SOLICITUD DEL PERMISO DE CONCESIÓN DE AGUAS SUPERFICIALES*

Cordial saludo,
El **CONSORCIO PUENTE RIO SINU**, en calidad de contratista de obra encargado de la ejecución del **Contrato de Licitación Pública No. LP-SIM-024-2023** que tiene por objeto: **"CONSTRUCCIÓN DEL TERCER PUENTE SOBRE EL RIO SINÚ, EN EL MUNICIPIO DE MONTERÍA, DEPARTAMENTO DE CÓRDOBA"**, solicita formalmente el permiso de concesión de aguas superficiales, adjuntando la siguiente información asociada al proyecto en mención:

1. Formato diligenciado CS-FO-01: FORMATO ÚNICO NACIONAL DE SOLICITUD DE CONCESIÓN DE AGUAS SUPERFICIALES.
2. Copia del RUT alcaldía.
3. Cedula ciudadanía y el acta de posesión de alcalde en turno.
4. Programa de Uso Eficiente y Ahorro del Agua.
5. Concepto uso del suelo, emitido por Secretaría de Planeación Municipal.
6. Certificado de libertad y tradición del predio donde se hará la captación.
7. Informe técnico descriptivo de las actividades a realizar para el proceso de captación, que contiene:

    - Descripción del fin de uso seleccionado.
    - Cantidad de agua que solicita (litros por segundo, régimen de bombeo, frecuencia de la captación).

- Término de tiempo por el cual solicita la concesión.
- Información sobre los sistemas que se adoptarán para la captación, derivación conducción, restitución de sobrantes, distribución y drenaje, y sobre las inversiones, cuantía de estas y término en el cual se van a realizar.
- Información sobre la destinación que se le dará al agua.

1. Certificado del Ministerio del Interior sobre presencia o no de comunidades étnicas y de existencia de territorios colectivos en el área del proyecto de conformidad con lo dispuesto en las disposiciones relacionadas con el Protocolo de Coordinación Interinstitucional para la Consulta Previa.
2. Costos de inversión y operación.
3. Planos de Ubicación y coordenadas.
4. Permiso de servidumbre para la construcción de las obras de captación.

La información anteriormente mencionada se puede acceder mediante la siguiente carpeta disponible en OneDrive: https://1drv.ms/f/s!AjXc5uQ6FUJZhNIHwliV_mu6Qpk2iA?e=HiOD70

Sin otro particular, agradezco de antemano su valiosa colaboración.

Atentamente,

Fernando Amar Garzón
Representante Legal
CONSORCIO PUENTE RIO SINU

Respuesta al Oficio Respuesta al Oficio COCS-460-CPRS-C-9-2024. Solicitud planes de acción.

CONSORCIO
PUENTE RÍO SINÚ

NIT. 901.784.351-2

Bogotá D.C., 18 de octubre de 2024

CPRS-060-2024

Señores:
CONSORCIO CI-SINU
Atn. DR. JORGE LUIS TAJÁN DE ÁVILA
Interventor
Calle 93 No. 14-71 Bogotá
proyecto460sinu@consultecnicos.com
gerencia@consultecnicos.com

Referencia: CONTRATO LP-SIM-024-2023 CONSTRUCCIÓN DEL TERCER PUENTE SOBRE EL RIO SINÚ, EN EL MUNICIPIO DE MONTERIA, DEPARTAMENTO DE CORDOBA.

ASUNTO: Respuesta al Oficio Respuesta al Oficio COCS-460-CPRS-C-9-2024. Solicitud planes de acción.

Respetado Dr. Taján,

Reciba un cordial saludo,

De manera atenta por medio del presente remito la reprogramación del cronograma de mejoramientos de estudios y diseños del proyecto de la referencia con lo cual tengo los siguientes comentarios:

1. **VOLUMEN I, ESTUDIO DE TRANSPORTE, CAPACIDAD Y NIVELES DE SERVICIO:**

   En este estudio se ha encontrado dificultad en el análisis de la información existente proveniente del Contrato de Consultoría No. 1550 de 2024, dado que existe información referente a el trazado inicial del puente junto con datos adicionales de las vías aledañas proyectadas por el municipio, por lo cual la organización de la información aplicable al nuevo trazado del puente ha generado los atrasos presentes en el cronograma Versión 5 con fecha 16 de agosto de 2024.

CONSORCIO
PUENTE RÍO SINÚ

NIT. 901.784.351-2

2. **VOLUMEN VI, ESTUDIO DE HIDROLOGIA, HIDRÁULICA Y SOCAVACIÓN:**

   Dada la extensión de las observaciones presentadas el 11 de octubre de 2024 por la interventoría para el informe Versión 0, solicitamos prorrogar el plazo de la entrega final atendidos los comentarios al 28 de octubre de 2024, lo cual se modifica en el cronograma versión 6.

3. **VOLUMEN VII, ESTUDIO DE ESTRUCTURAS:**

   Teniendo en cuenta que en la reunión celebrada el martes 15 de octubre de 2024, se indicó, que en el cronograma sugerido que fue entregado el 16 de agosto de 2024, en su versión 5 se cometió un error dado que no se contempló el acuerdo inicial planteado de una entrega de diseño completo y planos de construcción del pilotaje a comienzos de octubre y planos completos de construcción para el 5 de diciembre de 2024.

   Con base en lo anterior el cronograma de entregas del presente volumen se ha venido cumpliendo adecuadamente.

4. **VOLUMEN VIII, ESTUDIO DE REDES:**

   Al contrario del VOLUMEN I en este estudio se encontró que la información existente proveniente del Contrato de Consultoría No. 1550 de 2021, era bastante incompleta, por lo cual la recopilación de información se inició prácticamente de cero, por ende, se han extendido los tiempos inicialmente proyectados en el cronograma Versión 5 con fecha 16 de agosto de 2024.

5. **VOLUMEN IX, ESTUDIO ESTIMACIÓN DE CANTIDADES DE OBRAS, COSTOS Y PRESUPUESTOS:**

   Como se puede ver en la programación que estamos entregando, consecuentes con el volumen VII se programa entregar las cantidades y presupuestos de cada una de las etapas de la obra a medida que se van teniendo los planos para poder cuantificar cantidades totales.

CONSORCIO
PUENTE RÍO SINÚ

NIT. 901.784.351-2

En virtud de los anterior, pongo a su disposición el Cronograma de Mejoramiento Versión 6 del 17 de octubre de 2024, para su revisión y aprobación

Atentamente,



Fernando Amar Garzón
Representante Legal
CONSORCIO PUENTE RIO SINU

Anexos: Los relacionados.

c.c.: Iris Spaht Camaño- Secretaría de Infraestructura – s.infraestructura@monteria.gov.co
Margarita Sabino – Contratista SIM – infra.msabino@gmail.com
Correspondencia – Findeter - correspondencia@findeter.gov.co
José Luis Cala – Supervisor Contrato CD-SIM-569-2023 – jlcala@findeter.gov.co
Luz Marina Pérez – Supervisora Contrato Interventoría – lmperez@findeter.gov.co

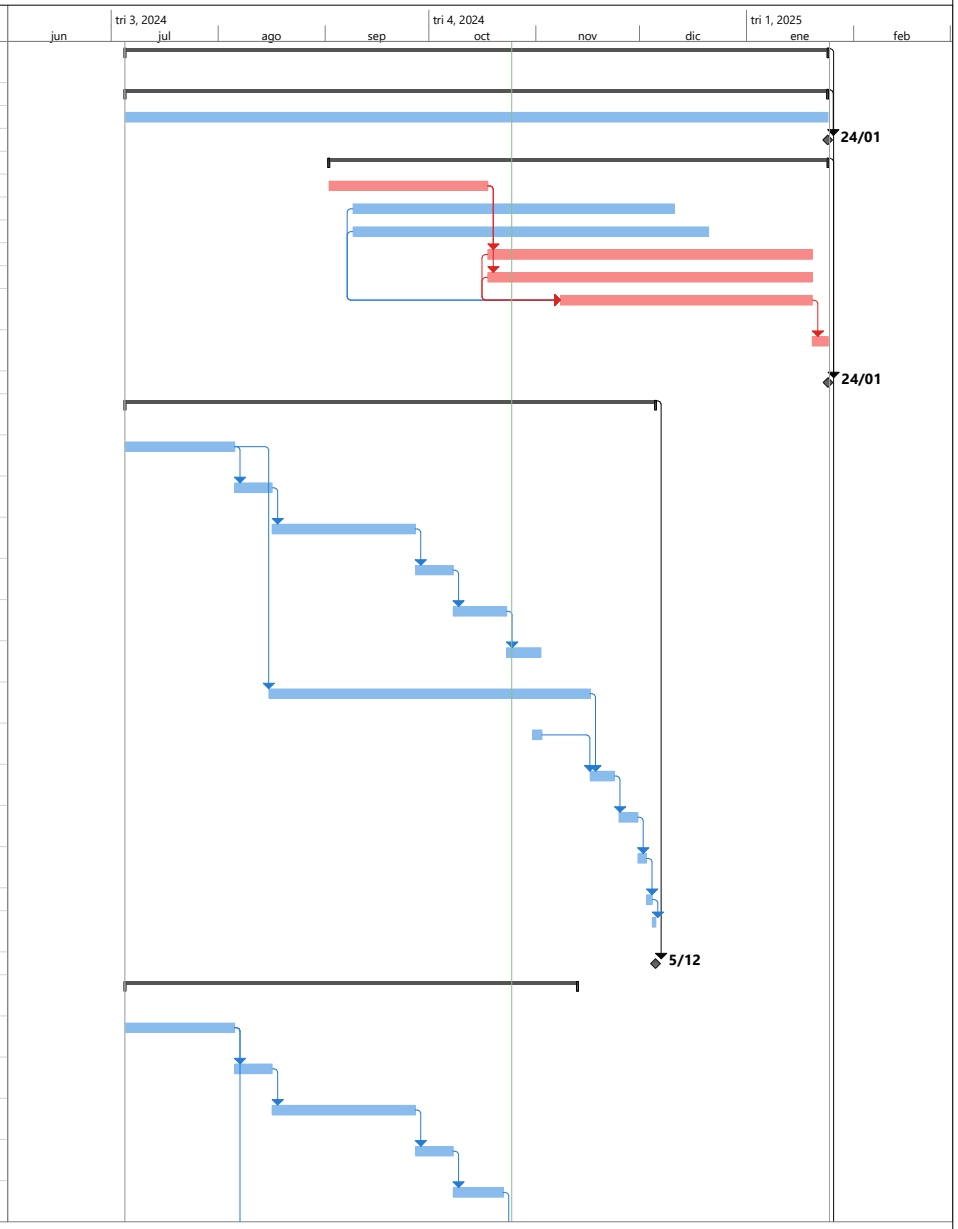
Elaboró: CAT
Revisó: FAG
Aprobó: FAG

ANEXO No. 1
CRONOGRAMA DE MEJORAMIENTO
Versión 6

15961

MEJORAMIENTO ESTUDIOS Y DISEÑOS - TERCER PUENTE SOBRE EL RIO SINÚ

Id	Modo de tarea	Nombre de tarea	Duración	Comienzo	Fin	Predecesoras
1		**MEJORAMIENTO ESTUDIOS Y DISEÑOS - TERCER PUENTE SOBRE EL RIO SINÚ**	**196.25 días**	**vie 5/07/24**	**vie 24/01/25**	
2		**GESTIÓN SOCIAL Y PREDIAL**	**196 días**	**vie 5/07/24**	**vie 24/01/25**	
3		Desarrollo de la Gestión Predial	196 días	vie 5/07/24	vie 24/01/25	
4		Fin GESTION SOCIAL Y PREDIAL	0 días	vie 24/01/25	vie 24/01/25	2
5		**GESTIÓN AMBIENTAL Y BIOSEGURIDAD**	**140 días**	**lun 2/09/24**	**vie 24/01/25**	
6		APROBACIÓN PRESUPUESTO PAGA	45 días	lun 2/09/24	vie 18/10/24	
7		PERMISO DE OCUPACIÓN DE CAUSE	90 días	lun 9/09/24	mié 11/12/24	
8		PERMISO APROVECHAMIENTO FORESTAL	100 días	lun 9/09/24	sáb 21/12/24	
9		PERMISO DE VERTIMIENTOS	90 días	vie 18/10/24	lun 20/01/25	6
10		PERMISO DE CONCESIÓN DE AGUAS	90 días	vie 18/10/24	lun 20/01/25	6
11		ACTUALIZACIÓN AJUSTE Y COMPLEMENTACIÓN DEL PAGA	70 días	vie 8/11/24	lun 20/01/25	7CC+20 días;8CC+20
12		APROBACIÓN PLAN PAGA POR INTERVENTORÍA	5 días	lun 20/01/25	vie 24/01/25	11
13		Fin GESTION AMBIENTAL	0 días	vie 24/01/25	vie 24/01/25	5
14		**VOLUMEN I - ESTUDIO DE TRANSPORTE, CAPACIDAD Y NIVELES DE SERVICIO**	**148 días**	**vie 5/07/24**	**jue 5/12/24**	
15		Elaboración y entrega de Metodología de Diseño v0	30 días	vie 5/07/24	lun 5/08/24	
16		Revisión Metodología v0 por parte de interventoría y entrega de observaciones	11 días	lun 5/08/24	vie 16/08/24	15
17		Ajuste de observaciones y Entrega Metodología de diseño v1	40 días	vie 16/08/24	vie 27/09/24	16
18		Revisión Metodología v1 por parte de interventoría y entrega de observaciones	10 días	vie 27/09/24	mar 8/10/24	17
19		Ajuste de observaciones y Entrega Metodología de diseño v2	15 días	mar 8/10/24	mié 23/10/24	18
20		Aprobación de la Metodología por parte de Interventoría	10 días	mié 23/10/24	sáb 2/11/24	19
21		Elaboración del volumen completo y entrega a interventoría para revisión	90 días	jue 15/08/24	sáb 16/11/24	15FC+10 días
22		Realización de encuestas O/D - Medición en Campo	3 días	jue 31/10/24	sáb 2/11/24	
23		Revisión del Volumen por parte de interventoría y entrega de observaciones	7 días	sáb 16/11/24	sáb 23/11/24	21;22
24		Ajuste de observaciones y entrega Versión Final del Volumen a la Interventoría	6 días	lun 25/11/24	sáb 30/11/24	23
25		Revisión Final del Volumen por parte de la Interventoría	2 días	sáb 30/11/24	mar 3/12/24	24
26		Ajuste Final del Volumen	2 días	mar 3/12/24	mié 4/12/24	25
27		Aprobación del Volumen por parte de la Interventoría	1 día	mié 4/12/24	jue 5/12/24	26
28		Fin ESTUDIO DE TRANSPORTE	0 días	jue 5/12/24	jue 5/12/24	14
29		**VOLUMEN II - ESTUDIO DE TRAZADO Y DISEÑO GEOMETRICO Y SEGURIDAD VIAL**	**126 días**	**vie 5/07/24**	**mié 13/11/24**	
30		Elaboración y entrega de Metodología de Diseño v0	30 días	vie 5/07/24	lun 5/08/24	
31		Revisión Metodología v0 por parte de interventoría y entrega de observaciones	11 días	lun 5/08/24	vie 16/08/24	30
32		Ajuste de observaciones y Entrega Metodología de diseño v1	40 días	vie 16/08/24	vie 27/09/24	31
33		Revisión Metodología v1 por parte de interventoría y entrega de observaciones	10 días	vie 27/09/24	mar 8/10/24	32
34		Ajuste de observaciones y Entrega Metodología de diseño v2	14 días	mar 8/10/24	mar 22/10/24	33

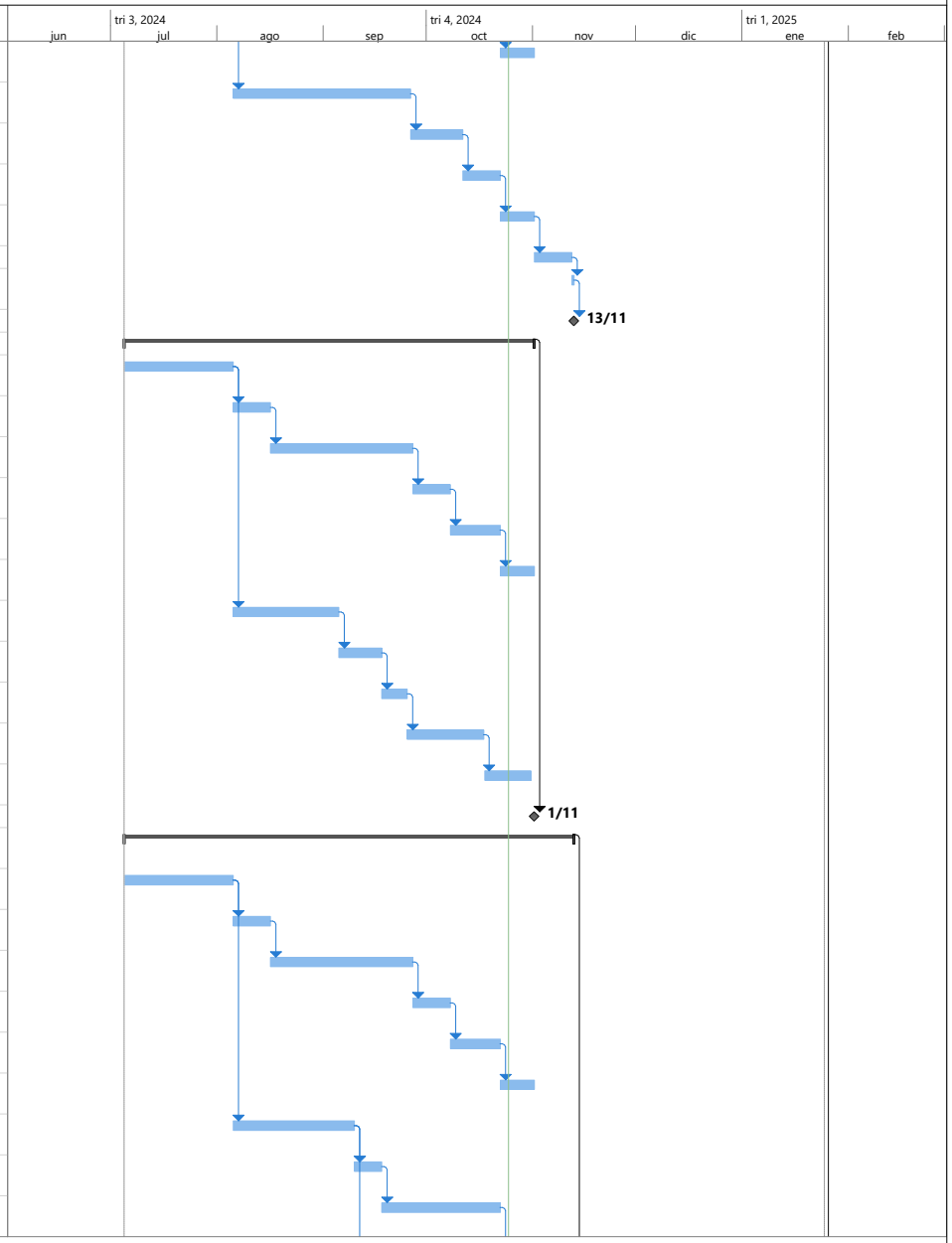


Proyecto: CTO No. LP-SIM-023-202
Versión: 7
Fecha: 23 de octubre de 2024

Tarea
División
Hito
Resumen
Resumen del proyecto
Tarea inactiva
Hito inactivo
Resumen inactivo
Tarea manual
solo duración
Informe de resumen manual
Resumen manual
solo el comienzo
solo fin
Tareas externas
Hito externo
Fecha límite
Tareas críticas
División crítica
Progreso
Progreso manual

MEJORAMIENTO ESTUDIOS Y DISEÑOS - TERCER PUENTE SOBRE EL RIO SINÚ

Id	Modo de tarea	Nombre de tarea	Duración	Comienzo	Fin	Predecesoras
35		Aprobación de la Metodología por parte de Interventoría	10 días	mar 22/10/24	vie 1/11/24	34
36		Elaboración del volumen completo y entrega a interventoría para revisión	50 días	lun 5/08/24	jue 26/09/24	30
37		Revisión del Volumen por parte de interventoría y entrega de observaciones	15 días	jue 26/09/24	vie 11/10/24	36
38		Ajuste de observaciones y entrega Versión Final del Volumen a la Interventoría	10 días	vie 11/10/24	mar 22/10/24	37
39		Revisión Final del Volumen por parte de la Interventoría	10 días	mar 22/10/24	vie 1/11/24	38
40		Ajuste Final del Volumen	10 días	vie 1/11/24	mar 12/11/24	39
41		Aprobación del Volumen por parte de la Interventoría	1 día	mar 12/11/24	mié 13/11/24	40
42		Fin ESTUDIO DE TRAZADO	0 días	mié 13/11/24	mié 13/11/24	41
43		**VOLUMEN III - ESTUDIO DE GEOLOGIA**	**115 días**	**vie 5/07/24**	**vie 1/11/24**	
44		Elaboración y entrega de Metodología de Diseño v0	30 días	vie 5/07/24	lun 5/08/24	
45		Revisión Metodología v0 por parte de interventoría y entrega de observaciones	11 días	lun 5/08/24	vie 16/08/24	44
46		Ajuste de observaciones y Entrega Metodología de diseño v1	40 días	vie 16/08/24	vie 27/09/24	45
47		Revisión Metodología v1 por parte de interventoría y entrega de observaciones	10 días	vie 27/09/24	mar 8/10/24	46
48		Ajuste de observaciones y Entrega Metodología de diseño v2	14 días	mar 8/10/24	mar 22/10/24	47
49		Aprobación de la Metodología por parte de Interventoría	10 días	mar 22/10/24	vie 1/11/24	48
50		Elaboración del volumen completo y entrega a interventoría para revisión	30 días	lun 5/08/24	jue 5/09/24	44
51		Revisión del Volumen por parte de interventoría y entrega de observaciones	12 días	jue 5/09/24	mié 18/09/24	50
52		Ajuste de observaciones y entrega Versión Final del Volumen a la Interventoría	7 días	mié 18/09/24	mié 25/09/24	51
53		Revisión Final del Volumen por parte de la Interventoría	22 días	mié 25/09/24	jue 17/10/24	52
54		Aprobación del Volumen por parte de la Interventoría	13 días	vie 18/10/24	jue 31/10/24	53
55		Fin ESTUDIO DE GEOLOGÍA	0 días	vie 1/11/24	vie 1/11/24	43
56		**VOLUMEN IV - ESTUDIO DE SUELOS PARA FUNDACIONES**	**126 días**	**vie 5/07/24**	**mié 13/11/24**	
57		Elaboración y entrega de Metodología de Diseño v0	30 días	vie 5/07/24	lun 5/08/24	
58		Revisión Metodología v0 por parte de interventoría y entrega de observaciones	11 días	lun 5/08/24	vie 16/08/24	57
59		Ajuste de observaciones y Entrega Metodología de diseño v1	40 días	vie 16/08/24	vie 27/09/24	58
60		Revisión Metodología v1 por parte de interventoría y entrega de observaciones	10 días	vie 27/09/24	mar 8/10/24	59
61		Ajuste de observaciones y Entrega Metodología de diseño v2	14 días	mar 8/10/24	mar 22/10/24	60
62		Aprobación de la Metodología por parte de Interventoría	10 días	mar 22/10/24	vie 1/11/24	61
63		Elaboración del volumen completo y entrega a interventoría para revisión	34 días	lun 5/08/24	mar 10/09/24	57
64		Revisión del Volumen por parte de interventoría y entrega de observaciones	8 días	mar 10/09/24	mié 18/09/24	63
65		Ajuste de observaciones y entrega Versión Final del Volumen a la Interventoría	33 días	mié 18/09/24	mar 22/10/24	64

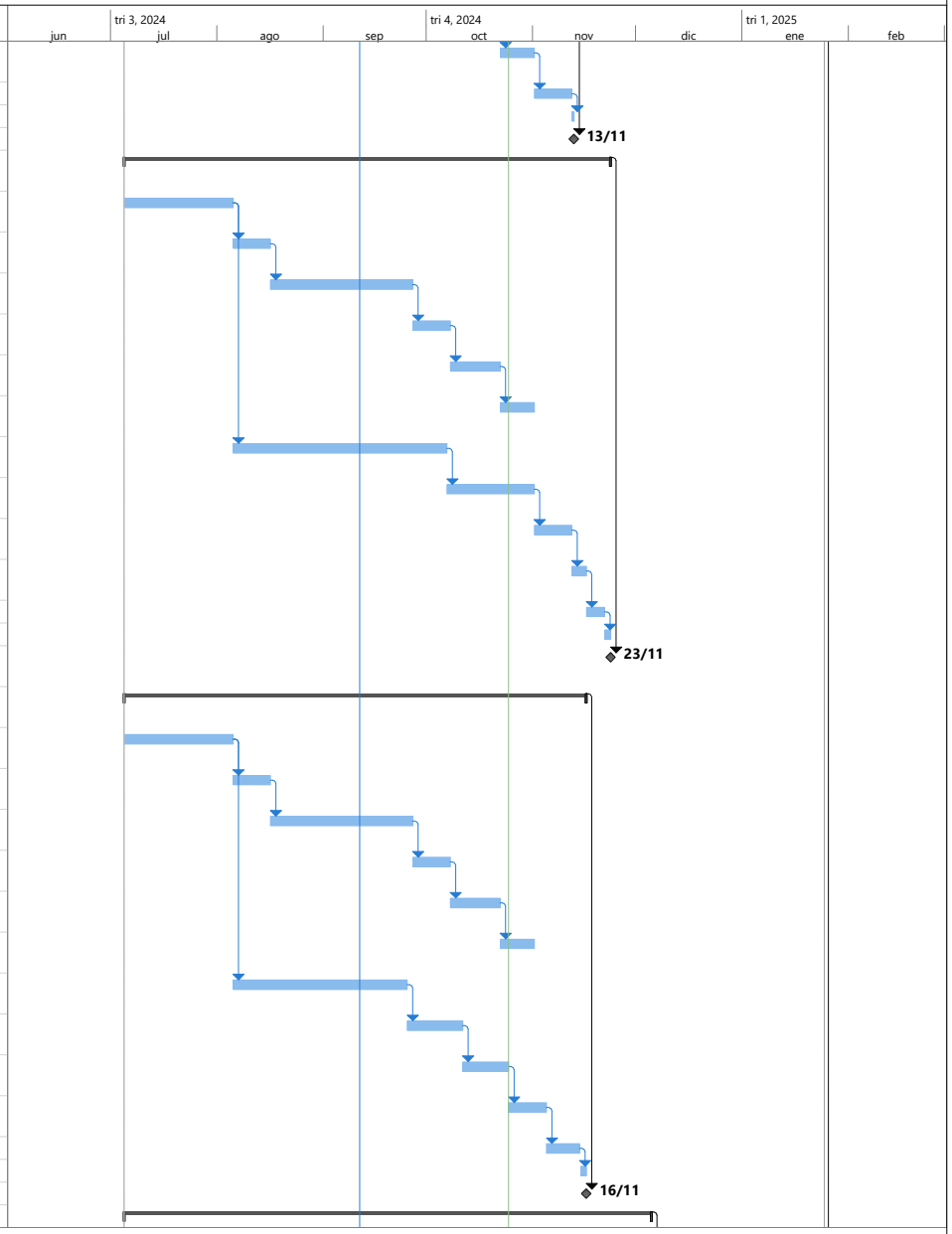


Proyecto: CTO No. LP-SIM-023-202
Versión: 7
Fecha: 23 de octubre de 2024

Tarea
División
Hito
Resumen
Resumen del proyecto
Tarea inactiva
Hito inactivo
Resumen inactivo
Tarea manual
solo duración
Informe de resumen manual
Resumen manual
solo el comienzo
solo fin
Tareas externas
Hito externo
Fecha límite
Tareas críticas
División crítica
Progreso
Progreso manual

MEJORAMIENTO ESTUDIOS Y DISEÑOS - TERCER PUENTE SOBRE EL RIO SINÚ

Id	Modo de tarea	Nombre de tarea	Duración	Comienzo	Fin	Predecesoras
66		Revisión Final del Volumen por parte de la Interventoría	10 días	mar 22/10/24	vie 1/11/24	65
67		Ajuste Final del Volumen	10 días	vie 1/11/24	mar 12/11/24	66
68		Aprobación de la Interventoría	1 día	mar 12/11/24	mié 13/11/24	67
69		Fin ESTUDIO DE SUELOS	0 días	mié 13/11/24	mié 13/11/24	56
70		**VOLUMEN V - ESTUDIO GEOTÉCNICO Y DISEÑO DE PAVIMENTOS**	**137 días**	**vie 5/07/24**	**sáb 23/11/24**	
71		Elaboración y entrega de Metodología de Diseño v0	30 días	vie 5/07/24	lun 5/08/24	
72		Revisión Metodología v0 por parte de interventoría y entrega de observaciones	11 días	lun 5/08/24	vie 16/08/24	71
73		Ajuste de observaciones y Entrega Metodología de diseño v1	40 días	vie 16/08/24	vie 27/09/24	72
74		Revisión Metodología v1 por parte de interventoría y entrega de observaciones	10 días	vie 27/09/24	mar 8/10/24	73
75		Ajuste de observaciones y Entrega Metodología de diseño v2	14 días	mar 8/10/24	mar 22/10/24	74
76		Aprobación de la Metodología por parte de Interventoría	10 días	mar 22/10/24	vie 1/11/24	75
77		Elaboración del volumen completo y entrega a interventoría para revisión	60 días	lun 5/08/24	lun 7/10/24	71
78		Revisión del Volumen por parte de interventoría y entrega de observaciones	25 días	lun 7/10/24	vie 1/11/24	77
79		Ajuste de observaciones y entrega Versión Final del Volumen a la Interventoría	10 días	vie 1/11/24	mar 12/11/24	78
80		Revisión Final del Volumen por parte de la Interventoría	5 días	mar 12/11/24	sáb 16/11/24	79
81		Ajuste Final del Volumen	5 días	sáb 16/11/24	vie 22/11/24	80
82		Aprobación de la Interventoría	2 días	vie 22/11/24	sáb 23/11/24	81
83		Fin ESTUDIO GEOTÉCNICO Y DISEÑO DE PAVIMENTOS	0 días	sáb 23/11/24	sáb 23/11/24	70
84		**VOLUMEN VI - ESTUDIO DE HIDROLOGIA, HIDRÁULICA Y SOCAVACIÓN**	**130 días**	**vie 5/07/24**	**sáb 16/11/24**	
85		Elaboración y entrega de Metodología de Diseño v0	30 días	vie 5/07/24	lun 5/08/24	
86		Revisión Metodología v0 por parte de interventoría y entrega de observaciones	11 días	lun 5/08/24	vie 16/08/24	85
87		Ajuste de observaciones y Entrega Metodología de diseño v1	40 días	vie 16/08/24	vie 27/09/24	86
88		Revisión Metodología v1 por parte de interventoría y entrega de observaciones	10 días	vie 27/09/24	mar 8/10/24	87
89		Ajuste de observaciones y Entrega Metodología de diseño v2	14 días	mar 8/10/24	mar 22/10/24	88
90		Aprobación de la Metodología por parte de Interventoría	10 días	mar 22/10/24	vie 1/11/24	89
91		Elaboración del volumen completo y entrega a interventoría para revisión	49 días	lun 5/08/24	mié 25/09/24	85
92		Revisión del Volumen por parte de interventoría y entrega de observaciones	16 días	mié 25/09/24	vie 11/10/24	91
93		Ajuste de observaciones y entrega Versión Final del Volumen a la Interventoría	13 días	vie 11/10/24	vie 25/10/24	92
94		Revisión Final del Volumen por parte de la Interventoría	10 días	vie 25/10/24	mar 5/11/24	93
95		Ajuste Final del Volumen	10 días	mar 5/11/24	jue 14/11/24	94
96		Aprobación de la Interventoría	2 días	vie 15/11/24	sáb 16/11/24	95
97		Fin ESTUDIO DE HIDROLOGÍA	0 días	sáb 16/11/24	sáb 16/11/24	84
98		**VOLUMEN VII - ESTUDIO DE ESTRUCTURAS**	**148 días**	**vie 5/07/24**	**jue 5/12/24**	

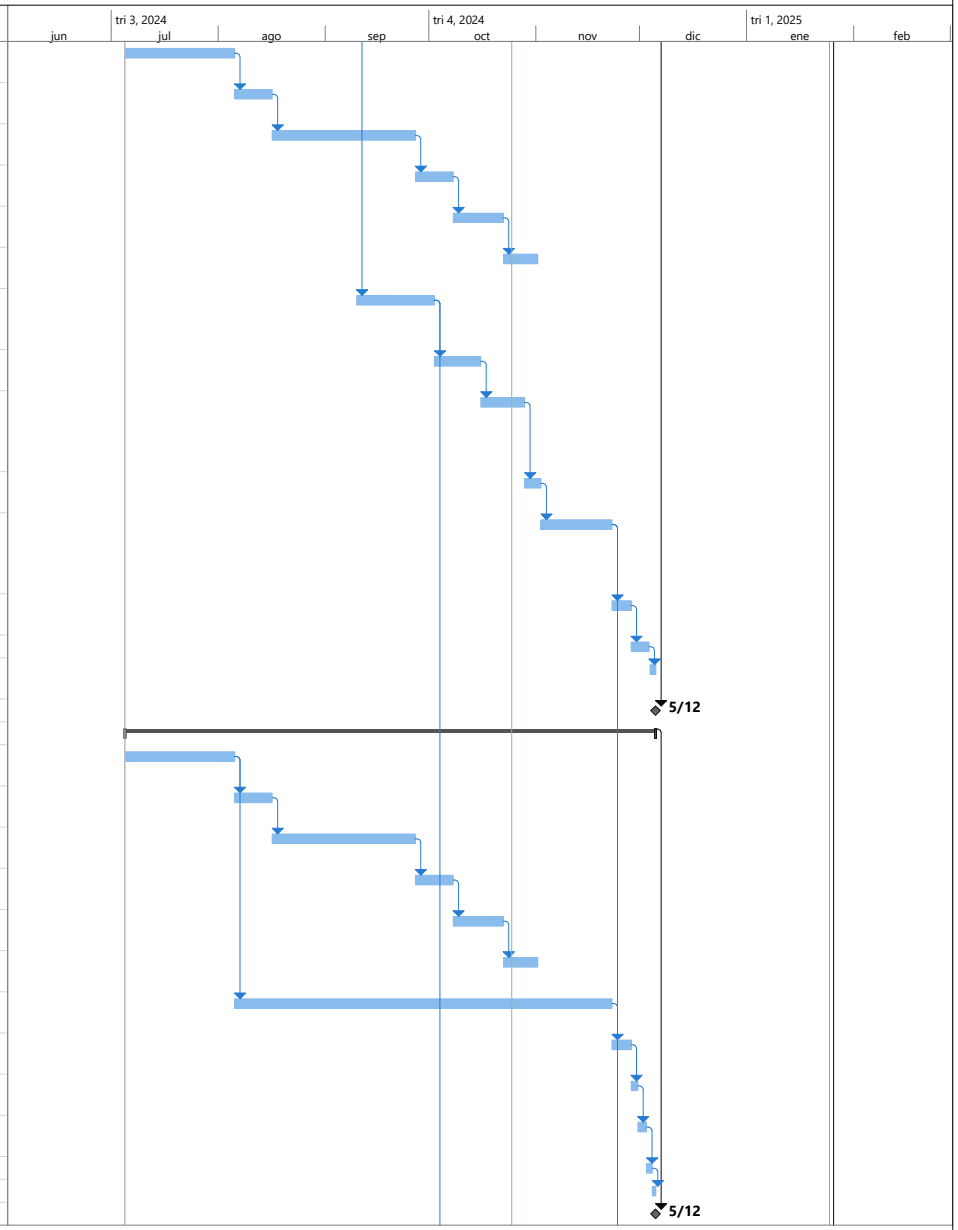


Proyecto: CTO No. LP-SIM-023-202
Versión: 7
Fecha: 23 de octubre de 2024

Tarea
División
Hito
Resumen
Resumen del proyecto
Tarea inactiva
Hito inactivo
Resumen inactivo
Tarea manual
solo duración
Informe de resumen manual
Resumen manual
solo el comienzo
solo fin
Tareas externas
Hito externo
Fecha límite
Tareas críticas
División crítica
Progreso
Progreso manual

MEJORAMIENTO ESTUDIOS Y DISEÑOS - TERCER PUENTE SOBRE EL RIO SINÚ

Id	Modo de tarea	Nombre de tarea	Duración	Comienzo	Fin	Predecesoras
99		Elaboración y entrega de Metodología de Diseño v0	30 días	vie 5/07/24	lun 5/08/24	
100		Revisión Metodología v0 por parte de interventoría y entrega de observaciones	11 días	lun 5/08/24	vie 16/08/24	99
101		Ajuste de observaciones y Entrega Metodología de diseño v1	40 días	vie 16/08/24	vie 27/09/24	100
102		Revisión Metodología v1 por parte de interventoría y entrega de observaciones	10 días	vie 27/09/24	mar 8/10/24	101
103		Ajuste de observaciones y Entrega Metodología de diseño v2	14 días	mar 8/10/24	mar 22/10/24	102
104		Aprobación de la Metodología por parte de Interventoría	10 días	mar 22/10/24	vie 1/11/24	103
105		Elaboración y entrega de Planos de Pilotes y Memoria de Cálculo v0 de la Estructura Completa a interventoría para Revisión	22 días	mar 10/09/24	mié 2/10/24	63
106		Revisión por parte de interventoría del Volumen v0 y Planos de Pilotes	13 días	mié 2/10/24	mié 16/10/24	105
107		Ajuste de observaciones a Volumen v0 y Planos de Pilotes, y entrega de Volumen v1 y Planos de Infraestructura a la Interventoría para revisión	12 días	mié 16/10/24	lun 28/10/24	106
108		Revisión por parte de interventoría del Volumen v1 y Planos de Infraestructura	5 días	lun 28/10/24	sáb 2/11/24	107
109		Ajuste de observaciones a Volumen v1 y Planos de Infraestructura y entrega de Volumen v2 y Planos de Superestructura a la Interventoría para revisión	20 días	sáb 2/11/24	sáb 23/11/24	108
110		Revisión Final por parte del interventoría de Volumen v2 y Planos de Superestructura	5 días	sáb 23/11/24	jue 28/11/24	109
111		Ajuste Final del Volumen	5 días	jue 28/11/24	mar 3/12/24	110
112		Aprobación Diseño Estructural por la Interventoría	2 días	mié 4/12/24	jue 5/12/24	111
113		Fin ESTUDIO DE ESTRUCTURAS	0 días	jue 5/12/24	jue 5/12/24	98
114		**VOLUMEN VIII - ESTUDIO DE REDES**	**148 días**	**vie 5/07/24**	**jue 5/12/24**	
115		Elaboración y entrega de Metodología de Diseño v0	30 días	vie 5/07/24	lun 5/08/24	
116		Revisión Metodología v0 por parte de interventoría y entrega de observaciones	11 días	lun 5/08/24	vie 16/08/24	115
117		Ajuste de observaciones y Entrega Metodología de diseño v1	40 días	vie 16/08/24	vie 27/09/24	116
118		Revisión Metodología v1 por parte de interventoría y entrega de observaciones	10 días	vie 27/09/24	mar 8/10/24	117
119		Ajuste de observaciones y Entrega Metodología de diseño v2	14 días	mar 8/10/24	mar 22/10/24	118
120		Aprobación de la Metodología por parte de Interventoría	10 días	mar 22/10/24	vie 1/11/24	119
121		Elaboración del volumen completo y entrega a interventoría para revisión	106 días	lun 5/08/24	sáb 23/11/24	115
122		Revisión del Volumen por parte de interventoría y entrega de observaciones	5 días	sáb 23/11/24	jue 28/11/24	121
123		Ajuste de observaciones y entrega Versión Final del Volumen a la Interventoría	2 días	jue 28/11/24	sáb 30/11/24	122
124		Revisión Final del Volumen por parte de la Interventoría	2 días	sáb 30/11/24	mar 3/12/24	123
125		Ajuste Final del Volumen	2 días	mar 3/12/24	mié 4/12/24	124
126		Aprobación de la Interventoría	1 día	mié 4/12/24	jue 5/12/24	125
127		Aprobación de la Interventoría	0 días	jue 5/12/24	jue 5/12/24	114

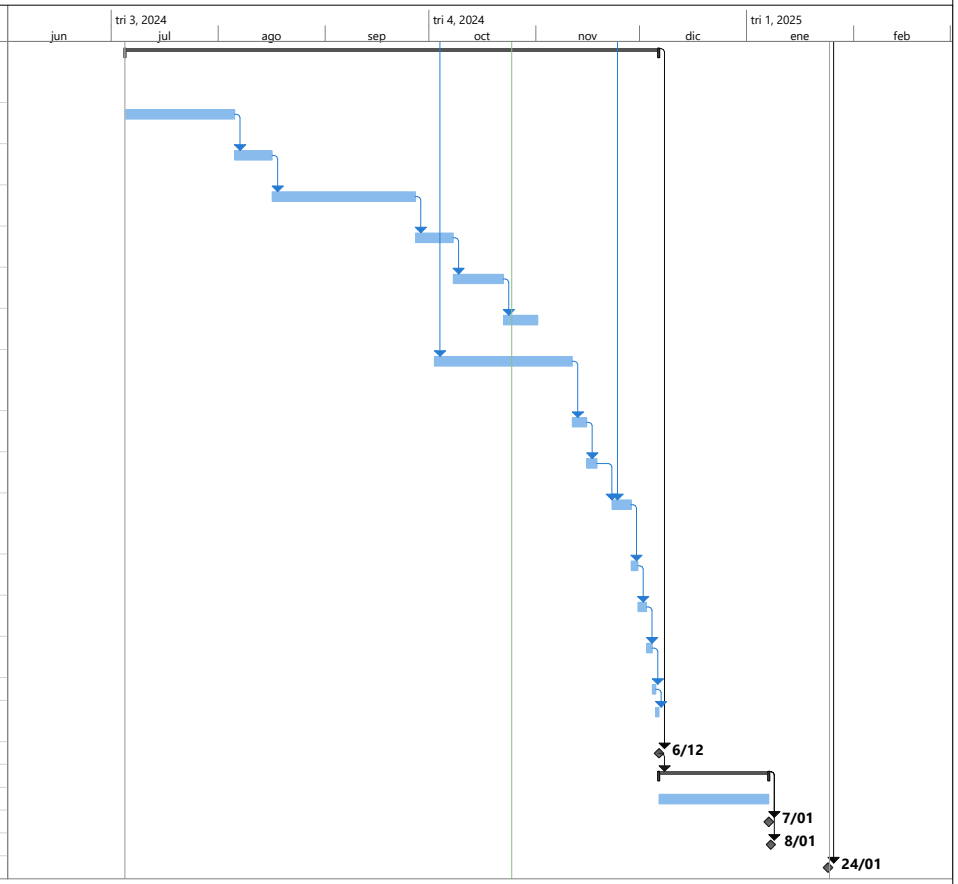


Proyecto: CTO No. LP-SIM-023-202
Versión: 7
Fecha: 23 de octubre de 2024

Tarea | Resumen del proyecto | Tarea manual | solo el comienzo | Fecha límite | Progreso manual
División | Tarea inactiva | solo duración | solo fin | Tareas críticas
Hito | Hito inactivo | Informe de resumen manual | Tareas externas | División crítica
Resumen | Resumen inactivo | Resumen manual | Hito externo | Progreso

MEJORAMIENTO ESTUDIOS Y DISEÑOS - TERCER PUENTE SOBRE EL RIO SINÚ

Id	Modo de tarea	Nombre de tarea	Duración	Comienzo	Fin	Predecesoras
128		**VOLUMEN IX - ESTUDIO ESTIMACIÓN DE CANTIDADES DE OBRAS, COSTOS Y PRESUPUESTOS**	**149 días**	**vie 5/07/24**	**vie 6/12/24**	
129		Elaboración y entrega de Metodología de Diseño v0	30 días	vie 5/07/24	lun 5/08/24	
130		Revisión Metodología v0 por parte de interventoría y entrega de observaciones	11 días	lun 5/08/24	vie 16/08/24	129
131		Ajuste de observaciones y Entrega Metodología de diseño v1	40 días	vie 16/08/24	vie 27/09/24	130
132		Revisión Metodología v1 por parte de interventoría y entrega de observaciones	10 días	vie 27/09/24	mar 8/10/24	131
133		Ajuste de observaciones y Entrega Metodología de diseño v2	14 días	mar 8/10/24	mar 22/10/24	132
134		Aprobación de la Metodología por parte de Interventoría	10 días	mar 22/10/24	vie 1/11/24	133
135		Elaboración de Cantidades de Obra y Presupuesto, y entrega a interventoría para revisión Volumen v0	38 días	mié 2/10/24	lun 11/11/24	105
136		Revisión de la Volumen v0 por parte de interventoría y entrega de observaciones	5 días	lun 11/11/24	vie 15/11/24	135
137		Ajuste de observaciones y entrega a la Interventoría Volumen v1	2 días	vie 15/11/24	lun 18/11/24	136
138		Elaboración de Cantidades de Obra y Presupuesto, y entrega a interventoría para revisión Volumen v1	5 días	sáb 23/11/24	jue 28/11/24	109;137
139		Revisión de la Volumen v1 por parte de interventoría y entrega de observaciones	2 días	jue 28/11/24	sáb 30/11/24	138
140		Ajuste de observaciones Volumen v1 y entrega a la Interventoría	2 días	sáb 30/11/24	mar 3/12/24	139
141		Revisión Final por parte del interventoría del Volumen IX	2 días	mar 3/12/24	mié 4/12/24	140
142		Ajuste Final del Volumen IX	1 día	mié 4/12/24	jue 5/12/24	141
143		Aprobación de Volumen IX por la Interventoría	1 día	jue 5/12/24	vie 6/12/24	142
144		Fin ESTUDIO DE ESTIMACIÓN DE PRESUPUESTO	0 días	vie 6/12/24	vie 6/12/24	128
145		**MOVILIZACIÓN Y CAMPAMENTOS DE OBRA**	**30 días**	**vie 6/12/24**	**mar 7/01/25**	**144**
146		Movilización y Campamento de Obra	30 días	vie 6/12/24	mar 7/01/25	
147		Fin de MOVILIZACIÓN Y CAMPAMENTO	0 días	mar 7/01/25	mar 7/01/25	145
148		Inicio ACTIVIDADES DE OBRA	0 días	mié 8/01/25	mié 8/01/25	145FC+1 día
149		Fin MEJORAMIENTO ESTUDIOS Y DISEÑOS	0 días	vie 24/01/25	vie 24/01/25	1



Proyecto: CTO No. LP-SIM-023-202
Versión: 7
Fecha: 23 de octubre de 2024

Tarea	Resumen del proyecto	Tarea manual	solo el comienzo	Fecha límite	Progreso manual		
División	Tarea inactiva	solo duración	solo fin	Tareas críticas			
Hito	Hito inactivo	Informe de resumen manual	Tareas externas	División crítica			
Resumen	Resumen inactivo	Resumen manual	Hito externo	Progreso			

Respuesta al Oficio COCS-460-CPRS-C-7-2024
Observaciones Volumen IV.

CONSORCIO
PUENTE RÍO SINÚ

NIT. 901.784.351-2

Bogotá D.C., 18 de octubre de 2024

CPRS-061-2024

Señores:
CONSORCIO CI-SINU
Atn. DR. JORGE LUIS TAJÁN DE ÁVILA
Interventor
Calle 93 No. 14-71 Bogotá
proyecto460sinu@consultecnicos.com
gerencia@consultecnicos.com

Referencia: CONTRATO LP-SIM-024-2023 CONSTRUCCIÓN DEL TERCER PUENTE SOBRE EL RIO SINÚ, EN EL MUNICIPIO DE MONTERIA, DEPARTAMENTO DE CORDOBA.

ASUNTO: Respuesta al Oficio COCS-460-CPRS-C-7-2024 Observaciones Volumen IV.

Cordial saludo,

De manera atenta por medio del presente damos respuesta al oficio COCS-460-CPRS-C-7-2024 observaciones al VOLUMEN IV, teniendo en cuenta que los comentarios se hacen sobre la Versión A preliminar del volumen, toda vez que dichas observaciones ya se habían subsanado en la Versión 0 remitido a ustedes con anterioridad mediante el oficio CPRS-044-2024 del 25 de septiembre de 2024, para las verificaciones por parte de su especialista.

La información reposa en el siguiente enlace: https://we.tl/t-hYZSDIYkIs

Atentamente,

Fernando Amar Garzón
Representante Legal
CONSORCIO PUENTE RIO SINU

Anexos: Los relacionados.

c.c.: Iris Spaht Camaño- Secretaría de Infraestructura – s.infraestructura@monteria.gov.co
Margarita Sabino – Contratista SIM – infra.msabino@gmail.com
Correspondencia – Findeter - correspondencia@findeter.gov.co
José Luis Cala – Supervisor Contrato CD-SIM-569-2023 – jlcala@findeter.gov.co
Luz Marina Pérez – Supervisora Contrato Interventoría – lmperez@findeter.gov.co

Elaboró: CAT
Revisó: FAG
Aprobó: FAG

CONSORCIO
PUENTE RÍO SINÚ

NIT. 901.784.351-2

ANEXO No. 1

RESPUESTA A OBSERVACIONES PLANTEADAS EN EL OFICIO COCS-460-CPRS-C-7-2024

Bogotá, 16 de octubre de 2024
GSI-276-10-CPRS-24

Señores
CONSORCIO PUENTE RÍO SINÚ
Attn. Ingeniero César Triviño
Ciudad

REFERENCIA: RESPUESTA A OBSERVACIONES Y COMENTARIOS PLANTEADOS AL VOLUMEN IV ESTUDIO DE SUELOS PARA EL DISEÑO DE FUNDACIONES DE PUENTES Y OTRAS ESTRUCTURAS – ESTUDIO DE ESTABILIDAD Y ESTABILIZACIÓN DE TALUDES, TERRAPLENES Y ZONAS DE DISPOSICIÓN DE MATERIALES, POR PARTE DE LA INTERVENTORÍA POR MEDIO DEL COMUNICADO NUMERO COCS-460-CPRS-C-7-2024.

El 16 de octubre de 2024, se recibió la comunicación número COCS-460-CPRS-C-72024 por parte del Consorcio CI Sinú, con los comentarios sobre el VOLUMEN IV: ESTUDIO DE SUELOS PARA EL DISEÑO DE FUNDACIONES DE PUENTES Y OTRAS ESTRUCTURAS – ESTUDIO DE ESTABILIDAD Y ESTABILIZACIÓN DE TALUDES, TERRAPLENES Y ZONAS DE DISPOSICIÓN DE MATERIALES, en su versión A, generada el 9 de septiembre de 2024.

Este documento fue emitido como un informe preliminar y parcial, donde se presentaron los resultados de la exploración geotécnica y el análisis de la cimentación del puente. Sin embargo, no se incluyeron recomendaciones para los accesos al viaducto. Estas recomendaciones fueron consideradas en la versión 0 del informe, generada el 24 de septiembre de 2024. Por lo tanto, se está a la espera de los comentarios u observaciones sobre esta versión, ya que es una versión completa del proyecto del puente.

Adicionalmente, llama la atención que la interventoría menciona que los valores de beta usados son más bajos a los recomendados por la literatura, aunque, se están obteniendo capacidades de carga mayores en comparación a las obtenidas por la interventoría. Sin embargo, se tendrá en cuenta esta observación en la siguiente versión 0 del informe, y que haya sido revisada por la interventoría.

Cordialmente,

GEOSOLUCIONES SAS

Edgar Forero Muñoz
MSc en Geotecnia
Documento elaborado con el apoyo del ingeniero Carlos Andrés Moreno

CONSORCIO
PUENTE RÍO SINÚ

NIT. 901.784.351-2

ANEXO No. 2

VOLUMEN IV

Versión 0

Cra. 15 No. 122 – 35 Oficina 701, Santa Bárbara. Tel: (601) 6560781 Bogotá D.C. Colombia
Email: consorcio.riosinu@concrearmadoltda.com

CONTRATO No. LP-SIM-024-2023

OBJETO DEL CONTRATO:

CONSTRUCCIÓN DEL TERCER PUENTE SOBRE EL RIO SINU EN EL MUNICIPIO DE MONTERÍA, DEPARTAMENTO DE CÓRDOBA



INFORME DE MEJORAMIENTO DE ESTUDIOS Y DISEÑOS

VOLUMEN IV. ESTUDIO DE SUELOS PARA EL DISEÑO DE FUNDACIONES DE PUENTES Y OTRAS ESTRUCTURAS – ESTUDIO DE ESTABILIDAD Y ESTABILIZACIÓN DE TALUDES, TERRAPLENES Y ZONAS DE DISPOSICIÓN DE MATERIALES

BOGOTA D.C, SEPTIEMBRE DE 2024

	Elaboró	Revisó	Aprobó
Firma:			
Nombre:	Edgar Forero Muñoz	Fernando Amar	Fernando Amar
Cargo:	Especialista en geotecnia	Director de Consultoría	Director de Consultoría

CONTROL DE CAMBIOS		
Versión	Fecha	Descripción del Cambio
V0	20/09/2024	Elaboración inicial

TABLA DE CONTENIDO

1 OBJETIVO Y ALCANCES 16
1.1 ALCANCES 17
1.2 RELACIÓN DE INFORMACIÓN DE REFERENCIA 18
1.3 NORMATIVAS DE REFERENCIA 19
2 METODOLOGÍA DEL ESTUDIO 20
3 LOCALIZACIÓN Y DESCRIPCIÓN DEL TERCER PUENTE SOBRE EL RÍO SINÚ 22
4 ANTECEDENTES 23
5 ASPECTOS GEOLÓGICOS 25
5.1 GEOLOGÍA REGIONAL 25
5.2 ESTRATIGRAFÍA 25
5.2.1 Formación Cansona (Ksc) 26
5.2.2 Formación San Cayetano (Pgsc) 26
5.2.3 Formación Chalan (Pgch) 27
5.2.4 Formación El Floral (Pgf) 27
5.2.5 Depósitos aluviales (Qal) y depósitos de planicie de inundación (Qpi) 28
5.3 GEOLOGÍA ESTRUCTURAL 29
5.4 ESTRUCTURAS DÓMICAS 30
6 TRABAJOS DE CAMPO 31
6.1 EXPLORACIÓN DE REFERENCIA 32
6.1.1 Exploración directa de referencia 32
6.1.2 Ensayos de laboratorio de referencia 33
6.1.3 Exploración indirecta de referencia 34
6.2 EXPLORACIÓN GEOTÉCNICA COMPLEMENTARIA 36
6.2.1 Exploración directa 36

6.2.2 Ensayos de laboratorio ... 40
6.2.2.1 Ensayos de clasificación ... 41
6.2.2.2 Pesos unitarios ... 42
6.2.2.3 Límites de consistencia y carta de plasticidad ... 43
6.2.2.4 Resistencia a la compresión inconfinada ... 47
6.2.2.5 Ensayos de resistencia al corte directo ... 49
6.2.2.6 Consolidación unidimensional ... 51
6.2.3 Exploración con sondeos con piezocono (CPTu-SC-01 y CPTu-SC-02) ... 52
6.2.4 Exploración geofísica ... 65
7 ANÁLISIS DE SOCAVACIÓN ... 70
8 CARACTERÍSTICAS DEL SUBSUELO ... 71
8.1 DISCRETIZACIÓN DEL MODELO GEOLÓGICO-GEOTÉCNICO ... 71
8.2 DEFINICIÓN DE PARÁMETROS DEL MODELO GEOLÓGICO GEOTÉCNICO ... 78
8.2.1 Peso unitario ... 78
8.2.2 Resistencia no drenada, Cu ... 80
8.2.3 Módulo de elasticidad ... 82
8.2.4 Relación de poisson ... 84
8.2.5 Parámetros de resistencia efectiva ... 84
8.2.6 Parámetros de consolidación ... 85
8.2.7 Parámetros y propiedades geomecánicas adoptados para cada apoyo ... 85
9 ANÁLISIS GEOTÉCNICO - CIMENTACIÓN ... 90
9.1 ANÁLISIS DE RESISTENCIA A COMPRESIÓN Y TRACCIÓN ... 91
9.1.1 Metodología propuesta en el código de puentes CCP-14 ... 91
9.1.1.1 Metodología del Código de Puentes CCP-14 suelos cohesivos ... 92
9.1.1.2 Metodología del Código de Puentes CCP-14 suelos no cohesivos ... 93
9.1.1.3 Metodología del Código de Puentes CCP-14 materiales intermedios IGM ... 95
9.1.2 Consideraciones de diseño ... 96
9.1.3 Capacidades de carga axial – Eje 1 margen izquierda ... 98
9.1.4 Capacidades de carga axial – Eje 2 pila central izquierda ... 101
9.1.5 Capacidades de carga axial – Eje 3 pila central derecha ... 103

9.1.6 Capacidades de carga axial – Eje 4 estribo margen derecha 104
9.2 ESTIMACIÓN DE ASENTAMIENTOS PARA LOS ELEMENTOS DE CIMENTACIÓN PROFUNDA 107
9.3 ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO FRENTE A CARGA LATERAL 112
9.3.1 Consideraciones de diseño 115
9.3.2 Curvas p-y y módulo de reacción lateral estribo izquierdo 116
9.3.3 Curvas p-y y módulo de reacción lateral pila central izquierda 118
9.3.4 Curvas p-y y módulo de reacción lateral pila central derecha 121
9.3.5 Curvas p-y y módulo de reacción lateral estribo derecho 125
10 CONDICIONES ESPECIALES DEL SUBSUELO 127
10.1 AMENAZA SÍSMICA 128
10.2 EXPANSIVIDAD 128
10.3 ABLANDAMIENTO CÍCLICO POR EXCITACIÓN SÍSMICA 129
11 OBRAS COMPLEMENTARIAS 131
11.1 ESTRUCTURAS DE CONTENCIÓN 131
11.2 TERRAPLENES DE ACCESO 131
11.2.1 Margen izquierda 131
11.2.1.1 Alternativa 1 131
11.2.1.1.1 Capacidad Portante 132
11.2.1.1.2 Asentamientos 133
11.2.1.1.3 Estabilidad interna y externa 135
11.2.1.1.3.1 Taludes Verticales. 135
11.2.1.1.3.2 Taludes 1.0H:1.0V 137
11.2.1.1.3.3 Taludes 1.5H:1.0V 140
11.2.1.2 Alternativa 2 141
11.2.1.2.1 Capacidad Portante 142
11.2.1.2.2 Asentamientos 143
11.2.1.2.3 Estabilidad interna y externa 145
11.2.1.2.3.1 Taludes Verticales. 145
11.2.1.2.3.2 Taludes 1.0H:1.0V 147

11.2.1.2.3.3 Taludes 1.5H:1.0V 150
11.2.1.3 Alternativa 3 151
11.2.1.3.1 Selección del tipo de geobloque. 152
11.2.1.3.2 Capacidad Portante 154
11.2.1.3.3 Asentamientos 155
11.2.1.3.4 Estabilidad interna y externa 157
11.2.1.4 Comparación de las alternativas Margen Izquierda 163
11.2.2 Margen derecha 164
11.2.2.1 Alternativa 1 165
11.2.2.1.1 Capacidad Portante 165
11.2.2.1.2 Asentamientos 166
11.2.2.2 Alternativa 2 167
11.2.2.2.1 Capacidad Portante 168
11.2.2.2.2 Asentamientos 169
11.2.2.3 Alternativa 3 170
11.2.2.3.1 Selección del tipo de geobloque. 171
11.2.2.3.2 Capacidad Portante 173
11.2.2.3.3 Asentamientos 174
11.2.2.3.4 Estabilidad interna y externa 176
11.2.2.4 Comparación de las alternativas Margen Derecha. 182
11.3 EVALUACIÓN DE ESTABILIDAD DE TALUDES Y EXCAVACIONES 183
12 EVALUACIÓN DE FUENTES DE MATERIALES 184
12.1 CANTERAS CHICORAL – VILLA CARMEN – LOMA GRANDE – LAS PULGAS .. 186
12.2 ACOPIO ORILLAS RÍO SINÚ (CANTERA CAREPALO) 188
12.3 CANTERA LA SIBERIA 190
12.4 PLANTAS DE CONCRETO EN MONTERÍA 191
12.5 CANTERA BRIMARK, LAS BALSAS 192
13 ZONAS DE DISPOSICIÓN DE MATERIALES SOBRANTES (ZODME) 193
14 RECOMENDACIONES CONSTRUCTIVAS 194
14.1 PROCESOS CONSTRUCTIVOS 194

14.2 PROPUESTA DE PLAN DE MONITOREO E INSTRUMENTACIÓN GEOTÉCNICA 196

14.3 ESPECIFICACIONES DE CONSTRUCCIÓN 196

15 CONCLUSIONES 197

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Localización general – Tercer puente río Sinú 16
Figura 2. Planta - Perfil del puente proyectado 23
Figura 3. Geología de la Plancha 61 - Montería. Escala 1:100.000. Tomado de INGEOMINAS, 1999 29
Figura 4. Ubicación esquemática de la exploración considerada para la elaboración del modelo Geológico – Geotécnico. (Costado margen izquierda) 31
Figura 5. Ubicación esquemática de la exploración considerada para la elaboración del modelo Geológico – Geotécnico. (Costado margen derecha) 32
Figura 6. Localización líneas de refracción sísmica – Estudio Consorcio Puente Sinú FIA (2022) 34
Figura 7. Variación en profundidad de Vs – Estudio Consorcio Puente Sinú FIA (2022) 35
Figura 8. Interpretación de líneas LRs1 y LRS2 – Estudio Consorcio Puente Sinú FIA (2022).. 36
Figura 9. Variación de peso unitario en profundidad 42
Figura 10. Carta de plasticidad margen izquierda 43
Figura 11. Carta de plasticidad margen derecha 44
Figura 12. Contenido de humedad natural (Wn), límite líquido (LL) y límite plástico (LP) – Sondeos margen izquierda 45
Figura 13. Contenido de humedad natural (Wn), límite líquido (LL) y límite plástico (LP) – Sondeos margen derecha 46
Figura 14. Valores estimados de índice de liquidez (IL) – 47
Figura 15. Variación en profundidad de resistencia a la Compresión Inconfinada (qu) en suelos 48
Figura 16. Variación en profundidad de resistencia a la Compresión Inconfinada (qu) en núcleos de material rocoso (Profundidades mayores a 41.0m en sondeos SC-02 y SC-03) 49
Figura 17. Ficha técnica equipo CPTu 53
Figura 18. Registro de resistencia de punta (qc), fricción (fs) y presión de poros (u) – CPTu-SC-01 55
Figura 19. Registro índice SBT – CPTu-SC-01 56

Figura 20. Valores de permeabilidad, SPT N_{60}, Módulo de Young E_s, Densidad relativa D_r, Ángulo de fricción – CPTu-SC-01 57
Figura 21. Valores de Módulo de deformación 1D, módulo de deformación en corte G_0, resistencia no drenada Su, relación Su/σv' y relación de sobreconsolidación OCR – CPTu-SC-01 58
Figura 22. Valores de velocidad de onda de corte Vs, parámetro de estado Ψ, relación de esfuerzos en reposo y sensitividad del suelo OCR – CPTu-SC-01 59
Figura 23. Registro de resistencia de punta (qc), fricción (fs) y presión de poros (u) – CPTu-SC-02 60
Figura 24. Registro índice SBT – CPTu-SC-02 61
Figura 25. Valores de permeabilidad, SPT N_{60}, Módulo de Young E_s, Densidad relativa D_r, Ángulo de fricción – CPTu-SC-02 62
Figura 26. Valores de Módulo de deformación 1D, módulo de deformación en corte G_0, resistencia no drenada Su, relación Su/σv' y relación de sobreconsolidación OCR – CPTu-SC-02 63
Figura 27. Valores de velocidad de onda de corte Vs, parámetro de estado Ψ, relación de esfuerzos en reposo y sensitividad del suelo OCR – CPTu-SC-02 64
Figura 28. Ubicación en planta exploración geofísica complementaria - LRSC-01 65
Figura 29. Ubicación en planta exploración geofísica complementaria - LRSC-02 65
Figura 30. Perfil tomográfico de la velocidad de onda de compresión Vp - LRSC-01 66
Figura 31. Perfil tri-capa de velocidad de onda de compresión Vp - LRS-C-1 67
Figura 32. Perfil 2D de velocidades de onda de corte Vs – LRS-C-1 67
Figura 33. Perfil tomográfico de la velocidad de onda de compresión Vp - LRSC-02 68
Figura 34. Perfil tri-capa de velocidad de onda de compresión Vp - LRSC-02 69
Figura 35. Perfil 2D de velocidades de onda de corte Vs – LRSC-02 70
Figura 36. Porcentaje de recobro e índice RQD (40.0-75.0m) – Sondeo SC-02 73
Figura 37. Porcentaje de recobro e índice RQD (45.0-75.0m) – Sondeo SC-03 73
Figura 38. Perfil longitudinal geotécnico por el eje del puente 74
Figura 39. Perfil longitudinal geotécnico por el eje del puente (Margen izquierda) 74
Figura 40. Perfil longitudinal geotécnico por el eje del puente (Margen derecha) 75
Figura 41. Evaluación peso unitario – Eje 1, estribo margen izquierda (izquierda). Eje 2, pila central margen izquierda (derecha) 79
Figura 42. Evaluación peso unitario – Eje 3, pila central margen derecha (izquierda). Eje 4, estribo margen izquierda (derecha) 80
Figura 43. Evaluación resistencia no drenada, Cu (Depósitos Qal y Qpi) – Eje 1, estribo margen izquierda (izquierda). Eje 2, pila central margen izquierda (derecha) 81
Figura 44. Evaluación resistencia no drenada, Cu (Depósitos Qal y Qpi) (izquierda). Eje 4, estribo margen izquierda (derecha) 82
Figura 45. Valores típicos de módulo de elasticidad – Depósitos de arena y grava 83
Figura 46. Rangos de valores típicos de relación de poisson 84

Figura 47. Resumen de resistencias a compresión (R_R) y tracción (R_T) por pilote para el estribo de la margen izquierda – Eje 1 100
Figura 48. Resumen de resistencias a compresión (R_R) y tracción (R_T) por pilote para la pila central de la margen izquierda – Eje 2 102
Figura 49. Resumen de resistencias a compresión (R_R) y tracción (R_T) por pilote para la pila central de la margen derecha – Eje 3 104
Figura 50. Resumen de resistencias a compresión (R_R) y tracción (R_T) por pilote para el estribo de la margen derecha – Eje 3 106
Figura 51. Incrementos de esfuerzo para grupos de pilotes método 2:1 109
Figura 52. Curvas p-y para materiales arcillosos de consistencia media a firme (Matlock, 1970) 113
Figura 53. Curvas p-y para arenas (Reese L. et. Al, 1974) 114
Figura 54. Curvas p-y suelos pertenecientes al depósito de planicie de inundación, diámetro D=1.5. Estribo izquierdo – Eje 1, profundidades z medidas respecto a cota 16.367m 116
Figura 55. Curvas p-y materiales pertenecientes al depósito de planicie de inundación, diámetro D=1.5. Pila central izquierda, profundidades z medidas respecto a cota 12.000 m 118
Figura 56. Curvas p-y Material IGM perteneciente a la Formación San Cayetano, diámetro D=1.5. Pila central izquierda, profundidades z medidas respecto a cota 12.000 m 119
Figura 57. Curvas p-y materiales arcillosos del depósito de planicie de inundación, diámetro D=1.5. Pila central derecha, profundidades z medidas respecto a cota 10.500 m 121
Figura 58. Curvas p-y Materiales arenosos de depósitos de inundación y materiales IGM pertenecientes a la Formación San Cayetano, diámetro D=1.5. Pila central derecha, profundidades z medidas respecto a cota 10.500 m 122
Figura 59. Curvas p-y materiales arcillosos del depósito de planicie de inundación, diámetro D=1.5. Estribo derecho, profundidades z medidas respecto a cota 16.298 m 125
Figura 60. Curvas p-y materiales arenosos del depósito de planicie de inundación, diámetro D=1.5. Estribo derecho, profundidades z medidas respecto a cota 16.298 m 125
Figura 61. Evaluación de susceptibilidad por ablandamiento cíclico 130
Figura 62. Esquema del terraplén de acceso de la margen izquierda para la Alternativa 1 132
Figura 63. Geometría del terraplén con muros SME propuesto para la Alternativa 1 de la margen izquierda. 135
Figura 64. Distribución de las capas de refuerzo para el terraplén con inclinación 1H:1V. Alternativa 1 139
Figura 65. Esquema del terraplén de acceso de la margen izquierda para la Alternativa 2 142
Figura 66. Geometría del terraplén con muros SME propuesto para la Alternativa 2 de la margen izquierda 145
Figura 67. Distribución de las capas de refuerzo para el terraplén con inclinación 1H:1V. Alternativa 2 149
Figura 68. Esquema del terraplén de acceso de la margen izquierda para la Alternativa 3 152
Figura 69. Abaco de Burmister para determinar el esfuerzo debajo de la estructura de pavimento 153

Figura 70. Esquema tipo del muro en concreto diseñado para confinar el terraplén aligerado. 157
Figura 71. Empujes para el muro del Bloque 1A de la Alternativa 3 Margen Izquierda. 158
Figura 72. Empujes para el muro del Bloque 1B de la Alternativa 3 Margen Izquierda. 158
Figura 73. Empujes para el muro del Bloque 2 de la Alternativa 3 Margen Izquierda. 159
Figura 74. Empujes para el muro del Bloque 3 de la Alternativa 3 Margen Izquierda. 159
Figura 75. Empujes para el muro del Bloque 4 de la Alternativa 3 Margen Izquierda. 160
Figura 76. Empujes para el muro del Bloque 5 de la Alternativa 3 Margen Izquierda. 160
Figura 77. Empujes para el muro del Bloque 6 de la Alternativa 3 Margen Izquierda. 161
Figura 78. Empujes para el muro del Bloque 7 de la Alternativa 3 Margen Izquierda. 161
Figura 79. Empujes para el muro del Bloque 8 de la Alternativa 3 Margen Izquierda. 162
Figura 80. Empujes para el muro del Bloque 9 de la Alternativa 3 Margen Izquierda. 162
Figura 81. Esquema del terraplén de acceso de la margen derecha para la Alternativa 1 165
Figura 82. Esquema del terraplén de acceso de la margen derecha para la Alternativa 2 168
Figura 83. Esquema del terraplén de acceso de la margen izquierda para la Alternativa 3 171
Figura 84. Abaco de Burmister para determinar el esfuerzo debajo de la estructura de pavimento 172
Figura 85. Esquema tipo del muro en concreto diseñado para confinar el terraplén aligerado Margen Derecha. 176
Figura 86. Empujes para el muro del Bloque 1 de la Alternativa 3 Margen Derecha. 177
Figura 87. Empujes para el muro del Bloque 2 de la Alternativa 3 Margen Derecha. 177
Figura 88. Empujes para el muro del Bloque 3 de la Alternativa 3 Margen Derecha. 178
Figura 89. Empujes para el muro del Bloque 4 de la Alternativa 3 Margen Derecha. 178
Figura 90. Empujes para el muro del Bloque 5 de la Alternativa 3 Margen Derecha. 179
Figura 91. Empujes para el muro del Bloque 6 de la Alternativa 3 Margen Derecha. 179
Figura 92. Empujes para el muro del Bloque 7 de la Alternativa 3 Margen Derecha. 180
Figura 93. Empujes para el muro del Bloque 8 de la Alternativa 3 Margen Derecha. 180
Figura 94. Empujes para el muro del Bloque 9 de la Alternativa 3 Margen Derecha. 181
Figura 95. Margen izquierda, obras de protección con bolsacreto 183
Figura 96. Vista orilla margen derecha 184
Figura 97. Localización de fuentes de materiales y plantas de producción de concreto para el proyecto. (Fuente: Volumen III. Geología para ingeniería, Consorcio Puente Río Sinú, 2024) 185
Figura 98. Cantera Villa Carmen. Fuente: Estudio Consorcio Puente Sinú FIA (2022) 186
Figura 99. Cantera Loma Grande-Las Pulgas. Fuente: Estudio Consorcio Puente Sinú FIA (2022) 186
Figura 100. Selección material en arenas de grano medio y gravas de rocas volcánicas y chert, de resistencia alta. Fuente: Volumen III. Geología para ingeniería, Consorcio Puente Río Sinú, 2024 188
Figura 101. Material de arrastre procedente de 50 Km, aguas arriba del río Sinú y acopio de gravas y arenas. Fuente: Volumen III. Geología para ingeniería, Consorcio Puente Río Sinú, 2024 189

Figura 102. Cantera La Victoria. Fuente de calizas blancas para agregados. Fuente: Volumen III. Geología para ingeniería, Consorcio Puente Río Sinú, 2024 190
Figura 103. Vista de la planta de Concretos Sinú. Fuente: Volumen III. Geología para ingeniería, Consorcio Puente Río Sinú, 2024 192
Figura 104. Cantera Las Balsas. Fuente: Estudio Consorcio Puente Sinú FIA (2022) 192
Figura 105. Sitios de disposición de sobrantes teniendo como alternativa su uso para donación a la comunidad. Fuente: Volumen III. Geología para ingeniería, Consorcio Puente Río Sinú, 2024 193
Figura 106. Localización Relleno Sanitario Loma Grande. Coordenadas geográficas: 8°42´30.99” N – 75°50´21.31” W. Fuente: Volumen III. Geología para ingeniería, Consorcio Puente Río Sinú, 2024 194

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Características estructurales del puente proyectado 22
Tabla 2. Relación y localización de la exploración directa de realizada por el Consorcio Puente Sinú FIA (2022). 33
Tabla 3. Resumen de la cantidad de ensayos de laboratorio realizados en estudio de 2022 33
Tabla 4. Localización líneas de exploración geofísica - Estudio Consorcio Puente Sinú FIA (2022) 35
Tabla 5. Relación y localización de la exploración directa complementaria (Geopruebas Ingeniería SAS, 2024) 37
Tabla 6. Descripción geológica de los materiales encontrados en el sondeo SC-01 37
Tabla 7. Descripción geológica de los materiales encontrados en el sondeo SC-02 38
Tabla 8. Descripción geológica de los materiales encontrados en el sondeo SC-03 39
Tabla 9. Descripción geológica de los materiales encontrados en el sondeo SC-04 40
Tabla 10. Resumen de la cantidad de ensayos de laboratorio realizados para la campaña de exploración complementaria. 41
Tabla 11. Resultados de ensayos de corte directo, muestras sondeos SC-02 y SC-03..... 50
Tabla 12. Parámetros de consolidación obtenidos de ensayos consultados en información de referencia (Estudio 2022) 51
Tabla 13. Parámetros de consolidación obtenidos de ensayos realizados en exploración complementaria (2024) 52
Tabla 14. Características de la sonda utilizada y factores de cálculo dentro del procesamiento de la información 54
Tabla 15. Ubicación de los sondeos ejecutados CPTu-SC-01 y CPTu-SC-02 54
Tabla 16. Ubicación de las líneas de exploración geofísica LRSC-01 y LRSC-02 66

Tabla 17. Profundidades y cotas de socavación 71
Tabla 18. Perfil estratigráfico de diseño – Eje 1, estribo margen izquierda 75
Tabla 19. Perfil estratigráfico de diseño – Eje 2, pila central margen izquierda 76
Tabla 20. Perfil estratigráfico de diseño – Eje 3, pila central margen derecha 76
Tabla 21. Perfil estratigráfico de diseño – Eje 4, estribo margen derecha 77
Tabla 22. Parámetros geotécnicos - EJE 1 - Estribo margen izquierda, SC-01 85
Tabla 23. Parámetros geotécnicos - EJE 2 – Pila central izquierda, SC-02 86
Tabla 24. Parámetros geotécnicos - EJE 3 - Pila central derecha, SC-03 88
Tabla 25. Parámetros geotécnicos - EJE 4 - Estribo margen derecha, SC-04 89
Tabla 26. Parámetros geotécnicos - EJE 4 - Estribo margen derecha, SC-04 96
Tabla 27. Cotas de inicio de longitud total y de longitud efectiva para pilotes 97
Tabla 28. Factores de resistencia considerados 98
Tabla 29. Resistencias a compresión (R_R) y tracción (R_T) por pilote para el estribo de la margen izquierda – Eje 1 99
Tabla 30. Resistencias a compresión (R_R) y tracción (R_T) por pilote para pila central de la margen izquierda – Eje 2 101
Tabla 31. Resistencias a compresión (R_R) y tracción (R_T) por pilote para pila central de la margen derecha – Eje 3 103
Tabla 32. Resistencias a compresión (R_R) y tracción (R_T) por pilote para estribo de la margen derecha – Eje 4 105
Tabla 33. Asentamientos en pilotes para estribo de la margen izquierda – Eje 1 110
Tabla 34. Asentamientos en pilotes para pila central de margen izquierda – Eje 2 110
Tabla 35. Asentamientos en pilotes para pila central de margen derecha – Eje 3 111
Tabla 36. Asentamientos en pilotes para estribo de la margen derecha – Eje 4 111
Tabla 37. Valores representativos de Kpy para arenas sumergidas 115
Tabla 38. Módulos de reacción horizontal (Fase lineal a partir de curvas p-y), diámetros de D=1.5, Estribo izquierdo – Eje 1. Profundidades medidas respecto a cota 16.367m 116
Tabla 39. Módulos de reacción horizontal (Fase lineal a partir de curvas p-y), diámetros de D=1.5, Pila central izquierda 119
Tabla 40. Módulos de reacción horizontal (Fase lineal a partir de curvas p-y), diámetros de D=1.5, Pila central derecha 122
Tabla 41. Módulos de reacción horizontal (Fase lineal a partir de curvas p-y), diámetros de D=1.5, Estribo derecho. Profundidades medidas respecto a cota 16.298 m 126
Tabla 42. Factores de reducción por efecto de grupo de los coeficientes de reacción horizontal 127
Tabla 43. Criterios para evaluación de potencial de expansión (AIS, 2010) 128
Tabla 44. Parámetros geotécnicos material de relleno 131
Tabla 45. Resultados de la capacidad portante para la Alternativa 1 del terraplén de la Margen Izquierda, para una profundidad de desplante de 0.50 metros. 133
Tabla 46. Asentamientos totales (elásticos y consolidación) para la Alternativa 1 de la Margen Izquierda. 134

Tabla 47. Asentamientos elásticos y por consolidación calculados para la Alternativa 1 de la Margen Izquierda. 134
Tabla 48. Resistencias de los geotextiles necesarios para la construcción del muro SME 136
Tabla 49. Resultados de los factores de seguridad para los análisis no drenados de la Alternativa 1 con taludes verticales. 137
Tabla 50. Resultados de los factores de seguridad para los análisis no drenados de la Alternativa 1 con taludes 1.0H:1.0V 138
Tabla 51. Factores de Seguridad para el acceso con talud 1H:1V reforzado Alternativa 1. 139
Tabla 52. Resultados de los factores de seguridad para los análisis no drenados de la Alternativa 1 con taludes 1.5H:1.0V 140
Tabla 53. Resultados de la capacidad portante para la Alternativa 2 del terraplén de la Margen Izquierda, para una profundidad de desplante de 0.50 metros 143
Tabla 54. Asentamientos totales (elásticos y consolidación) para la Alternativa 2 de la Margen Izquierda. 144
Tabla 55. Asentamientos elásticos y por consolidación calculados para la Alternativa 2 de la Margen Izquierda. 144
Tabla 56. Resistencias de los geotextiles necesarios para la construcción del muro SME 146
Tabla 57. Resultados de los factores de seguridad para los análisis no drenados de la Alternativa 2 con taludes verticales 147
Tabla 58. Parámetros geotécnicos material de relleno Resultados de los factores de seguridad para los análisis no drenados de la Alternativa 2 con taludes 1.0H:1.0V 148
Tabla 59. Factores de Seguridad para el acceso con talud 1H:1V reforzado Alternativa 2 149
Tabla 60. Resultados de los factores de seguridad para los análisis no drenados de la Alternativa 2 con taludes 1.5H:1.0V 150
Tabla 61. Características de los geobloques a disponer para la Alternativa 3. 153
Tabla 62. Selección de geobloques para la construcción del acceso en la Alternativa 3. Terraplenes aligerados de la margen izquierda. 154
Tabla 63. Resultados de la capacidad portante para la Alternativa 3 del terraplén de la Margen Izquierda, para una profundidad de desplante de 0.50 metros 155
Tabla 64. Asentamientos totales (elásticos y consolidación) para la Alternativa 3 de la Margen Izquierda. 156
Tabla 65. Asentamientos elásticos y por consolidación calculados para la Alternativa 3 de la Margen Izquierda. 156
Tabla 66. Prediseño de los muros de confinamiento para el relleno aligerado de la Alternativa 3, Margen Izquierda. 163
Tabla 67. Comparación de las alternativas escogidas para los accesos de la margen izquierda. 164
Tabla 68. Resultados de la capacidad portante para la Alternativa 1 del terraplén de la Margen Derecha, para una profundidad de desplante de 0.50 metros. 166
Tabla 69. Asentamientos totales (elásticos y consolidación) para la Alternativa 1 de la Margen Derecha. 167

Tabla 70. Resultados de la capacidad portante para la Alternativa 2 del terraplén de la Margen Derecha, para una profundidad de desplante de 0.50 metros. 169
Tabla 71. Asentamientos totales (elásticos y consolidación) para la Alternativa 1 de la Margen Derecha. 170
Tabla 72. Características de los geobloques a disponer para la Alternativa 3. 172
Tabla 73. Selección de geobloques para la construcción del acceso en la Alternativa 3. Terraplenes aligerados de la margen derecha. 173
Tabla 74. Resultados de la capacidad portante para la Alternativa 3 del terraplén de la Margen Derecha, para una profundidad de desplante de 0.50 metros 174
Tabla 75. Asentamientos totales (elásticos y consolidación) para la Alternativa 3 de la Margen Derecha. 175
Tabla 76. Asentamientos elásticos y por consolidación calculados para la Alternativa 3 de la Margen Derecha. 175
Tabla 77. Prediseño de los muros de confinamiento para el relleno aligerado de la Alternativa 3, Margen Derecha. 181
Tabla 78. Comparación de las alternativas escogidas para los accesos de la margen derecha. 182
Tabla 79. Sitios de canteras y plantas de concreto identificados (Fuente: Volumen III. Geología para ingeniería, Consorcio Puente Río Sinú, 2024) 185
Tabla 80. Resultados de ensayos de laboratorio – Cantera Villa Carmen 187
Tabla 81. Resultados de ensayos de laboratorio – Cantera Loma Grande 188
Tabla 82. Resultados de ensayos de laboratorio – Cantera Carepalo 189
Tabla 83. Resultados de ensayos de laboratorio – Cantera Río Sinú 190
Tabla 84. Resultados de ensayos de laboratorio – Cantera Siberia 191

LISTA DE ANEXOS

Anexo 1. Plano 1. Planta con localización de exploración geotécnica

Plano 2. Planta-perfil con exploración geotécnica y modelo geotécnico

Anexo 2. Exploración directa de referencia (2022): Registros de perforación y resultados de laboratorio.

Anexo 3. Exploración directa complementaria (2024): Registros de perforación y resultados de laboratorio.

Anexo 4. Exploración indirecta complementaria (2024): Informe de Geofísica.

Anexo 5. Resultados laboratorio - Fuentes de materiales

Anexo 6. Memorias de cálculo.

1 OBJETIVO Y ALCANCES

En este documento se presentan los resultados del desarrollo del estudio geotécnico complementario fase III para el diseño de la fundación del nuevo puente denominado como "Tercer puente" sobre el Río Sinú en la zona urbana de la ciudad de Montería, en el departamento de Córdoba, siendo correspondiente la estructura a un puente con tipología de voladizos sucesivos. El puente proyectado se localiza en el sitio de cruce con el Río Sinú entre la Carrera 3W con calle 15A, margen izquierda, y la Avenida 1, margen derecha. En la Figura 1 se presenta la localización general del sitio de ponteadero donde se ubicará el viaducto proyectado.

Figura 1. Localización general – Tercer puente río Sinú



Este documento presenta la relación y análisis de la información de referencia, las pruebas y/o ensayos in-situ, resultados y análisis de los resultados de laboratorio y pruebas in-situ, interpretación y determinación del modelo geológico geotécnico, asignación y ajuste de parámetros geotécnicos, análisis y cálculos de las resistencias del suelo, estimación de asentamientos y consideraciones de rigidez vertical, resultados de análisis de comportamiento frente a carga lateral, además de las conclusiones y recomendaciones para la cimentación del nuevo puente proyectado. Adicionalmente se presentan conclusiones y comentarios, correspondientes a la evaluación realizada en el Volumen III – Geología para ingeniería, en torno a la identificación de zonas de disposición de materiales sobrantes y de fuentes de materiales.

1.1 ALCANCES

De manera general el alcance fundamental de este documento es la presentación de los resultados del estudio de suelos para diseño de cimentaciones del Tercer puente sobre el río Sinú y la evaluación de estabilidad y presentación de recomendaciones de obras complementarias correspondientes principalmente a los tramos de acceso a las estructuras. Y de manera específica se desarrollaron las siguientes actividades como parte de lo requerido por el Instituto Nacional de Vías (INV) para este tipo de estudios:

- Reconocimiento del sitio de ponteadero previsto para el puente y las estructuras complementarias.

- Identificación de amenazas y riesgos en el sitio de ponteadero, que puedan afectar a la estructura tanto en etapa de construcción como en etapa de operación del proyecto.

- Revisión de información de referencia correspondiente principalmente a estudios realizados previamente para puentes proyectados en el mismo sitio de cruce con el río Sinú y específicamente lo concerniente a la exploración del suelo realizada en el área de estudio.

- Desarrollo de un plan de exploración complementario con la ejecución de perforaciones mecánicas y pruebas in-situ, exploración directa, e investigación con métodos indirectos, exploración geofísica, teniendo presente la ubicación de los apoyos y sus tramos de acceso para la nueva alternativa de proyecto estructural. La ubicación de los sondeos y pruebas en campo responde a lo requerido por la normatividad vigente (CCP-14).

- Ejecución de ensayos de laboratorio a muestras recuperadas de perforaciones mecánicas, con el objeto de definir las propiedades y parámetros geomecánicos de interés para la caracterización del subsuelo.

- Interpretación y elaboración del modelo geológico-geotécnico con la definición de estratos presentes y propiedades geomecánicas respectivas, basándose en los hallazgos hechos del programa de exploración complementaria llevado a cabo.

- Presentación de resultados de los estudios hidráulicos e hidrológicos incluidos en el volumen correspondiente, concernientes al cálculo de la socavación general y local del cauce en el sitio del ponteadero.

- Planteamiento de alternativas de cimentación para cada apoyo del puente así como de estructuras de contención y obras complementarias, presentando los resultados de análisis geotécnicos que soporten su recomendación.

- Presentación de conclusiones y comentarios, correspondientes a la evaluación realizada en el Volumen III – Geología para ingeniería, relacionadas con la identificación de zonas de disposición de materiales sobrantes y de fuentes de materiales.

- Propuesta de un plan de monitoreo e instrumentación geotécnica con el fin de contar con la información necesaria para identificar procesos que impliquen algún riesgo o amenaza especialmente dentro del período de operación de la estructura del puente.

- Evaluación de condiciones especiales del subsuelo con la presentación de recomendaciones específicas para su tratamiento.

- Presentación de recomendaciones para el proceso constructivo de las diferentes obras.

- Evaluación de la estabilidad del terreno donde se proyecta la ubicación del puente, incluyendo las zonas donde se ubica la cimentación de los apoyos principales, estribos, tramos de aproximación y cauce del río.

1.2 RELACIÓN DE INFORMACIÓN DE REFERENCIA

En lo que respecta a la información de referencia consultada se tuvo en cuenta principalmente los estudios realizados dentro del contrato # 1550 de 2021, elaborados por el Consorcio Puente Sinú FIA en el año 2022. Los estudios consultados se relacionan a continuación:

[1] Estudios y diseños para el tercer puente sobre el Río Sinú. Volumen II – Estudio de trazado y diseño geométrico. Versión 2. Elaborado por Consorcio Puente Sinú FIA- Jorge Fandiño SAS: (28 de abril de 2022).
[2] Estudios y diseños para el tercer puente sobre el Río Sinú. Volumen III – Estudio de geología para ingeniería. Versión 2. Elaborado por Consorcio Puente Sinú FIA- Jorge Fandiño SAS: (18 de noviembre de 2022).
[3] Estudios y diseños para el tercer puente sobre el Río Sinú. Volumen IV – Estudio de suelos para el diseño de fundaciones y obras complementarias. Versión 2. Elaborado por Consorcio Puente Sinú FIA- Jorge Fandiño SAS: (28 de octubre de 2022).
[4] Estudios y diseños para el tercer puente sobre el Río Sinú. Volumen V – Estudio de estabilidad y estabilización de taludes. Versión 2. Elaborado por Consorcio Puente Sinú FIA- Jorge Fandiño SAS: (01 de noviembre de 2022).
[5] Estudios y diseños para el tercer puente sobre el Río Sinú. Volumen VI – Estudio de hidrología, hidráulica y socavación. Versión 1. Elaborado por Consorcio Puente Sinú FIA- Jorge Fandiño SAS: (13 de septiembre de 2022).
[6] Estudios y diseños para el tercer puente sobre el Río Sinú. Volumen VIII – Estudio diseño de estructuras de puentes, obras de arte y otras estructuras de contención. Versión 3. Elaborado por Consorcio Puente Sinú FIA- Jorge Fandiño SAS: (02 de septiembre de 2022).

Con base en la información consultada, y teniendo en cuenta la obtenida del plan de exploración e investigación del suelo complementario realizado para el presente estudio, se obtuvieron los datos necesarios para realizar una interpretación adecuada de las condiciones del subsuelo en el sitio de ponteadero.

1.3 NORMATIVAS DE REFERENCIA

Los lineamientos y requerimientos vigentes a la fecha y relacionadas con la estructura a ser construida están contenidas en los siguientes documentos:

- Norma Colombiana de Diseño de Puentes CCP-14 - Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica (AIS), 2014.
- Norma Sismo Resistente - NSR-10. Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, 2010.
- Manual de diseño de cimentaciones superficiales y profundas para carreteras. Instituto Nacional de Vías INVIAS, 2012.

2 METODOLOGÍA DEL ESTUDIO

Como parte de la elaboración del presente estudio y con el objeto de dar cumplimiento a los alcances definidos para el mismo se ha llevado a cabo, dentro de la metodología proyectada, el desarrollo de las siguientes actividades para las cuales se presenta la descripción correspondiente teniendo presente que con su realización se ha buscado cumplir con los requerimientos planteados para estudios de este tipo.

- *Reconocimiento en campo con visitas al sitio de ponteadero*: las visitas de campo se realizaron y programaron con el objetivo fundamental de reconocer las condiciones propias del sitio, para ser tenidas en cuenta dentro de los análisis geotécnicos realizados, así como realizar una programación adecuada de la exploración del suelo complementaria llevada a cabo.

- *Revisión de información de referencia*: teniendo presente la información descrita en el numeral 1.2, correspondiente a los estudios adelantados dentro del contrato INV 1550 de 2021, se hizo una revisión de la misma haciendo énfasis en lo concerniente a la exploración e investigación del suelo llevada a cabo en el año 2022, la cual se tuvo en cuenta dentro de la actividad correspondiente a la interpretación y elaboración del modelo geológico-geotécnico en el sitio de implantación del puente.

- *Identificación de amenazas y riesgos a la estructura de puente*: teniendo como marco de referencia principal las condiciones y características del sitio donde se localizará el puente, se definieron las amenazas y riesgos, desde el punto de vista geotécnico, los cuales fueron considerados dentro de los análisis geotécnicos llevados a cabo para el planteamiento de obras de cimentación del puente y de sus estructuras complementarias.

- *Exploración e investigación del suelo complementaria:* Se ha desarrollado un programa complementario de exploración e investigación del suelo, el cual se describe con mayor detalle más adelante. Se realizó exploración con la ejecución de perforaciones mecánicas,

pruebas in-situ, recuperación de muestras de suelo y el desarrollo de ensayos de laboratorio para la caracterización del mismo. Para la ubicación de las perforaciones se tuvo en cuenta lo requerido en cuanto a su localización por la normativa correspondiente (CCP-14).

- *Interpretación y elaboración del modelo geológico-geotécnico:* A partir de la información recolectada desde la revisión de información de referencia existente y así mismo considerando la obtenida del plan de exploración complementario, se realizó la interpretación y elaboración del modelo geológico-geotécnico, teniendo en cuenta igualmente la caracterización geológica del sitio de ponteadero. Para tal fin se definieron las unidades geológicas presentes, las unidades estratigráficas homogéneas identificadas y las propiedades geomecánicas de los diferentes materiales.

- *Análisis geotécnicos para planteamiento de alternativas de cimentación para apoyos del puente:* Teniendo en cuenta el modelo geológico-geotécnico establecido y la identificación de amenazas y riesgos en el sitio de estudio, se definió el tipo de cimentación apropiado para los apoyos del puente (pilas centrales y estribos) y para sus estructuras complementarias. Para los diferentes tipos de cimentación se realizaron análisis geotécnicos tendientes a estimar la capacidad de soporte del suelo de fundación, la rigidez y deformabilidad del mismo y el comportamiento frente a carga lateral de los diferentes elementos de fundación. Lo anterior teniendo presente el estado del arte para las diferentes tipologías de análisis así como los requerimientos planteados en la normativa de referencia correspondiente (CCP-14).

- *Análisis geotécnicos para evaluación de la estabilidad del terreno en el sitio del ponteadero:* Igualmente considerando el modelo geológico-geotécnico y las amenazas y riesgos en el sitio de estudio se evaluó la estabilidad de excavaciones temporales (construcción) y permanentes, así como la estabilidad de estructuras de contención con el planteamiento de recomendaciones para su construcción. Lo anterior de igual manera cumpliendo con lo requerido por la normativa de referencia (CCP-14).

- *Propuesta de un plan de monitoreo e instrumentación geotécnica*: Se ha planteado un plan de monitoreo e instrumentación geotécnica, cuya descripción con mayor detalle se presenta en un capítulo posterior del presente documento, y cuyo objeto ha sido la identificación de riesgos y amenazas durante la etapa de construcción y de operación de la estructura del puente.

Las anteriores actividades han contado también con la interacción con las diferentes disciplinas involucradas dentro del proyecto (diseño geométrico, topografía, diseño estructural, diseño hidráulico, componente ambiental, etc.), esto con el fin de poder plantear recomendaciones cuya implementación garantice condiciones adecuadas y seguras para la construcción y operación de la estructura.

3 LOCALIZACIÓN Y DESCRIPCIÓN DEL TERCER PUENTE SOBRE EL RÍO SINÚ

Como anteproyecto estructural se cuenta con el planteamiento del 28 de agosto del 2024 recibido por parte del área de diseño estructural del proyecto, y como resultado de la última información de topografía recibida por parte del Consorcio Puente Río Sinú, a través de Darío Farías G. y Cía. Ltda. - Ingenieros Consultores.

El proyecto estructural consiste en una estructura en voladizos sucesivos compuesta por cuatro apoyos y tres luces en total, la luz principal correspondiente a una longitud de 149.47m y las luces exteriores a 73.41m, entre ejes 1 y 2, y 74.6m, entre ejes 3 y 4. De acuerdo con el anteproyecto estructural el puente proyectado se apoya en los 4 ejes contemplando un sistema de cimentación compuesto por caissons de diámetro de 1.5m, ambos apoyos de las pilas centrales (ejes 3 y 4) se cimentarán sobre veinte (20) caissons de 1.5 m de diámetro vinculados con zapatas de amarre, en el caso de los estribos el número de pilotes en cada apoyo aún está por definir de acuerdo con la evaluación estructural correspondiente.

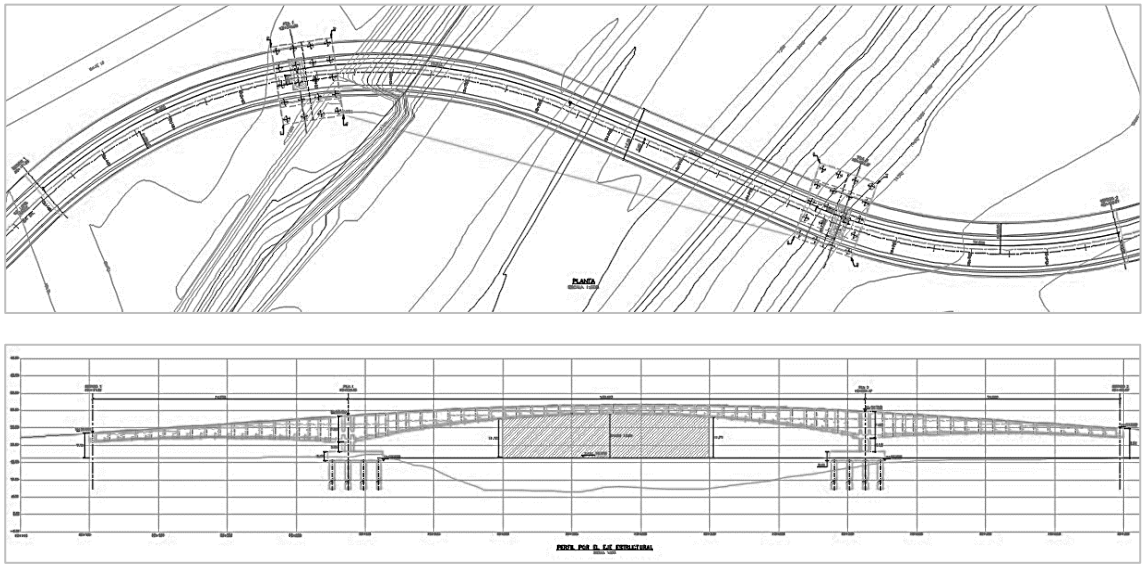
En la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** se presentan las características g enerales del nuevo puente proyectado.

Tabla 1. Características estructurales del puente proyectado

Apoyo	Abscisa*	Número de pilotes	Diámetro (m)	Cota de inicio de pilotes (m)	Cota del terreno (m)**
1	K0+161.59	Por definir	1.5	16.368	16.368
2	K0+235.00	20	1.5	15.500	16.586
3	K0+384.47	20	1.5	15.500	14.107
4	K0+459.07	Por definir	1.5	16.298	16.298
* Abscisas según anteproyecto estructural recibido el 28 de agosto de 2024 ** Cotas según topografía actualizada y de detalle del 28 de agosto de 2024					

En la Figura 2 se presenta la planta perfil del nuevo puente proyectado.

Figura 2. Planta - Perfil del puente proyectado



En las zonas de aproximación al puente, por los apoyos 1 (estribo margen izquierda) y 4 (estribo margen derecha), de acuerdo con el diseño geométrico previsto y el nivel de rasante proyectado se tienen prevista en accesos conformados por rellenos con alturas máximas entre 7.1m (estribo margen izquierda) y 8.5m (estribo margen derecha), con longitudes entre 105.0 y 120.0m. En cuanto a la configuración geométrica de los rellenos se ha previsto que alternativamente cuenten con taludes 1.0H:1.0V, 1.5H:1.0V, 2.0H:1V y adicionalmente en proyección vertical; el desarrollo de las diferentes alternativas comentadas se presenta en el capítulo correspondiente a obras complementarias.

4 ANTECEDENTES

Como antecedentes principales se tienen dos estudios realizados en los años 2016 y 2022 respectivamente, los cuales se desarrollaron con el objeto de presentar soluciones para el cruce en dicha zona (entre la Carrera 3W con calle 15 y la Avenida 1 con calle 6) con el Río Sinú. El primero correspondiente al contrato INV #312 de 2016 y el segundo al contrato INV #1550 de 2021:

- (INV-Consorcio Monteros, 2016). Contrato INV #312 de 2016 – "Estudios de prefactibilidad de obras para mejorar la movilidad en la avenida circunvalar entre la calle 29 y la calle 55 y para la obra de construcción de un Puente sobre el rio Sinú, entre la comuna 1 y la comuna 3 de la ciudad de Montería Departamento de Córdoba".

- (INV-Consorcio Puente Sinú FIA, 2022). Contrato INV #1550 de 2021 – "Estudios y diseños para el tercer puente sobre el Río Sinú, Montería, Córdoba. Volumen IV Estudio de suelos para diseño de fundaciones y obras complementarias".

El primer informe, estudio para el contrato de 2016, corresponde a un alcance de prefactibilidad en el cual se presentan aspectos relacionados con la caracterización física, geología municipal, hidrología, identificación de zonas de riesgos y se incluyen resultados de análisis geotécnicos preliminares. Dentro de las conclusiones principales del estudio se tiene que los depósitos presentes corresponden a materiales transportados con predominancia de suelos finos con intercalaciones de arcillas y limos de plasticidad baja a alta y adicionalmente se concluye que en el tramo donde se proyecta el sitio de cruce con el Río Sinú corresponde a una zona geotécnicamente estable en lo relativo a la posibilidad del desarrollo de fenómenos de remoción en masa.

El segundo estudio, contrato INV 1550 de 2021, presentado por el Consorcio Puente Sinú FIA corresponde al estudio de suelos para el diseño de fundaciones y obras complementarias para el tercer puente sobre el Río Sinú con alcance de Fase III (Ingeniería de detalle). El proyecto estructural correspondía a un puente de voladizos sucesivos con una longitud de 371.5m compuesto por cinco luces de 80, 160, 80, 21.5 y 30.0m teniendo seis apoyos (cuatro pilas centrales y dos estribos). Como parte del estudio se realizó una campaña de exploración del suelo mediante la ejecución de seis perforaciones con profundidades entre 20 y 40m, equivalente a un total de 200m lineales, en conjunto con exploración indirecta con líneas de refracción sísmica y análisis de ondas de superficie con determinación de variación en profundidad de velocidad de onda de corte Vs en ambas márgenes. En cuanto a las características del suelo en el sitio de ponteadero se advierte en el estudio que se observa una alternancia entre capas de suelos finos y suelos gruesos, sin encontrar materiales asociados a macizos rocosos, guardando relación con la geología de la zona la cual se caracteriza por la presencia de llanuras aluviales. Así mismo del análisis de hidráulica se concluye la posibilidad del desarrollo de fenómenos de socavación en los apoyos de las pilas centrales, por lo que se plantea la construcción de protecciones con enrocado con el fin de garantizar la estabilidad de la obra. Dentro de este estudio se definen soluciones de cimentación correspondientes a fundaciones profundas con pilotes para todos los apoyos e igualmente se dan recomendaciones en torno a la construcción de los terraplenes de acceso en cada estribo. Finalmente se presentan los resultados de análisis de potencial de

licuación en el sitio de ponteadero, concluyéndose que el potencial para su desarrollo es muy bajo.

5 ASPECTOS GEOLÓGICOS

A continuación se recogen las conclusiones principales incluidas dentro del volumen correspondiente a geología para ingeniería, relacionadas con el marco geológico donde se localiza el sitio de ponteadero proyectado para la estructura en estudio. Lo anterior con el fin de contar con información suficiente que se pueda correlacionar con los hallazgos hechos, en lo relativo a las características del subsuelo, a partir de la información de referencia y la exploración complementaria adelantada en el presente año.

5.1 GEOLOGÍA REGIONAL

Desde una perspectiva regional, la ciudad de Montería se encuentra ubicada en el Cinturón Plegado de San Jacinto, el cual está limitado al oeste por el Lineamiento del Sinú y, también al oeste, por la Zona de Falla de Romeral. Morfológicamente, Montería corresponde al Anticlinorio de San Jacinto. Además, el Lineamiento del Sinú regula el valle del río.

El valle del río Sinú tiene una forma irregular y se extiende desde Chibogadó, en el sur, hasta entre Lorica y San Bernardo del Viento, en el norte. En el tramo entre Chibogadó y Montería, el valle es estrecho y asimétrico, con antiguas terrazas en su borde occidental. El río ha migrado de oeste a este, dejando meandros y cursos abandonados como testigos de su antiguo cauce. Entre Montería y Lorica, el valle se ensancha, presentando restos erosionados de antiguas terrazas en ambos márgenes. El río sigue un curso recto hacia el norte, lo que sugiere un control estructural, y atraviesa un bajo topográfico que estuvo ocupado por una ciénaga hasta tiempos recientes. En Lorica, el río cambia bruscamente de dirección hacia el noroeste y desemboca en el mar formando un delta frente a San Bernardo del Viento, un cambio de curso probablemente causado por la Falla de Lorica. De acuerdo con los hallazgos hechos en campo las posibles estructuras pre-cuaternarias, enterradas por los depósitos aluviales, no se reflejan en superficie; sólo fue posible detectar un gran alineamiento, que va paralelo al río Sinú, de forma semicircular (Tierralta) que podría reflejar un pliegue.

A continuación se presenta una descripción de la estratigrafía existente teniendo como referencia las condiciones del marco geológico local.

5.2 ESTRATIGRAFÍA

Se presentan a continuación las unidades geológicas representativas desde la más antigua a la más reciente.

5.2.1 Formación Cansona (Ksc)

Al norte de la región, en la Cantera San Carlos, ubicada al este de Lorica y justo al norte del corregimiento de San Sebastián, se encuentra la unidad estratigráfica denominada Formación Cansona (Ksc). Esta unidad está compuesta principalmente por una secuencia de chert y limolitas de diversos colores (gris, verde, negro, pardo y rojo), intercaladas con lutitas de colores similares en capas de varios centímetros a decímetros de espesor. En la base, aparecen diabasas que parecen estar interestratificadas con los chert, aunque la meteorización y el escaso afloramiento dificultan precisar esta relación. En la cantera San Carlos se distinguen tres segmentos principales:

Segmento inferior: Con un espesor de al menos 15 metros, está compuesto por capas delgadas de chert y limolitas silíceas de colores oscuros, con aspecto laminado y contenido orgánico, intercaladas con arcillolitas y lodolitas. En la base se encuentra una roca diabásica muy meteorizada de color verde oscuro y grano fino a mediano.

Segmento medio: Con un espesor aproximado de 30 metros, está formado por capas delgadas a medianas de chert y limolitas silíceas de colores pardos a grisáceos, intercaladas con arcillolitas y lodolitas de tonos marrones. Este segmento contiene fósiles de Pecten y estructuras de carga en la base de algunas capas, así como un nivel de limolita calcárea en la parte superior.

Segmento superior: Con un espesor de aproximadamente 43 metros, predominan las arcillolitas, limolitas y lodolitas de color rojo, intercaladas con capas de chert y limolitas de varios colores, incluyendo verde oliva y gris amarillento.

En el Valle Alto del río Sinú, se observa una secuencia a veces rítmica de capas gruesas de arenitas líticas grises, lodolitas negras, y limolitas gris oscuro, intercaladas con chert de varios colores, flujos basálticos y niveles brechosos sedimentarios.

5.2.2 Formación San Cayetano (Pgsc)

La Formación San Cayetano (Pgsc) se encuentra al norte de la carretera Lorica-Chinú y al este de la cadena montañosa de Cispatá. Debido a la complejidad estructural del área, marcada por un intenso plegamiento y fallamiento, no se puede definir una sección tipo clara de esta unidad. En cuanto a su litología se puede decir que la Formación Pgsc está compuesta por secuencias

rítmicas de arenitas finas y lutitas, o secuencias de arenitas conglomeráticas a ligeramente conglomeráticas, dispuestas en capas de varios espesores que varían lateral y verticalmente. Las arenitas conglomeráticas son de color gris amarillento claro en roca fresca, y marrón amarillento en estado meteorizado. Están compuestas por cuarzo, fragmentos de sedimentitas, vulcanitas, metamorfitas, micas e intraclastos de lutitas verdosas. También se han encontrado fragmentos de carbón y materia orgánica carbonosa. Las arenitas tienen un color gris amarillento a pardo y un grano fino a mediano. Las lutitas, por su parte, son de color verde oliva a gris o negro, con laminación horizontal y restos vegetales o carbonosos. En algunos lugares, se han identificado capas de carbón bituminoso y concreciones calcáreas. Así mismo se distinguen dos subunidades: la subunidad inferior se encuentra compuesta por 60%-70% de arenitas conglomeráticas y un 30%-40% de lutitas, predominantemente en la porción media inferior de la secuencia, la subunidad superior esta formada por un 40%-50% de arenitas finas y un 50%-60% de lutitas, generalmente en la porción media superior de la secuencia, dispuesta en núcleos sinclinales. El espesor de la formación se estima en al menos 800 metros. En campo no se observaron los contactos inferior y superior, pero se determinó que hacia el oeste está en relación fallada con las sedimentitas del Cinturón del Sinú, y que entre las subunidades existe una aparente concordancia.

5.2.3 Formación Chalan (Pgch)

La unidad se encuentra al oriente de la plancha 61 en Montería y está compuesta principalmente por sedimentitas calcáreas, siendo una unidad geológicamente distinguible. En ella se distinguen dos miembros, el inferior compuesto por lutitas grises intercaladas con cuerpos lenticulares de calizas arenosas y margas, y el segundo caracterizado por un paso gradual de lutitas y margas hacia calizas macizas de gran espesor con una estructura interna ondulada. Estas calizas son de color blanco a amarillo grisáceo, ricas en fósiles como algas, macrofósiles, equinodermos y corales. En la parte superior de la unidad, se encuentran niveles de areniscas calcáreas ligeramente conglomeráticas con restos de algas. El espesor determinado a partir de secciones estratigráficas en la cantera Tolcemento y arroyo Columbita es de aproximadamente 180 metros, pero se estima que podría superar los 200 metros. En la zona de Sabaneta, el espesor alcanza unos 100 metros, y en los cerros de Momil, al menos 200 metros. En la cantera de El Paraíso, se perforaron unos 40 metros de caliza antes de encontrar capas arenosas, estimándose un espesor total de hasta 80 metros en esa área. El contacto inferior es neto y discordante, destacándose por el contraste litológico con la subyacente Formación San Cayetano.

5.2.4 Formación El Floral (Pgf)

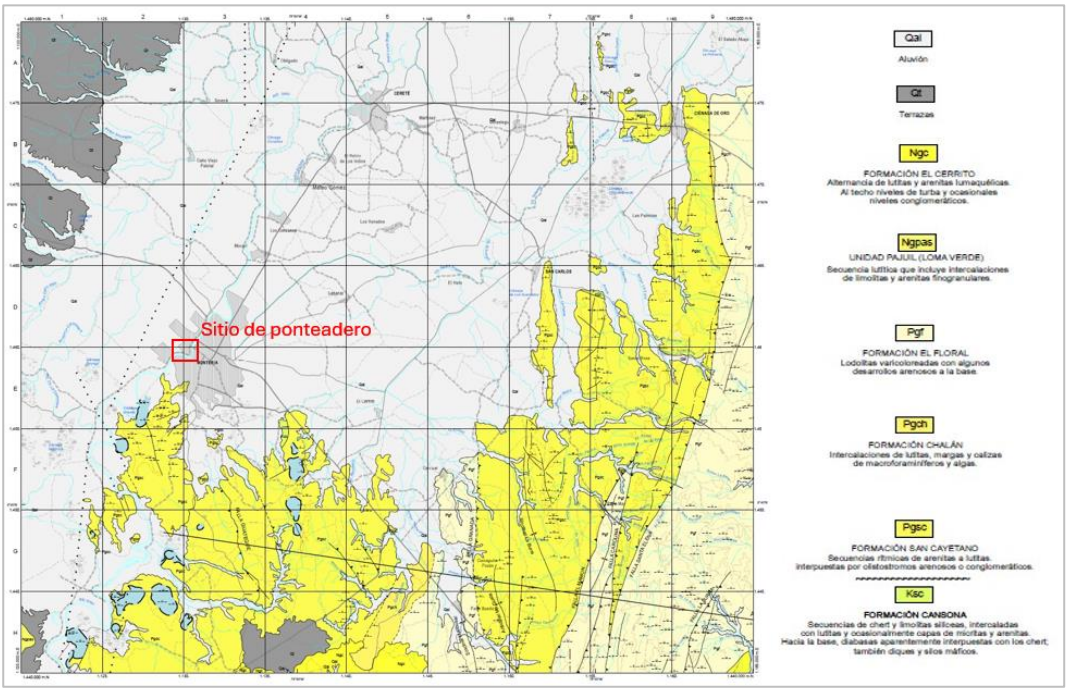
La unidad geológica se encuentra en el sinclinal Malibusal, al este de Ciénaga de Oro y Santa Rosa. Su litología corresponde a una sucesión de arcillolitas y lodolitas de color pardo rojizo claro con moteado gris verdoso. En la base, se intercalan areniscas de grano fino, cuarzosas y friables,

de color gris amarillento, similares a las encontradas en la cantera La Arena, al este de Tuchín. Las capas más gruesas de areniscas contienen intraclastos de lutitas y presentan características como acanalamiento incipiente, gradación granulométrica y geometría ondulosa. Las areniscas finas a medianas muestran marcas de corriente, estratificación cruzada y bioturbación en algunas superficies. El espesor promedio de la unidad es de 150 metros, con una sección inferior arenosa de 45 metros medida en la cantera La Arena.

5.2.5 Depósitos aluviales (Qal) y depósitos de planicie de inundación (Qpi)

Estos depósitos consisten en sedimentos de llanuras de inundación y del cauce actual asociados al río Sinú y sus afluentes. Se localizan en el valle aluvial del río formando extensas planicies bajas sujetas a inundación. De acuerdo con descripciones consultadas en el Servicio Geológico Colombiano (2016) se puede concluir que por lo general los depósitos son polimícticos, mal seleccionados y presentan clastos redondeados aplanados, asociados a procesos erosivos del suelo y desprendimiento de material en las vertientes de los ríos que nacen en la cordillera y serranías, que son depositados en los canales actuales y zonas de inundación. Entre estos clastos se encuentran fragmentos de rocas sedimentarias (INGEOMINAS, 2003) y los espesores de estas unidades aumentan a lo largo de canales de flujo y zonas de inundación. En la siguiente imagen se puede visualizar la planta geológica en el sector de estudio, correspondiente a la información presentada en Plancha 61- Montería, con escala 1:100.000 del Servicio Geológico Colombiano:

Figura 3. Geología de la Plancha 61 - Montería. Escala 1:100.000. Tomado de INGEOMINAS, 1999



5.3 GEOLOGÍA ESTRUCTURAL

Según el Servicio Geológico Colombiano (2003), el área en cuestión se encuentra al norte de la terminación de la Cordillera Occidental y al oeste del Lineamiento del Sinú, que es subparalelo a la prolongación norte del Sistema de Fallas Romeral. Este contexto regional sugiere que el basamento del Cinturón de San Jacinto está formado por rocas cretácicas, que pertenecen a un complejo ofiolítico o a depósitos sedimentarios volcánicos (máficos), unidos a la Placa Continental Suramericana a lo largo de la "Sutura" de Romeral. El basamento cretácico que rodea la cuenca Caribe se encuentra principalmente debajo de la cubierta paleógena que forma las regiones bajas de la Cordillera Occidental, al sur de la cuenca, así como en los complejos ultramáficos de Planeta Rica y Montelíbano, al este de la misma. Este basamento cretácico del Cinturón de San Jacinto presenta una comparación litoestratigráfica con la placa Caribe.

El principal elemento estructural en la región estudiada es un sistema conjugado de fallas de rumbo (strike slip) y cabalgamientos (thrusts). Las fallas de rumbo tienen una orientación que varía de este-oeste en el sur (Falla de Turbo) a sureste-noroeste en el norte (Falla de Lorica). Estas fallas alternan entre movimientos siniestral y dextral, delimitando grandes bloques con desplazamientos laterales hacia el noroeste y sureste. Dentro de estos bloques, se desarrollan

fallas de cabalgamiento que generalmente buzan hacia el sureste y, en algunas áreas, presentan retrocabalgamientos con convergencia hacia el este. La Falla de Cabalgamiento El Yoky muestra un cambio en su dirección general de sureste-noroeste en el sur a suroeste-noreste en el norte. Este cambio, junto con la variación en la orientación de otras fallas, sugiere una rotación en los vectores de esfuerzo responsables del sistema de fallas.

En cuanto plegamientos en la zona los anticlinales son prácticamente una excepción dentro del sistema de pliegues, debido a su escaso número y limitada extensión. En contraste, los grandes bloques presentan amplios sinclinales que parecen ser simétricos, y están delimitados en sus flancos por fallas longitudinales, especialmente cabalgamientos.

5.4 ESTRUCTURAS DÓMICAS

La disposición de los volcanes de lodo y estructuras dómicas sugiere una relación entre estos eventos y las fallas cartografiadas. Los lodos saturados de agua y gases ascienden a través de los planos de falla, provocando derrames extensos, generalmente explosivos, a lo largo de las fallas o a través de cráteres. Los volcanes de lodo activos están asociados con intrusiones que desarrollan estructuras diapíricas, y también existen diapiros de lodo cónicos sin asociación con formas dómicas. El volumen y extensión de los shales subyacentes a estas estructuras son difíciles de estimar y a lo largo de las fallas de cabalgamiento, los domos pueden representar culminaciones estructurales en el bloque y frente cabalgante, con material más antiguo y resistente ascendiendo a lo largo de la falla. Aunque la mayoría de las estructuras dómicas se forman sobre el bloque yacente de las fallas de cabalgamiento, también pueden atravesar crestas de estructuras existentes y enmascarar porciones falladas. El lodo en estas estructuras parece originarse en lodolitas del Mioceno y secciones más antiguas, como las lutitas de Marralú (El Floral), dificultando su identificación en secuencias estratigráficas normales. Es probable que la superficie de despegue de las estructuras dómicas en la región del Sinú sea las sedimentitas finas del Oligoceno. Estas geoformas dómicas podrían estar acentuadas por erosión diferencial y la inyección de lodo a través de zonas de debilidad sin penetrar hasta la superficie.

La presencia de fragmentos desorientados de litoestratigrafía más antigua dentro de estas estructuras da lugar a megabrechas caóticas, resultado del transporte tectónico y brechificación combinados con la inyección de lodo. Los derrames de material caótico a través de las fallas y sobre el bloque yacente también podrían ser explicados como transporte local de sedimentos. Las formas dómicas pequeñas en los bordes de los bloques cabalgantes, rodeadas de sedimentos más jóvenes, podrían ser bloques alótonos desprendidos del bloque cabalgante, deslizados a lo largo de taludes deposicionales y conservados como klippes.

6 TRABAJOS DE CAMPO

Para la interpretación y elaboración del modelo geológico-geotécnico en la zona del proyecto, se tuvo en cuenta la información de la exploración y ensayos descrita en el estudio adelantado por el Consorcio Río Sinú FIA en 2022, así como el programa de exploración complementaria desarrollado como parte del presente estudio. La ubicación de la exploración se detalla en el Anexo 1 y se resume en la siguiente imagen:

Figura 4. Ubicación esquemática de la exploración considerada para la elaboración del modelo Geológico – Geotécnico. (Costado margen izquierda)

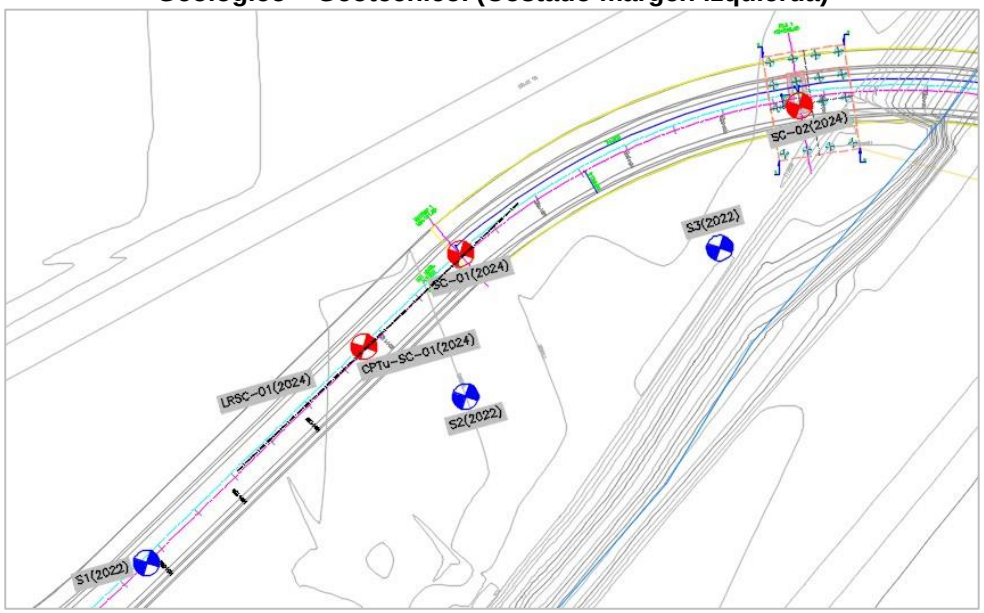
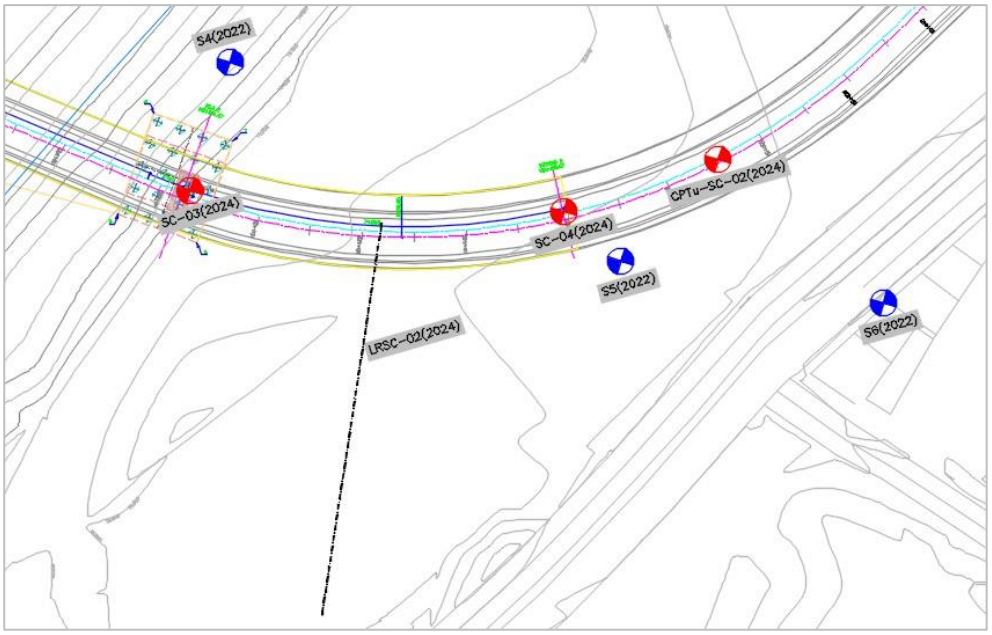


Figura 5. Ubicación esquemática de la exploración considerada para la elaboración del modelo Geológico – Geotécnico. (Costado margen derecha)



A continuación se presenta información relacionada con los diferentes trabajos de campo realizados y correspondientes tanto a la información de referencia consultada como a la información obtenida con el plan de exploración complementaria realizado recientemente. Dentro de la información que se presenta se detallan las coordenadas de los sondeos, profundidades alcanzadas y niveles freáticos encontrados.

6.1 EXPLORACIÓN DE REFERENCIA

Para los diseños del 2022, realizados teniendo como referencia el contrato INV 1550 de 2021, el Consorcio Puente Sinú FIA adelantó una campaña de exploración que incluía sondeos mecánicos y ensayos de laboratorio a muestras recobradas. Los resultados de esta campaña se muestran dentro del Anexo 2. A continuación se realiza un resumen de esta campaña de exploración:

6.1.1 Exploración directa de referencia

El Consorcio Puente Sinú FIA llevó a cabo una campaña de exploración directa para la elaboración de los estudios de fundaciones, estabilidad de taludes y accesos del puente propuesto. Tal campaña estuvo compuesta por seis (6) perforaciones mecánicas con profundidades que variaron entre 20.0 y 40.3 metros, lo que representó un total de 200.3 metros

lineales de perforación. Estos sondeos se realizaron en las inmediaciones de los apoyos planteados de la estructura propuesta para el estudio presentado en 2022. En el Anexo 1 se presenta el plano con la ubicación de cada uno de los sondeos considerados. Además, en la siguiente tabla se mencionan las coordenadas en Origen Oeste (Magna-Sirgas) de los sondeos considerados:

Tabla 2. Relación y localización de la exploración directa de realizada por el Consorcio Puente Sinú FIA (2022).

ESTUDIO	SONDEO	COORDENADAS		PROFUNDIDAD (m)	NIVEL FREÁTICO (m)
		ESTE (m)	NORTE (m)		
Estudio y Diseño de Fundaciones	S1	1129860.166	1459573.251	20.0	N.E.
	S2	1129911.368	1459526.089	40.0	N.E.
	S3	1129966.871	1459471.873	40.0	8.0
	S4	1130026.338	1459323.947	40.0	N.E.
	S5	1130012.534	1459241.243	40.3	N.E.
	S6	1129989.458	1459190.775	20.0	N.E.
Coordenadas planas en Origen Oeste – Magna Sirgas. N.E.: No encontrado					

La información de los materiales recuperados durante las exploraciones relacionadas en las tablas anteriores se encuentra dentro del Anexo 2 del presente documento, esta sirvió de complemento para plantear el modelo geológico geotécnico del presente estudio.

6.1.2 Ensayos de laboratorio de referencia

De las muestras obtenidas en la exploración directa realizada en 2022 se llevaron a cabo una serie de ensayos de laboratorio de clasificación y resistencia, los resultados de estos ensayos se presentan en el Anexo 2 del informe. En la siguiente tabla se mencionan las cantidades de ensayos ejecutados por Pedelta para el estudio de 2022:

Tabla 3. Resumen de la cantidad de ensayos de laboratorio realizados en estudio de 2022

ENSAYO	CANTIDAD	NORMA
Contenido de humedad	100	INV E 122 – 13
Granulometría	100	INV E 152 – 13
Límites de consistencia	100	INV E 125 – 13 INV E 126 – 13
Peso Unitario	75	ASTM D 7263 – 09
Contenido de materia orgánica	18	INV E 121 – 13
Resistencia a la compresión Simple	16	INV E 152 – 13
Corte directo en suelo	5	NTC 1917 – 00