CONTINUACIÓN ESTUDIOS DE SUELOS

4 Metodología

Con el objeto de dar cumplimiento a los objetivos específicos planteados, el presente informe se fraccionó en tres etapas, las cuales se describen a continuación:

4.1 Trabajo de campo

Para la correcta caracterización de los tramos viales donde se proyecta la construcción de pavimento rígido en concreto hidráulico, se proponen las siguientes actividades metodológicas en campo:

- Ubicación de las exploraciones
- Construcción de perfil estratigráfico en campo
- Registro de presencia de nivel freático
- Registro fotográfico de las actividades de campo
- Observaciones puntuales del sitio

4.2 Ensayos de laboratorio

En esta etapa se busca determinar las propiedades físicas y mecánicas de los tipos de suelos encontrados en los apiques, para lo cual, se estima el desarrollo de los siguientes ensayos de laboratorio:

- Análisis Granulométrico (I.N.V.E 213- 13)
- Humedad Natural (I.N.V.E 122- 13)
- Límites de Atterberg (I.N.V.E 125- 13, I.N.V.E 126- 13)
- Peso Específico (I.N.V.E 152- 13)
- Capacidad Relativa de Soporte CBR inalterado (I.N.V.E – 148 -13)
- Expansión axial en muestra de CBR inalterado (I.N.V.E – 148 -13)
- Relación de soporte del suelo en el laboratorio (I.N.V.E – 148 – 13)

4.3 Análisis de ingeniería

En esta etapa se realiza una evaluación, teniendo en cuenta las condiciones geomecánicas de los estratos encontrados durante la exploración, lo cual, soportado a través de los diferentes ensayos de laboratorio, tiene como propósito de suministrar las recomendaciones que han de sugerirse en el diseño y construcción de la estructura proyectada. Lo anterior se puede alcanzar mediante las siguientes actividades metodológicas:

- Construcción del perfil estratigráfico de cada una de las exploraciones realizadas
- Construcción del modelo geotécnico.
- Evaluación de riesgo geotécnico por condiciones especiales (expansión y colapsabilidad)
- Valores de parámetros geomecánicos seleccionados.
- Recomendaciones geotécnicas y constructivas.

Carrera 23 N 124-67
Edificio Torre Zental Oficina 404 B
Bogotá - Colombia
T: +57 (1) 2211077
M: +57 300 517 38 39
E: gerencia.convialsas@gmail.com

5 Resultados

5.1 Exploración del subsuelo

Se realizaron doce (12) apiques en los tramos viales donde se proyecta la construcción de pavimento rígido en concreto hidráulico en barrios de las comunas 6 y 4, en el municipio de Montería. A las muestras extraídas fueron realizados diferentes ensayos de laboratorio. Estas perforaciones se realizaron con herramientas manuales.

5.1.1 Profundidad y ubicación de exploraciones

Con base en la información suministrada por el solicitante se desarrollaron 12 apiques distribuidos en los tramos viales propuestos. En la tabla 10 se relacionan las coordenadas y profundidades de los apiques realizados en los barrios Caribe y Villa Caribe.

Tabla 10. Ubicación de apiques en los barrios Caribe y Villa Caribe

Barrios	*No. Apique*	*Profundidad Explorada (m)*	*Coordenadas*	
Caribe y Villa Caribe	APIQUE 90	1.50	8°44'9.87"N	75°51'25.77"O
	APIQUE 89	1.50	8°44'14.93"N	75°51'22.55"O
	APIQUE 85	1.50	8°44'11.96"N	75°51'34.33"O
	APIQUE 88	1.50	8°44'9.66"N	75°51'29.86"O
	APIQUE 87	1.50	8°44'9.54"N	75°51'32.60"O
	APIQUE 86	1.50	8°44'8.84"N	75°51'33.59"O

Figura 8. Ubicación de apiques en los barrios Caribe y Villa Caribe



Fuente: Google (2024). [Montería, Córdoba, Colombia]. Google Earth. https://www.googleearth.com

En la tabla 11 se relacionan las coordenadas y profundidades de los apiques realizados en los barrios El Prado, Galilea, Mogambo y El Paraíso.

Carrera 23 N° 124-87
Edificio Torre Zentar - Oficina 404 II
Bogotá - Colombia
T: +57 (1) 2211077
M: +57 300 517 68 99
E: gerencia.convial@gmail.com

Tabla 11. Ubicación de apiques en los barrios El Prado, Galilea, Mogambo y El Paraíso

Barrios	*No. Apique*	*Profundidad Explorada (m)*	*Coordenadas*	
El Prado, Galilea, Mogambo y El Paraíso	APIQUE 133	1.50	8°43'52.46"N	75°53'16.64"O
	APIQUE 134	1.50	8°43'52.83"N	75°53'6.87"O
	APIQUE 135	1.50	8°43'49.26"N	75°53'1.26"O
	APIQUE 136	1.50	8°43'46.67"N	75°52'53.50"O
	APIQUE 137	1.50	8°43'43.94"N	75°52'45.10"O
	APIQUE 138	1.50	8°43'43.03"N	75°52'36.68"O

Figura 9. Ubicación de apiques en los barrios El Prado, Galilea, Mogambo y El Paraíso

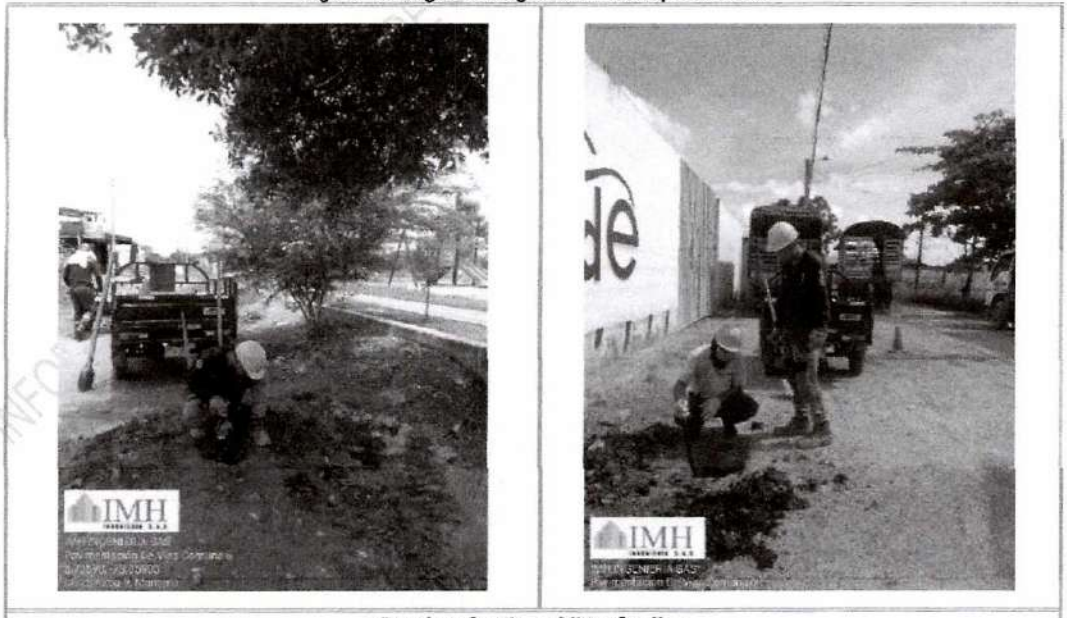


Fuente: Google (2024). [Montería, Córdoba, Colombia]. Google Earth. https://www.googleearth.com

5.1.2 Registro fotográfico de actividades en campo

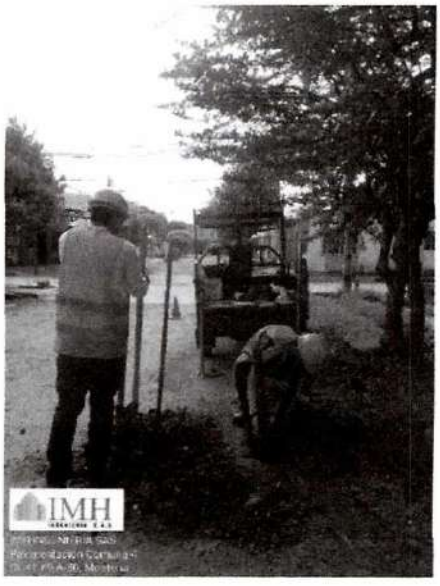
A continuación, se muestra a través del registro fotográfico la evidencia del desarrollo de los apiques,

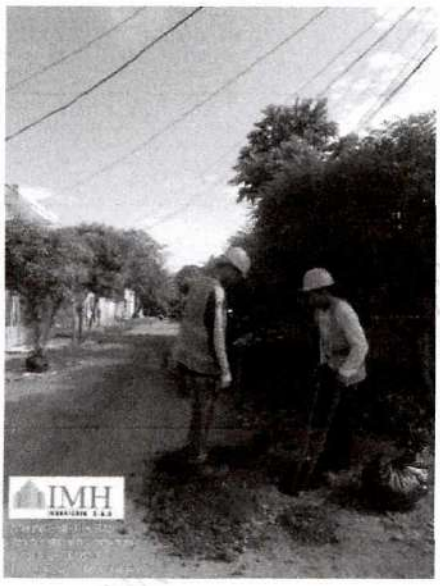
Figura 10. Registro fotográfico de las exploraciones



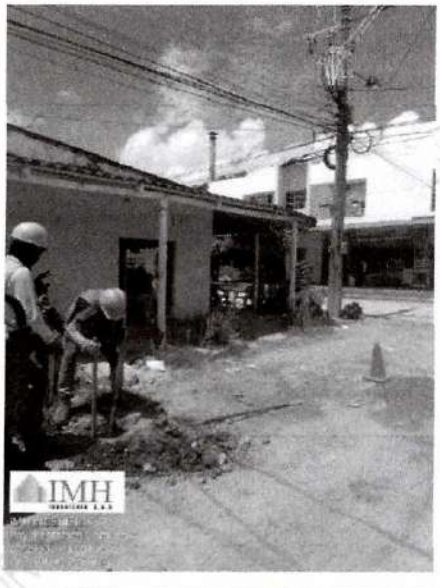
Barrios Caribe y Villa Caribe

Carrera 23 N° 124-87
Edificio Torre Zental - Oficina 404 II
Bogotá - Colombia
T: +57 (1) 221 1077
M: +57 300 517 38 99
E: gerencia.convialsas@gmail.com





Barrios El Prado y Galilea





Barrio Mogambo



Barrio El Paraíso

5.2 Caracterización geotécnica de los tramos viales

5.2.1 Comuna 6, Barrios Caribe y Villa Caribe

5.2.1.1 Perfiles estratigráficos (barrios Caribe y Villa Caribe)

Para la construcción del perfil estratigráfico se desarrollaron seis perforaciones exploratorias, de las cuales se extrajeron muestras alteradas e inalteradas, así mismo, se realizaron ensayos cualitativos en campo que permitieron inferir la clasificación de los suelos encontrados, también se realizaron descripciones de textura y color, posteriormente se sometieron a ensayos en el laboratorio. A continuación, se relacionan los parámetros encontrados en cada sector intervenido.

APIQUE No 90

Tabla 12. Características geotécnicas de los suelos comunes encontrados en el apique No 90

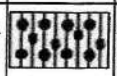
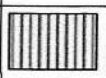
FECHA Y UBICACIÓN	APIQUE No.	ABSCISA [km]	PROFUNDIDAD [m]	CONVENCIONES	MATERIAL	HUMEDAD NATURAL [%]	HUMEDAD DESPUÉS DE LA PENETRACIÓN [%]	GRADACIÓN % PASA				LÍMITES			CLASIFICACIÓN			PESO UNITARIO [lb/ft³]				C.B.R.			
								4	10	40	200	LL	LP	IP	IG	AASHTO	S.U.C.S	SECO	HUMEDO	SATURADO	DENSIDAD SECA MÁXIMA	SIN SUMERGIR	SUMERGIDO	LABORATORIO (95%)	EXPANSIÓN UNIDIMENSIONAL
23/07/2024	90	CRA 44 - CLL 26	0.00-0.87		ARENA LIMOSA COLOR ROJIZO			76,1	56,0	32,0	22,9	0	0	NP	0	A-1-b	SM								
B\ CARIBE			0.87-1.30		ARCILLA DE BAJA PLASTICIDAD COLOR NEGRO	29,01	49,47	82,9	79,7	74,3	72,5	44	26	18	-18	A-7-6	CL	70,5	91,0	105,4		4,7	2,0		0,08

Carrera 23 N° 124 87
Edificio Torre Zental - Oficina 404 II
Bogotá - Colombia

T: +57 (1) 221 1077
M: +57 300 517 58 99
E: gerencia.conviassas@gmail.com

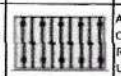
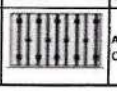
APIQUE No 80

Tabla 13. Características geotécnicas de los suelos comunes encontrados en el apique No 80

FECHA Y UBICACIÓN	APIQUE No.	ABSCISA [km]	PROFUNDIDAD [m]	CONVENCIONES	MATERIAL	HUMEDAD NATURAL [%]	HUMEDAD DESPUÉS DE LA PENETRACIÓN [%]	GRADACIÓN % PASA				LÍMITES			CLASIFICACIÓN			PESO UNITARIO [lb/ft³]				C.B.R.			
								4	10	40	200	LL	LP	IP	IG	AASHTO	S.U. C.S	SECO	HUMEDO	SATURADO	DENSIDAD SECA MÁXIMA	SIN SUMERGIR	SUMERGIDO	LABORATORIO (95%)	EXPANSIÓN UNIDIMENSIONAL
23/07/2024	89	CRA 44 - CLL 30	0.00-0.90		GRAVA LIMOSA COLOR NEGRO Y RESIDUOS		8,50	30,9	24,7	16,4	12,3	0	0	NP	0	A-1-a	GM				130,0			27%	
B\ CARIBE			0.90-1.30		LIMO DE BAJA PLASTICIDAD COLOR NEGRO Y ROCAS			88,7	82,8	74,3	69,1	43	27	16	-19	A-7-6	ML								

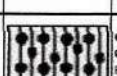
APIQUE No 85

Tabla 14. Características geotécnicas de los suelos comunes encontrados en el apique No 85

FECHA Y UBICACIÓN	APIQUE No.	ABSCISA [km]	PROFUNDIDAD [m]	CONVENCIONES	MATERIAL	HUMEDAD NATURAL [%]	HUMEDAD DESPUÉS DE LA PENETRACIÓN [%]	GRADACIÓN % PASA				LÍMITES			CLASIFICACIÓN			PESO UNITARIO [lb/ft³]				C.B.R.			
								4	10	40	200	LL	LP	IP	IG	AASHTO	S.U. C.S	SECO	HUMEDO	SATURADO	DENSIDAD SECA MÁXIMA	SIN SUMERGIR	SUMERGIDO	LABORATORIO (95%)	EXPANSIÓN UNIDIMENSIONAL
23/07/2024	85	CLL 25 ENTRE CRA 41-42	0.00-0.60		GRAVA LIMOSA POBREMENTE GRADADA COLOR ROJIZO Y CAFÉ			38,4	30,1	17,4	11,2	0	0	NP	0	A-1-a	GP-GM								
B\ VILLA CARIBE			0.60-0.90		ARENA LIMOSA COLOR NEGRO - RESIDUOS URBANOS Y ROCAS		9,30	75,4	62,2	41,9	32,1	0	0	NP	0	A-7-6	SM				130,2			28%	
			0.90-1.30		ARENA LIMOSA COLOR GRIS CLARO			57,9	47,9	31,3	22,4	0	0	NP	0	A-1-b	SM								

APIQUE No 88

Tabla 15. Características geotécnicas de los suelos comunes encontrados en el apique No 88

FECHA Y UBICACIÓN	APIQUE No.	ABSCISA [km]	PROFUNDIDAD [m]	CONVENCIONES	MATERIAL	HUMEDAD NATURAL [%]	HUMEDAD DESPUÉS DE LA PENETRACIÓN [%]	GRADACIÓN % PASA				LÍMITES			CLASIFICACIÓN			PESO UNITARIO [lb/ft³]				C.B.R.			
								4	10	40	200	LL	LP	IP	IG	AASHTO	S.U. C.S	SECO	HUMEDO	SATURADO	DENSIDAD SECA MÁXIMA	SIN SUMERGIR	SUMERGIDO	LABORATORIO (95%)	EXPANSIÓN UNIDIMENSIONAL
23/07/2024	88	CLL 25 ENTRE CRA 43-43A	0.00-0.90		GRAVA LIMOSA COLOR NEGRO Y ESCOMBROS		9,37	28,7	23,7	17,5	13,1	0	0	NP	0	A-1-a	GM				131,9			26%	
B\ VILLA CARIBE			0.90-1.30		ARENA LIMOSA COLOR NEGRO			56,3	41,6	35,3	31,4	0	0	NP	0	A-2-4	SM								

Carrera 23 N° 124-67
Edificio Torre Zental Oficina 404 II
Bogotá - Colombia

T: +57 (1) 2211077
M: +57 300 517 38 99
E: gerencia.conviassas@gmail.com

APIQUE No 87

Tabla 16. Características geotécnicas de los suelos comunes encontrados en el apique No 87

FECHA Y UBICACIÓN	APIQUE No.	ABSCISA [km]	PROFUNDIDAD [m]	CONVENCIONES	MATERIAL	HUMEDAD NATURAL [%]	HUMEDAD DESPUÉS DE LA PENETRACIÓN [%]	GRADACIÓN % PASA				LÍMITES			CLASIFICACIÓN			PESO UNITARIO [lb/ft³]				C.B.R.			
								4	10	40	200	LL	LP	IP	IG	AASHTO	S.U. C.S	SECO	HUMEDO	SATURADO	DENSIDAD SECA MÁXIMA	SIN SUMERGIR	SUMERGIDO	LABORATORIO (95%)	EXPANSIÓN UNIDIMENSIONAL
23/07/2024	87	CRA 42B ENTRE CLL24-25	0.00-0.35		GRAVA LIMOSA COLOR NEGRO Y MARRÓN			46,0	32,8	20,7	14,5	0	0	NP	0	A-1-a	GM								
B\ VILLA CARIBE			0.35-0.75		GRAVA LIMOSA POBREMENTE GRADADA COLOR MARRÓN CLARO		11,35	46,4	31,1	17,2	12,0	0	0	NP	0	A-1-a	GP-GM				133,7			30%	
			0.75-0.90		ARENA ARCILLOSA COLOR NEGRO - RESIDUOS URBANOS Y ROCAS			83,9	70,4	54,4	47,7	38	24	14	4	A-6	SC								
			0.90-1.30		GRAVA LIMOSA COLOR NEGRO			43,1	34,2	29,7	20,5	0	0	NP	0	A-1-b	GM								

APIQUE No 86

Tabla 17. Características geotécnicas de los suelos comunes encontrados en el apique No 86

FECHA Y UBICACIÓN	APIQUE No.	ABSCISA [km]	PROFUNDIDAD [m]	CONVENCIONES	MATERIAL	HUMEDAD NATURAL [%]	HUMEDAD DESPUÉS DE LA PENETRACIÓN [%]	GRADACIÓN % PASA				LÍMITES			CLASIFICACIÓN			PESO UNITARIO [lb/ft³]				C.B.R.			
								4	10	40	200	LL	LP	IP	IG	AASHTO	S.U. C.S	SECO	HUMEDO	SATURADO	DENSIDAD SECA MÁXIMA	SIN SUMERGIR	SUMERGIDO	LABORATORIO (95%)	EXPANSIÓN UNIDIMENSIONAL
23/07/2024	86	CLL 24 ENTRE CRA 42A-42B	0.00-0.90		GRAVA POBREMENTE GRADADA COLOR NEGRO		13,00	20,6	14,8	6,0	3,0	0	0	NP	0	A-1-a	GP				125,9			21%	
B\ VILLA CARIBE			0.90-1.30		GRAVA ARCILLOSA COLOR NEGRO			53,4	45,9	35,5	31,1	27	18	9	0	A-2-4	GC								

5.2.1.2 Nivel freático (barrios Caribe y Villa Caribe)

Se evidenció la presencia de aguas freáticas en las perforaciones exploratorias a las siguientes profundidades,

Tabla 18. Registro de nivel de aguas freáticas inicial y final, barrios Caribe y Villa Caribe

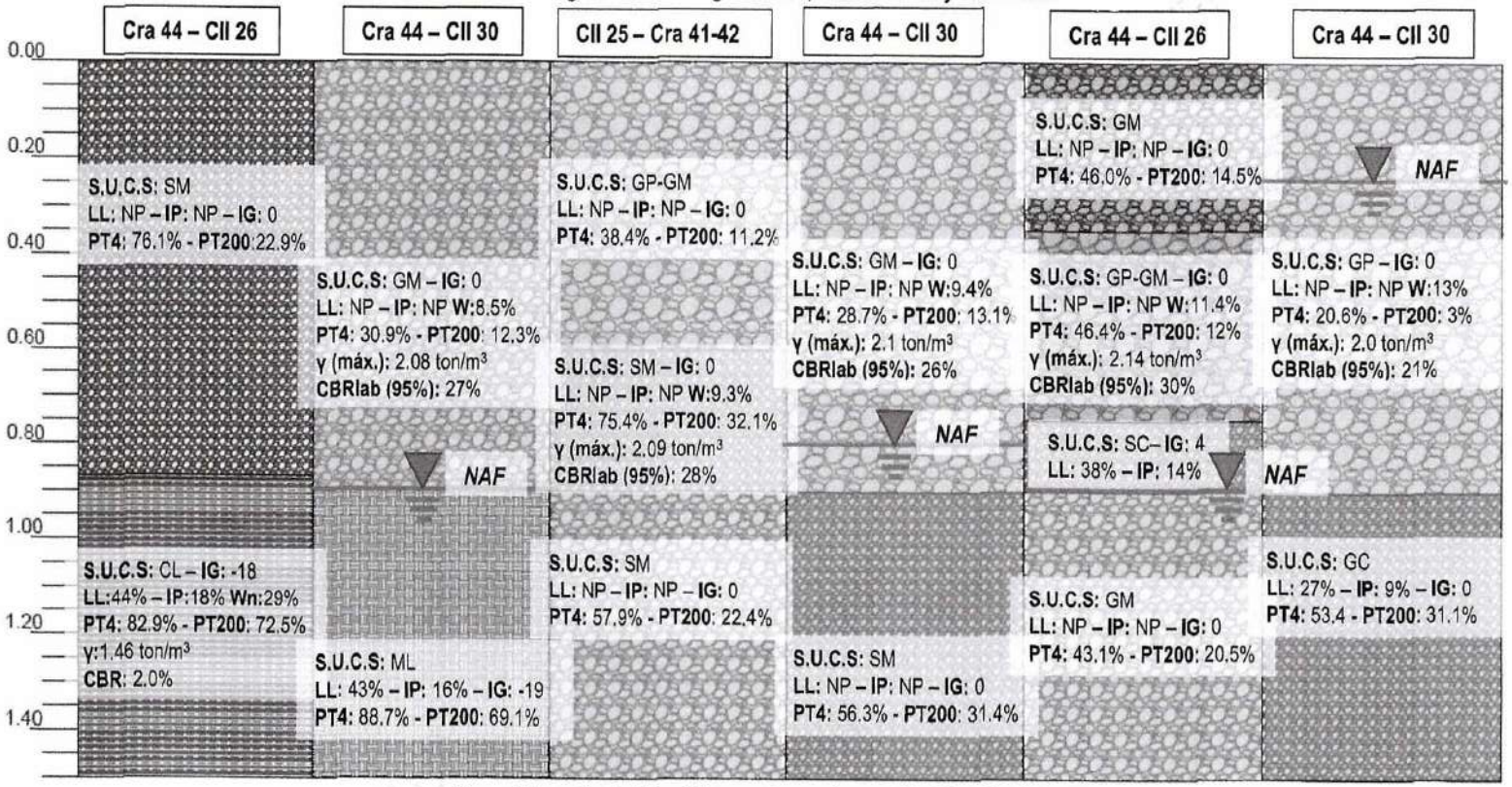
PERFORACIONES	NIVEL FREÁTICO	
	INICIAL	FINAL
APIQUE 90	NO SE EVIDENCIÓ	NO SE EVIDENCIÓ
APIQUE 89	0,90 m	0,89 m
APIQUE 85	NO SE EVIDENCIÓ	NO SE EVIDENCIÓ
APIQUE 88	0,80 m	0,78 m
APIQUE 87	0,90 m	0,87 m
APIQUE 86	0,25 m	0,15 m

Carrera 23 N 124-87
Edificio Torre Zental Oficina 404 |
Bogotá - Colombia
T +57 (1) 2211077
M +57 300 577 58 99
E : gerencia.conviassas@gmail.com

5.2.1.3 Modelo geotécnico (barrios Caribe y Villa Caribe)

Con base en la información de los perfiles estratigráficos se desarrolló el modelo geotécnico del suelo de soporte de la zona de estudio.

Figura 11. Modelo geotécnico, barrios Caribe y Villa Caribe



Se evidenció nivel freático en los apiques 89, 88, 87 y 86

INFORME
Carrera 23 N° 124-87
Edificio Torre Zental - Oficina 404 II
Bogotá - Colombia
T: +57 (1) 2213077
M: +57 300 577 58 99
E: gerencia.conviasas@gmail.com

5.2.1.4 Descripción de la subrasante (barrios Caribe y Villa Caribe)

En la carrera 44 entre calles 25 y carrera 30, sitio donde se realizaron los apiques 89 y 90, se evidenció capa de rodadura en material granular. En el apique 90 hasta 0.87 m se encontró material granular color rojizo, el cual no presentó plasticidad y según el sistema unificado de clasificación de suelos se identificó como SM, seguido hasta la profundidad explorada por material de grano fino tipo arcilla color negro, con índice de plasticidad de 18% y límite líquido de 44%, que según el S.U.C.S clasificó como CL. En el apique 89, hasta 0.90 m, se encontró material granular tipo grava, color negro, con presencia de residuos urbanos, el cual no presentó plasticidad y clasificó según el S.U.C.S como GM, seguido hasta la profundidad explorada por material cohesivo tipo limo color negro, con índice de plasticidad de 16% y el límite líquido de 43%, cuya clasificación fue ML. Se evidenció nivel freático en el apique 89 a 0.90 m de profundidad.

En la calle 25 entre carreras 41 y 44, sitio donde se realizaron los apiques 85 y 88, se evidenció capa de rodadura en material granular. En el apique 85 hasta 0.60 m se encontró material granular color rojizo y café, el cual no presentó plasticidad y según el sistema unificado de clasificación de suelos se identificó como GP-GM, seguido hasta 0.90 m por material granular color negro con presencia de residuos urbanos y rocas, el cual no presentó plasticidad y según el sistema unificado de clasificación de suelos se identificó como SM, finalmente, hasta la profundidad explorada se encontró material granular color gris claro, el cual no presentó plasticidad y según el sistema unificado de clasificación de suelos se identificó como SM. En el apique 88, hasta 0.90 m, se encontró material granular tipo grava, color negro, con presencia de escombros, el cual no presentó plasticidad y clasificó según el S.U.C.S como GM, seguido hasta la profundidad explorada por material granular tipo arena color negro, el cual no presentó plasticidad y cuya clasificación fue SM. Se evidenció nivel freático en el apique 88 a 0.80 m de profundidad.

En la carrera 42b entre calles 24-25, sitio donde se realizó el apique 87, se evidenció capa de rodadura en material granular tipo grava, color negro y marrón, con un espesor de 0.35 m, el cual no presentó plasticidad y clasificó según el S.U.C.S como GM, seguido hasta 0.75 m por material granular tipo grava color marrón claro, el cual no presentó plasticidad y cuya clasificación fue GP-GM, luego, hasta 0.90 m se evidenció material granular tipo arena color negro, con presencia de residuos urbanos y rocas, con índice de plasticidad de14% y límite líquido de 38%, finalmente, hasta la profundidad explorada se encontró material granular tipo arena color negro, el cual no presentó plasticidad y clasificó según el S.U.C.S como GM. Se evidenció nivel freático a 0.90 m de profundidad.

En la calle 24 entre carreras 42ª–42b, sitio donde se realizó el apique 86, se evidenció capa de rodadura en material granular tipo grava, color negro, hasta 0.90 m de profundidad, el cual no presentó plasticidad y clasificó según el S.U.C.S como GP, seguido hasta la profundidad explorada por material granular tipo grava color negro, el cual no presentó plasticidad y clasificó según el S.U.C.S como GC. Se evidenció nivel freático a 0.25 m de profundidad.

5.2.1.5 Expansividad (barrios Caribe y Villa Caribe)

De acuerdo con los criterios expuesto en el numeral 3.2.2 del presente informe, a los materiales que predominan en el sitio se les realizó un análisis sobre la posible expansión de estos. Lo anterior basado en los resultados de límites de consistencia.

Carrera 23 N° 124-87
Edificio Torre Zental Oficina 404 II
Bogotá - Colombia
T: +57 (1) 221 1077
M: +57 300 517 39 99
E: gerencia.convialsas@gmail.com

Tabla 19. Evaluación de expansividad para el barrio San José

	Apique 90	Apique 89	Apique 85	Apique 88	Apique 87	Apique 86
Límite líquido [%]	44.00	43.00	NL	NL	NL	NL
Índice de plasticidad [%]	18.00	16.00	NP	NP	NP	NP
Potencial de expansión	Medio	Medio	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo
Expansión libre [%]	0.08	-	-	-	-	-

El resultado de la comparación de los diferentes criterios para categorizar el potencial expansivo permite inferir que el material del sitio presenta una posibilidad de expansión media - baja.

Con base en los resultados de límites de Atterberg, humedad natural y peso unitario, se realizó el cálculo de valores de presión de expansión para condiciones críticas en el apique 90, el cual se muestran a continuación,

Tabla 20. Valores de presión de expansión para el barrio Caribe

	Apique 90
Límite líquido [%]	44.00
Humedad natural [%]	29.01
Densidad seca [t/m^3]	1.13
Presión de expansión [kN/m^2]	4.096
Espesor de relleno [m]	0.22

Así, al obtener un valor de presión de expansión de 4.096 kN/m^2, se recomienda realizar un mejoramiento en material granular con un espesor mínimo de 0.20 m, con el fin de contrarrestar los cambios volumétricos que pueda experimentar el suelo por aumento o disminución del contenido de agua.

5.2.1.6 Suelos colapsables (barrio Caribe)

Se realizó la revisión para los suelos encontrados en el apique 90, con lo cual se pudo establecer que hay presencia de suelos colapsables en la carrera 44 con calle 26.

Tabla 21. Revisión de suelos colapsables (barrio Caribe)

No. APIQUE	PESO UNITARIO [kN/m^3]	HUMEDAD [%]	PESO UNITARIO SECO [kN/m^2]	GRAVEDAD ESPECÍFICA [Gs]	LÍMITE LÍQUIDO [%]	PESO UNITARIO SECO CRITICO [kN/m^2]	CRITERIO DE SUELO COLAPSABLE
90	14,30	29,01	11,09	2,80	44,00	12,31	Colapsable

Carrera 23 N° 124-87
Edificio Torre Zental - Oficina 404 II
Bogotá - Colombia
T: +57 (1) 2213077
M: +57 300 517 38 99
E: gerencia.convial.sas@gmail.com

5.2.1.7 Determinación de propiedades geotécnicas del suelo de soporte (barrios Caribe y Villa Caribe)

En la siguiente tabla se muestran los resultados del valor de CBR natural sin sumergir y luego de 4 días de inmersión, así mismo los valores de CBR compactado en laboratorio con material de relleno del sitio para un porcentaje del 95%.

Tabla 22. Capacidad relativa de soporte de diseño – Muestras de CBR (barrios Caribe y Villa Caribe)

APIQUE	MUESTRA	HUMEDAD (%)		PESO UNITARIO (lb/ft³)				CBR (%)		
N° APIQUE	N° CBR	NATURAL	SUMERGIDA	SECO	HÚMEDO	SATURADO	DENSIDAD SECA MÁXIMA	SIN SUMERGIR	SUMERGIDO	LABORATORIO (95%)
A90	CBR 90	29.01	49.47	70.5	91.0	105.4	-	4.7	2.0	-
A89	CBR 89	-	8.50	-	-	-	130.0	-	-	27.0
A85	CBR 85	-	9.30	-	-	-	130.2	-	-	28.0
A88	CBR 88	-	9.37	-	-	-	131.9	-	-	26.0
A87	CBR 87	-	11.35	-	-	-	133.7	-	-	30.0
A86	CBR 86	-	13.00	-	-	-	125.9	-	-	21.0

Así, teniendo en cuenta los resultados de las evaluaciones a la subrasante, en el tramo correspondiente a carrera 44 con calle 26, se escogió como CBR de diseño el valor en condición sumergida, 2.0%. En las zonas donde se encontró relleno en material granular hasta más de 0.70 m de profundidad, es decir en la carrera 44 con calle 30, en la calle 25 entre carreras 43-43ª, en la carrera 42b entre calles 24-25 y en la calle 24 entre carreras 42ª-42b, si una vez realizados los cortes indicados en el diseño geométrico de la vía, se estima que acorde al perfil estratigráfico, el espesor del relleno existente es mínimo 0.20 m, se recomienda que sea utilizado como mejoramiento en la estructura de pavimento, puesto que al realizar el CBR de laboratorio del mismo se obtuvieron valores entre 21% - 30% para un porcentaje de compactación del 95%.

5.2.2 Comuna 4, Barrios El Prado, Galilea, Mogambo y El Paraíso

5.2.2.1 Perfiles estratigráficos (barrios El Prado, Galilea, Mogambo y El Paraíso)

Para la construcción del perfil estratigráfico se desarrollaron seis perforaciones exploratorias, de las cuales se extrajeron muestras alteradas e inalteradas, así mismo, se realizaron ensayos cualitativos en campo que permitieron inferir la clasificación de los suelos encontrados, también se realizaron descripciones de textura y color, posteriormente se sometieron a ensayos en el laboratorio. A continuación, se relacionan los parámetros encontrados en cada sector intervenidos

Carrera 23 N° 124-67
Edificio Torre Zental - Oficina 404 II
Bogotá - Colombia
T: +57 (1) 221 1077
M: +57 300 517 38 99
E: gerencia.conviassas@gmail.com

APIQUE No 133

Tabla 23. Características geotécnicas de los suelos comunes encontrados en el apique No 133

FECHA Y UBICACIÓN	APIQUE No.	ABSCISA [km]	PROFUNDIDAD [m]	CONVENCIONES	MATERIAL	HUMEDAD NATURAL [%]	HUMEDAD DESPUÉS DE LA PENETRACIÓN [%]	GRADACIÓN % PASA				LÍMITES			CLASIFICACIÓN			PESO UNITARIO [lb/ft³]				C.B.R.			
								4	10	40	200	LL	LP	IP	IG	AASHTO	S.U.C.S	SECO	HUMEDO	SATURADO	DENSIDAD SECA MÁXIMA	SIN SUMERGIR	SUMERGIDO	LABORATORIO (95%)	EXPANSIÓN UNIDIMENSIONAL
23/09/2024	133	DIAG 2 ENTRE CRA 10-11	0.00-0.70		GRAVA LIMOSA COLOR CAFÉ			25,6	21,3	15,6	13,4	0	0	NP	0	A-1-a	GM								
B\ EL PRADO - GALILEA			0.70-1.30		ARCILLA DE BAJA PLASTICIDAD COLOR CAFÉ OSCURO	23,96	28,25	100	99,7	98,9	96,3	28	19	9	12	A-4	CL	97,9	121,3	125,5		12,0	8,0		0,04

APIQUE No 134

Tabla 24. Características geotécnicas de los suelos comunes encontrados en el apique No 134

FECHA Y UBICACIÓN	APIQUE No.	ABSCISA [km]	PROFUNDIDAD [m]	CONVENCIONES	MATERIAL	HUMEDAD NATURAL [%]	HUMEDAD DESPUÉS DE LA PENETRACIÓN [%]	GRADACIÓN % PASA				LÍMITES			CLASIFICACIÓN			PESO UNITARIO [lb/ft³]				C.B.R.			
								4	10	40	200	LL	LP	IP	IG	AASHTO	S.U.C.S	SECO	HUMEDO	SATURADO	DENSIDAD SECA MÁXIMA	SIN SUMERGIR	SUMERGIDO	LABORATORIO (95%)	EXPANSIÓN UNIDIMENSIONAL
23/09/2024	134	DIAG 2 TRANSV 14	0.00-0.40		ARENA LIMOSA COLOR ROJIZO			71,2	59,7	42,0	33,4	0	0	NP	0	A-2-4	SM								
B\ GALILEA			0.40-1.30		ARCILLA DE BAJA PLASTICIDAD COLOR CAFÉ OSCURO	15,74	20,58	100	99,8	99,6	90,5	26	16	10	11	A-4	CL	109,5	126,7	132,0		16,0	11,3		0,06

APIQUE No 135

Tabla 25. Características geotécnicas de los suelos comunes encontrados en el apique No 135

FECHA Y UBICACIÓN	APIQUE No.	ABSCISA [km]	PROFUNDIDAD [m]	CONVENCIONES	MATERIAL	HUMEDAD NATURAL [%]	HUMEDAD DESPUÉS DE LA PENETRACIÓN [%]	GRADACIÓN % PASA				LÍMITES			CLASIFICACIÓN			PESO UNITARIO [lb/ft³]				C.B.R.			
								4	10	40	200	LL	LP	IP	IG	AASHTO	S.U.C.S	SECO	HUMEDO	SATURADO	DENSIDAD SECA MÁXIMA	SIN SUMERGIR	SUMERGIDO	LABORATORIO (95%)	EXPANSIÓN UNIDIMENSIONAL
23/09/2024	135	DIAG 1B CRA 17	0.00-0.95		ARENA LIMOSA COLOR ROJIZO		14,83	58,6	46,6	31,6	24,1	0	0	NP	0	A-1-b	SM				127,8			22%	
B\ MOGAMBO			0.95-1.30		ARCILLA DE BAJA PLASTICIDAD COLOR CAFÉ OSCURO			100	99,6	99,3	88,7	27	18	9	11	A-4	CL								

APIQUE No 136

Carrera 23 N° 124-80
Edificio Torre Zentar - Oficina 404 II
Bogotá - Colombia

T. +57 (1) 220 0577
M. +57 300 517 38 39
E. gerencia.convialsas@gmail.com

Tabla 26. Características geotécnicas de los suelos comunes encontrados en el apique No 136

FECHA Y UBICACIÓN	APIQUE No.	ABSCISA [km]	PROFUNDIDAD [m]	CONVENCIONES	MATERIAL	HUMEDAD NATURAL [%]	HUMEDAD DESPUÉS DE LA PENETRACIÓN [%]	GRADACIÓN % PASA				LÍMITES			CLASIFICACIÓN			PESO UNITARIO [lb/ft³]				C.B.R.			
								4	10	40	200	LL	LP	IP	IG	AASHTO	S.U.C.S	SECO	HUMEDO	SATURADO	DENSIDAD SECA MÁXIMA	SIN SUMERGIR	SUMERGIDO	LABORATORIO (95%)	EXPANSIÓN UNIDIMENSIONAL
23/09/2024	136	DIAG 10 - CRA 20	0.00-0.90		GRAVA BIEN GRADADA COLOR CAFÉ- PRESENCIA DE ESCOMBROS Y RESIDUOS		9,25	31,6	21,5	8,8	4,5	0	0	NP	0	A-1-a	GW				125,9			19%	
B\ MOGAMBO			0.90-1.30		LIMO DE BAJA PLASTICIDAD COLOR GRIS OSCURO			80,9	72,3	57,4	52,6	34	25	9	4	A-4	ML								

APIQUE No 137

Tabla 27. Características geotécnicas de los suelos comunes encontrados en el apique No 137

FECHA Y UBICACIÓN	APIQUE No.	ABSCISA [km]	PROFUNDIDAD [m]	CONVENCIONES	MATERIAL	HUMEDAD NATURAL [%]	HUMEDAD DESPUÉS DE LA PENETRACIÓN [%]	GRADACIÓN % PASA				LÍMITES			CLASIFICACIÓN			PESO UNITARIO [lb/ft³]				C.B.R.			
								4	10	40	200	LL	LP	IP	IG	AASHTO	S.U.C.S	SECO	HUMEDO	SATURADO	DENSIDAD SECA MÁXIMA	SIN SUMERGIR	SUMERGIDO	LABORATORIO (95%)	EXPANSIÓN UNIDIMENSIONAL
23/09/2024	137	DIAG 10 - CRA 25C	0.00-0.90		ARENA LIMOSA COLOR ROJIZO		7,72	65,2	51,5	35,9	29,3	0	0	NP	0	A-2-4	SM				123,8			28%	
B\ MOGAMBO			0.90-1.30		ARCILLA DE BAJA PLASTICIDAD COLOR GRIS OSCURO			100	99,6	99,4	91,9	31	21	10	11	A-4	CL								

APIQUE No 138

Tabla 28. Características geotécnicas de los suelos comunes encontrados en el apique No 138

FECHA Y UBICACIÓN	APIQUE No.	ABSCISA [km]	PROFUNDIDAD [m]	CONVENCIONES	MATERIAL	HUMEDAD NATURAL [%]	HUMEDAD DESPUÉS DE LA PENETRACIÓN [%]	GRADACIÓN % PASA				LÍMITES			CLASIFICACIÓN			PESO UNITARIO [lb/ft³]				C.B.R.			
								4	10	40	200	LL	LP	IP	IG	AASHTO	S.U.C.S	SECO	HUMEDO	SATURADO	DENSIDAD SECA MÁXIMA	SIN SUMERGIR	SUMERGIDO	LABORATORIO (95%)	EXPANSIÓN UNIDIMENSIONAL
23/09/2024	138	CLL 4A - CRA 28	0.00-0.90		GRAVA LIMOSA COLOR ROJIZO Y CAFÉ		6,32	44,7	37,5	27,7	23,7	0	0	NP	0	A-1-b	GM				125,0			24%	
B\ EL PARAÍSO			0.90-1.30		ARCILLA DE BAJA PLASTICIDAD COLOR GRIS OSCURO			100	100	99,6	94,5	32	23	9	11	A-4	CL								

5.2.2.2 Nivel freático (barrios El Prado, Galilea, Mogambo y El Paraíso)

No se evidenció la presencia de aguas freáticas en las perforaciones exploratorias hasta la profundidad alcanzada.

Tabla 29. Registro de nivel de aguas freáticas inicial y final, barrios El Prado, Galilea, Mogambo y El Paraíso

PERFORACIONES	*NIVEL FREÁTICO*	
	INICIAL	*FINAL*
APIQUE 133	NO SE EVIDENCIÓ	NO SE EVIDENCIÓ

Carrera 23 N° 124-87
Edificio Torre Zentar - Oficina 404 II
Bogotá - Colombia
T: +57 (1) 221 1077
M: +57 300 517 88 99
E: gerencia.convial.sas@gmail.com

APIQUE 134	NO SE EVIDENCIÓ	NO SE EVIDENCIÓ
APIQUE 135	NO SE EVIDENCIÓ	NO SE EVIDENCIÓ
APIQUE 136	NO SE EVIDENCIÓ	NO SE EVIDENCIÓ
APIQUE 137	NO SE EVIDENCIÓ	NO SE EVIDENCIÓ
APIQUE 138	NO SE EVIDENCIÓ	NO SE EVIDENCIÓ

5.2.2.3 Modelo geotécnico (barrios El Prado, Galilea, Mogambo y El Paraíso)

Con base en la información de los perfiles estratigráficos se desarrolló el modelo geotécnico del suelo de soporte de la zona de estudio (figura 12).

5.2.2.1 Descripción de la subrasante (barrios El Prado, Galilea, Mogambo y El Paraíso)

En la diagonal 2 entre carreras 10-11, sitio donde se realizó el apique 133, se evidenció capa de rodadura en material granular tipo grava, color café, hasta 0.70 m de profundidad, el cual no presentó plasticidad y clasificó según el S.U.C.S como GM, hasta la profundidad explorada se encontró material de grano fino tipo arcilla color café oscuro, con índice de plasticidad de 9% y límite líquido de 28%, que clasificó según el S.U.C.S como CL.

En la transversal 14 con diagonal 2, sitio donde se realizó el apique 134, se evidenció capa de rodadura en material granular tipo arena, color rojizo, hasta 0.40 m de profundidad, el cual no presentó plasticidad y clasificó según el S.U.C.S como SM, hasta la profundidad explorada se encontró material de grano fino tipo arcilla color café oscuro, con índice de plasticidad de 10% y límite líquido de 26%, que clasificó según el S.U.C.S como CL.

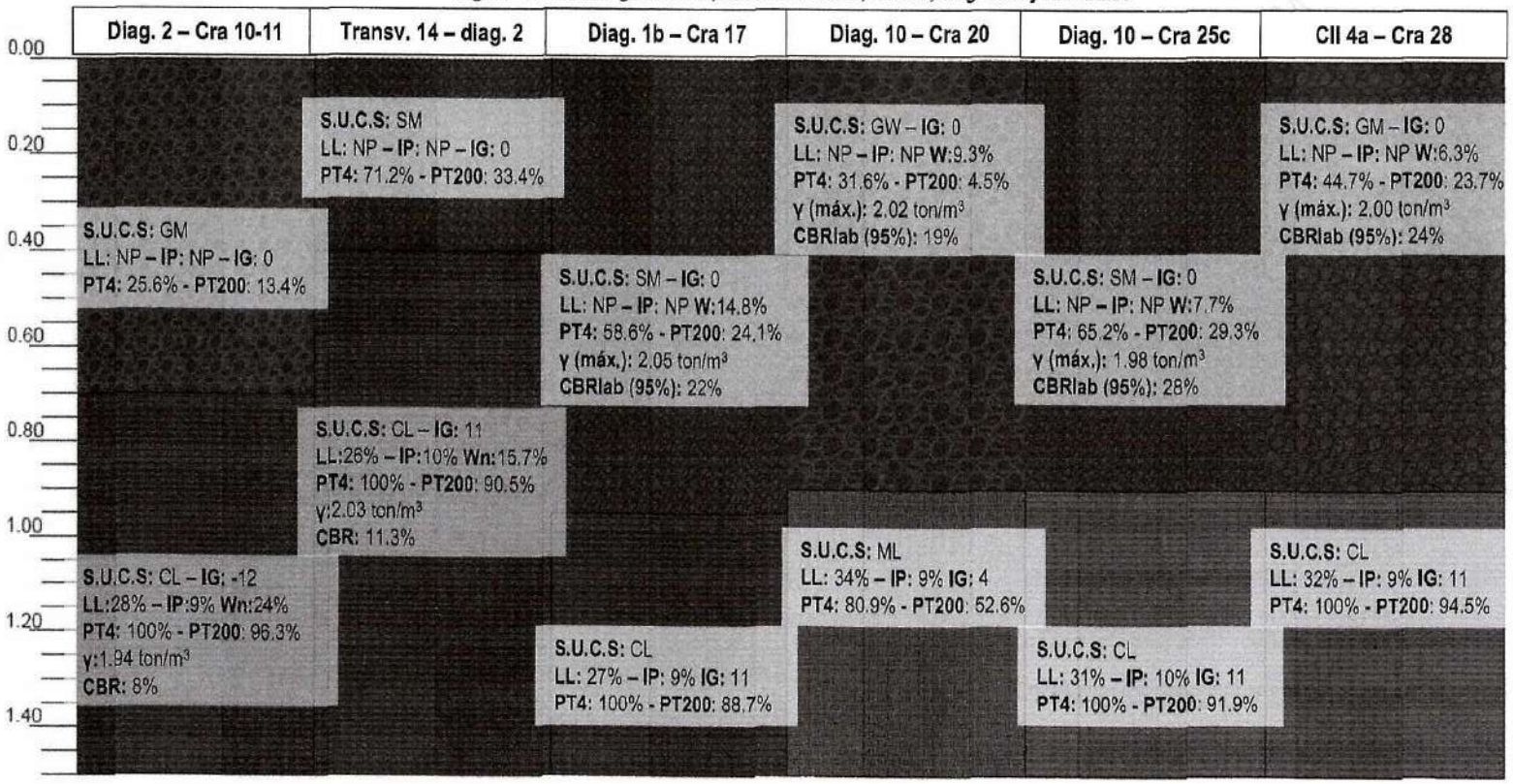
En la diagonal 1b con carrera 17, sitio donde se realizó el apique 135, se evidenció capa de rodadura en material granular tipo arena, color rojizo, hasta 0.95 m de profundidad, el cual no presentó plasticidad y clasificó según el S.U.C.S como SM, hasta la profundidad explorada se encontró material de grano fino tipo arcilla color café oscuro, con índice de plasticidad de 9% y límite líquido de 27%, que clasificó según el S.U.C.S como CL.

En la diagonal 10 con carrera 20, sitio donde se realizó el apique 136, se evidenció capa de rodadura en material granular tipo grava, color café, con presencia de escombros y residuos urbanos hasta 0.90 m de profundidad, el cual no presentó plasticidad y clasificó según el S.U.C.S como GW, hasta la profundidad explorada se encontró material de grano fino tipo limo color gris oscuro, con índice de plasticidad de 9% y límite líquido de 34%, que clasificó según el S.U.C.S como ML.En la diagonal 10 con carrera 25c, sitio donde se realizó el apique 137, se evidenció capa de rodadura en material granular tipo arena, color rojizo, hasta 0.90 m de profundidad, el cual no presentó plasticidad y clasificó según el S.U.C.S como SM, hasta la profundidad explorada se encontró material de grano fino tipo arcilla color gris oscuro, con índice de plasticidad de 10% y límite líquido de 31%, que clasificó según el S.U.C.S como CL.

En la calle 4ª con carrera 28, sitio donde se realizó el apique 138, se evidenció capa de rodadura en material granular tipo grava, color rojizo y café, hasta 0.90 m de profundidad, el cual no presentó plasticidad y clasificó según el S.U.C.S como GM, hasta la profundidad explorada se encontró material de grano fino tipo arcilla color gris oscuro, con índice de plasticidad de 9% y límite líquido de 32%, que clasificó según el S.U.C.S como CL.

Carrera 23 N° 124 87
Edificio Torre Zentar - Oficina 404 1
Bogotá - Colombia
T: +57 (1) 221 1077
M: +57 300 517 58 99
E: gerencia.convia.sas@gmail.com

Figura 12. Modelo geotécnico, barrios El Prado, Galilea, Mogambo y El Paraíso



No se evidenció nivel freático

INFORME DE EXPL

5.2.2.2 Expansividad (barrios El Prado, Galilea, Mogambo y El Paraíso)

De acuerdo con los criterios expuesto en el numeral 3.2.2 del presente informe, a los materiales que predominan en el sitio se les realizó un análisis sobre la posible expansión de estos. Lo anterior basado en los resultados de límites de consistencia.

Tabla 30. Evaluación de expansividad para los barrios El Prado, Galilea, Mogambo y El Paraíso

	Apique 133	Apique 134	Apique 135	Apique 136	Apique 137	Apique 138
Límite líquido [%]	28.00	26.00	27.00	34.00	31.00	32.00
Índice de plasticidad [%]	9.00	10.00	9.00	9.00	10.00	9.00
Potencial de expansión	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo
Expansión libre [%]	0.04	0.06	-	-	-	-

El resultado de la comparación de los diferentes criterios para categorizar el potencial expansivo permite inferir que el material del sitio presenta una posibilidad de expansión baja.

Con base en los resultados de límites de Atterberg, humedad natural y peso unitario, se realizó el cálculo de valores de presión de expansión para condiciones críticas en los apiques realizados en los barrios El Prado y Galilea, los cuales se muestran a continuación,

Tabla 31. Valores de presión de expansión para los barrios El Prado y Galilea

	Apique 133	Apique 134
Límite líquido [%]	28.00	26.00
Humedad natural [%]	23.96	15.74
Densidad seca [t/m^3]	1.57	1.75
Presión de expansión [kN/m^2]	7.998	10.580
Espesor de relleno [m]	0.428	0.566

Así, al obtener valores de presión de expansión entre 7.998 – 10.580 kN/m^2, se recomienda realizar un mejoramiento en material granular con un espesor de 0.50 m, con el fin de contrarrestar los cambios volumétricos que pueda experimentar el suelo por aumento o disminución del contenido de agua.

5.2.2.3 Suelos colapsables (barrios El Prado y Galilea)

Se realizó la revisión para los suelos encontrados en los apiques de los barrios El Prado y Galilea, con los cuales se pudo establecer que no hay presencia de suelos colapsables en los apiques realizados.

Tabla 32. Revisión de suelos colapsables (barrios San José y El Edén)

No. APIQUE	PESO UNITARIO [kN/m^3]	HUMEDAD [%]	PESO UNITARIO SECO [kN/m^2]	GRAVEDAD ESPECÍFICA [Gs]	LÍMITE LÍQUIDO [%]	PESO UNITARIO SECO CRITICO [kN/m^2]	CRITERIO DE SUELO COLAPSABLE
133	19,08	23,96	15,39	2,75	28,00	15,24	Estable
134	19,92	15,74	17,21	2,75	26,00	15,73	Estable

Carrera 23 N° 124-87
Edificio Torre Zentar - Oficina 404 II
Bogotá - Colombia
T: +57 (1) 221 1077
M: +57 300 577 58 99
E: gerencia.conviassas@gmail.com

5.2.2.4 Determinación de propiedades geotécnicas del suelo de soporte (barrios El Prado, Galilea, Mogambo y El Paraíso)

En la siguiente tabla se muestran los resultados del valor de CBR natural sin sumergir y luego de 4 días de inmersión, así mismo los valores de CBR compactado en laboratorio con material de relleno del sitio para un porcentaje del 95%.

Tabla 33. Capacidad relativa de soporte de diseño – Muestras de CBR (barrios San José y El Edén)

APIQUE	MUESTRA	HUMEDAD (%)		PESO UNITARIO (lb/ft³)				CBR (%)		
N° APIQUE	N° CBR	NATURAL	SUMERGIDA	SECO	HÚMEDO	SATURADO	DENSIDAD SECA MÁXIMA	SIN SUMERGIR	SUMERGIDO	LABORATORIO (95%)
A133	CBR 133	23.96	28.25	97.9	121.3	125.5	-	12.0	8.0	-
A134	CBR 134	15.74	20.58	109.5	126.7	132.0	-	16.0	11.3	-
A135	CBR 135	-	14.83	-	-	-	127.76	-	-	22.0
A136	CBR 136	-	9.25	-	-	-	125.94	-	-	19.0
A137	CBR 137	-	7.72	-	-	-	123.80	-	-	28.0
A138	CBR 137	-	6.32	-	-	-	125.04	-	-	24.0

Así, teniendo en cuenta los resultados de las evaluaciones a la subrasante, para los barrios el Prado y Galilea se seleccionó como valor de CBR de diseño el valor promedio sumergido, por ser la condición crítica, el cual fue 9.7%. En los barrios Mogambo y el Paraíso, donde se encontró relleno en material granular hasta más de 0.70 m de profundidad, si una vez realizados los cortes indicados en el diseño geométrico de la vía, se estima que acorde al perfil estratigráfico, el espesor del relleno existente es mínimo 0.20 m, se recomienda que sea utilizado como mejoramiento en la estructura de pavimento, puesto que al realizar el CBR de laboratorio del mismo se obtuvieron valores entre 19% - 28% para un porcentaje de compactación del 95%.

INFORME DE EXPLORACIÓN DE CAMPO

Carrera 23 N° 124-87
Edificio Torre Zental - Oficina 404 II
Bogotá - Colombia

T: +57 (1) 2211077
M: +57 300 517 88 99
E: gerencia.conviasas@gmail.com

6 Conclusiones

En los siguientes numerales se encuentran las conclusiones para cada zona de estudio.

6.1 Barrios Caribe y Villa Caribe

- Las características principales encontradas en los apiques realizados se encuentran en las tablas 12 – 17 del numeral 5.2.1.1, de igual forma se muestra en la figura 11 el modelo geotécnico de la zona, seguido por la descripción de la subrasante en el numeral 5.2.1.4.
- Se evidenció nivel freático en los apiques 86, 87, 88 y 89 a 0.25 m, 0.90 m, 0.80 m y 0.90, respectivamente.
- El resultado de la comparación de los diferentes criterios para categorizar el potencial expansivo permite inferir que el material del sitio presenta una posibilidad de expansión media - baja.
- Al obtener un valor de presión de expansión de 4.096 kN/m^2, se recomienda realizar un mejoramiento en material granular con un espesor mínimo de 0.20 m en el barrio Caribe, con el fin de contrarrestar los cambios volumétricos que pueda experimentar el suelo por aumento o disminución del contenido de agua.
- Para los suelos encontrados en los apiques se pudo establecer que hay presencia de suelos colapsables en la carrera 44 con calle 26.
- Teniendo en cuenta los resultados de las evaluaciones a la subrasante, en el tramo correspondiente a carrera 44 con calle 26, se escogió como CBR de diseño el valor en condición sumergida, 2.0%. En las zonas donde se encontró relleno en material granular hasta más de 0.70 m de profundidad, es decir en la carrera 44 con calle 30, en la calle 25 entre carreras 43-43ª, en la carrera 42b entre calles 24-25 y en la calle 24 entre carreras 42ª-42b, si una vez realizados los cortes indicados en el diseño geométrico de la vía, se estima que acorde al perfil estratigráfico, el espesor del relleno existente es mínimo 0.20 m, se recomienda que sea utilizado como mejoramiento en la estructura de pavimento, puesto que al realizar el CBR de laboratorio del mismo se obtuvieron valores entre 21% - 30% para un porcentaje de compactación del 95%

6.2 Barrios El Prado, Galilea, Mogambo y El Paraíso

- Las características principales encontradas en los apiques realizados se encuentran en las tablas 23 – 28 del numeral 5.2.2.1, de igual forma se muestra en la figura 12 el modelo geotécnico de la zona, seguido por la descripción de la subrasante en el numeral 5.2.2.4.
- No se evidenció nivel freático en los apiques realizados.
- El resultado de la comparación de los diferentes criterios para categorizar el potencial expansivo permite inferir que el material del sitio presenta una posibilidad de expansión baja.
- Al obtener valores de presión de expansión entre 7.998 – 10.580 kN/m^2, se recomienda realizar un mejoramiento en material granular con un espesor de 0.50 m, con el fin de

Carrera 23 N. 124-87
Edificio Torre Zentar - Oficina 404 I
Bogotá - Colombia
T: +57 (1) 221 1077
M: +57 300 517 38 99
E: gerencia.conviasas@gmail.com

contrarrestar los cambios volumétricos que pueda experimentar el suelo por aumento o disminución del contenido de agua

- Para los suelos encontrados en los apiques se pudo establecer que no hay presencia de suelos colapsables.
- Teniendo en cuenta los resultados de las evaluaciones a la subrasante, para los barrios el Prado y Galilea se seleccionó como valor de CBR de diseño el valor promedio sumergido, por ser la condición crítica, el cual fue 9.7%. En los barrios Mogambo y el Paraíso, donde se encontró relleno en material granular hasta más de 0.70 m de profundidad, si una vez realizados los cortes indicados en el diseño geométrico de la vía, se estima que acorde al perfil estratigráfico, el espesor del relleno existente es mínimo 0.20 m, se recomienda que sea utilizado como mejoramiento en la estructura de pavimento, puesto que al realizar el CBR de laboratorio del mismo se obtuvieron valores entre 19% - 28% para un porcentaje de compactación del 95%.

INFORME DE EXPLORACION DE SUBRASANTE CONTINUA 6 Y 4

Carrera 23 N° 124-87
Edificio Torre Zental Oficina 404 II
Bogotá - Colombia
T: +57 (1) 221 1077
M: +57 300 517 38 99
E: gerencia.conviassas@gmail.com

7 Recomendaciones

7.1 Geotécnicas y constructivas

Debido a los valores obtenidos en la evaluación de la capacidad relativa de soporte en condiciones de inmersión, las características granulométricas y expansivas encontradas, se recomienda realizar un mejoramiento de la subrasante, el cual consiste en escarificar el material existente, luego adicionar material granular de afirmado, compactar y nivelar hasta conformar una capa con los espesores descritos para cada zona, este material debe estar encapsulado en geotextil NT 2500 o similar, la anterior descripción se debe realizar a través de un proceso de compactación, en el cual se debe alcanzar por lo menos el 95% de la densidad seca máxima alcanzada en el ensayo de compactación modificado realizado en el laboratorio.

El material del mejoramiento debe tener un valor de CBR mínimo de 15% y además debe cumplir con las especificaciones descritas en el artículo INV 300 -22 y INV 311 – 22 de la norma INVIAS.

El mejoramiento propuesto en material de afirmado se deberá realizar siempre que la estructura nueva quede en contacto con el suelo en estado natural encontrado durante la exploración.

Si durante el proceso de excavación o corte se evidencia suelos saturados altamente deformables, se recomienda realizar un reemplazo con el objeto de mitigar deformaciones en el suelo natural de soporte, el cual, consiste en la colocación de piedra gruesa (rajón) de mejoramiento en un espesor no inferior a 0,500m (500mm).

El proceso de reemplazo consiste en la colocación y posterior apisonamiento de piedra rajón, esto se debe realizar hasta que se evidencie un soporte firme y que no presente deformaciones excesivas.
Seguidamente realizar un sello en la parte superior de la capa de piedra rajón, el cual consiste en colocar una capa en material granular con un espesor de 0,10m (100mm), lo cual busca cerrar los intersticios presentes entre las partículas de piedra rajón.

Una vez finalizado el proceso de sello, se recomienda el paso de una volqueta sencilla cargada, con La finalidad de verificar la ausencia de las altas deformaciones observadas inicialmente.
Si esta verificación es satisfactoria, se continuará con la construcción la estructura de pavimento según los diseños especificados.

INFORME DE EXPLORACIÓN DE SUBRASANTE CONVIAL - MONTERÍA

Carrera 23 N. 124-87
Edificio Torre Zentar - Oficina 404 II
Bogotá - Colombia
T: +57 (1) 221 1077
M: +57 300 517 38 99
E: gerencia.convialsas@gmail.com

8 Limitaciones del estudio geotécnico

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

INFORME DE EXPLORACIÓN DE SUBRASANTE CONVIAL MONTERÍA 2024

Carrera 23 N° 124-87
Edificio Torre Zentar Oficina 404 T
Bogotá - Colombia

T: +57 (1) 221 1077
M: +57 300 517 38 99
E: gerencia.conviasas@gmail.com

Bibliografía

Bray, Jonathan D & Sancio, Rodolfo B. (September de 2006). Assessment of the Liquefaction Susceptibility of Fine-Grained Soils. *Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering*, 1165-1177.

BUDHU, M. (2010). *SOIL MECHANICS AND FOUNDATIONS*. John Wiley & Sons, Inc.

CORONADO, C., VILLAFAÑE, R., & RIOS, L. (s.f.). *Resistencia de los Suelos a la licuación. .* Colombia.

Covo, A. I. (2003). *Introducción a la mecánica de suelos.* Cartagena.

DAS, B. M. (2012). *Principios de Ingeniería de cimentaciones.* México: International Thomson.

DAS, B. M. (2012). *Principios de Ingeniería de cimentaciones.* México: International Thomson.

ECOPETROL. (2002). *Interpretación de Radar Sinú- San Jacinto.*

Geokinetics International Inc. (2009). *INTERPRETACIÓN PROGRAMA SÍSMICO 2D SINÚ SAN JACINTO SUR 2008.*

Gómez, J., & Montes, N. (2020). Mapa Geológico de Colombia en Relieve 2020. Escala 1:1000000. Bogotá, Colombia.

Gonzalez, Alvaro J. (1999). ESTIMATIVOS DE PARAMETROS EFECTIVOS DE RESISTENCIA CON EL SPT. *X JORNADAS GEOTECNICAS DE LA INGENIERIA COLOMBIANA - SCI -SCG -*, 1-12.

Gregory, G. H., & Cross, S. A. (2007). Correlation of CBR with shear strength parameters. *International Conference on Low-Volume Roads.* Austin, Texas.

Guzmán Garzón, C. (s.f.). Inventan aislador sísmico. *Revista Universidad EAFIT edición 170.*

Hernández Avila, R. (2011). *Cimientos de Concreto Reforzado.* Sincelejo.

Komornik, A. D. (1969). Prediction of swelling pressure of clays., (págs. 209-225).

NSR. (2010). *Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente.* Bogotá D.C.

Rondón Quintana, H. A., & Reyes Lizcano, F. A. (2022). *Pavimentos, Materilaes, Construcción y Diseño.* Bogotá: ECOE Ediciones.

Vera Centeno, J. (2019). *Correlación Empírica Entre La Velocidad De La Onda De Corte Y La Resistencia A La Penetración Estándar En Suelos De La Ciudad De Puebla.* Puebla: Benemétria Universida Autónoma De Pueble.

Woo, M. (2017). Por qué las placas tectónicas y sus movimientos son indispensables para la vida. *BBC Earth.*

INFORME DE EVALUACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL Y SOCIAL MONTERÍA 2024

ENSAYO DE MARTILLO

PABLO CASTILLA NEGRETE

Estudios Geotécnicos y Ambientales

ENSAYO DE MARTILLO DE REBOTE PARA LA CONSTRUCCIÓN DE PAVIMENTO EN CONCRETO HIDRÁULICO DE LA VÍA EN EL BARRIO LA FLORESTA EN EL MUNICIPIO DE MONTERÍA, DEPARTAMENTO DE CÓRDOBA.



I.C. PABLO CASTILLA NEGRETE.

ESPECIALISTA EN MECÁNICA DE SUELOS Y CIMENTACIONES

MONTERÍA - 2022

TABLA DE CONTENIDO

INTRODUCCIÓN..... 4
2. GENERALIDADES..... 5
2.1. Generalidades del municipio..... 5
2.2. Geología..... 7
2.3. Geomorfología..... 9
2.4. Geoestructura y ambiente morfométrico..... 10
2.5. Clima..... 11
2.6. Vegetación..... 14
3. EVALUACIÓN DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE LAS ESTRUCTURAS..... 15
3.1. Trabajo de campo..... 15
3.1.1. Normatividad..... 16
3.1.2. Registro fotográfico..... 16
3.2. Resultados de los ensayos..... 18

PABLO CASTILLA NEGRETE
Estudios Geotécnicos y Ambientales

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Localización del proyecto en el municipio. 4

Figura 2. Localización del proyecto en el barrio. 5

Figura 3. Localización del municipio de Montería en el departamento de Córdoba. 6

Figura 4. Mapa subregiones del departamento de Córdoba. 7

Figura 5. Mapa de regiones geotectónicas del departamento de Córdoba. 8

Figura 6. Mapa geológico del municipio de Montería. 8

Figura 7. Perfil tipo de depósitos aluviales. 9

Figura 8. Unidades de paisaje del departamento de Córdoba. 10

Figura 9. Mapa de Geoestructura del departamento de Córdoba. 11

Figura 10. Mapa de Precipitación del departamento de Córdoba. 12

Figura 11. Mapa de Temperatura del departamento de Córdoba. 13

Figura 12. Mapa de Evapotranspiración del departamento de Córdoba. 14

Figura 13. Mapa de Cobertura Vegetal del departamento de Córdoba. 15

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Datos climáticos de la Estación Meteorológica Montería. 14

Tabla 2. Ubicación de estructuras existentes. 16

Tabla 3. Resultados ensayos. 18

Tabla 4. Resultados ensayos. 18

Tabla 5. Resultados ensayos. 18

PABLO CASTILLA NEGRETE
Estudios Geotécnicos y Ambientales

ENSAYO DE MARTILLO DE REBOTE PARA LA CONSTRUCCIÓN DE PAVIMENTO EN CONCRETO HIDRÁULICO DE LA VÍA EN EL BARRIO LA FLORESTA EN EL MUNICIPIO DE MONTERÍA, DEPARTAMENTO DE CÓRDOBA.

INTRODUCCIÓN.

De acuerdo con la solicitud presentada por el MUNICIPIO DE MONTERÍA, se realizaron ensayos de martillo de rebote para la construcción de pavimento en concreto hidráulico de la vía en el barrio La Floresta, en el municipio de Montería, departamento de Córdoba.



Figura 1. Localización del proyecto en el municipio.
Fuente: Google Earth.

El proyecto consiste en la construcción de 304.611 m de pavimento hidráulico en la carrera 14b entre calles 34a y 38.

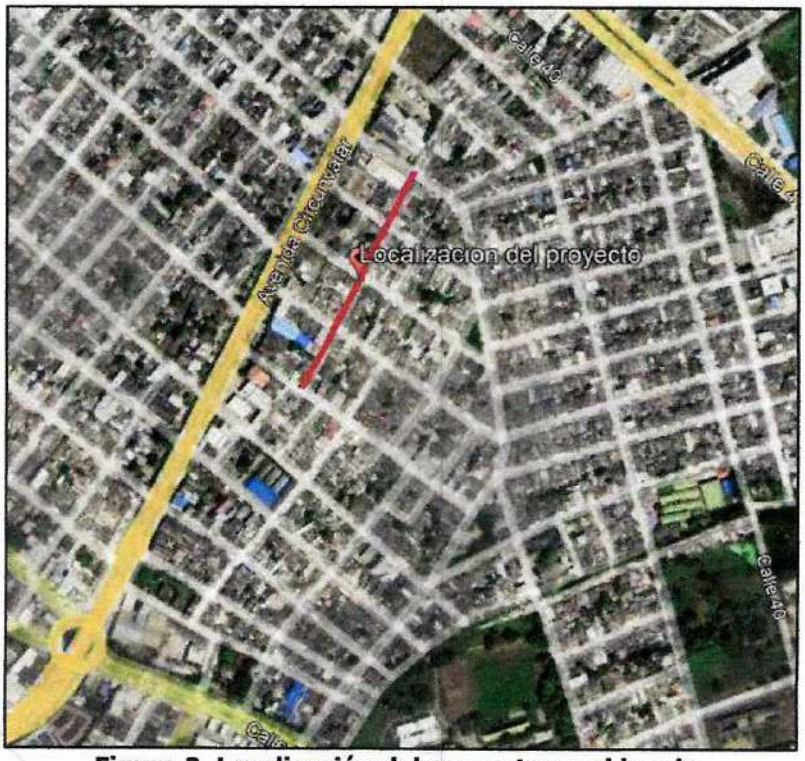


Figura 2. Localización del proyecto en el barrio.
Fuente: Google Earth.

PABLO CASTILLA NEGRETE
Estudios Geotécnicos y Ambientales

2. GENERALIDADES.

2.1. Generalidades del municipio.

El municipio de Montería está situado en la zona centro del departamento de Córdoba, correspondiente a las tierras planas y ligeramente onduladas, de los valles de los ríos San Jorge y Sinú, entre las coordenadas 08° 45´27" de latitud Norte y 75° 53´24" de longitud Oeste, cubre un área total de 3141 Km^2.

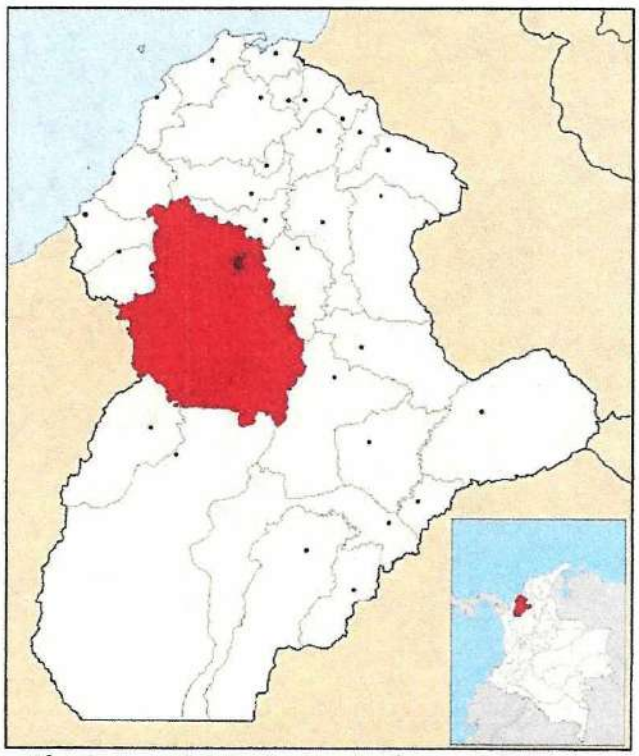


Figura 3. Localización del municipio de Montería en el departamento de Córdoba. Fuente: Wikipedia, la enciclopedia libre. "Montería", [En línea]. Julio de 2013, [julio de 2013]. Disponible en la web: https://es.wikipedia.org/wiki/Monter%C3%ADa.

Limita al Norte con el municipio de Cereté, Puerto Escondido y San Pelayo; al este con San Carlos y Planeta Rica; al sur con Tierralta y Valencia; al oeste con el departamento de Antioquia y los municipios de Canalete y San Carlos.



Figura 4. Mapa subregiones del departamento de Córdoba.
Fuente: Estudio general de suelos y zonificación de tierras del Departamento de Córdoba, IGAC.

2.2. Geología.

El municipio de Montería hace parte de la unidad estratigráfica del Cinturón de San Jacinto y las unidades litoestratigráficas del anticlinorio de San Jerónimo conformado por rocas ígneas y rocas sedimentarias.

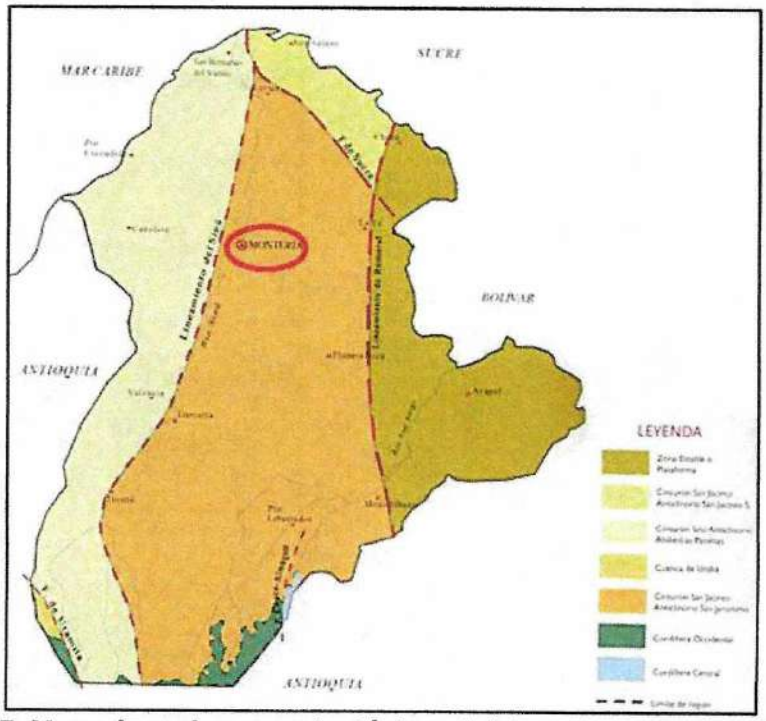


Figura 5. Mapa de regiones geotectónicas del departamento de Córdoba.
Fuente: Estudio general de suelos y zonificación de tierras del Departamento de Córdoba, IGAC.

PABLO CASTILLA NEGRETE
Estudios Geotécnicos y Ambientales

En el lugar de construcción del proyecto se encuentra la siguiente formación geológica:

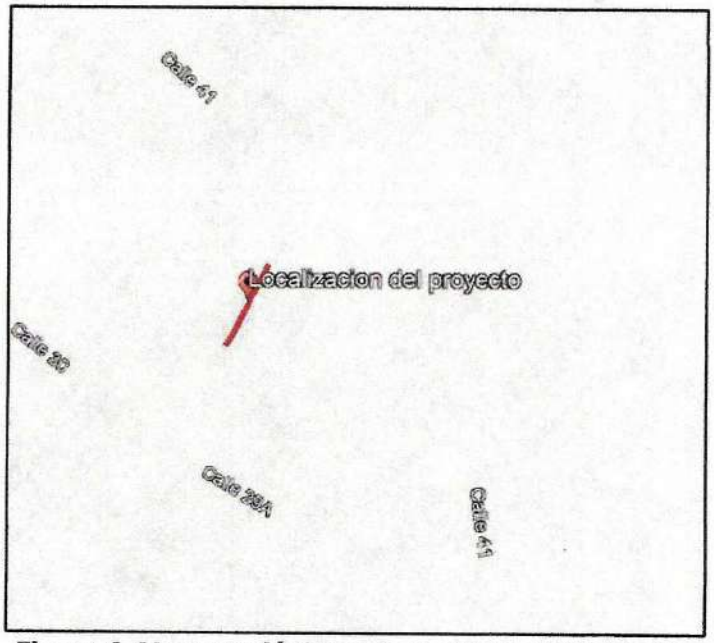


Figura 6. Mapa geológico del municipio de Montería.
Fuente: Instituto Geográfico Agustín Codazzi.

Q-al

Depósitos aluviales y llanuras aluviales.

Los depósitos aluviales son suelos anisotrópicos en su distribución, con propiedades geotécnicas altamente variables, estrechamente relacionadas con la granulometría. Su continuidad es irregular, pudiendo tener altos contenidos en materia orgánica en determinados medios. La permeabilidad depende de la granulometría. Generalmente presentan un nivel freático alto.

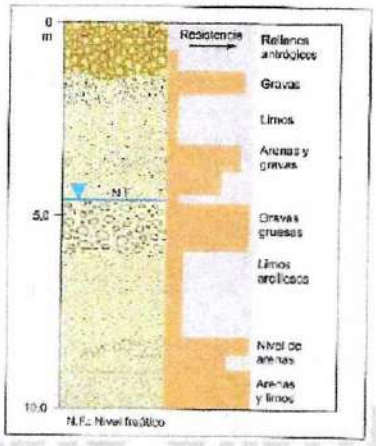


Figura 7. Perfil tipo de depósitos aluviales.
Fuente: González Vallejo, "Ingeniería geológica", editorial: PRENTICE HALL.

2.3. Geomorfología.

El río Sinú se caracteriza por formar valles aluviales amplios, entre los cuales está el deposito aluvial del municipio de Montería el cual aflora desde el corregimiento de Santa Isabel, hasta la población de El Vidrial al norte de Montería, donde se forman las zonas planas de gran extensión que incluye las ciudades de Montería y Cereté.

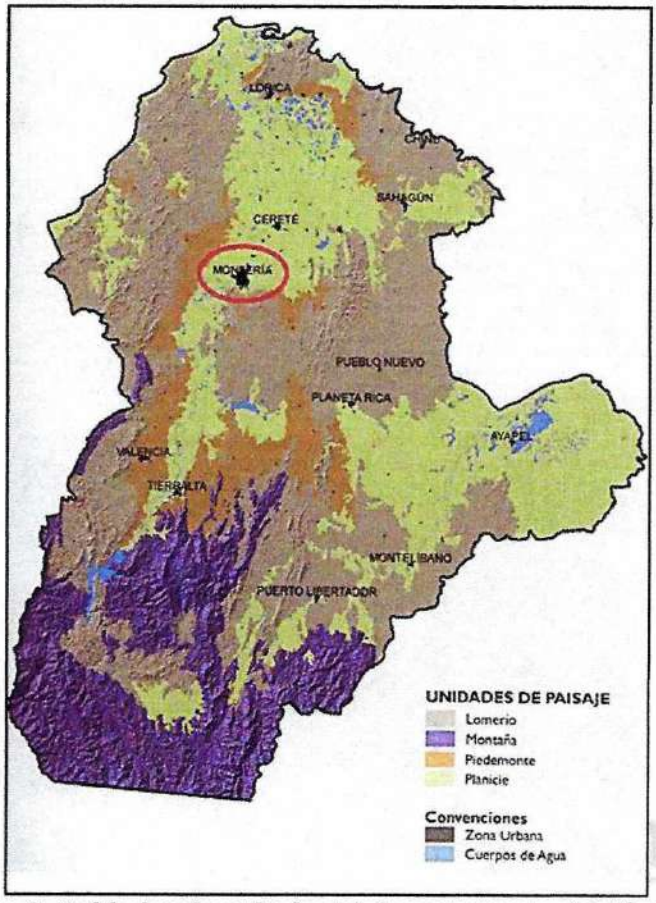


Figura 8. Unidades de paisaje del departamento de Córdoba.
Fuente: Estudio general de suelos y zonificación de tierras del Departamento de Córdoba, IGAC.

El sitio de construcción del proyecto corresponde a un paisaje tipo planicie, con un relieve de plano de inundación y terrazas, con una litología de sedimentos medios y finos.

El paisaje de planicie es una geoforma caracterizada por ser una zona amplia y plana a ligeramente plana, cuyas pendientes son menores a 3.00%. Corresponde a los diferentes aportes de origen aluvial, marino o eólico.

2.4. Geoestructura y ambiente morfométrico.

El municipio de Montería se localiza en la geoestructura correspondiente a la megacuenca de sedimentación ubicada al norte y occidente de la cordillera y se extiende hasta el mar caribe, cubriendo 23.788,87 Km^2, lo que equivale al 95.40% del territorio del departamento de Córdoba. Geográficamente a esta pertenecen las serranías de Abibe, San Jerónimo, y Ayapel.

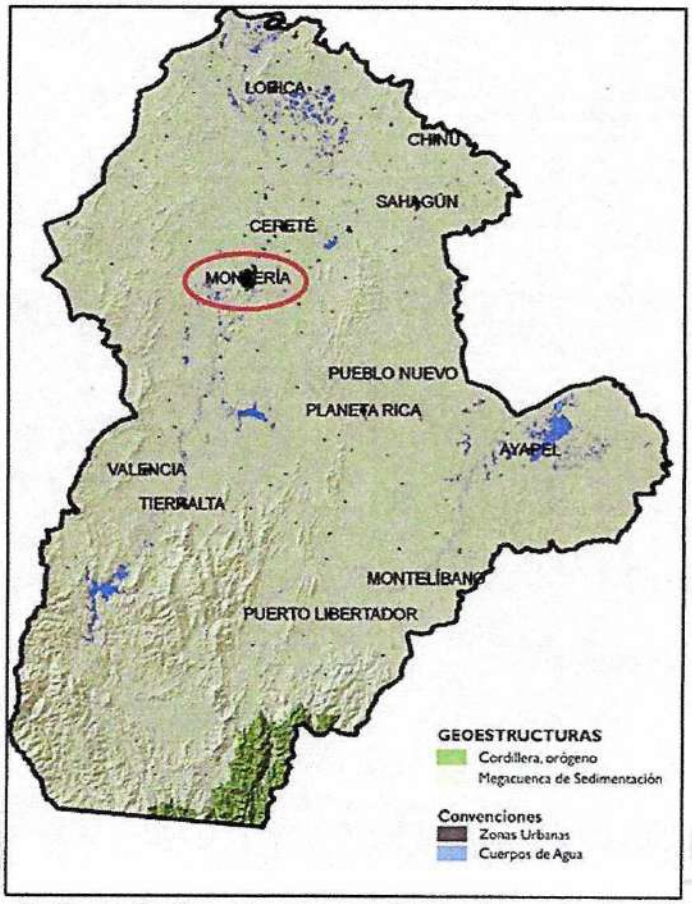


Figura 9. Mapa de Geoestructura del departamento de Córdoba.
Fuente: Estudio general de suelos y zonificación de tierras del Departamento de Córdoba, IGAC.

2.5. Clima.

El municipio de Montería dada su fisiografía y su posición en la llanura del caribe colombiano, se localiza con respecto a los vientos provenientes del mar en una posición de sotavento ocasionando climas predominantemente secos la mayor parte del año, con una alta humedad relativa por la presencia del río Sinú y sus sistemas de ciénagas y humedales, presenta lluvias con vientos (vendavales) en épocas húmedas y unos microrrelieves en las serranías de las Palomas y de San Carlos que se comportan como barloventos aumentando la nubosidad y la generación de lluvias.

El municipio de Montería posee una altura promedio de 18 msnm, con una precipitación media anual de 1200 mm.

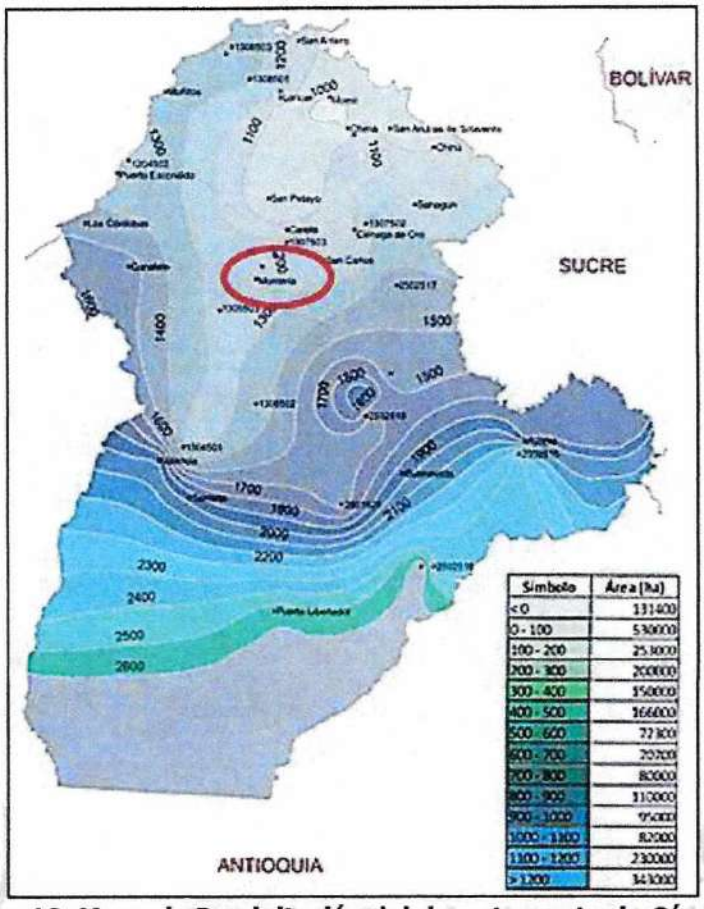


Figura 10. Mapa de Precipitación del departamento de Córdoba.
Fuente: Estudio general de suelos y zonificación de tierras del Departamento de Córdoba, IGAC.

El municipio presenta dos temporadas de lluvia: La primera es en parte de abril y mayo, y la segunda entre los meses de septiembre y noviembre; una temporada de menor intensidad de lluvias entre los meses de junio y agosto, y por último una temporada seca entre los meses de diciembre a marzo.

El promedio anual de la temperatura es de 26.90 °C, con un ligero aumento en los meses de marzo, abril y mayo. La Variación no es muy significativa, pues el 98.20% del territorio se encuentra en el piso térmico cálido. Por ello, puede considerarse que el promedio anual de 26.90 °C es representativo para el municipio de Montería.

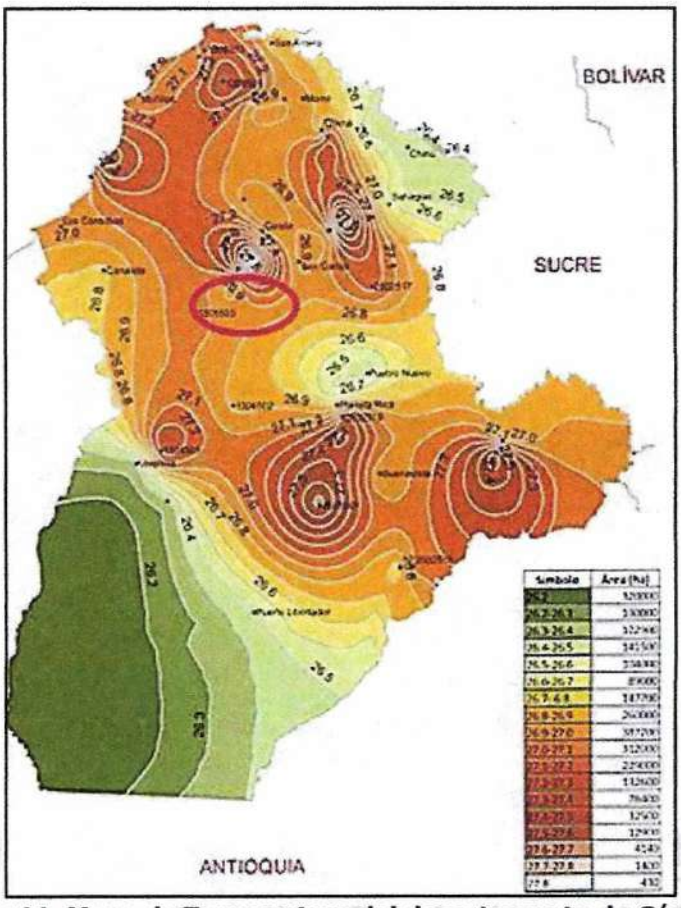


Figura 11. Mapa de Temperatura del departamento de Córdoba.
Fuente: Estudio general de suelos y zonificación de tierras del Departamento de Córdoba, IGAC.

El brillo solar anual varía entre 1.400 y 1.800 horas de luz.
La humedad ambiente (84.00%), se relaciona con el brillo solar y con los intensos procesos de evapotranspiración.

La evapotranspiración potencial (E.T.P.), presenta un área definida como de núcleo central regional del valle del Sinú que va desde Montería hasta el norte con un valor ubicado en el rango de 1700 - 1750 mm anuales decreciendo hacia las zonas extremas de la cuenca hasta los 1650 mm/año.

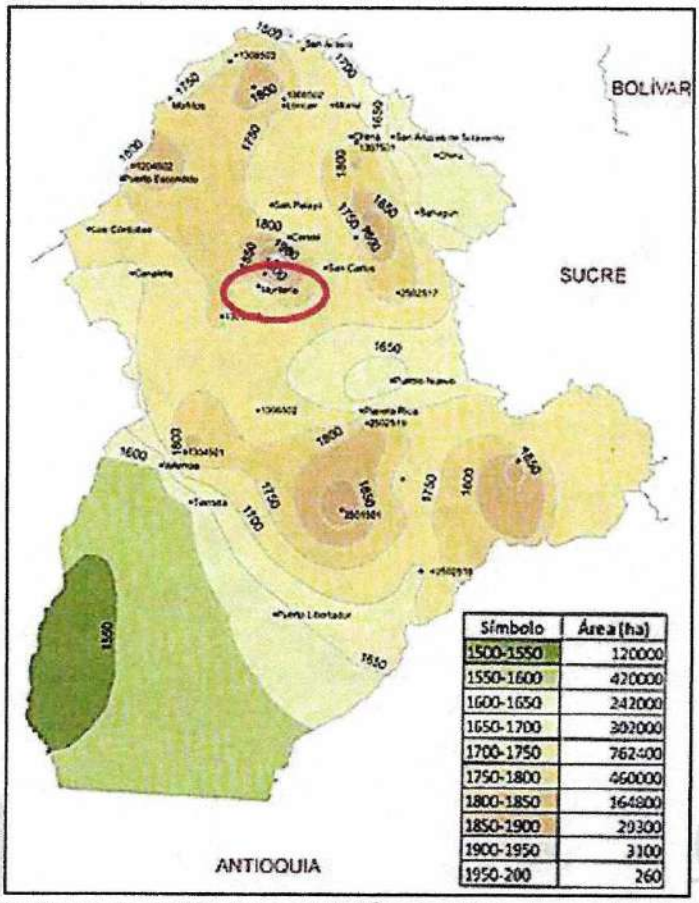


Figura 12. Mapa de Evapotranspiración del departamento de Córdoba.
Fuente: Estudio general de suelos y zonificación de tierras del Departamento de Córdoba, IGAC.

De acuerdo a la clasificación climática de Thornthwaite, el municipio presenta una franja alineada a lado y lado del plano de inundación del río en el clima cálido -seco; en el resto del área de Montería sigue siendo cálido, pero con un régimen de humedad semi-húmedo.

Estación	msnm	Precipitación (mm)	Temperatura (°C)	ETP (mm)	Déficit (mm)	Exceso (mm)	Piso Térmico	Clase Clima	Símbolo
Montería	18	1200	26,9	1711,4	558,0	46,6	Cálido	Seco	c-S

Tabla 1. Datos climáticos de la Estación Meteorológica Montería.
Fuente: Estudio general de suelos y zonificación de tierras del Departamento de Córdoba, IGAC.

2.6. Vegetación.

El municipio de Montería tiene área de su territorio dentro de la parte media y baja del río Sinú, la vegetación original ha sido completamente degradada sólo a pequeños

bosques o zonas de bosque de galería, por la transformación y/o adecuación de las tierras de los ecosistemas para extensas áreas de praderas para el desarrollo de sistemas pecuarios semi - intensivos y extensivos y la agricultura comercial y de subsistencia. A los alrededores del municipio se encuentra áreas agrícolas heterogéneas, áreas que presentan heterogeneidad en la cobertura, ya sea por condiciones locales de clima o de suelos que hacen difícil la separación de unidades cartográficas homogéneas, y pastos de territorios agrícolas que son tierras ocupadas principalmente para la producción de alimentos, fibras y otras materias primas industriales, ya sea que se encuentren con cultivos, con pastos, en rotación y en descanso o barbecho.

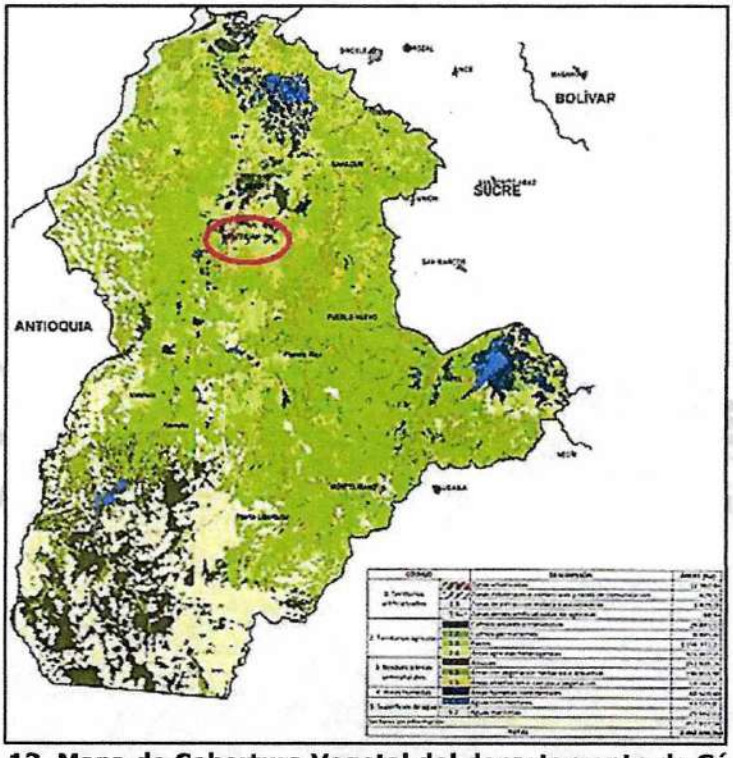


Figura 13. Mapa de Cobertura Vegetal del departamento de Córdoba.
Fuente: Estudio general de suelos y zonificación de tierras del Departamento de Córdoba, IGAC.

3. EVALUACIÓN DE LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE LAS ESTRUCTURAS.

3.1. Trabajo de campo.

Para la evaluación de la estructura existente se realizaron dos (2) ensayos de martillo de rebote en los pavimentos existentes.

Estructura	Ubicación
Pavimento existente 1	Carrera 14b con calle 35
Pavimento existente 2	Carrera 14b con calle 36
Pavimento existente 3	Carrera 14b con calle 37

Tabla 2. Ubicación de estructuras existentes.
Fuente: Elaborada por la presente consultoría.

3.1.1. Normatividad.

Se realiza el ensayo basado en la normatividad INVIAS 2013, sección 400 E-413-13, cuyo título reza "MÉTODO PARA DETERMINAR EL NUMERO DE REBOTE (ÍNDICE ESCLEROMÉTRICO) EN EL CONCRETO ENDURECIDO".

3.1.2. Registro fotográfico.

A continuación, se presenta un registro fotográfico del estado actual del pavimento:

- Pavimento existente 1, Carrera 14b con calle 35:



Registro fotográfico 1. Estado actual del pavimento.
Fuente: Elaborada por la presente consultoría.

- Pavimento existente 2, Carrera 14b con calle 36:



Registro fotográfico 2. Estado actual del pavimento.
Fuente: Elaborada por la presente consultoría.

- Pavimento existente 3, Carrera 14b con calle 37:



Registro fotográfico 3. Estado actual del pavimento.
Fuente: Elaborada por la presente consultoría.

Nota: *Se presenta el registro fotográfico de los pavimentos existentes en el anexo 2.*

3.2. Resultados de los ensayos.

Al realizar los ensayos se tienen los siguientes resultados:

- Pavimento existente 1, Carrera 14b con calle 35:

ELEMENTO	RESISTENCIA (P.S.I)	DISPERSIÓN (P.S.I)
PLACA PUNTO 1	5511	928
PLACA PUNTO 2	5076	906

Tabla 3. Resultados ensayos.
Fuente: Elaborada por la presente consultoría.

- Pavimento existente 2, Carrera 14b con calle 36:

ELEMENTO	RESISTENCIA (P.S.I)	DISPERSIÓN (P.S.I)
PLACA PUNTO 1	4931	899
PLACA PUNTO 2	5076	906

Tabla 4. Resultados ensayos.
Fuente: Elaborada por la presente consultoría.

- Pavimento existente 3, Carrera 14b con calle 37:

ELEMENTO	RESISTENCIA (P.S.I)	DISPERSIÓN (P.S.I)
PLACA PUNTO 1	5221	914
PLACA PUNTO 2	5067	906

Tabla 5. Resultados ensayos.
Fuente: Elaborada por la presente consultoría.

Nota: *Los ensayos se presentan en el anexo 1 del presente informe.*

PABLO CASTILLA NEGRETE
Ingeniero Civil
Especialista en mecánica de suelos y cimentaciones.
Especialista en ingeniería ambiental.
Especialista en Prevención, atención y reducción de desastres.
Especialista en gerencia para ingenieros.
M.P. 1320251172BLV
Montería, diciembre de 2021.

ANEXO 1.
ENSAYOS

PABLO CASTILLA NEGRETE
Estudios Geotécnicos y Ambientales

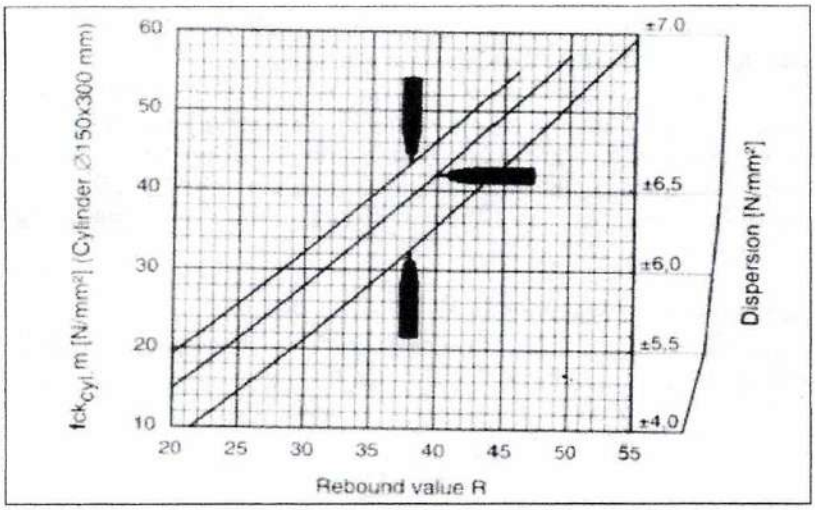
Consultorias Geotecnia y Ambiente	ENSAYO DE MARTILLO DE REBOTE	V3
FECHA DE EMISIÓN: 19 DE AGOSTO DE 2020	PROCESO: GESTIÓN DE MATERIALES	

PROYECTO: CONSTRUCCIÓN DE PAVIMENTO HIDRAULICO

LOCALIZACIÓN: PAVIMENTO EXISTENTE 1, CRA. 14B CON CALLE 35 BARRIO LA FLORESTA, MONTERIA

CONTRATISTA: MUNICIPIO DE MONTERIA

FECHA: DICIEMBRE DE 2021



ELEMENTO:	PAVIMENTO P1
POSICIÓN:	VERTICAL ↓
PRUEBA	LECTURA
1	36
2	34
3	40
4	30
5	30
6	34
7	36
8	40
9	38
10	30
11	36
12	34
PROMEDIO:	34,83
RESISTENCIA (N/mm2):	38,0
RESISTENCIA (P.S.I):	5511
DISPERSION (N/mm2)	6,40
DISPERSION (P.S.I):	928

ELEMENTO:	PAVIMENTO P2
POSICIÓN:	VERTICAL ↓
PRUEBA	LECTURA
1	30
2	28
3	32
4	33
5	36
6	32
7	30
8	32
9	33
10	32
11	33
12	34
PROMEDIO:	32,08
RESISTENCIA (N/mm2):	35,0
RESISTENCIA (P.S.I):	5076
DISPERSION (N/mm2)	6,25
DISPERSION (P.S.I):	906

Ing. Civil NATHALIA HERNANDEZ R.
M.P. 22202166765COR

Ing. de control PABLO CASTILLA NEGRETE
M.P. 1320251172BLV

E-Mail: Consultoriasgeotecniayambiente@gmail.com
Teléfono-Celular: 781 6379 - 300 018 1960

444

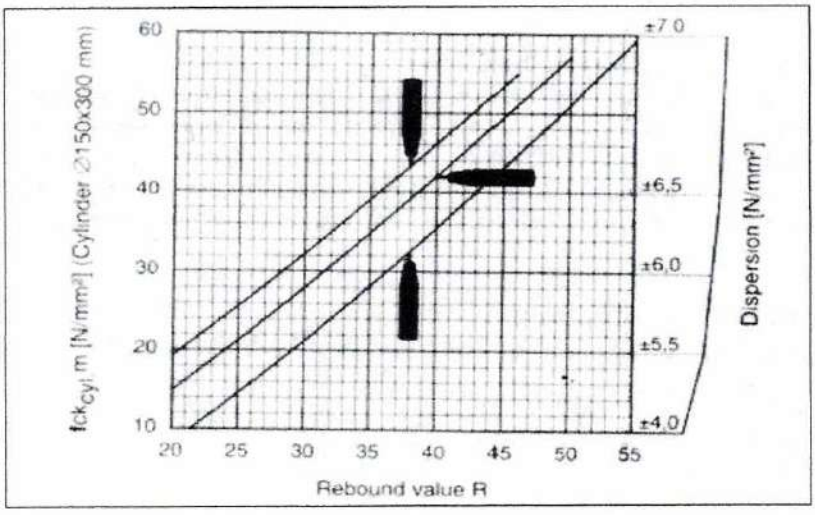
Consultorias Geotecnia y Ambiente	ENSAYO DE MARTILLO DE REBOTE	V3
FECHA DE EMISIÓN: 19 DE AGOSTO DE 2020	PROCESO: GESTIÓN DE MATERIALES	

PROYECTO: CONSTRUCCIÓN DE PAVIMENTO HIDRAULICO

LOCALIZACIÓN: PAVIMENTO EXISTENTE 2, CRA. 14B CON CALLE 36
BARRIO LA FLORESTA, MONTERIA

CONTRATISTA: MUNICIPIO DE MONTERIA

FECHA: DICIEMBRE DE 2021



ELEMENTO:	PAVIMENTO P1
POSICIÓN:	VERTICAL ⬇
PRUEBA	LECTURA
1	30
2	28
3	30
4	34
5	32
6	30
7	36
8	34
9	34
10	30
11	28
12	28
PROMEDIO:	31,17
RESISTENCIA (N/mm2):	34,0
RESISTENCIA (P.S.I):	4931
DISPERSION (N/mm2)	6,20
DISPERSION (P.S.I):	899

ELEMENTO:	PAVIMENTO P2
POSICIÓN:	VERTICAL ⬇
PRUEBA	LECTURA
1	36
2	32
3	34
4	30
5	36
6	28
7	30
8	30
9	32
10	34
11	32
12	32
PROMEDIO:	32,17
RESISTENCIA (N/mm2):	35,0
RESISTENCIA (P.S.I):	5076
DISPERSION (N/mm2)	6,25
DISPERSION (P.S.I):	906

Ing. Civil NATHALIA HERNANDEZ R.
M.P. 22202166765COR

Ing. de control PABLO CASTILLA NEGRETE
M.P. 1320251172BLV

E-Mail: Consultoriasgeotecniayambiente@gmail.com
Teléfono-Celular: 781 6379 - 300 018 1960

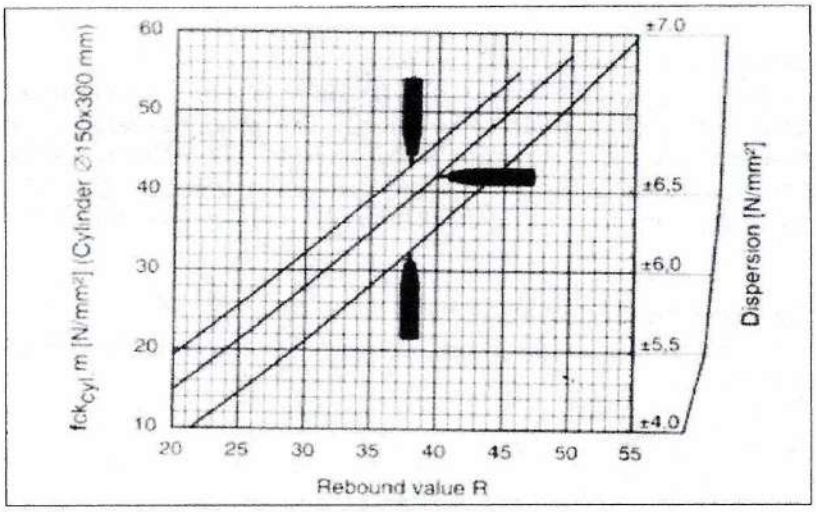
Consultorias Geotecnia y Ambiente	ENSAYO DE MARTILLO DE REBOTE	V3
FECHA DE EMISIÓN: 19 DE AGOSTO DE 2020	PROCESO: GESTIÓN DE MATERIALES	

PROYECTO: CONSTRUCCIÓN DE PAVIMENTO HIDRAULICO

LOCALIZACIÓN: PAVIMENTO EXISTENTE 3, CRA. 14B CON CALLE 37 BARRIO LA FLORESTA, MONTERIA

CONTRATISTA: MUNICIPIO DE MONTERIA

FECHA: DICIEMBRE DE 2021



ELEMENTO:	PAVIMENTO P1
POSICIÓN:	VERTICAL ↓
PRUEBA	LECTURA
1	32
2	34
3	36
4	30
5	30
6	28
7	30
8	32
9	34
10	34
11	36
12	36
PROMEDIO:	32,67
RESISTENCIA (N/mm2):	36,0
RESISTENCIA (P.S.I):	5221
DISPERSION (N/mm2)	6,30
DISPERSION (P.S.I):	914

ELEMENTO:	PAVIMENTO P2
POSICIÓN:	VERTICAL ↓
PRUEBA	LECTURA
1	30
2	32
3	36
4	34
5	34
6	32
7	28
8	28
9	30
10	32
11	36
12	35
PROMEDIO:	32,25
RESISTENCIA (N/mm2):	35,0
RESISTENCIA (P.S.I):	5076
DISPERSION (N/mm2)	6,25
DISPERSION (P.S.I):	906

Ing. Civil NATHALIA HERNANDEZ R.
M.P. 22202166765COR

Ing. de control PABLO CASTILLA NEGRETE
M.P. 1320251172BLV

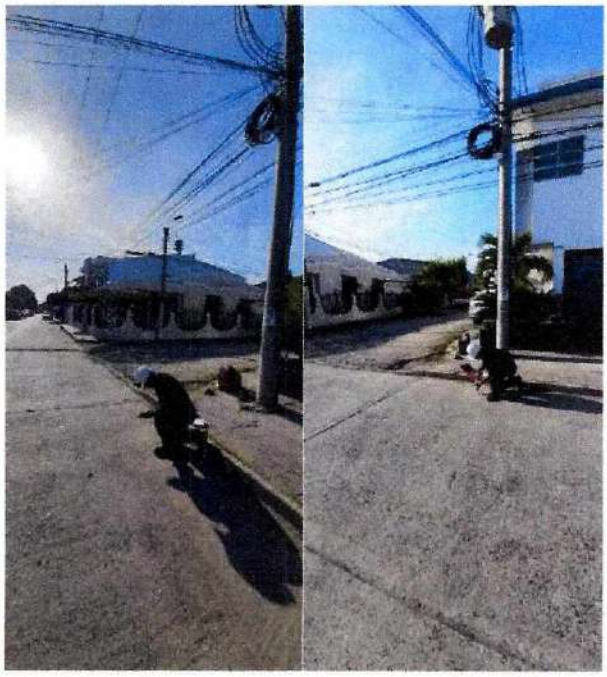
E-Mail: Consultoriasgeotecniayambiente@gmail.com
Teléfono-Celular: 781 6379 - 300 018 1960

ANEXO 2.
REGISTRO FOTOGRÁFICO

PABLO CASTILLA NEGRETE
Estudios Geotécnicos y Ambientales

ANEXO 2. REGISTRO FOTOGRAFICO

- Pavimento existente 1, Carrera 14b con calle 35:



- Pavimento existente 2, Carrera 14b con calle 36:



- Pavimento existente 3, Carrera 14b con calle 37:



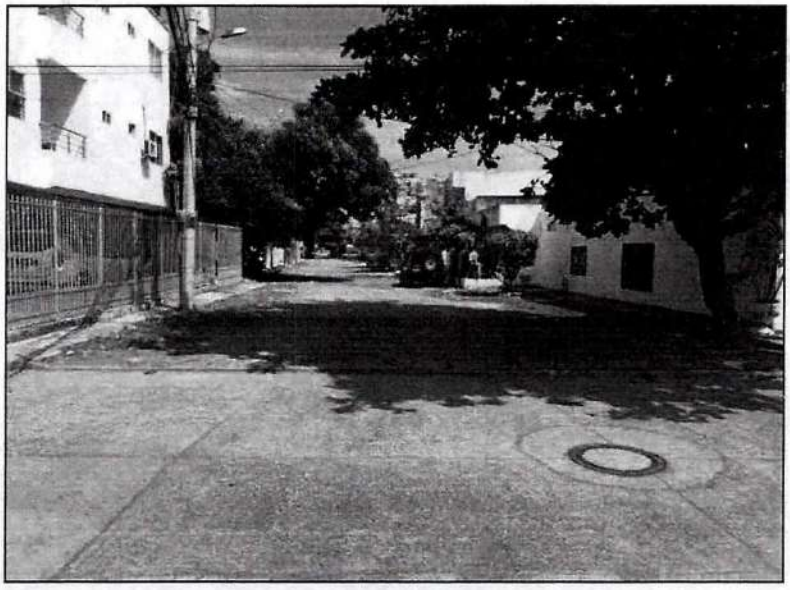
ESTUDIOS HIDROLÓGICOS E HIDRÁULICOS

999

PABLO CASTILLA NEGRETE

Estudios Geotécnicos y Ambientales

ESTUDIO HIDROLÓGICO E HIDRÁULICO PARA LA CONSTRUCCIÓN DE PAVIMENTO EN CONCRETO HIDRÁULICO DE LA VÍA EN EL BARRIO LA FLORESTA EN EL MUNICIPIO DE MONTERÍA, DEPARTAMENTO DE CÓRDOBA.



I.C. PABLO CASTILLA NEGRETE.

ESPECIALISTA EN MECÁNICA DE SUELOS Y CIMENTACIONES

ESPECIALISTA EN INGENIERÍA AMBIENTAL

ESPECIALISTA EN PREVENCIÓN, ATENCIÓN Y REDUCCIÓN DE DESASTRES

ESPECIALISTA EN GERENCIA PARA INGENIEROS

MONTERÍA - 2021

TABLA DE CONTENIDO

INTRODUCCIÓN. 7

1. OBJETIVOS Y ALCANCES. 11

1.1. Objetivos. 11
- Objetivo general. 11
- Objetivos específicos. 11

1.2. Alcances. 11

2. GENERALIDADES. 11

2.1. Generalidades del municipio. 11
2.2. Geología. 13
2.3. Geomorfología. 16
2.4. Geoestructura y ambiente morfométrico. 17
2.5. Clima. 18
2.6. Vegetación. 22

3. RECOPILACIÓN Y ANÁLISIS DE INFORMACIÓN EXISTENTE. 23

4. METODOLOGÍA. 23

5. ANÁLISIS HIDROLÓGICO. 23

5.1. Precipitación. 23
- Análisis de la calidad de los datos o validación estadística. 24
- Precipitaciones anuales. 31
- Precipitación mensual 34
- Análisis de frecuencia: precipitación. 36

5.2. Determinación del caudal. 38
- Análisis de caudales (Método racional) 38
- Coeficiente de escorrentía. 39
- Intensidad. 40
- Periodo de retorno. 43
- Tiempo de concentración. 44
- Área de drenaje. 45

6. ANÁLISIS HIDRÁULICO. 45
6.1. Capacidad hidráulica de la vía. 45

- El número de Manning. 46

7. RESULTADOS Y MEMORIAS DE CÁLCULO. 47

7.1. Tramos de la vía de acuerdo con el ancho de calzada 47
7.2. Planta y Perfil Longitudinal de la vía. 47
7.3. Áreas de drenaje y sentidos de flujo. 49
7.4. Caudal de diseño. 51
7.5. Evaluación de la capacidad hidráulica de la vía 52

8. CONCLUSIONES 54

9. RECOMENDACIONES 54

10. BIBLIOGRAFÍA. 55

11. LIMITACIONES DEL ESTUDIO. 55

PABLO CASTILLA NEGRETE
Estudios Geotécnicos y Ambientales

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Localización del proyecto en el municipio de Montería. 7
Figura 2. Localización del proyecto en el barrio del municipio. 8
Figura 3. Localización del municipio de Montería en el departamento de Córdoba..... 12
Figura 4. Mapa subregiones del departamento de Córdoba. 13
Figura 5. Mapa de regiones geotectónicas del departamento de Córdoba..... 14
Figura 6. Mapa geológico del municipio de Montería. 15
Figura 7. Perfil tipo de depósitos aluviales..... 16
Figura 8. Unidades de paisaje del departamento de Córdoba. 17
Figura 9. Mapa de Geoestructura del departamento de Córdoba..... 18
Figura 10. Mapa de Precipitación del departamento de Córdoba. 19
Figura 11. Mapa de Temperatura del departamento de Córdoba. 20
Figura 12. Mapa de Evapotranspiración del departamento de Córdoba..... 21
Figura 13. Mapa de Cobertura Vegetal del departamento de Córdoba. 22
Figura 14. Localización estaciones en el municipio de Montería. 24
Figura 15. Vista en planta de la vía..... 48
Figura 16. Perfil longitudinal Abscisas K0+000 hasta K0+985.61 48
Figura 17. Áreas de drenaje. 49
Figura 18. Sentidos de flujo. 50

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Nomenclatura de tramos. 8

Tabla 2. Datos climáticos de la Estación Meteorológica Montería. 21

Tabla 3. Estaciones pluviométricas. 24

Tabla 4. Precipitaciones anuales y precipitaciones anuales acumuladas de las Estaciones Meteorológicas Aeropuerto Los Garzones, Sabanal y Boca de la Ceiba. 27

Tabla 5. Módulos Pluviométricos Anuales. 27

Tabla 6. Variación de los módulos pluviométrico con respecto al promedio. 28

Tabla 7. Análisis de dobles masas. 30

Tabla 8. Comportamiento estadístico de la precipitación anual para la estación boca de la Ceiba. 33

Tabla 9. Valores de precipitación media mensual (mm) Estación Bocas de la Ceiba (1979 – 2017). 34

Tabla 10.Ajustes de distribución de probabilidad. 37

Tabla 11. Prueba de bondad de Ajuste KOLMOROGOV-SMIRNOV. 38

Tabla 12. Valores coeficiente de escorrentía. 40

Tabla 13. Valores de precipitación máxima en 24 horas a nivel multianual estación Bocas de la Ceiba. 42

Tabla 14. Periodos de retorno de diseño en obras de drenaje vial. 43

Tabla 15. Coeficiente de retardo. 44

Tabla 16. Coeficiente de Manning. 47

Tabla 17. Tramos de la vía acuerdo con el ancho de calzada. 47

Tabla 18. Resumen del cálculo de áreas. 51

Tabla 19. Resumen del cálculo de caudales..... 52

Tabla 20. Evaluación hidráulica de los tramos en estudio. 53

Tabla 21. Tramos de la vía acuerdo con el ancho de calzada..... 54

PABLO CASTILLA NEGRETE
Estudios Geotécnicos y Ambientales

LISTA DE GRÁFICAS

Gráfica 1. Verificación de la homogeneidad de datos pluviométricos: Precipitaciones anuales y precipitaciones anuales acumuladas de las Estaciones Meteorológicas Aeropuerto Los Garzones, Sabanal y Boca de la Ceiba. 29

Gráfica 2. Verificación de la homogeneidad de datos pluviométricos ajustados: Precipitaciones anuales y precipitaciones anuales acumuladas de las Estaciones Meteorológicas Aeropuerto Los Garzones, Sabanal y Boca de la Ceiba. 31

Gráfica 3. Histograma de valores totales anuales de precipitación, estación Bocas de la Ceiba 34

Gráfica 4. Precipitación media mensual según las estaciones de análisis. 35

Gráfica 5. Valores precipitaciones multianuales estación bocas de la Ceiba 35

Gráfica 6. Ajustes de distribución de probabilidad de la estación Bocas de la ceiba. .. 37

Gráfica 7. Curvas IDF estación Bocas de la Ceiba 41

PABLO CASTILLA NEGRETE
Estudios Geotécnicos y Ambientales

ESTUDIO HIDROLÓGICO E HIDRÁULICO PARA LA CONSTRUCCIÓN DE PAVIMENTO EN CONCRETO HIDRÁULICO DE LA VÍA EN EL BARRIO LA FLORESTA EN EL MUNICIPIO DE MONTERÍA, DEPARTAMENTO DE CÓRDOBA.

INTRODUCCIÓN.

De acuerdo con la solicitud presentada por el MUNICIPIO DE MONTERÍA, se realizó el estudio hidrológico e hidráulico para la construcción de pavimento en concreto hidráulico en la carrera 14B, entre la calle 34A y calle 38 en el barrio La Floresta en el municipio de Montería, departamento de Córdoba.

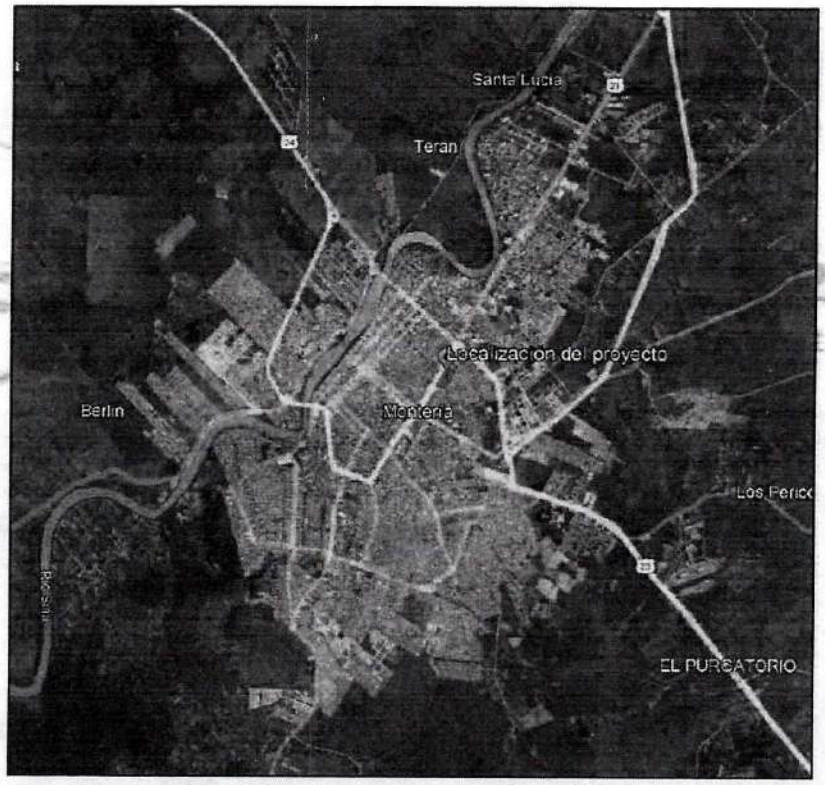


Figura 1. Localización del proyecto en el municipio de Montería. Fuente: Google Earth.

957



Figura 2. Localización del proyecto en el barrio del municipio.
Fuente: Google Earth.

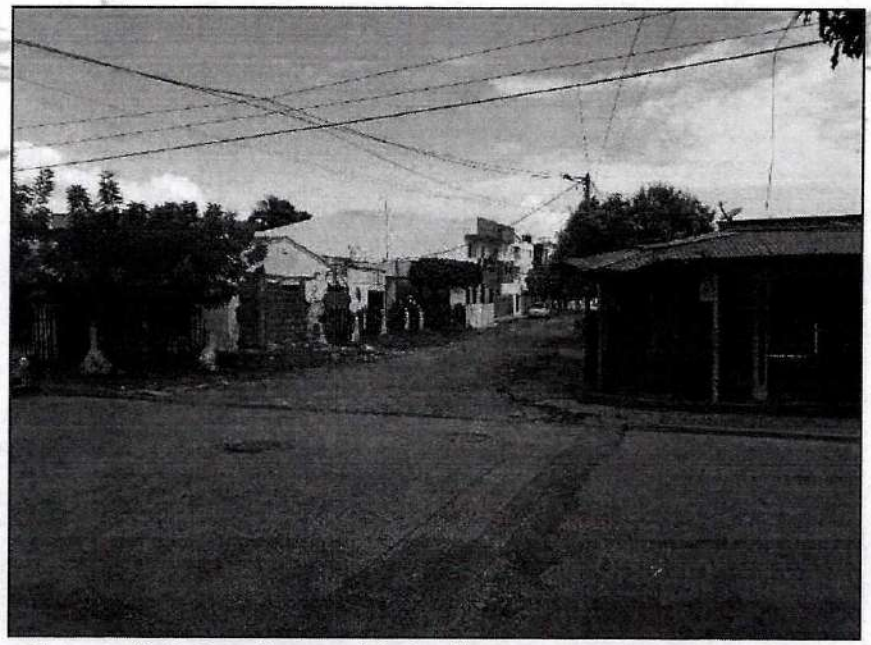
Se proyecta en total la construcción de una vía en pavimento hidráulico:

Dirección	Longitud (m)
Cra 14B entre Calle 34A y 38	304.62

Tabla 1. Nomenclatura de tramos.
Fuente. Elaborado por la presente consultoría.



Fotografía 1. Estado actual de la vía Cra 14B entre Calle 34A y 35.
Fuente. Elaborado por la presente consultoría.



Fotografía 2. Estado actual de la vía Cra 14B entre Calle 35 y 36.
Fuente. Elaborado por la presente consultoría.



Fotografía 3. Estado actual de la vía Cra 14B entre Calle 36 y 37.
Fuente. Elaborado por la presente consultoría.



Fotografía 4. Estado actual de la vía Cra 14B entre Calle 37 y 38.
Fuente. Elaborado por la presente consultoría.

Los tramos para intervenir se encuentran actualmente sin pavimentar no presentan ninguna estructura hidráulica existente.

1. OBJETIVOS Y ALCANCES.

1.1. Objetivos.

- **Objetivo general.**

Realizar el estudio hidrológico e hidráulico para la construcción de pavimento en concreto hidráulico en la carrera 14B, entre la calle 34A y calle 38 en el barrio La Floresta en el municipio de Montería, departamento de Córdoba.

- **Objetivos específicos.**

  - Realizar el análisis hidrológico de la zona de acuerdo con las series de precipitaciones para la estación más cercanas al proyecto.
  - Estimar el área de drenaje y los caudales para diferentes periodos de retorno, según las estructuras proyectadas.
  - Realizar la modelación hidráulica de las estructuras necesarias, para el buen funcionamiento del drenaje de las vías.

PABLO CASTILLA NEGRETE
Estudios Geotécnicos y Ambientales

1.2. Alcances.

En el presente informe se realiza el análisis de precipitaciones de la zona de estudio, el cual permite realizar una estimación de los caudales de diseño de las obras hidráulicas necesarias para el buen funcionamiento de la vía, a través de los métodos lluvia – escorrentía – y métodos empíricos.
Se realiza además la modelación hidráulica de las estructuras proyectadas con los caudales obtenidos en el análisis hidrológico, conforme a los marcos legales, la normatividad vigente y condiciones puntuales de cada tramo de estudio.

2. GENERALIDADES.

2.1. Generalidades del municipio.

El municipio de Montería está situado en la zona centro del departamento de Córdoba, correspondiente a las tierras planas y ligeramente onduladas, de los valles de los ríos

San Jorge y Sinú, entre las coordenadas 08° 45´27" de latitud Norte y 75° 53´24" de longitud Oeste, cubre un área total de 3141 Km^2.

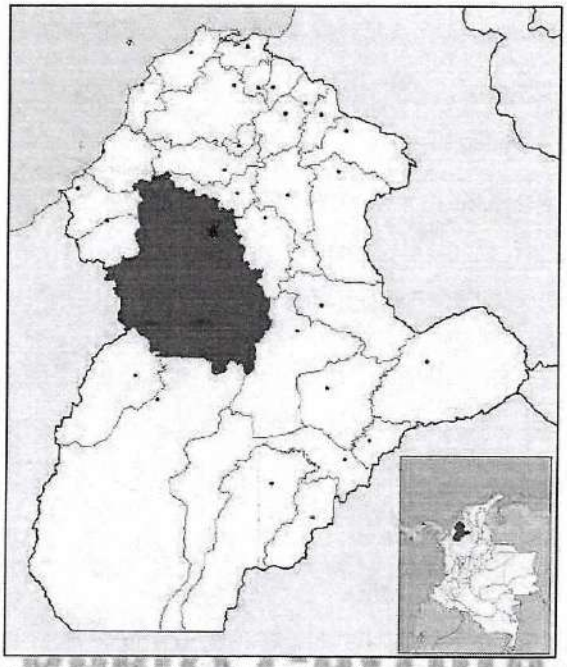


Figura 3. Localización del municipio de Montería en el departamento de Córdoba. Fuente: Wikipedia, la enciclopedia libre. "Montería", [En línea]. Julio de 2013, [julio de 2013]. Disponible en la web: https://es.wikipedia.org/wiki/Monter%C3%ADa.

Limita al Norte con el municipio de Cereté, Puerto Escondido y San Pelayo; al este con San Carlos y Planeta Rica; al sur con Tierralta y Valencia; al oeste con el departamento de Antioquia y los municipios de Canalete y San Carlos.



Figura 4. Mapa subregiones del departamento de Córdoba.
Fuente: Estudio general de suelos y zonificación de tierras del Departamento de Córdoba, IGAC.

2.2. Geología.

El municipio de Montería hace parte de la unidad estratigráfica del Cinturón de San Jacinto y las unidades litoestratigráficas del anticlinorio de San Jerónimo conformado por rocas ígneas y rocas sedimentarias.

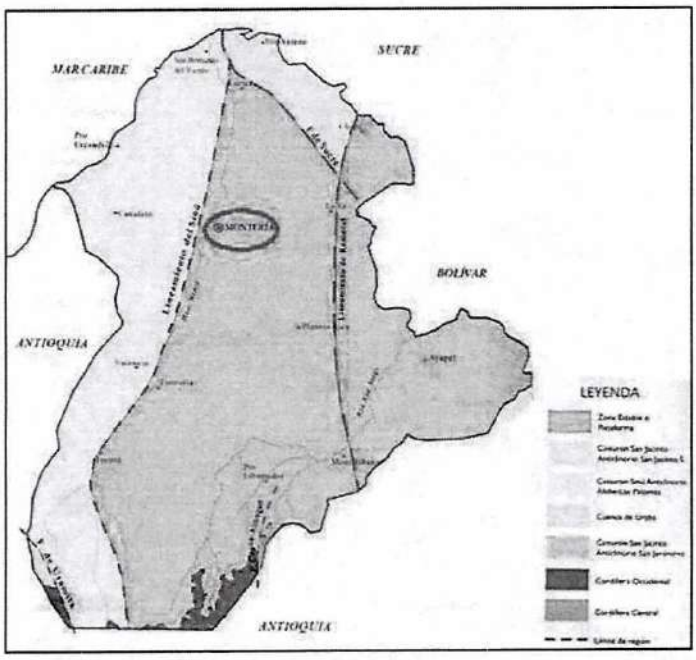


Figura 5. Mapa de regiones geotectónicas del departamento de Córdoba.
Fuente: Estudio general de suelos y zonificación de tierras del Departamento de Córdoba, IGAC.

PABLO CASTILLA NEGRETE

La zona donde se encuentra ubicada el proyecto hace parte de la formación geológica Q-al, correspondiente a depósitos aluviales y llanuras aluviales, como se observa en la siguiente figura:

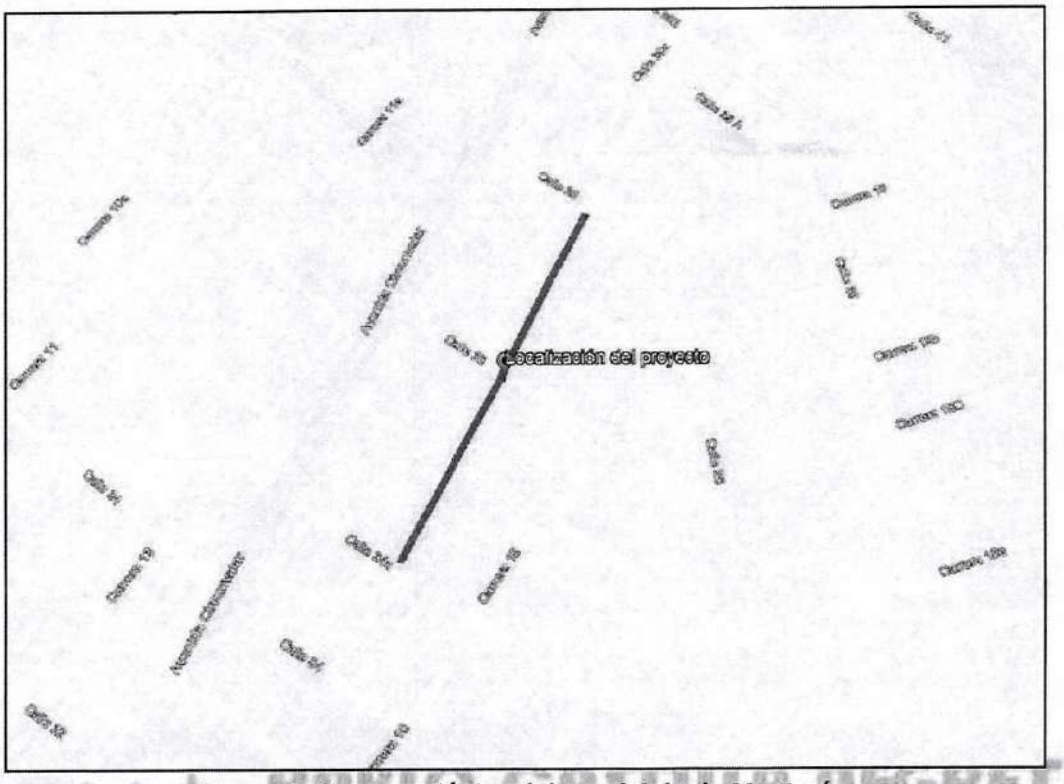


Figura 6. Mapa geológico del municipio de Montería.
Fuente: Instituto Geográfico Agustín Codazzi.

PABLO CASTILLA NEGRETE
Estudios Geotécnicos y Ambientales

Q-al

Depósitos aluviales y llanuras aluviales.

Los depósitos aluviales son suelos anisotrópicos en su distribución, con propiedades geotécnicas altamente variables, estrechamente relacionadas con la granulometría. Su continuidad es irregular, pudiendo tener altos contenidos en materia orgánica en determinados medios. La permeabilidad depende de la granulometría. Generalmente presentan un nivel freático alto.

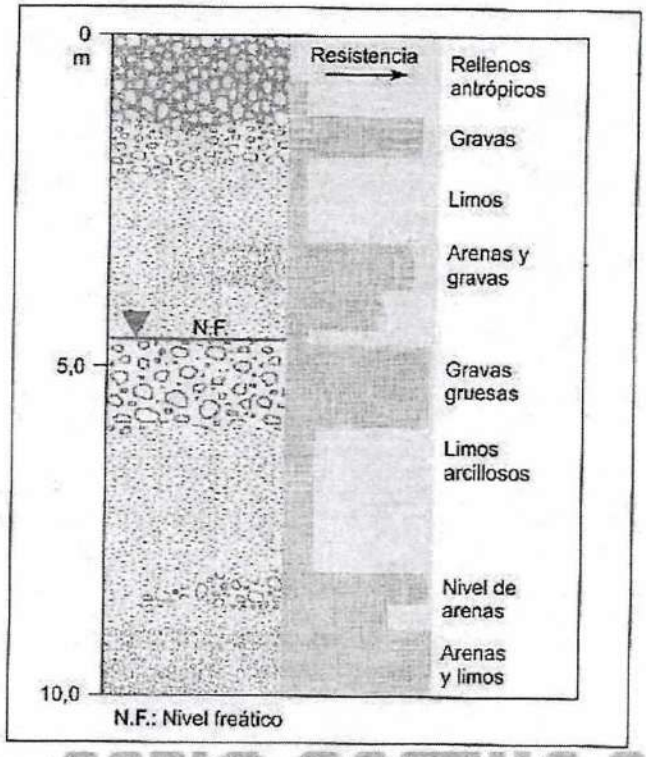


Figura 7. Perfil tipo de depósitos aluviales.
Fuente: González Vallejo, "Ingeniería geológica", editorial: PRENTICE HALL.

PABLO CASTILLA NEGRETE
Estudios Geotécnicos y Ambientales

2.3. Geomorfología.

El río Sinú se caracteriza por formar valles aluviales amplios, entre los cuales está el depósito aluvial del municipio de Montería el cual aflora desde el corregimiento de Santa Isabel, hasta la población de El Vidrial al norte de Montería, donde se forman las zonas planas de gran extensión que incluye las ciudades de Montería y Cereté.

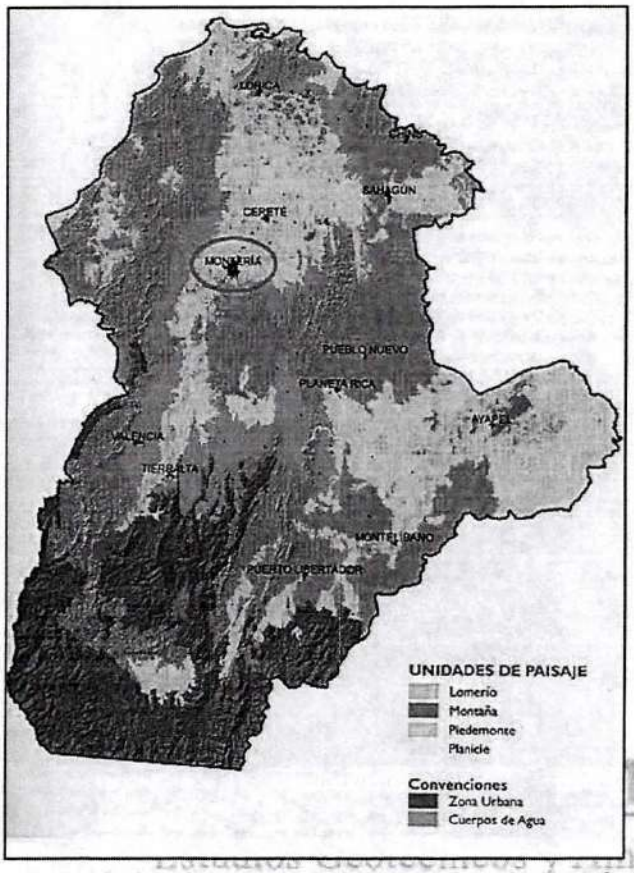


Figura 8. Unidades de paisaje del departamento de Córdoba.
Fuente: Estudio general de suelos y zonificación de tierras del Departamento de Córdoba, IGAC.

El sitio de construcción del proyecto corresponde a un paisaje tipo planicie, con un relieve de plano de inundación y terrazas, con una litología de sedimentos medios y finos.

El paisaje de planicie es una geoforma caracterizada por ser una zona amplia y plana a ligeramente plana, cuyas pendientes son menores a 3.00%. Corresponde a los diferentes aportes de origen aluvial, marino o eólico.

2.4. Geoestructura y ambiente morfométrico.

El municipio de Montería se localiza en la geoestructura correspondiente a la megacuenca de sedimentación ubicada al norte y occidente de la cordillera y se extiende hasta el mar caribe, cubriendo 23.788,87 Km^2, lo que equivale al 95.40% del territorio

del departamento de Córdoba. Geográficamente a esta pertenecen las serranías de Abibe, San Jerónimo, y Ayapel.

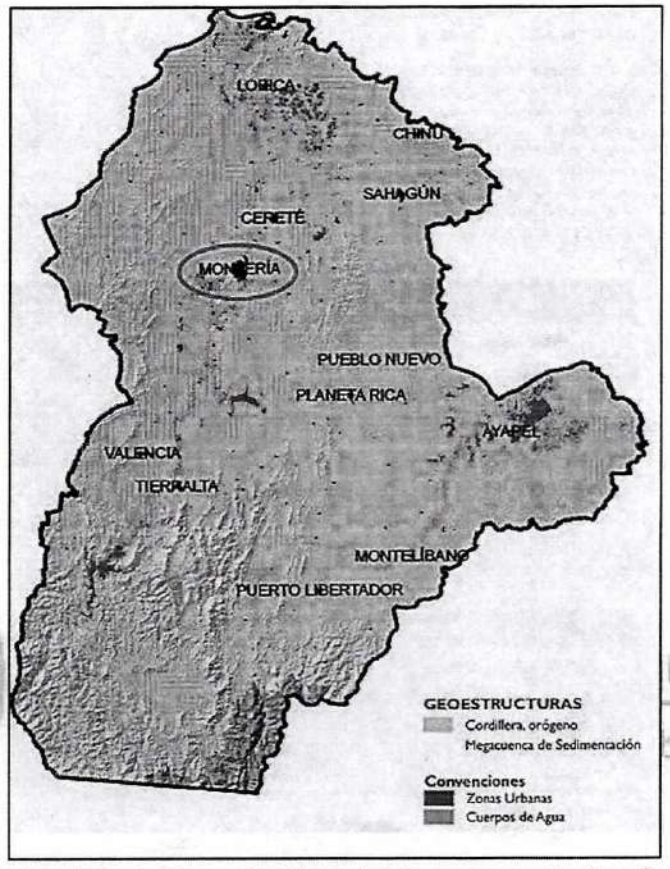


Figura 9. Mapa de Geoestructura del departamento de Córdoba.
Fuente: Estudio general de suelos y zonificación de tierras del Departamento de Córdoba, IGAC.

2.5. Clima.

El municipio de Montería dada su fisiografía y su posición en la llanura del caribe colombiano, se localiza con respecto a los vientos provenientes del mar en una posición de sotavento ocasionando climas predominantemente secos la mayor parte del año, con una alta humedad relativa por la presencia del río Sinú y sus sistemas de ciénagas y humedales, presenta lluvias con vientos (vendavales) en épocas húmedas y unos micro relieves en las serranías de las Palomas y de San Carlos que se comportan como barloventos aumentando la nubosidad y la generación de lluvias.

El municipio de Montería posee una altura promedio de 18 msnm, con una precipitación media anual de 1200 mm.

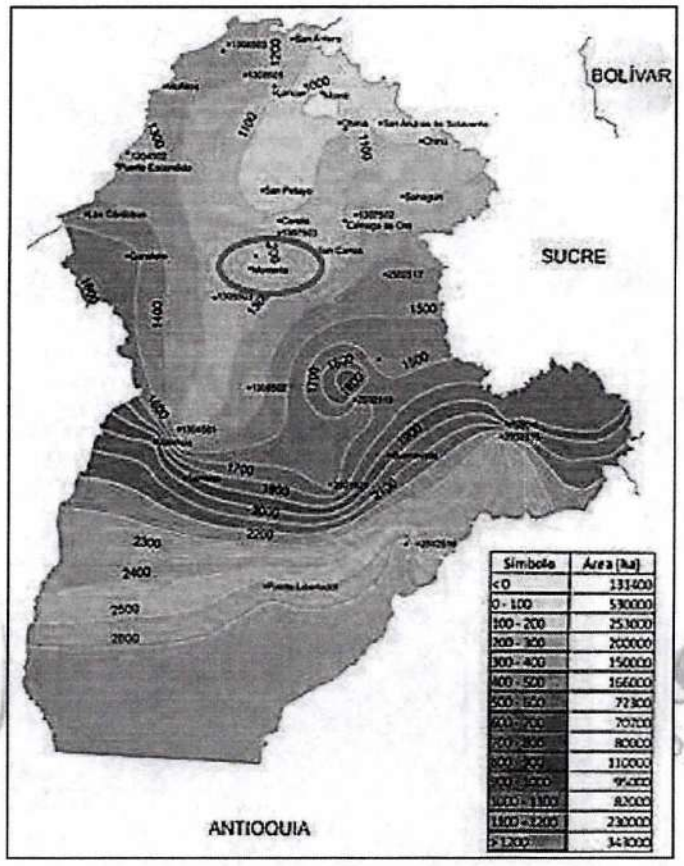


Figura 10. Mapa de Precipitación del departamento de Córdoba.
Fuente: Estudio general de suelos y zonificación de tierras del Departamento de Córdoba, IGAC.

El municipio presenta dos temporadas de lluvia: La primera es en parte de abril y mayo, y la segunda entre los meses de septiembre y noviembre; una temporada de menor intensidad de lluvias entre los meses de junio y agosto, y por último una temporada seca entre los meses de diciembre a marzo.

El promedio anual de la temperatura es de 26.90 °C, con un ligero aumento en los meses de marzo, abril y mayo. La Variación no es muy significativa, pues el 98.20% del territorio se encuentra en el piso térmico cálido. Por ello, puede considerarse que el promedio anual de 26.90 °C es representativo para el municipio de Montería.

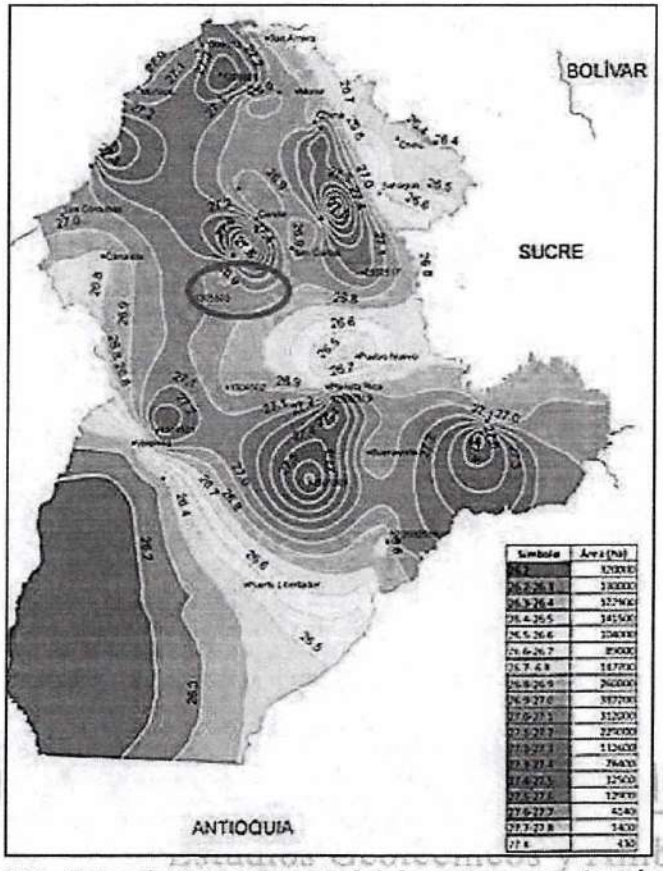


Figura 11. Mapa de Temperatura del departamento de Córdoba.
Fuente: Estudio general de suelos y zonificación de tierras del Departamento de Córdoba, IGAC.

El brillo solar anual varía entre 1.400 y 1.800 horas de luz.
La humedad ambiente (84.00%), se relaciona con el brillo solar y con los intensos procesos de evapotranspiración.

La evapotranspiración potencial (E.T.P.), presenta un área definida como de núcleo central regional del valle del Sinú que va desde Montería hasta el norte con un valor ubicado en el rango de 1700 - 1750 mm anuales decreciendo hacia las zonas extremas de la cuenca hasta los 1650 mm/año.

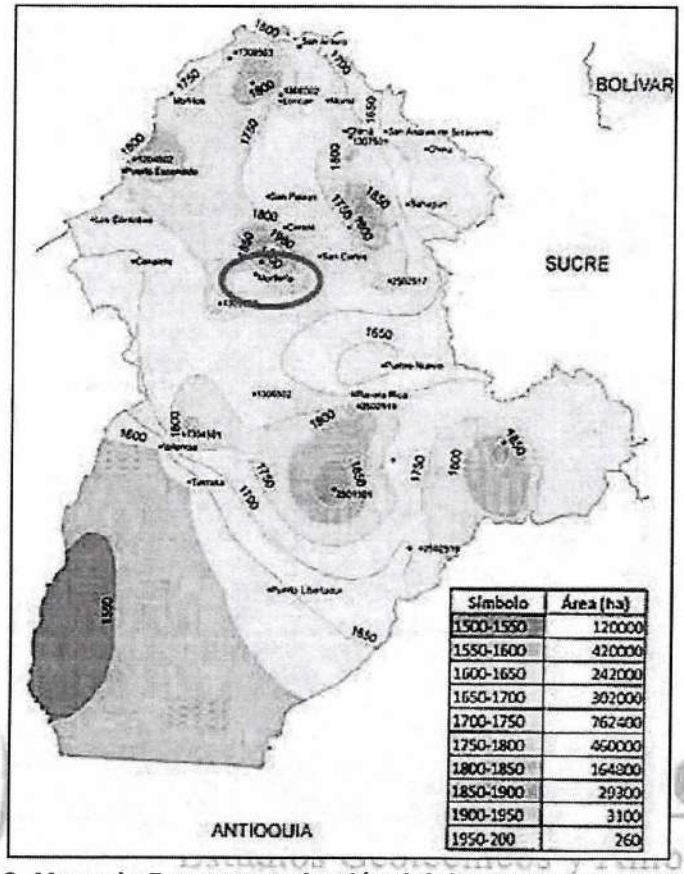


Figura 12. Mapa de Evapotranspiración del departamento de Córdoba.
Fuente: Estudio general de suelos y zonificación de tierras del Departamento de Córdoba, IGAC.

De acuerdo con la clasificación climática de Thornthwaite, el municipio presenta una franja alineada a lado y lado del plano de inundación del río en el clima cálido -seco; en el resto del área de Montería sigue siendo cálido, pero con un régimen de humedad semi-húmedo.

Estación	msnm	Precipitación (mm)	Temperatura (°C)	ETP (mm)	Déficit (mm)	Exceso (mm)	Piso Térmico	Clase Clima	Símbolo
Montería	18	1200	26,9	1711,4	558,0	46,6	Cálido	Seco	c-S

Tabla 2. Datos climáticos de la Estación Meteorológica Montería.
Fuente: Estudio general de suelos y zonificación de tierras del Departamento de Córdoba, IGAC.

2.6. Vegetación.

El municipio de Montería tiene área de su territorio dentro de la parte media y baja del río Sinú, la vegetación original ha sido completamente degradada sólo a pequeños bosques o zonas de bosque de galería, por la transformación y/o adecuación de las tierras de los ecosistemas para extensas áreas de praderas para el desarrollo de sistemas pecuarios semi - intensivos y extensivos y la agricultura comercial y de subsistencia. A los alrededores del municipio se encuentra áreas agrícolas heterogéneas, áreas que presentan heterogeneidad en la cobertura, ya sea por condiciones locales de clima o de suelos que hacen difícil la separación de unidades cartográficas homogéneas, y pastos de territorios agrícolas que son tierras ocupadas principalmente para la producción de alimentos, fibras y otras materias primas industriales, ya sea que se encuentren con cultivos, con pastos, en rotación y en descanso o barbecho.

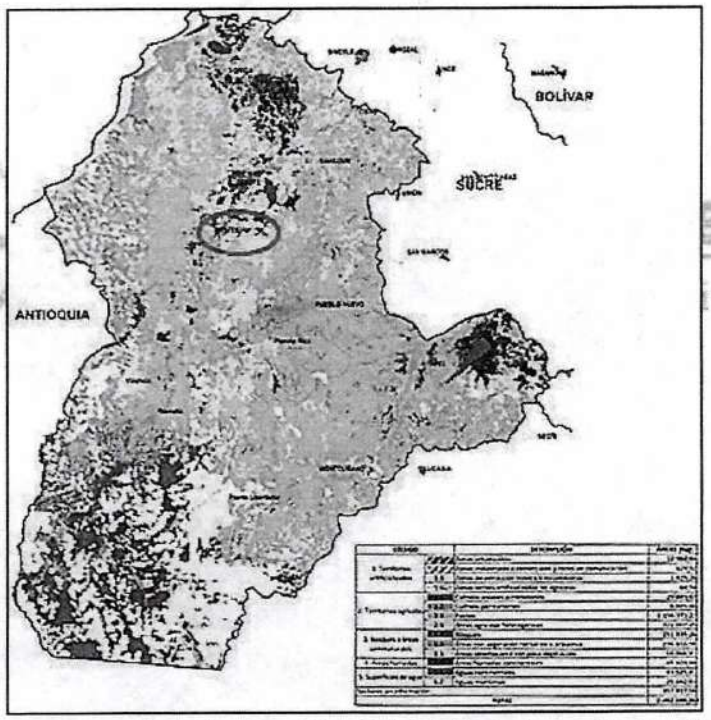


Figura 13. Mapa de Cobertura Vegetal del departamento de Córdoba.
Fuente: Estudio general de suelos y zonificación de tierras del Departamento de Córdoba, IGAC.

3. RECOPILACIÓN Y ANÁLISIS DE INFORMACIÓN EXISTENTE.

Para llevar a cabo el presente estudio, se recopiló la siguiente información:

- **Datos de precipitación media mensual y máxima en 24 horas de las estaciones cercanas del IDEAM:** Los datos de precipitación corresponden a la estación más cercana que en este caso corresponden a las estaciones Sabanal, Aeropuerto Los Garzones y Bocas de la Ceiba localizadas en el municipio de Montería.
- **Diseño geométrico de la vía:** Este diseño fue realizado por la presente consultoría, en ella se detallan las secciones transversales, vista en planta y perfil longitudinal de la vía en condiciones actuales y proyectadas, lo cual permite realizar los estudios de las obras de drenaje en concordancia con el diseño geométrico.

4. METODOLOGÍA.

Para la realización del presente estudio se lleva a cabo la siguiente metodología:

PABLO CASTILLA NEGRETE
Estudios Geotécnicos y Ambientales

- Inicialmente se realiza una visita a campo para inspeccionar la zona e identificar las estructuras hidráulicas existentes.

- Se realiza una revisión de los estudios anteriormente realizados y se recopila para este caso toda la información necesaria para el cálculo del caudal, es decir, áreas de drenaje, tiempos de concentración, etc.

- Con las características del área de drenaje y con la información topográfica, se determinan los parámetros necesarios tales como coeficiente de escorrentía, pendiente, etc., los cuales permiten obtener los caudales para diferentes periodos de retorno de cada uno de los tramos de vía y de las obras de drenaje necesarias.

5. ANÁLISIS HIDROLÓGICO.

5.1. Precipitación.

Para realizar el análisis hidrológico de la zona, se han utilizado los valores de precipitación mensual de las estaciones Sabanal, Aeropuerto Los Garzones y Bocas de la Ceiba.

- **Análisis de la calidad de los datos o validación estadística.**

Para la revisión de la calidad de los datos se utilizará la información obtenida de 3 estaciones antes mencionadas.

NOMBRE DE LA ESTACIÓN	CÓDIGO	COORDENADAS	TIPO	CORRIENTE	FECHA DE INSTALACIÓN	ELEVACIÓN (msnm)
Sabanal	13070280	0846 N, 7548 W	PM	SINÚ	Jun - 1978	10
Aeropuerto Los Garzones	13035501	0849 N, 7549 W	SS	CAÑO BUGRE	Feb - 2015	20
Bocas de la Ceiba	13070070	0849 N, 7551 W	PM	SINÚ	Ene - 1970	20

Tabla 3. Estaciones pluviométricas.
Elaborado por la presente consultoría.

Su localización se visualiza en la siguiente figura:

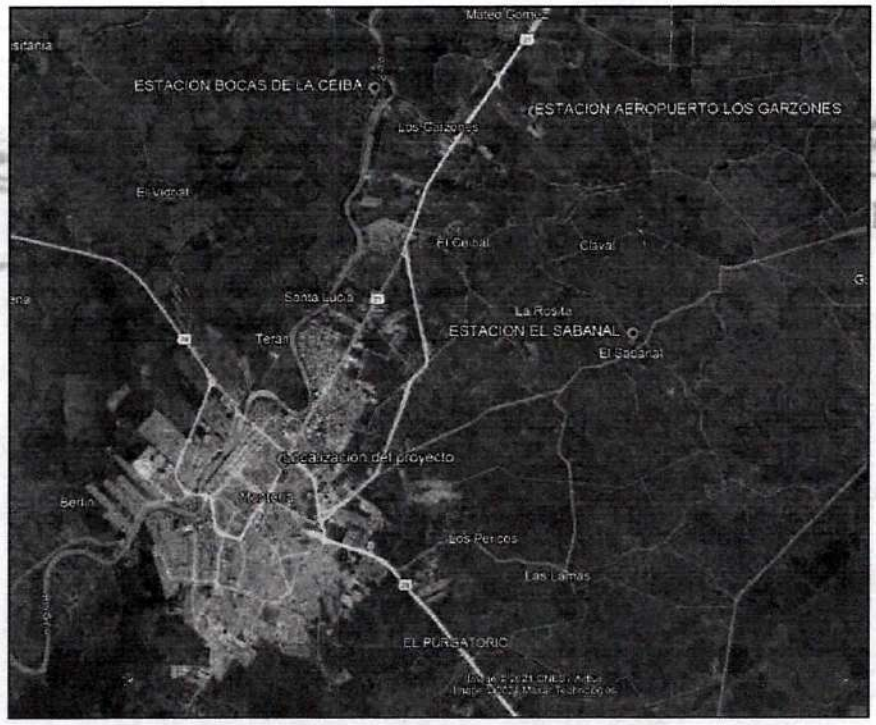


Figura 14. Localización estaciones en el municipio de Montería.
Fuente: Google Earth.

- **Datos Faltantes**

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

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

En donde:
N: Número de Estaciones pluviométricas con datos de registros continuos cercanas a la estación "x", la cual será completada en su registro.
Px: Precipitación de la estación "x" durante el periodo de tiempo por completar.
P1 a Pn Precipitación de las estaciones 1 a la n durante el periodo de tiempo por completar.
Nx: Precipitación media Anual a nivel multianual de la estación "x".
N1 a Nn: Precipitación media anual a nivel multianual de las estaciones 1 a n.

Para el caso de las estaciones empleadas se descartan los años con exceso de datos faltantes.

- **Análisis de Doble Masa.**

Para el estudio se utilizó el método de doble masa, este método se aplica para determinar la consistencia de la información de precipitación obtenida, y considera que, para zonas meteorológicas homogéneas, los valores de precipitación obtenidos en diferentes puntos (estaciones), para un mismo periodo anual, deben guardar una relación de proporcionalidad que se pueda representar gráficamente. Su metodología se describe a continuación paso a paso:

- Se selecciona el período en común de información del grupo de estaciones utilizadas para el estudio.
- Se determina la precipitación anual para cada estación; estimando los datos faltantes si los tienen. En el anexo 1. Valores totales mensuales de precipitación, se encuentran los valores utilizados en el estudio.
- Los valores de precipitación anual se deben acumular en orden cronológico, a partir del año más antiguo en común de las 3 estaciones, hasta el más reciente, en este caso son 1979 y 2020, respectivamente.
- Se grafican los valores de las precipitaciones acumuladas de cada estación, para determinar la estación patrón.

- Si los puntos en la gráfica presentan una sola tendencia, es decir, si se puede trazar por ellos una recta sin quiebres, significa que la estadística es consistente.
- Si los puntos presentan quiebres o mucha dispersión, la estadística no es consistente y se debe proceder a su corrección o eliminación.

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

ANÁLISIS DE DOBLE MASA						
	SABANAL		BOCAS DE LA CEIBA		AEROPUERTO LOS GARZONES	
AÑO	TOTAL	TOTAL ACUMULADO	TOTAL	TOTAL ACUMULADO	TOTAL	TOTAL ACUMULADO
1979	1237	1237	2217	2217	1289	1289
1980	1163	2400	1363	3580	887	2176
1981	2046	4446	2060	5640	1609	3784
1982	1349	5795	1712	7352	1287	5071
1984	1232	7027	1303	8655	1196	6267
1985	1120	8146	1247	9902	1111	7378
1986	1092	9238	1175	11076	1428	8806
1987	1411	10649	1648	12724	1239	10045
1988	1762	12411	1804	14528	1292	11337
1989	1627	14038	1654	16182	1411	12748
1990	1384	15423	1333	17515	1226	13974
1991	1067	16490	1335	18850	1245	15219
1992	981	17471	1138	19988	1262	16481
1993	1426	18897	1358	21346	1670	18151
1994	1517	20414	1702	23048	1382	19533
1995	1279	21693	1243	24291	1630	21163
1996	1457	23150	1467	25758	1047	22211
1997	1175	24325	1106	26864	1455	23666
1998	1264	25589	1417	28281	811	24477
2000	1204	26793	1178	29459	1112	25589
2001	1289	28082	1066	30525	800	26389
2002	1098	29180	952	31477	1240	27629
2003	1857	31037	1311	32788	1425	29055
2005	1578	32615	1495	34283	1386	30441
2006	1680	34295	1351	35634	1251	31692
2007	1373	35668	1346	36980	1628	33320
2008	1680	37348	1571	38551	1452	34772

PABLO CASTILLA NEGRETE
Estudios Geotécnicos y Ambientales

ANÁLISIS DE DOBLE MASA						
	SABANAL		BOCAS DE LA CEIBA		AEROPUERTO LOS GARZONES	
AÑO	TOTAL	TOTAL ACUMULADO	TOTAL	TOTAL ACUMULADO	TOTAL	TOTAL ACUMULADO
2009	1397	38745	1216	39767	1699	36471
2010	1646	40391	1592	41359	1587	38058
2011	1638	42029	1452	42811	1373	39431
2012	1584	43613	1030	43840	1171	40603
2013	1192	44805	1431	45272	1125	41727
2014	1199	46004	1034	46306	1275	43002
2015	1156	47160	1194	47500	1046	44049
2016	1319	48479	1576	49075	1146	45194
2017	1420	49899	1688	50763	1167	46361
2018	1230	51129	1582	52345	1079	47440
2019	997	52126	1632	53977	1504	48945
2020	1359	53485	1455	55432	1288	50233

Tabla 4. Precipitaciones anuales y precipitaciones anuales acumuladas de las Estaciones Meteorológicas Aeropuerto Los Garzones, Sabanal y Boca de la Ceiba.
Fuente: Instituto de hidrología, meteorología y estudios ambientales IDEAM.

Módulo pluviométrico: A continuación, se presentan los módulos pluviométricos anuales de las estaciones, entendiéndose por "módulo pluviométrico anual de una estación" al promedio aritmético de las precipitaciones anuales registradas.

Se toman los datos comprendidos entre los años 1979 y 2020, el cual es el periodo en común para las estaciones.

Estación	SABANAL	AEROPUERTO LOS GARZONES	BOCAS DE LA CEIBA
Módulo pluviométrico (mm)	1371,41	1288,01	1421,33

Tabla 5. Módulos Pluviométricos Anuales.
Fuente: Elaboración propia con información del IDEAM.

Determinado con la siguiente formula:

$$Valor\ promedio = \frac{\sum P}{n}$$

Dónde:
P: Módulos pluviométricos de las diferentes estaciones.
N: Número de módulos que se tomaran para hacer el promedio.
El valor promedio de los módulos pluviométricos es 1360.25 mm

Si el módulo pluviométrico de una estación no difiere en más del 10% de cualquier otra estación, se asumen como representativos los datos obtenidos y se puede proceder a la realización de los análisis posteriores.

Variación con respecto al promedio	SABANAL	AEROPUERTO LOS GARZONES	BOCAS DE LA CEIBA
	0,82%	-5,31%	4,49%

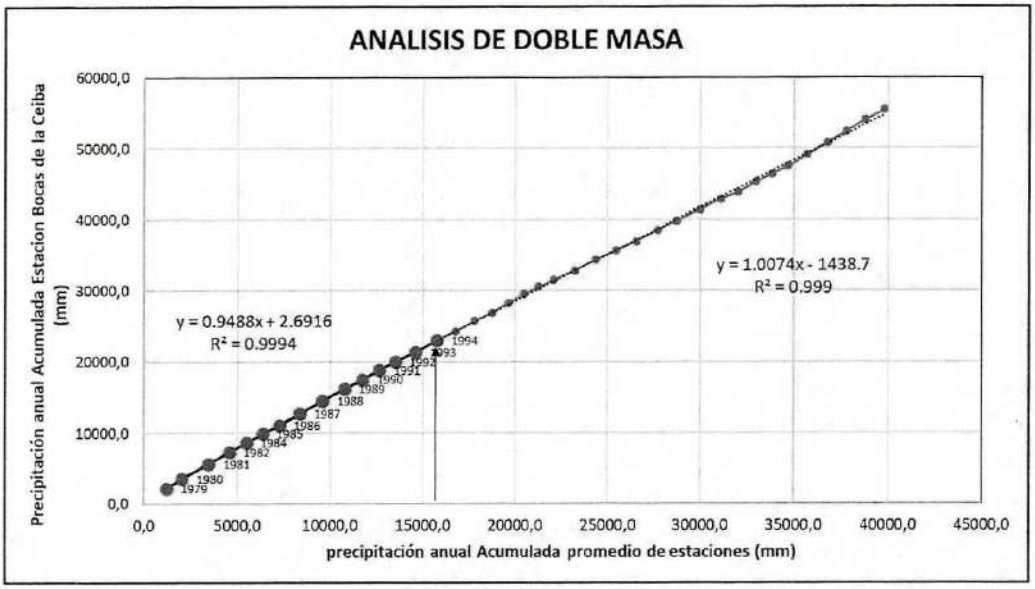
Tabla 6. Variación de los módulos pluviométrico con respecto al promedio. Fuente: Elaboración propia con información del IDEAM.

Nota: La precipitación dada por el IGAC para el municipio de Montería está alrededor de los 1200 mm anuales como se muestra en la Figura 10 y para el análisis realizado de las 3 estaciones se obtiene un valor superior de magnitud igual a 1360.25 mm.

Para la realización de los cálculos posteriores se ha escogido la estación Bocas de la Ceiba, teniendo en cuenta que es la que registra los mayores valores de precipitación media anual y es la estación con menos datos faltantes de las 3 analizadas.

PABLO CASTILLA NEGRETE
Estudios Geotécnicos y Ambientales

A continuación, se presenta la gráfica de la precipitación anual acumulada para la estación evaluada (Bocas de la Ceiba) contra la precipitación anual acumulada de las 3 estaciones de referencia de la región:



Gráfica 1. Verificación de la homogeneidad de datos pluviométricos: Precipitaciones anuales y precipitaciones anuales acumuladas de las Estaciones Meteorológicas Aeropuerto Los Garzones, Sabanal y Boca de la Ceiba.
Fuente: Elaboración propia con información del IDEAM.

Se aprecia una diferencia de pendientes en la intersección del año 1993, por lo cual se dividen dos secciones en la gráfica lineal y se evalúan las pendientes de tales secciones para hacer el respectivo ajuste de datos. En el ajuste de datos se obtienen los siguientes resultados:

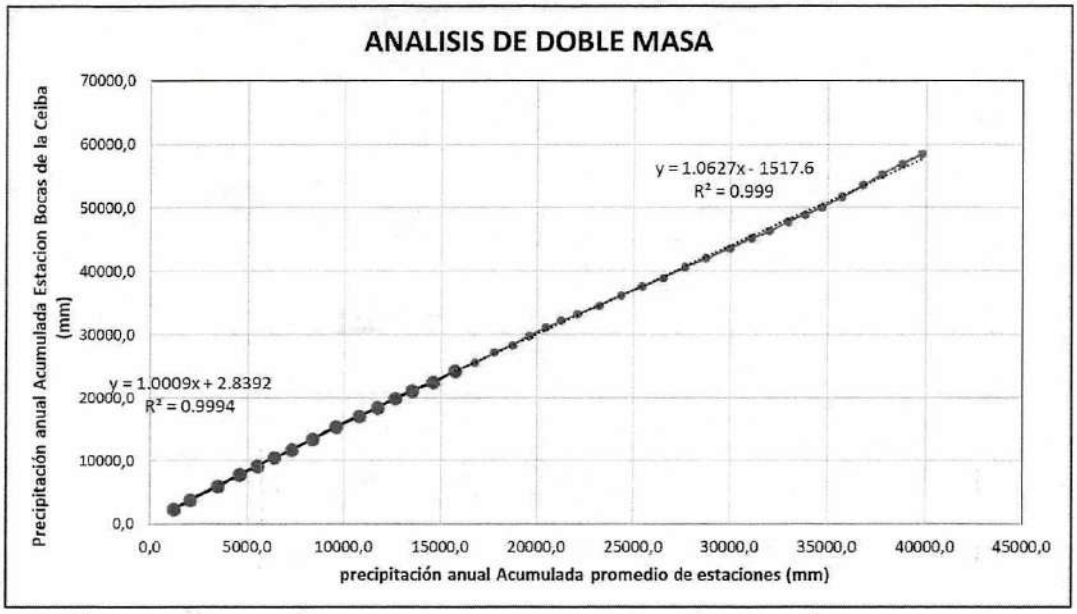
AÑO	PRECIPITACION TOTAL ANUAL ESTACIÓN BOCAS DE LA CEIBA	PRECIPITACION TOTAL ANUAL ACUMULADA ESTACIÓN BOCAS DE LA CEIBA	PRECIPITACION PROMEDIO TOTAL ANUAL DE LAS TRES ESTACIONES	PRECIPITACION PROMEDIO TOTAL ANUAL ACUMULADA DE LAS TRES ESTACIONES	PRECIPITACION TOTAL ANUAL ESTACIÓN BOCAS DE LA CEIBA AJUSTADO	PRECIPITACION TOTAL ANUAL ACUMULADA ESTACIÓN BOCAS DE LA CEIBA AJUSTADO
1979	2217,0	2217,0	1185,6	1185,6	2338,6	2338,6
1980	1363,0	3580,0	853,2	2038,9	1437,8	3776,4
1981	2059,5	5639,5	1428,5	3467,3	2172,5	5948,8
1982	1712,0	7351,5	1087,0	4554,3	1805,9	7754,7
1984	1303,0	8654,5	932,8	5487,1	1374,5	9129,2
1985	1247,0	9901,5	869,4	6356,5	1315,4	10444,6
1986	1174,5	11076,0	923,5	7280,0	1238,9	11683,5
1987	1648,3	12724,3	1074,6	8354,6	1738,7	13422,3

AÑO	PRECIPITACION TOTAL ANUAL ESTACIÓN BOCAS DE LA CEIBA	PRECIPITACION TOTAL ANUAL ACUMULADA ESTACIÓN BOCAS DE LA CEIBA	PRECIPITACION PROMEDIO TOTAL ANUAL DE LAS TRES ESTACIONES	PRECIPITACION PROMEDIO TOTAL ANUAL ACUMULADA DE LAS TRES ESTACIONES	PRECIPITACION TOTAL ANUAL ESTACIÓN BOCAS DE LA CEIBA AJUSTADO	PRECIPITACION TOTAL ANUAL ACUMULADA ESTACIÓN BOCAS DE LA CEIBA AJUSTADO
1988	1803,8	14528,1	1214,4	9569,0	1902,7	15325,0
1989	1654,0	16182,1	1173,1	10742,1	1744,7	17069,7
1990	1332,6	17514,7	985,7	11727,8	1405,7	18475,4
1991	1335,0	18849,7	911,8	12639,6	1408,2	19883,6
1992	1138,0	19987,7	845,4	13485,0	1200,4	21084,1
1993	1358,0	21345,7	1113,4	14598,4	1432,5	22516,6
1994	1702,0	23047,7	1150,4	15748,7	1795,4	24311,9
1995	1243,0	24290,7	1038,0	16786,7	1311,2	25623,1
1996	1467,0	25757,7	992,8	17779,5	1547,5	27170,6
1997	1106,0	26863,7	934,1	18713,6	1166,7	28337,2
1998	1417,0	28280,7	873,1	19586,7	1494,7	29832,0
2000	1178,0	29458,7	873,4	20460,1	1242,6	31074,6
2001	1066,0	30524,7	788,8	21248,9	1124,5	32199,0
2002	952,0	31476,7	822,6	22071,5	1004,2	33203,3
2003	1311,0	32787,7	1148,3	23219,8	1382,9	34586,2
2005	1495,0	34282,7	1114,9	24334,7	1577,0	36163,2
2006	1351,0	35633,7	1070,5	25405,2	1425,1	37588,3
2007	1346,0	36979,7	1086,7	26491,9	1419,8	39008,1
2008	1571,0	38550,7	1175,8	27667,7	1657,2	40665,3
2009	1216,0	39766,7	1078,0	28745,7	1282,7	41948,0
2010	1592,0	41358,7	1206,3	29952,0	1679,3	43627,3
2011	1452,0	42810,7	1115,8	31067,8	1531,6	45159,0
2012	1029,8	43840,4	946,1	32013,9	1086,2	46245,2
2013	1431,1	45271,5	937,0	32950,9	1509,6	47754,8
2014	1034,1	46305,6	877,0	33827,9	1090,8	48845,6
2015	1193,9	47499,5	849,0	34677,0	1259,4	50105,0
2016	1575,7	49075,2	1010,1	35687,0	1662,1	51767,1
2017	1687,5	50762,7	1068,7	36755,7	1780,1	53547,2
2018	1582,0	52344,7	972,7	37728,5	1668,8	55216,0
2019	1632,0	53976,7	1033,3	38761,8	1721,5	56937,5
2020	1455,1	55431,8	1025,5	39787,3	1534,9	58472,4

Tabla 7. Análisis de dobles masas.
Fuente: Elaboración propia con información del IDEAM.

PABLO CASTILLA NEGRETE
Estudios Geotécnicos y Ambientales

Se grafica la precipitación total anual acumulada de la estación bocas de la ceiba ajustado con la precipitación promedio total anual acumulada de las tres estaciones de referencia obteniéndose el siguiente resultado:



Gráfica 2. Verificación de la homogeneidad de datos pluviométricos ajustados: Precipitaciones anuales y precipitaciones anuales acumuladas de las Estaciones Meteorológicas Aeropuerto Los Garzones, Sabanal y Boca de la Ceiba. Fuente: Elaboración propia con información del IDEAM.

Se aprecia la homogeneidad y similitud en la pendiente de la línea, por lo tanto, es posible decir que la estadística es consistente y la estación Bocas de la Ceiba es homogénea en sus datos de precipitación.

- **Precipitaciones anuales.**

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

En el municipio de Montería los valores de precipitación no presentan grandes cambios, lo que contribuye a mantener un factor climático casi homogéneo, con precipitaciones mayores a 1000 mm, a excepción de las cercanías de Guateque, Sabanal y San Anterito,

como se aprecia en la Figura 10 (Precipitación del departamento de Córdoba) registrada en el 2.5.

Con base en los registros de las estaciones Aeropuerto Los Garzones, Sabanal y Bocas de la Ceiba, la precipitación media anual es del orden de 1360 mm, para el período de registro seleccionado (1979 - 2020).

En las tablas siguientes se presenta el comportamiento de las lluvias a escala anual para la estación Bocas de la Ceiba, la cual registra los mayores valores de precipitación media anual y es la estación con menos datos faltantes de las 3 analizadas.

AÑO	PRECIPITACION TOTAL ANUAL
1970	1477.0
1971	1260.7
1972	1123.0
1973	1403.0
1974	1334.0
1975	1096.0
1976	1168.0
1977	1056.0
1978	1768.0
1979	2217.0
1980	1363.0
1981	2059.5
1982	1712.0
1983	1845.0
1984	1303.0
1985	1247.0
1986	1174.5
1987	1648.3
1988	1803.8
1989	1654.0
1990	1309.2
1991	1335.0
1992	1138.0
1993	1358.0
1994	1702.0
1995	1243.0
1996	1467.0
1997	1106.0

PABLO CASTILLA NEGRETE
Estudios Geotécnicos y Ambientales

AÑO	PRECIPITACION TOTAL ANUAL
1998	1417.0
1999	1118.0
2000	1178.0
2001	1066.0
2002	952.0
2003	1311.0
2004	1049.0
2005	1495.0
2006	1351.0
2007	1346.0
2008	1571.0
2009	1216.0
2010	1592.0
2011	1452.0
2012	846.0
2013	1358.0
2014	778.0
2015	1088.0
2016	1575.7
2017	1687.5
2018	1582.0
2019	1632.0
2020	1452.0
PROMEDIO	**1382.0**
DESVIACION ESTÁNDAR	**291.111**
COEFICIENTE DE VARIACION	21%

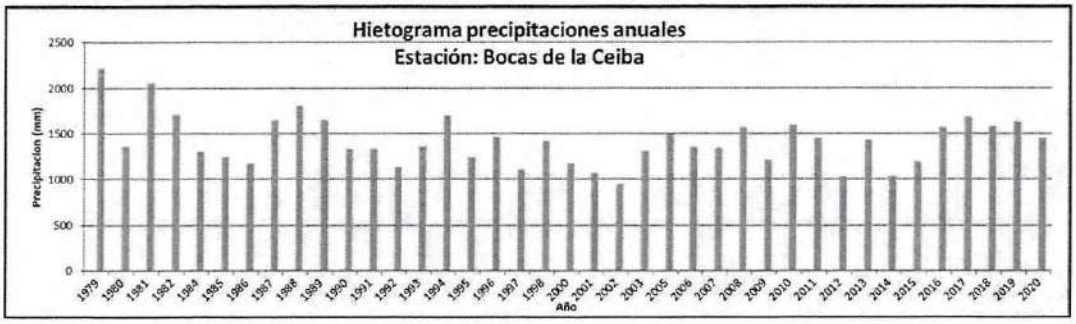
PABLO CASTILLA NEGRETE
Estudios Geotécnicos y Ambientales

Tabla 8. Comportamiento estadístico de la precipitación anual para la estación boca de la Ceiba.
Fuente: Elaboración propia con información del IDEAM.

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

Variabilidad temporal. Para el registro de precipitaciones se observa que a escala anual las lluvias no presentan gran variabilidad de un año a otro, presentando

coeficientes de variación de Cv= (21.00%), lo que indica que no hay cambios marcados entre años secos y húmedos.



Gráfica 3. Histograma de valores totales anuales de precipitación, estación Bocas de la Ceiba

Fuente: Elaboración propia con información del IDEAM.

- **Precipitación mensual**

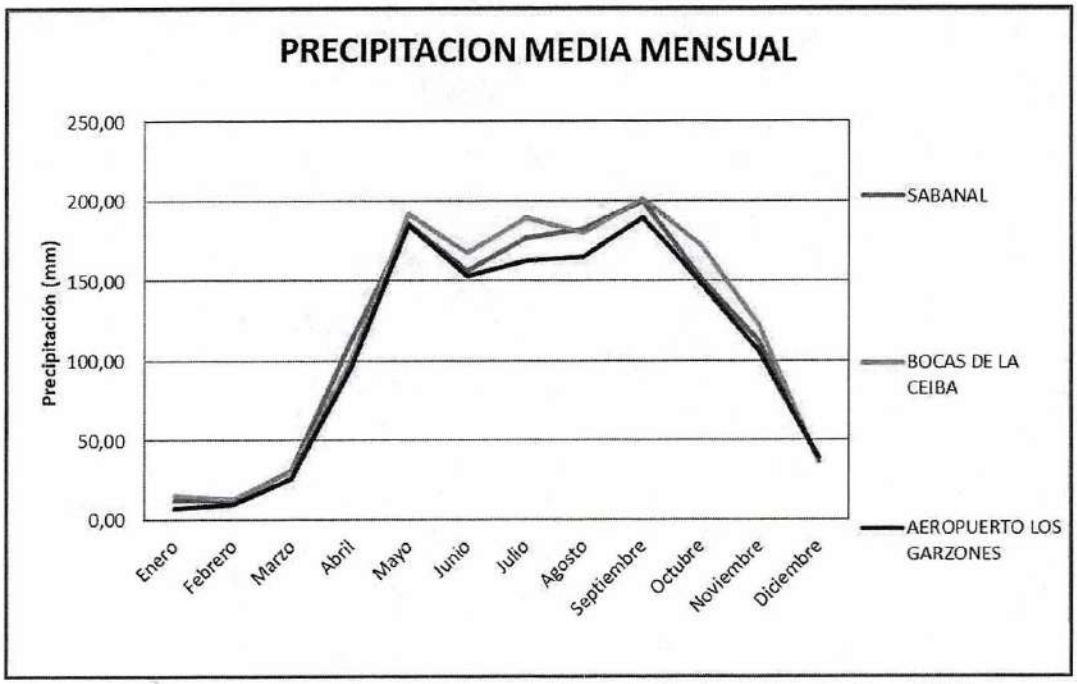
El comportamiento de las lluvias promedio mensual en las estaciones fluctúa entre 0.00 mm y 527.00 mm, tal y como se muestra en las tablas siguientes:

Meses	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
Valores medios	15,65	12,71	30,20	100,03	191,95	167,37	189,80	180,18	201,18	172,88	122,50	36,87
Valores máximos	71,00	75,00	105,00	233,00	527,00	332,00	379,00	409,00	428,00	377,00	307,00	146,00
Valores mínimos	0,00	0,00	0,00	0,00	80,00	0,00	77,00	21,00	62,00	56,00	22,00	0,00

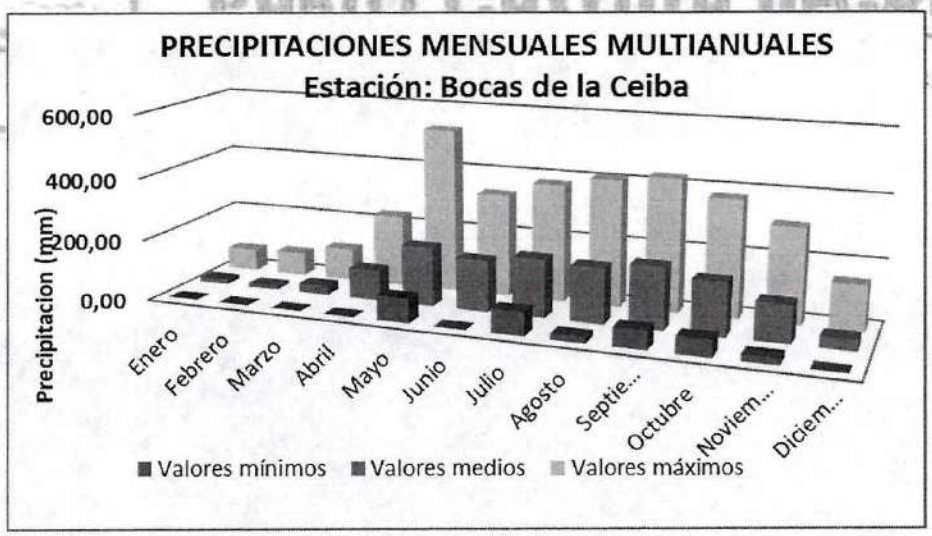
Tabla 9. Valores de precipitación media mensual (mm) Estación Bocas de la Ceiba (1979 – 2017).

Fuente: Elaboración propia con información del IDEAM.

Como característica general de la región se aprecian un periodo de lluvia entre mayo y noviembre, y un período seco de diciembre a abril.



Gráfica 4. Precipitación media mensual según las estaciones de análisis.
Fuente: Elaboración propia con información del IDEAM.



Gráfica 5. Valores precipitaciones multianuales estación bocas de la Ceiba
Fuente: Elaboración propia con información del IDEAM.

Variabilidad temporal: Las variaciones de la precipitación mensual están marcadas por climatología general de la región, dada a la ubicación de esta cuenca, el régimen se

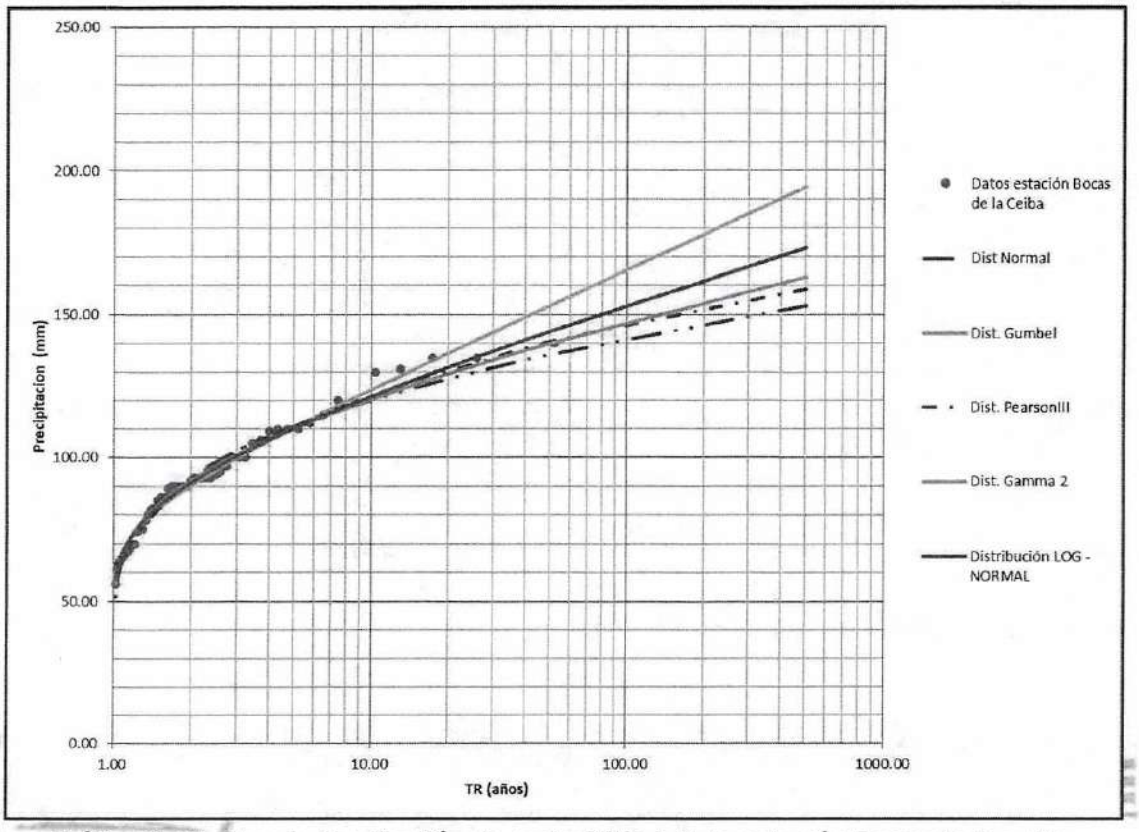
encuentra regulado un poco más por el clima caribeño, el cual tiene más influencia en la zona media y baja de la cuenca del río Sinú. La zona anualmente está controlada por el movimiento cíclico de la Zona de Convergencia Intertropical (ZCIT) y la dominancia de dos chorros superficiales contrarios, el chorro de San Andrés y el chorro del Chocó (Poveda, 1998).

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

- **Análisis de frecuencia: precipitación.**

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

PABLO CASTILLA NEGRETE
Estudios Geotécnicos y Ambientales



Gráfica 6. Ajustes de distribución de probabilidad de la estación Bocas de la ceiba.
Fuente. Elaborado por la presente consultoría

AJUSTE DE DISTRIBUCIÓN DE PROBABILIDADES							
TR	PROBABILIDAD DE OCURRENCIA	NORMAL	LOG NORMAL	GUMBEL	PEARSON III	LOG PEARSON III	GAMA II
500	0.20%	153.05	173.04	194.35	158.78	164.39	163.10
100	**1.00%**	**141.63**	**153.07**	**165.61**	**147.68**	**151.19**	**147.40**
50	2.00%	135.99	144.07	153.18	140.33	142.79	140.01
25	4.00%	129.71	134.68	140.66	132.42	133.90	132.09
10	**10.00%**	**120.00**	**121.33**	**123.77**	**120.74**	**121.10**	**120.40**
5	20.00%	110.89	110.02	110.41	110.35	110.11	110.08
2.33	42.92%	97.16	94.94	94.00	96.40	95.59	95.65

Tabla 10.Ajustes de distribución de probabilidad.
Fuente. Elaborado por la presente consultoría.

En la siguiente tabla se presentan los resultados de la prueba de bondad de ajuste Kolmogorov-Smirnov, en la cual se observa que todos los errores absolutos de las

frecuencias de cada ajuste de distribución son inferiores al valor crítico d para una significancia del 5.00%.

Número de datos	51
Significancia α	0.05
Valor d crítico	0.19

NORMAL	LOG - NORMAL	GUMBEL	PEARSON III	LOG - PEARSON III	GAMMA TIPO II
0.0860	0.07116	0.09464	0.11680	0.07322	0.05705
4	2	5	6	3	1
SE ACEPTA	SE ACEPTA	SE ACEPTA	SE ACEPTA	SE ACEPTA	SE ACEPTA

Tabla 11. Prueba de bondad de Ajuste KOLMOROGOV-SMIRNOV.
Fuente. Elaborado por la presente consultoría.

De acuerdo con los resultados de la prueba de bondad de ajuste, la distribución Gamma tipo II presenta menor valor de crítico, sin embargo, al tener en cuenta el comportamiento de los datos reales en la (Gráfica 6) de cada uno de los ajustes de distribución, se selecciona el ajuste tipo Gumbel, debido a que este se acerca más a los datos de la estación para periodos de retorno mayores a 10 años.

PABLO CASTILLA NEGRETE
Estudios Geotécnicos y Ambientales

5.2. Determinación del caudal.

El análisis de caudales para la evaluación y el dimensionamiento de las obras se realiza a través de métodos de transformación lluvia – escorrentía. Se emplea el método del hidrograma unitario del SCS para áreas de drenaje mayores a 80 Ha; para las estructuras hidráulicas con áreas de drenaje inferiores a 80 Ha se emplea el método Racional; sin embargo, para algunas estructuras con áreas pequeñas es válido utilizar el método del hidrograma unitario del SCS, porque a diferencia del método racional, este método considera de forma implícita las características físicas de la cuenca, como topografía, vegetación, forma y no sólo el área de la cuenca y la intensidad de precipitación.

- **Análisis de caudales (Método racional)**

El método racional es uno de los más utilizados para la estimación del caudal máximo asociado a determinada lluvia de diseño. Se utiliza normalmente en el diseño de obras de drenaje urbano y rural. Tiene la ventaja de no requerir de datos hidrométricos para la determinación de caudales máximos.

Este método permite establecer los caudales a partir de la extensión y las características del uso del suelo en el área de drenaje y la intensidad del evento lluvioso de una frecuencia determinada, de acuerdo con la siguiente expresión:

$$Q = \frac{C.I.A}{3.6}$$

Dónde:
Q: Caudal en (m^3/s).
C: Coeficiente de escorrentía, adimensional.
I: Intensidad de precipitación (mm/hr).
A: Área de drenaje (Km^2).

Los coeficientes de escorrentía se establecerán de acuerdo con el tipo de cobertura que presenta los suelos de la cuenca, la intensidad se obtiene de las curvas de Intensidad-Duración-Frecuencia (IDF), para un tiempo de concentración que se define como el tiempo que tarda todos los puntos de una cuenca en aportar agua a la salida de esta y el área de drenaje en este caso es determinada con ayuda de las curvas de nivel del plano suministrado por el solicitante.

PABLO CASTILLA NEGRETE
Estudios Geotécnicos y Ambientales

- **Coeficiente de escorrentía.**

El coeficiente de escorrentía relaciona el volumen total de la precipitación con el volumen real de la escorrentía, refleja la capacidad del suelo de la cuenca para permitir la infiltración y la conducción del agua por la superficie para llegar hasta el punto de control. Este coeficiente tiene un valor entre 0 y 1, de acuerdo con las diferentes superficies que estén drenando, entre otros factores.
El coeficiente de escorrentía es función del tipo de suelo, del grado de permeabilidad de la zona, de la pendiente del terreno y otros factores que determinan la fracción de la precipitación que se convierte en escorrentía. En su determinación deben considerarse las pérdidas por infiltración en el suelo y otros efectos retardadores de la escorrentía. De igual manera, debe incluir consideraciones sobre el desarrollo urbano, los planes de ordenamiento territorial y las disposiciones legales locales sobre uso del suelo.
Los valores de coeficiente de escorrentía se determinan de acuerdo con el título D del RAS 2000 en la tabla D.4.5. Coeficiente de escorrentía o impermeabilidad:

Tipo de superficies	C
Cubiertas	**0.9**

Pavimentos asfálticos y superficies de concreto	0.9
Vías adoquinadas	0.85
Zonas comerciales o industriales	0.90
Residencia, con casas contiguas, predominio de zonas duras	0.75
Residencial multifamiliar, con bloques contiguos y zonas duras entre estos	0.60
Residencial unifamiliar, con casas contiguas y predominio de jardines	0.45
Residencial, con casas rodeadas de jardines o multifamiliares apreciablemente separados	0.45
Residencial, con predominio de zonas verdes y parques-cementerios	0.30
Laderas sin vegetación	0.60
Laderas con vegetación	0.30
Parques recreacionales	0.30

Tabla 12. Valores coeficiente de escorrentía.
Fuente: Titulo D, RAS-2016.

- **Intensidad.**

Curvas I-D-F (Intensidad – Duración – Frecuencia).

Las curvas de intensidad-duración-frecuencia (I-D-F) constituyen la base climatológica para la estimación de los caudales de diseño. Estas curvas sintetizan las características de los eventos extremos máximos de precipitación de una determinada zona y definen la intensidad media de lluvia para diferentes duraciones de eventos de precipitación con periodos de retorno específicos.

Debido a que no se dispone de pluviográficos, las curvas IDF utilizadas en este proyecto fueron elaboradas por esta consultoría, tomando los datos de precipitación máxima en 24 horas del IDEAM para la estación Bocas de la Ceiba y aplicando el método simplificado cuya formulación es la siguiente:

$$i = \frac{a \times T^{b} \times M^{d}}{(t/60)^{c}}$$

Donde,

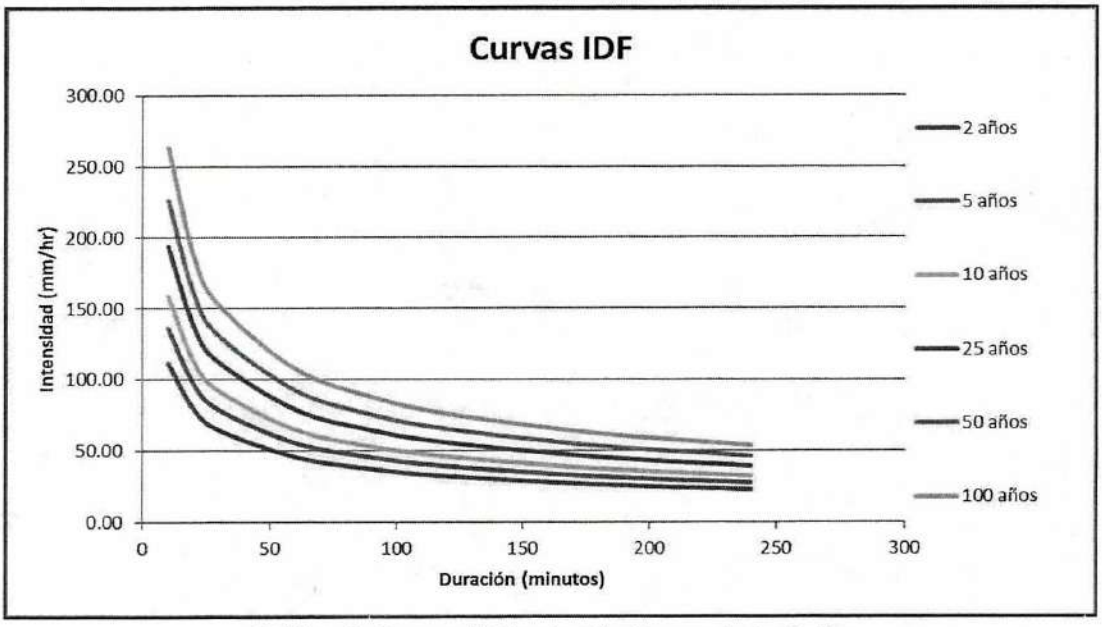
I: Intensidad de precipitación, en milímetros por hora (mm/h).

T: Periodo de retorno, en años.

M: Precipitación máxima promedio anual en 24 h a nivel multianual

t: Duración de la lluvia, en minutos (min).

a, b, c, d: Parámetros de ajuste de la regresión, los cuales fueron regionalizados para Colombia, y corresponden a 24.85, 0.22, 0.50 y 0.10 respectivamente.



Gráfica 7. Curvas IDF estación Bocas de la Ceiba
Fuente: Elaboración propia con ayuda de información del IDEAM.

PABLO CASTILLA NEGRETE
Estudios Geotécnicos y Ambientales

AÑO	PRECIPITACIÓN MÁXIMA ANUAL EN 24 HR
1970	120
1971	93
1972	82
1973	70
1974	90
1975	67
1976	112
1977	93
1978	80
1979	135
1980	131
1981	100
1982	115
1983	86
1984	66
1985	100
1986	56
1987	92

AÑO	PRECIPITACIÓN MÁXIMA ANUAL EN 24 HR
1988	93
1989	93
1990	110
1991	100
1992	64
1993	110
1994	109
1995	82
1996	94
1997	90
1998	86
1999	105
2000	130
2001	68
2002	70
2003	89
2004	75
2005	78
2006	90
2007	75
2008	110
2009	61
2010	97
2011	90
2012	90
2013	65
2014	135
2015	95
2016	95
2017	106
2018	85
2019	42

PABLO CASTILLA NEGRETE
Estudios Geotécnicos y Ambientales

Tabla 13. Valores de precipitación máxima en 24 horas a nivel multianual estación Bocas de la Ceiba
Fuente: Elaboración propia con ayuda de información del IDEAM.

Para el cálculo de intensidad se toma el tiempo de concentración calculado (Tc de diseño), y con base a las curvas IDF presentadas, para un periodo de retorno de 10 años, se define una ecuación con valores de distribución de probabilidad siendo x, la duración de la lluvia en minutos.

Para un TR de 10 años, la ecuación para hallar la intensidad en función de la duración es,

$$F(x) = 502.89x^{-0.5}$$

- **Periodo de retorno.**

El periodo de retorno de un evento hidrológico es un concepto probabilístico y corresponde al tiempo promedio en años que transcurrirá para que la magnitud de ese evento sea igualada o excedida.

De acuerdo con lo definido en el manual de drenaje para carreteras - Invias, el periodo de retorno de diseño recomendado varía en función del área y de las características de la red de drenaje.

Tipo de obra	Periodo de retorno (años)
Cunetas	**5**
Zanjas de Coronación	10
Estructuras de Caída	10
Alcantarillas de 0.90 m de diámetro	10
Alcantarillas mayores a 90 m de diámetro	20
Puentes menores (luz menor a 10 m)	25
Puentes de luz mayor o igual a 10 m y menor a 50 m	50
Puentes de luz mayor o Igual a 50 m	100
Drenaje subsuperficial	2

Tabla 14. Periodos de retorno de diseño en obras de drenaje vial.
Fuente: Manual de Drenaje para Carreteras, Instituto Nacional de Vías.

De acuerdo con lo anterior y con las áreas de drenaje del proyecto, a las estructuras tipo cuneta, le corresponde un periodo de retorno de 5 años, sin embargo, a juicio de esta consultoría, **en este estudio se utilizará un periodo de retorno de 10 años** con el fin de mantener un margen de seguridad dados los últimos eventos frecuentes de precipitación y el fenómeno de la niña ocurrido en Colombia en los años 2010-2011.

- **Tiempo de concentración.**

El tiempo de concentración mide el tiempo que se necesita para que toda el área de drenaje contribuya con escorrentía superficial en una sección considerada (HIDROLOGÍA EN LA INGENIERÍA – German Monsalve Sáenz).
El tiempo de concentración está compuesto por el tiempo de entrada y el tiempo de recorrido en el colector. El tiempo de entrada corresponde al tiempo requerido para que la escorrentía llegue al sumidero del colector, mientras que el tiempo de recorrido se asocia con el tiempo de viaje o tránsito del agua dentro del colector. El tiempo de concentración según el RAS 2000 se calcula con la siguiente ecuación:

$$Tc = Te + Tt$$

Dónde:
Tc: Tiempo de concentración.
Te: Tiempo de entrada.
Tt: tiempo de tránsito.

- **Tiempo de entrada.**

Existen varias fórmulas para estimar el tiempo de entrada, la ecuación de Kerby se utiliza frecuentemente para la escorrentía superficial en áreas urbanas. Esta ecuación es:

$$Te = 1.44 * \left(\frac{L * m}{S^{1/2}}\right)^{0.467}$$

Dónde:
m: coeficiente de retardo, depende del tipo de superficie de escorrentía.
L: Longitud del punto más elevado y más alto, al colector.
S: Pendiente del tramo.

Tipo de superficie	m
Impermeable	**0.02**
Suelo sin cobertura, compacto y liso	0.10
Superficie sin cobertura moderadamente rugosa	0.20
Pastos	0.30
Terrenos arborizados	0.70
Pastos densos	0.80

Tabla 15. Coeficiente de retardo.
Fuente: "Drenaje urbano. Elementos de diseño", Héctor Alfonso Rodríguez Díaz.

- **Tiempo de recorrido.**

El tiempo de recorrido a través de la vía se puede calcular como:

$$Tt = \frac{LC}{60 * Vs}$$

Dónde:
Lc= longitud del tramo.
Vs = velocidad del flujo, la cual puede aproximarse a:

$$Vs = 0.752 S_0 {S_x}^{0.67} T^{0.67} / n$$

Dónde:
Vs: Velocidad en la vía o la cuneta (m/s).
S_0: Pendiente longitudinal de la vía o cuneta (m/m).
S_x: Pendiente transversal de la vía o cuneta (m/m).
T: Ancho de esparcimiento permitido sobre la calzada (m).
n: n de manning de la superficie de la vía o cuneta.

- **Área de drenaje.**

El área de drenaje es la proyección horizontal de la superficie encerrada por la divisoria de aguas, que aporta escorrentía superficial, hasta el sitio de interés.

PABLO CASTILLA NEGRETE
Estudios Geotécnicos y Ambientales

El área de drenaje está conformada por subáreas de diferentes características superficiales; las áreas típicas del proyecto corresponden a la vía en concreto rígido, y a las zonas residenciales.

6. ANÁLISIS HIDRÁULICO.

Una vez se conocen los caudales, se realiza la modelación hidráulica de las vías con las pendientes proyectadas, de ser necesario también de las estructuras hidráulicas necesarias para darle continuidad al flujo en los canales existentes y permitir el paso vehicular a través de ellos.

6.1. Capacidad hidráulica de la vía.

El análisis hidráulico consiste en evaluar la capacidad de las vías para transportar los caudales de escorrentía y de dimensionar las estructuras hidráulicas necesarias para el control del flujo superficial tales como sumideros y cunetas.

Para dimensionar las estructuras que drenaran el caudal de escorrentía se emplea la formulación de Manning:

$$V = \frac{1}{n} R^{2/3} S^{1/2}$$

Dónde:
V: Velocidad (m/s).
n: Factor de rugosidad de Manning.
R: Radio Hidráulico (m).
S: Pendiente del tramo (m/m).

Y la ecuación de continuidad para el cálculo del caudal:

$$Q = V * A$$

Dónde:
Q: Caudal (m3/s).
V: Velocidad (m/s).
A: Área de la Sección (m2).

PABLO CASTILLA NEGRETE
Estudios Geotécnicos y Ambientales

- **El número de Manning.**

El número de Manning es un coeficiente que depende del tipo de material de la superficie del canal y que representa la resistencia al flujo.
En la siguiente tabla se presentan algunos valores de n Manning de acuerdo con el tipo de material del conducto.

Valores del coeficiente de rugosidad de Manning	
Material	**n**
CONDUCTOS CERRADOS	
Asbesto – cemento	0.011 - 0.015
Concreto prefabricado interior liso	0.011 - 0.015
Concreto prefabricado interior rugoso	0.015 - 0.017
Concreto fundido en sitio, formas lisas	0,012 - 0,015
Concreto fundido en sitio, formas rugosas	0,015 - 0,017
Gres vitrificado	0.011 - 0.015
Hierro dúctil revestido interiormente con cemento	0.011 - 0.015

Valores del coeficiente de rugosidad de Manning	
Material	**n**
PVC, polietileno y fibra de vidrio con interior liso	0.010 - 0.015
Metal corrugado	0.022 - 0.026
Colectores de ladrillo	0.013 - 0.017
CONDUCTOS ABIERTOS	
Canal revestido en ladrillo	0.012 - 0.018
Canal revestido en concreto	0.011 - 0.020
Canal excavado	0.018 - 0.050
Canal revestido rip-rap	0.020 - 0.035

Tabla 16. Coeficiente de Manning.
Fuente. Título D RAS 2016.

7. RESULTADOS Y MEMORIAS DE CÁLCULO.

7.1. Tramos de la vía de acuerdo con el ancho de calzada

Localización	N° Tramos	Ancho de Calzada (m)	Bombeo (%)	
Cra 14B entre Calle 34A y 38	8	6.00	Normal	2.00

Tabla 17. Tramos de la vía acuerdo con el ancho de calzada.
Fuente: Elaborado por la presente consultoría.

PABLO CASTILLA NEGRETE
Estudios Geotécnicos y Ambientales

7.2. Planta y Perfil Longitudinal de la vía.

A continuación, se presenta la planta y el perfil longitudinal de las vías de acuerdo con su diseño geométrico.

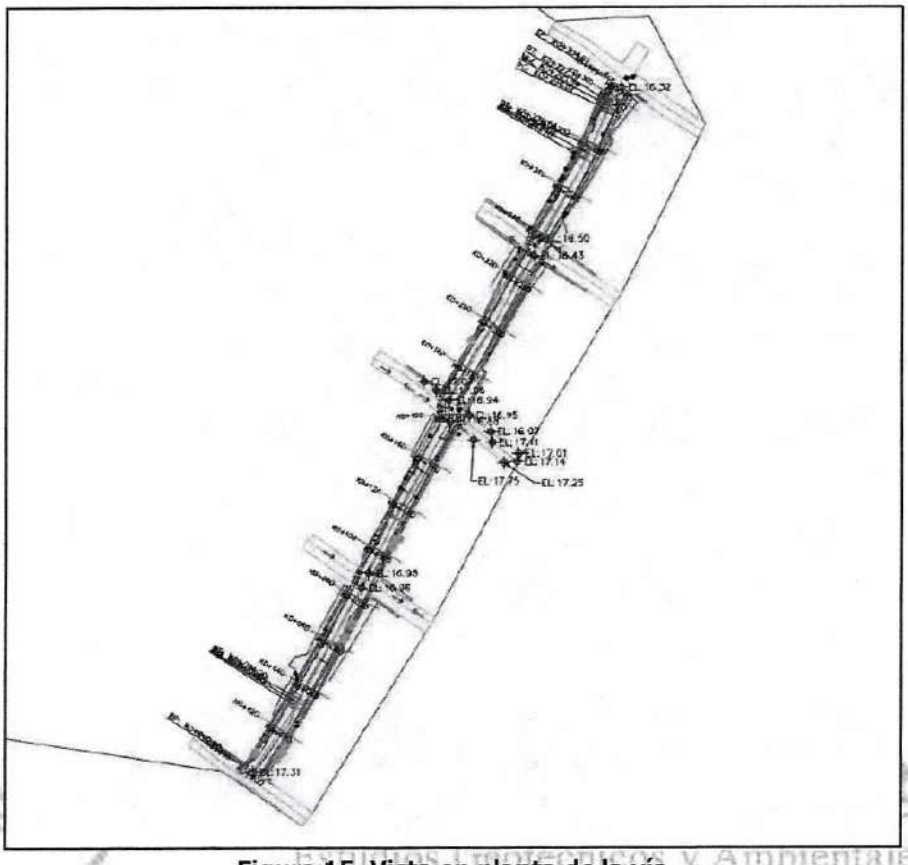


Figura 15. Vista en planta de la vía
Fuente: Elaborado de acuerdo con el diseño geométrico y ubicación en Google Earth.

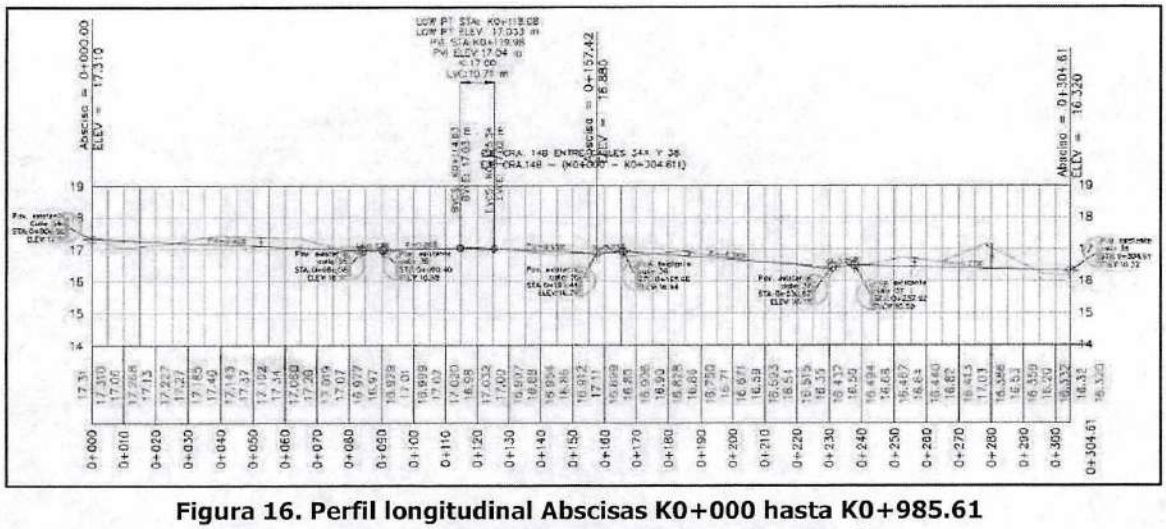


Figura 16. Perfil longitudinal Abscisas K0+000 hasta K0+985.61
Fuente: Elaborado de acuerdo con el diseño geométrico.

7.3. Áreas de drenaje y sentidos de flujo.

Las áreas de drenaje fueron definidas de acuerdo con las pendientes y direcciones de flujo definidos en el diseño geométrico realizado.



Figura 17. Áreas de drenaje.
Fuente: Elaborado por la presente consultoría.

Las direcciones de flujo para cada tramo se presentan en la siguiente figura:

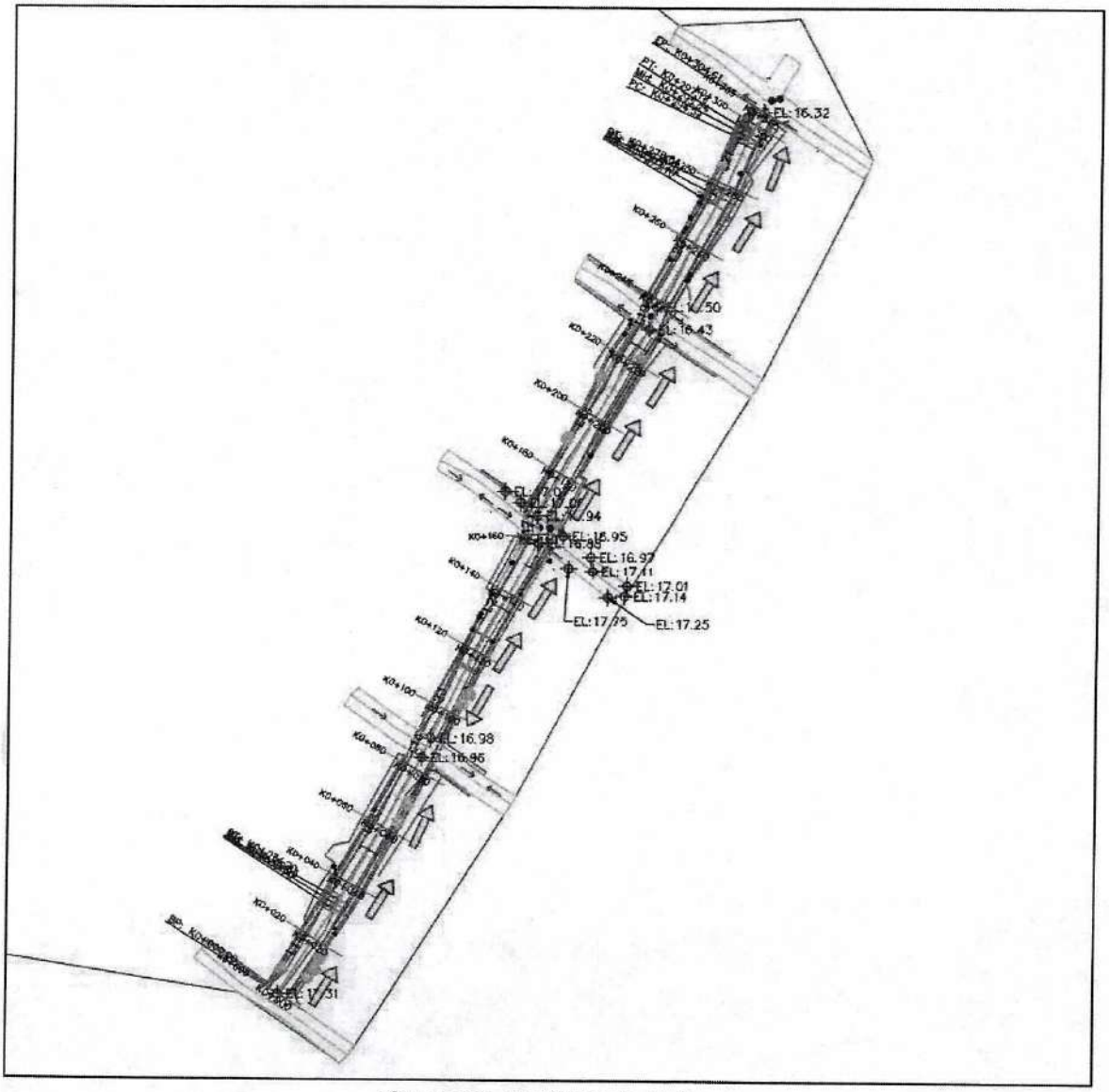


Figura 18. Sentidos de flujo.
Fuente: Elaborado de acuerdo con el diseño geométrico.

Tramos de estudio				Tiempo de viaje del flujo en lámina (min)			Áreas			
Tramos	Localización	Abscisa inicial	Abscisa final	Cota inicial (msnm)	Cota final (msnm)	Longitud del tramo (m)	Aréas de drenaje de zonas verdes por Tramo (m2)	Área de drenaje Vía por tramo (m2)	Área de drenaje total acumulada(km2)	Área Total Acumulada (Km2)
T1	Cra 14B entre Calle 34A y 35	k0+000.00	k0+084.08	17.31	16.96	84.08	0.00	504.48	0.004	0.004
T2	Cra 14B con Calle 35	k0+084.08	k0+090.40	16.96	16.98	6.32	0.00	37.92	0.008	0.008
T3	Cra 14B entre Calle 35 y 36	k0+090.40	k0+119.98	16.98	17.04	29.58	0.00	177.48	0.001	0.001
T4	Cra 14B entre Calle 35 y 36	k0+119.98	k0+157.44	17.04	16.88	37.46	0.00	224.76	0.002	0.002
T5	Cra 14B con Calle 36	k0+157.44	k0+165.66	16.88	16.94	8.22	0.00	49.32	0.006	0.006
T6	Cra 14B entre Calle 36 y 37	k0+165.66	k0+230.87	16.94	16.43	65.21	0.00	391.26	0.002	0.002
T7	Cra 14B con Calle 37	k0+230.87	k0+237.92	16.43	16.50	7.05	0.00	42.30	0.006	0.006
T8	Cra 14B entre Calle 37 y 38	k0+237.92	k0+304.61	16.50	16.32	66.69	0.00	400.14	0.002	0.002

PABLO CASTILLA NEGRETE
Estudios Geotécnicos y Ambientales

Tabla 18. Resumen del cálculo de áreas.
Fuente: Elaborado por la presente consultoría.

7.4. Caudal de diseño.

En la siguiente tabla se presentan los parámetros y variables empleadas para el cálculo del caudal de drenaje de la vía para un periodo de retorno de 10 años, obtenido empleando el método racional y los datos de intensidad de las curvas IDF de la Estación Bocas de la Ceiba.

Tramos de estudio				Tiempo de viaje del flujo en la VÍA (min)							Caudal de Diseño			
Tramos	Localización	Abscisa inicial	Abscisa final	L cuneta o via (m)	So promedio del tramo (m/m)	n vía (rugosidad)	Vg (m/s)	Tg (min)	Ts (min) Kerby	Tc (Diseño) (min)	C ponderado	Intensidad (mm/hr)	Área Acumulada (Km2)	Caudal (m3/s)
T1	Cra 14B entre Calle 34A y 35	k0+000.00	k0+084.08	84.08	0.0042	0.013	0.037	38.33	3.57	41.9	0.9	77.7	0.004	0.068
T2	Cra 14B con Calle 35	k0+084.08	k0+090.40	6.32	0.0032	0.013	0.028	3.79	0.00	45.7	0.9	74.4	0.008	0.147
T3	Cra 14B entre Calle 35 y 36	k0+090.40	k0+119.98	29.58	0.0020	0.013	0.018	27.67	3.08	30.7	0.9	90.7	0.001	0.020
T4	Cra 14B entre Calle 35 y 36	k0+119.98	k0+157.44	37.46	0.0043	0.013	0.038	16.64	3.19	19.8	0.9	112.9	0.002	0.047
T5	Cra 14B con Calle 36	k0+157.44	k0+165.66	8.22	0.0073	0.013	0.064	2.14	0.00	22.0	0.9	107.3	0.006	0.151
T6	Cra 14B entre Calle 36 y 37	k0+165.66	k0+230.87	65.21	0.0078	0.013	0.069	15.82	3.37	19.2	0.9	114.8	0.002	0.066
T7	Cra 14B con Calle 37	k0+230.87	k0+237.92	7.05	0.0099	0.013	0.087	1.35	0.00	20.5	0.9	111.0	0.006	0.160
T8	Cra 14B entre Calle 37 y 38	k0+237.92	k0+304.61	66.69	0.0027	0.013	0.024	46.89	3.37	50.3	0.9	70.9	0.002	0.041

Pablo Castilla Negrete
Estudios Geotécnicos y Ambientales

Tabla 19. Resumen del cálculo de caudales
Fuente: Elaborado por la presente consultoría.

7.5. Evaluación de la capacidad hidráulica de la vía

En este aparte se realiza la evaluación de la capacidad hidráulica de las vías, para lo cual se ha tenido en cuenta las especificaciones del diseño geométrico.

Tramos de estudio				Capacidad hidráulica de la vía													
Tramos	Localización	Abscisa inicial	Abscisa final	Profundidad Y (m)	Borde libre (m)	y1 (m)	y2 (m)	Altura del bordillo recomendada por encima de la rasante (m)	T (m)	Perimetro (m)	Área (m2)	So promedio del tramo (m/m)	RH (m)	V (m/s)	q (m3/s)	Q de diseño (m3/s)	Revisión
T1	Cra 14B entre Calle 34A y 35	k0+000.00	k0+084.08	0.13	0.07	0.13	0.00	0.20	3.00	6.27	0.39	0.004	0.06	0.78	0.304	0.068	CUMPLE
T2	Cra 14B con Calle 35	k0+084.08	k0+090.40	0.13	0.07	0.13	0.00	0.20	3.00	6.27	0.39	0.003	0.06	0.68	0.265	0.147	CUMPLE
T3	Cra 14B entre Calle 35 y 36	k0+090.40	k0+119.98	0.13	0.07	0.13	0.00	0.20	3.00	6.27	0.39	0.002	0.06	0.54	0.212	0.020	CUMPLE
T4	Cra 14B entre Calle 35 y 36	k0+119.98	k0+157.44	0.13	0.07	0.13	0.00	0.20	3.00	6.27	0.39	0.004	0.06	0.79	0.308	0.047	CUMPLE
T5	Cra 14B con Calle 36	k0+157.44	k0+165.66	0.13	0.07	0.13	0.00	0.20	3.00	6.27	0.39	0.007	0.06	1.03	0.403	0.151	CUMPLE
T6	Cra 14B entre Calle 36 y 37	k0+165.66	k0+230.87	0.13	0.07	0.13	0.00	0.20	3.00	6.27	0.39	0.008	0.06	1.07	0.417	0.066	CUMPLE
T7	Cra 14B con Calle 37	k0+230.87	k0+237.92	0.13	0.07	0.13	0.00	0.20	3.00	6.27	0.39	0.010	0.06	1.20	0.470	0.160	CUMPLE
T8	Cra 14B entre Calle 37 y 38	k0+237.92	k0+304.61	0.13	0.07	0.13	0.00	0.20	3.00	6.27	0.39	0.003	0.06	0.63	0.245	0.041	CUMPLE

Tabla 20. Evaluación hidráulica de los tramos en estudio.
Fuente: Elaborado por la presente consultoría.

PABLO CASTILLA NEGRETE
Estudios Geotécnicos y Ambientales

De acuerdo con las modelaciones anteriores, la vía es capaz de transportar los caudales calculados para un periodo de retorno de 10 años, siempre y cuando se conserve una altura de bordillo mínima de 0.20m, y las pendientes y anchos de carril definidos en el diseño geométrico.

8. CONCLUSIONES

A continuación, se presentan las conclusiones derivadas de los análisis hidrológicos e hidráulicos realizados:

- Para el análisis hidrológico de la zona se emplearon los datos del IDEAM de las estaciones Sabanal, Aeropuerto Los Garzones y Bocas de la Ceiba. Sin embargo, para el cálculo de los caudales de diseño se emplearon las curvas IDF de la estación Bocas de la Ceiba.

- La revisión hidráulica y capacidad de la vía se realiza conservando las pendientes longitudinales del diseño geométrico, el bombeo y el ancho de carril que varía de acuerdo con los tramos:

PABLO CASTILLA NEGRETE
Estudios Geotécnicos y Ambientales

Localización	N° Tramos	Ancho de Calzada (m)	Bombeo (%)	
Cra 14B entre Calle 34A y 38	8	6.00	Normal	2.00

Tabla 21. Tramos de la vía acuerdo con el ancho de calzada.
Fuente: Elaborado por la presente consultoría.

- Las secciones hidráulicas proyectadas son eficientes para los caudales de diseño determinados por el método racional y para el periodo de retorno estipulado anteriormente.

9. RECOMENDACIONES

A continuación, se presentan las recomendaciones derivadas de los análisis hidrológicos e hidráulicos realizados:

- Se debe realizar mantenimiento continuo a las obras proyectadas y existentes, con el fin de que la acumulación de residuos no afecte su capacidad hidráulica y genere encharcamientos o inundaciones.

- Durante la construcción de las obras se debe garantizar el correcto funcionamiento de la red de alcantarillado. En ningún caso las aguas servidas deben llegar a la red de aguas de escorrentía.

10. BIBLIOGRAFÍA.

Como parte de este estudio se utilizó la siguiente bibliografía:

- Hidrología Aplicada de Ven Te Chow. Ed. Mc Graw Hill. 1.994
- Hidrología en la Ingeniería de German Monsalve Sáenz. 2° edición. Escuela Colombiana de Ingeniería.1.999. Métodos de pronóstico de crecientes basados en datos de lluvia (Método Directo).
- Hidrología para Ingenieros de Linsley.
- Hidráulica de Canales Abiertos de Ven Te Chow.1,998
- Drenaje Urbano. Elementos de Diseño. Drenaje urbano no convencional de Héctor Alfonso Rodríguez Díaz. Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito. 2013.

PABLO CASTILLA NEGRETE
Estudios Geotécnicos y Ambientales

11. LIMITACIONES DEL ESTUDIO.

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

Diseñó:

NATHALIA HERNÁNDEZ R
Ingeniero Civil
MEng. con énfasis en ingeniería civil y ambiental - Recursos hídricos
M.P. 22202166765COR
Montería, Noviembre de 2021

Revisó:

PABLO CASTILLA NEGRETE
Estudios Geotécnicos y Ambientales

PABLO CASTILLA NEGRETE
Ingeniero Civil
Especialista en Mecánica de Suelos y Cimentaciones
Especialista en Ingeniería Ambiental.
Especialista en Prevención, atención y reducción de desastres.
Especialista en gerencia para ingenieros.
M.P. 1320251172BLV
Montería, Noviembre de 2021.

ANEXO 1.
ESTACIONES METEOROLÓGICAS UTILIZADAS

PABLO CASTILLA NEGRETE
Estudios Geotécnicos y Ambientales

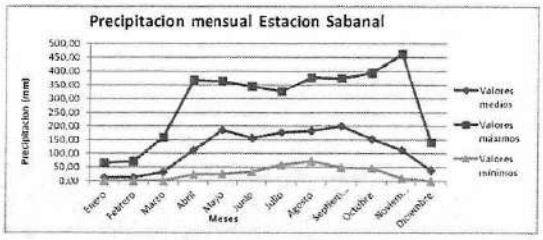
ESTACION SABANAL VALORES TOTALES MENSUALES DE PRECIPITACION (mms)

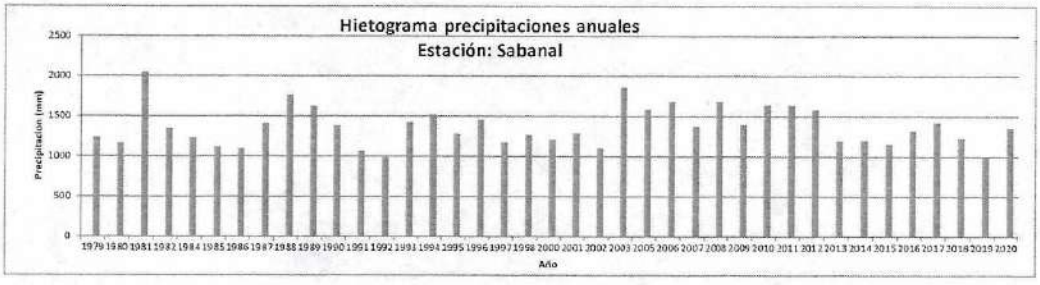
AÑO	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTI	OCTUB	NOVIE	DICIE	VR ANUAL
1979	0	2	3,5	137,5	170	230	142	144	101	254	25	28	1237
1980	8	7	42	74	183	81	176	168	119	225	41	39	1163
1981	65	28	76	59	360	143	211	365,2	373,5	150	110	105	2045,7
1982	58	18	16	168	78	97	297	131	231	154	101	0	1349
1984	7	10	9	104	79,5	146	170,5	72	316	271	47	0	1232
1985	0	1	29	53	116	157,7	143,1	117,3	275,4	49,5	135,5	41	1118,5
1986	2	22	0	83	107	192	117	157	187	118	78	29	1092
1987	7	0	0	368	191	37	202	109	236	80	102	79	1411
1988	0	17	23	194	25	222	191,00	377	281,00	231,00	161	40	1762
1989	0	57	21	36	316	96	153	181	319	394	54,00	0,00	1627
1990	0	15	6	60	143	198,2	182	147	217	301	**82,51**	**32,63**	1269,2
1991	0	30	0	103	226	206	78	121,00	117	82	38	66	1067
1992	0	0	0	120	99	92	77	**123,26**	194	123	105	48	858
1993	50	0	88	24	101	156	240	206	289	85	170	15	1426
1994	10	0	159	65	226	41	155	276	194	215	176	0	1517
1995	0	0	0	65	176	78	306	127	208	158	138	23	1279
1996	0	70	21	160	263	99	249	223	74	191	107	0	1457
1997	25	0	0	161	208	160	132	142	171	124	52	0	1175
1998	0	0	7	124	295	185	163	152	49	46	102	141,00	1264
2000	38	50	0	46	250	57	88	138	248	167	97	**24,19**	1180
2001	25	0	38	69	109	107	108	199	296	90	248	0	1289
2002	0	7	32	137	148	117	229	100	116	118	26	68	1098
2003	0	10	72	245	211	197	234	145	300	282	107	54	1857
2005	26	0	57	85	243	158	226	244	117	131,2	259	12	1578,2
2006	19	0	105	128	322	130	262	350	179	49	66	70	1680
2007	0	0	44	224	139	218	111	267	135	135	19	81	1373
2008	31	55	44	30	255	151	132	138	278	89	463	14	1680
2009	23	11	6	34	94	294	298	201	307	54	68	7	1397
2010	0	5	49	41	189	166	327	212	274	116	172	95	1646
2011	0	5	113	72	167	344	125	174	219	92	222	105	1638
2012	0	3	6	183,6	161	285	212	158	248	219	68	40	1583,6
2013	0	39	58	153	110	275	120	167	79	59	119	13	1192
2014	0	6	13	110	77	213	90	212	169	232	10	62	1199
2015	0	0	3	143	248	33	235	185	62	135	108	4	1156
2016	4	0	0	113	263	196	102	238	76	117	119	91	1319
2017	15	0	48	186	194	160	231	150	185	156	48	47	1420
2018	60	0	17	133	363	82	58	99	229	118	71	0	1230
2019	0	3	0	44	140	188	110	166	150	94	80	22	997
2020	2	4	0	59	194	101	210	232	154	213	181	9	1359

Meses	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	V. Anual
Valores medios	12,18	12,18	31,17	112,67	185,63	156,31	176,73	182,40	199,36	151,74	112,46	38,59	1364,67
Valores máximos	65,00	70,00	159,00	368,00	363,00	344,00	327,00	377,00	373,50	394,00	463,00	141,00	2045,70
Valores mínimos	0,00	0,00	0,00	24,00	25,00	33,00	58,00	72,00	49,00	46,00	10,00	0,00	858,00

ESTACION SABANAL VALORES TOTALES MENSUALES DE PRECIPITACION (mms)







ESTACION BOCAS DE LA CEIBA VALORES TOTALES MENSUALES DE PRECIPITACION (mms)

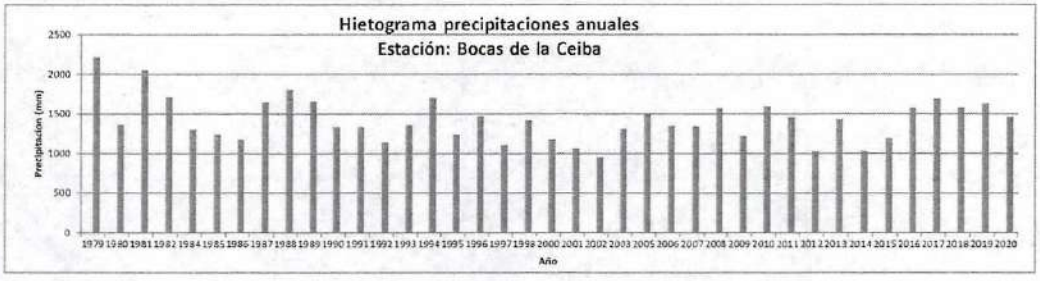
AÑO	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTI	OCTUB	NOVIE	DICIE	VR ANUAL
1979	0	0	0	112	321	332	379	258	274	377	93	71	2217
1980	36	0	20	38	213	81	136	161	169	336	67	106	1363
1981	46	67	91	166	527	168	249,5	273	253	57	96	66	2059,5
1982	19	30	15	209	105	294	237	150	278	267	107	0	1712
1984	30	14	10	112	109	180	227	126	231	143	121	0	1303
1985	0	0	7	13	231	96	166	190	241	150	140	13	1247
1986	0	17	40	132	115	161	108	131,2	236	152	74,3	8	1174,5
1987	4	0	0	233	157	37,6	346,7	249	178	248	138	57	1648,3
1988	0	54	12	139	80	194,8	312	258	296	150	241	67	1803,8
1989	23,00	38,00	93,00	12	280	184	183	149	300	280	83	29	1654
1990	**0,00**	**9,72**	**13,68**	130	88	170,2	143	196	152	196	175	59	1309,2
1991	2	14,00	59	128	294	251	106	107	118	142	79	35	1335
1992	20	0	7	43	189	136	184	153	151	151	104	0	1138
1993	33	0	25	48	105	191	188	205	302	133	128	0	1358
1994	0	0	105	128	196	48	159	409	189	259	196	13	1702
1995	0	0	39	98	92	167	266	131	223	140	67	20	1243
1996	14	75	43	178	322	171	149	137	170	103	82	23	1467
1997	0	4	0	121	138	171	149	137	170	103	113	0	1106
1998	0	0	0	108	356	137	202	205	96	143	117	53	1417
2000	29	16	0	39	122	140	147	267	189	165	32	32	1178
2001	3	16	47	9	146	76	77	134	358	77	102	21	1066
2002	0	0	33	69	110	54	216	116	141	121	22	70	952
2003	10	2	51	213	117	261	172	122	144	57	113	49	1311
2005	13	0	62	170	166	133	261	151	155	120	213	51	1495
2006	20	28	16	109	373	236	173	191	89	56	37	23	1351
2007	0	0	93	151	206	212	103	214	131	153	38	45	1346
2008	0	37	55	45	249	126	119	252	156	225	307	0	1571
2009	71	8	12	53	124	160	296	128	198	56	46	64	1216
2010	0	0	46	128	195	198	274	245	199	80	81	146	1592
2011	0	7	27	44	104	276	108	160	208	148	277	93	1452
2012	21	0	0	95	96	219	128	174	113	**98,60**	**68,12**	**17,03**	846
2013	0	35	57	**73,07**	114	212	143	183	174	195	221	24	1358
2014	36	0	0	0	109	272	142	157	62	**174,58**	**49,39**	**32,12**	778
2015	47	24	0	132	273	0	182	90	139	201	**78,85**	**27,07**	1088
2016	14	0	0	105	129	246	244	211	225	181	207	13,7	1575,7
2017	0,5	0	64	40	155	182	205	165	428	213	143	92	1687,5
2018	49	0	35	117	350	214	188	21	230	250	113	15	1582
2019	25	0	0	78	182	54	244	266	306	351	126	0	1632
2020	45	0	0	83,00	247	86	90	155	174	290	282	**3,08**	1452

Meses	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	V. Anual
Valores medios	15,65	12,71	30,20	100,03	191,95	167,37	189,80	180,18	201,18	172,88	122,50	36,87	1404,78
Valores máximos	71,00	75,00	105,00	233,00	527,00	332,00	379,00	409,00	428,00	377,00	307,00	146,00	2217,00
Valores mínimos	0,00	0,00	0,00	0,00	80,00	0,00	77,00	21,00	62,00	96,00	22,00	0,00	778,00

ESTACION BOCAS DE LA CEIBA VALORES TOTALES MENSUALES DE PRECIPITACION (mms)







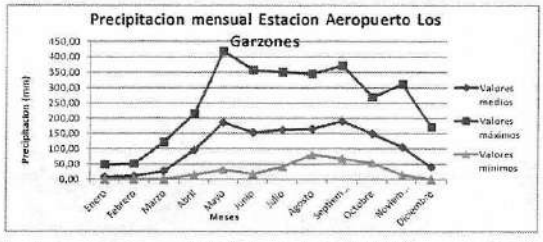
ESTACION AEROPUERTO LOS GARZONES VALORES TOTALES MENSUALES DE PRECIPITACION (mms)

AÑO	ENERO	FEBRERO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTI	OCTUB	NOVIE	DICIE	VR ANUAL
1979	0	0	8	157	129	230	241,5	**123,04**	67	259	37	37	1165,5
1980	0	0	28	58	119	51,7	104	144,4	136	**171,90**	46	28	715,1
1981	28	22	97	109	418	112	141,4	182,2	285,9	83,1	54	76	1608,6
1982	0	6,2	0	49	143	244	259	**123,53**	203	195,3	**63,88**	0	1099,5
1985	0	**0,31**	16	24	180	16,9	81,8	196,9	319,2	134	198	29	1195,8
1986	0	27	11	135,7	69	143	161	113	100,4	270	75	6	1111,1
1987	10,00	0,00	0,00	216,00	111,90	74,00	241,00	222,00	202	94,00	114,00	142,60	1427,5
1988	**0,00**	**21,66**	**10,80**	**102,54**	**32,03**	**128,17**	**154,04**	**195,59**	321,1	**117,39**	**123,18**	**32,76**	321,1
1989	2,5	39	**34,73**	**14,85**	**183,26**	171,40	129,6	98,4	252,9	260,8	81,9	22,4	1058,9
1990	5,6	31,8	39,4	**58,08**	265,4	**113,30**	58,7	184,8	272,5	231,2	77,2	73,3	1239,9
1991	0	12,5	31,7	190,2	226,7	217,6	96,9	117,6	120,2	102,7	72,1	37,8	1226
1992	5,3	4	0,8	39,4	185,2	215,7	190,8	141,9	180,8	172,1	108	1,2	1245,2
1993	21,3	0	30,2	76,2	117,9	147,1	175,4	206,3	312,1	102	68,8	7,9	1262,2
1994	0,7	0	121,4	145,3	161,6	78,8	190,1	344,7	170	213,8	239,9	3,3	1669,6
1995	0	0	23,5	98,5	163	163,9	303,9	104,4	231,1	167,1	119,8	7,2	1382,4
1996	0	0	17,3	151,9	375,2	132,9	299,6	188,4	179,2	173,4	99,4	12,5	1629,8
1997	1,4	27,3	0	150,6	107,2	112,8	133,6	122	233,8	112,5	45,5	0	1047,3
1998	0	7,1	5,2	34,6	377,6	139,1	182,6	188,4	155	96,3	147,5	121,9	1455,3
2000	9,9	16,20	0	49,8	102,6	**60,18**	40,7	110,7	224,9	158,8	13,1	24,6	751,3
2001	1,4	1	1	59,8	90,5	105,9	80,5	145,8	371,2	59,6	156,1	38,7	1111,5
2002	0	1,2	18,6	105,8	137,8	56,7	148,1	80,7	95,7	70,7	29,6	55,1	800
2003	2,6	0	40,8	208,9	123,5	205,5	145,4	138,8	164,8	95,2	110,6	4,5	1240,4
2005	19	0	52,8	100,3	197,5	187,1	206,5	175,7	178,5	65,3	199,2	43,4	1425,3
2006	18,8	6	21,2	118,4	359,4	196,2	163,1	258,1	121,2	66,4	**31,77**	25,9	1354,7
2007	2,3	1,7	68,7	127,6	266,8	146,60	86,1	203,6	116,2	159,6	16,6	55,1	1250,9
2008	11,3	27,4	35,8	56,6	320,7	90,7	90,5	216,2	259,5	243,8	272	3,4	1627,9
2009	43,2	2,7	4,5	45,7	156,9	217,5	302,5	201,3	273,5	104,9	56,7	42,8	1452,2
2010	0	5,6	92,4	132,3	175	170,4	351,4	166	144	182,3	109,2	170,5	1699,1
2011	0	24,6	81,2	93,8	128,1	356,7	89,5	112,1	188	196,2	176,7	140,1	1587
2012	0	3,8	**1,87**	75,6	137,7	284,9	175,5	219,5	163	184,8	125,10	31,5	1371,4
2013	0	51,2	48,1	70,6	171,4	223,5	127,3	174,5	108,8	64,4	122,3	9,1	1171,2
2014	9,4	4,1	0,6	56,4	59,7	213,5	82,1	262,8	161,2	192,1	29,1	53,8	1124,8
2015	0,3	22,4	0	92,7	287,2	42,5	195,2	107,6	112,5	259,5	125,4	29,7	1275
2016	5,1	0	0,4	72,9	119,5	225,2	89,85	157,9	112,8	78,3	114,2	70,1	1046,25
2017	16,3	0	21	206,8	165,1	**104,98**	147,3	161,7	210,9	53	46,9	11,6	1040,6
2018	49,2	0	17,5	57,2	291	167,8	75,7	85	153,3	140,9	129,7	0	1167,3
2019	0	0,4	0	50,5	222,4	106,70	170,6	149,3	151,3	**135,66**	89,7	2,4	943,3
2020	13,5	1,6	0	58,20	164,9	183,4	260,5	141,3	160,4	178	312,5	29,8	1504,1

Meses	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	V. Anual
Valores medios	7,29	9,72	25,82	96,07	185,33	152,85	162,45	164,90	189,84	148,58	106,17	38,97	1231,71
Valores máximos	49,20	51,20	121,40	216,00	418,00	356,70	351,40	344,70	371,20	270,00	312,50	170,50	1699,10
Valores mínimos	0,00	0,00	0,00	14,85	32,03	16,90	40,70	80,70	67,00	53,00	13,10	0,00	321,10

ESTACION AEROPUERTO LOS GARZONES VALORES TOTALES MENSUALES DE PRECIPITACION (mms)







ESTUDIOS Y DISEÑOS PARA LA FORMULACIÓN DE PROYECTOS DE INFRAESTRUCTURA VIAL A REALIZAR POR LA SECRETARIA DE INFRAESTRUCTURA DEL MUNICIPIO DE MONTERÍA

CONTRATO DE CONSULTORÍA No. CMA-SIM-017-2024

CONSORCIO CONSULTORÍA VIAL MONTERÍA

INFORME ESTUDIO HIDROLOGIA, HIDRAULICO Y SOCAVACIÓN GRUPO PROYECTO 1C

Versión 1

NOVIEMBRE DE 2024
BOGOTÁ D.C.

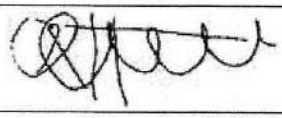
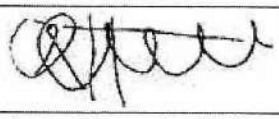
Carrera 23 N° 124-87
Edificio Torre Zentai - Oficina 404 II
Bogotá - Colombia

T: +57 (1) 221 1077
M: +57 300 517 38 99
E: gerencia.convialsas@gmail.com

CONTROL DE VERSIONES

VERSIÓN	FECHA	DESCRIPCIÓN DE MODIFICACIÓN	FOLIOS
Versión 1	Noviembre - 2024	Versión Inicial	75

ESTADO DE REVISIÓN Y APROBACIÓN

CONSORCIO CONSULTORÍA VIAL MONTERÍA		
Elaboró	**Revisó**	**Aprobó**
		
Ing. Ricardo Tafur Sánchez	Ing. Ricardo Tafur Sánchez	Ing. Manuel José Meza Soto
Especialista	Especialista	Director

SUPERVISION / INTERVENTORÍA
Revisó
Ing. Ingrid Sofia Morales Ávila
Alcaldía de Montería Gerente de Proyectos

Carrera 23 N° 124-87
Edificio Torre Zentai Oficina 404 II
Bogotá - Colombia

T : +57 (1) 221 1077
M: +57 300 517 38 99
E : gerencia.convialsas@gmail.com

TABLA DE CONTENIDO

1 INTRODUCCIÓN 7
2 OBJETIVOS 8
2.1 OBJETIVO GENERAL 8
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS 8
3 DEFINICIÓN DE TÉRMINOS 9
4 METODOLOGIA PARA EL DESARROLLO DE LOS ESTUDIOS 13
5 LOCALIZACIÓN 14
6 DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA DE DRENAJE. 17
7 INFORMACIÓN HIDROLÓGICA 19
7.1 ANÁLISIS DE LLUVIAS 20
7.1.1 VARIACIÓN TEMPORAL DE PRECIPITACIÓN 20
7.1.2 CURVA DE INTENSIDAD DURACIÓN Y FRECUENCIA 24
7.2 DEFINICIÓN DE LAS ÁREAS DE DRENAJE POR ESTRUCTURA 29
7.3 TIEMPO DE CONCENTRACIÓN 34
7.4 COEFICIENTE DE ESCORRENTIA 34
7.5 PERIODO DE RETORNO 43
7.6 INTENSIDAD DE LLUVIAS 43
7.7 CAUDALES DE DISEÑO 44
8 INFORMACIÓN HIDRÁULICA 52
8.1 ANÁLISIS HIDRÁULICO 52
8.2 COEFICIENTE DE RUGOSIDAD 53
8.3 PENDIENTE 53
8.4 VELOCIDADES MÍNIMAS 53
8.5 VELOCIDADES MÁXIMAS 54
9 SISTEMA PLUVIAL 64
9.1 CONSIDERACIONES GENERALES 64
9.2 DRENAJE SUPERFICIAL 64
9.2.1 LOCALIZACIÓN DE LAS CUNETAS Y CANALETAS 66
9.2.2 ANÁLISIS DE RESULTADOS 71

Carrera 23 N° 124-87
Edificio Torre Zental Oficina 404 II
Bogotá - Colombia

T : +57 (1) 221 1077
M: +57 300 517 38 99
E : gerencia.convialsas@gmail.com

10 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES 74
11 BIBLIOGRAFÍA 75

LISTADO DE TABLAS

Tabla 1. Tramos viales para diseñar ---------- 14
Tabla 2. Parámetros Climáticos Promedio AEROPUERTO LOS GARZONES (Montería) ----------16
Tabla 3 Información de la Estación Hidro climatológica Identificada. --------19
Tabla 4: Comportamiento estadístico de la precipitación para la estación BOCA DE LA CEIBA_EST ----------20
Tabla 5. Precipitaciones Máximas Anuales en 24 Horas Boca de La Ceiba. - 26
Tabla 6. Áreas Tributarias Eje 27. ----------31
Tabla 7. Áreas Tributarias Eje 28. ----------31
Tabla 8. Áreas Tributarias Eje 29. ----------31
Tabla 9. Áreas Tributarias Eje 30. ---------- 32
Tabla 10. Áreas Tributarias Eje 31. ---------- 32
Tabla 11. Áreas Tributarias Eje 32. ---------- 32
Tabla 12. Áreas Tributarias Eje 33. ---------- 33
Tabla 13. Áreas Tributarias Eje 34. ---------- 33
Tabla 14. Áreas Tributarias Eje 35. ---------- 33
Tabla 15. Áreas Tributarias Eje 36. ---------- 33
Tabla 16. Valores del Coeficiente de Escorrentía en Áreas Urbanas. ---------- 35
Tabla 17. Coeficientes de escorrentía eje 27. ---------- 37
Tabla 18. Coeficientes de escorrentía eje 28. ----------38
Tabla 19. Coeficiente de escorrentía eje 29 ----------38
Tabla 20. Coeficiente de escorrentía eje 30---------- 39
Tabla 21. Coeficiente de escorrentía eje 31 ---------- 39
Tabla 22. Coeficiente de escorrentía eje 32 ----------40
Tabla 23. Coeficiente de escorrentía eje 33 ---------- 41
Tabla 24. Coeficiente de escorrentía eje 34---------- 41
Tabla 25. Coeficiente de escorrentía eje 35 ----------42
Tabla 26. Coeficiente de escorrentía eje 36 ----------42

Carrera 23 N° 124-87
Edificio Torre Zental - Oficina 404 II
Bogotá - Colombia

T: +57 (1) 221 1077
M: +57 300 517 38 99
E: gerencia.convialsas@gmail.com

Tabla 27. Valores de periodo de retorno para diferentes obras ---- 43
Tabla 28. Cálculo de caudales eje 27 ---- 46
Tabla 29. Cálculo de caudales eje 28 ---- 46
Tabla 30. Cálculo de caudales eje 29 ---- 47
Tabla 31. Cálculo de caudales eje 30 ---- 48
Tabla 32. Cálculo de caudales eje 31 ---- 48
Tabla 33. Cálculo de caudales eje 32 ---- 49
Tabla 34. Cálculo de caudales eje 33 ---- 50
Tabla 35. Cálculo de caudales eje 34 ---- 50
Tabla 36. Cálculo de caudales eje 35 ---- 51
Tabla 37. Cálculo de caudales eje 36 ---- 51
Tabla 38. Velocidades y fuerza tractiva máximas permisibles. ---- 55
Tabla 39. Análisis hidráulico de drenajes superficiales eje 27 ---- 56
Tabla 40. Análisis hidráulico de drenajes superficiales eje 28 ---- 57
Tabla 41. Análisis hidráulico de drenajes superficiales eje 29 ---- 58
Tabla 42. Análisis hidráulico de drenajes superficiales eje 30 ---- 59
Tabla 43. Análisis hidráulico de drenajes superficiales eje 31 ---- 59
Tabla 44. Análisis hidráulico de drenajes superficiales eje 32 ---- 60
Tabla 45. Análisis hidráulico de drenajes superficiales eje 33 ---- 61
Tabla 46. Análisis hidráulico de drenajes superficiales eje 34 ---- 62
Tabla 47. Análisis hidráulico de drenajes superficiales eje 35 ---- 62
Tabla 48. Análisis hidráulico de drenajes superficiales eje 36 ---- 63
Tabla 49. Límites de Inundación permisibles de cunetas en vías urbanas. - 65
Tabla 50. Parámetros de diseño zona de Inundación. ---- 66
Tabla 51. Longitud máxima de saturación Cuña para un ancho de calzada de 6.00 m. ---- 67

Carrera 23 N° 124-87
Edificio Torre Zental - Oficina 404 II
Bogotá - Colombia

T: +57 (1) 221 1077
M: +57 300 517 38 99
E: gerencia.convialsas@gmail.com

LISTADO DE FIGURAS

Figura 1. Localización del sector----------15
Figura 2. Hidrografía Municipio de Montería. ---------- 18
Figura 3 Localización de las Estaciones Cercanas al Área de -estudio (Boca de La Ceiba). ----------19
Figura 4. Variación mensual de la precipitación en la estación Boca de La Ceiba.----------21
Figura 5. Representación gráfica de precipitaciones máximas ajustadas a diferentes funciones de probabilidad en la estación Boca de La Ceiba. ---- 23
Figura 6. Representación gráfica de precipitaciones máximas ajustadas a funciones de probabilidad Log Normal y Log Pearson III. en la estación Boca de La Ceiba. ---------- 23
Figura 7. Curva de Intensidad, Duración y Frecuencia, Estación El Corazón27
Figura 8. Sección trasversal zonas de inundación ---------- 29
Figura 9. Sección trasversal Canal "G" ----------30
Figura 10. Áreas tributarias. ----------30
Figura 11. Curva Capacidad Vs Pendiente para un ancho de calzada de 6.00 m.----------68
Figura 12. Zona de Inundación en Sección de Vía.----------69
Figura 12. Localización Canal "G". ----------69
Figura 14 Curva Capacidad Vs Pendiente Canal en "G". ----------70

LISTADO DE ANEXOS

Anexo 1. Información hidroclimatológica
Anexo 2. Análisis Hidrológico
Anexo 3. Evaluación hidráulica Zona de inundación.
Anexo 4. Evaluación de áreas aferentes.

Carrera 23 N° 124-87
Edificio Torre Zental - Oficina 404 II
Bogotá - Colombia

T: +57 (1) 221 1077
M: +57 300 517 38 99
E: gerencia.convialsas@gmail.com

1 INTRODUCCIÓN

El presente informe correspondiente al volumen VII de los estudios y diseños de hidrología e hidráulica requeridos en el proyecto de "DISEÑO DE VÍAS URBANAS EN EL MUNICIPIO DE MONTERIA DEPARTAMENTO DE CÓRDOBA" conforme al contrato de obra No. ICCU-1246 de 2023; contiene los resultados hidrológicos e hidráulicos para los diferentes segmentos viales urbanos correspondientes al grupo de prioridad 1C de las comunas 4 y 6 en el municipio de Montería, Departamento de Córdoba.

El desarrollo de los estudios se efectúa a partir de la información cartográfica del Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC) e información hidroclimatológica de la red de estaciones del Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM) y la Corporación Autónoma Regional de Los Valles del Sinú y Del San Jorge en el departamento de Córdoba.

El alcance de los estudios hidrológicos comprende el análisis de lluvias de los tramos en estudio y la obtención de caudales a diferentes periodos de retorno para el diseño de las estructuras de drenaje, así como también comprende la valoración de los parámetros morfométricos principales de la cuenca, la evaluación de lluvias de diseño, proyección de caudales, a través de la aplicación de modelos Lluvia-Caudal, como lo es el propuesto por el Soil Conservation Service.

Respecto a los cálculos hidráulicos, se determinan en primera instancia las estructuras existentes a partir de la actualización del inventario de obras del corredor. Posteriormente, se realiza el diseño de las nuevas obras conforme a las variaciones del diseño geométrico o por requerimientos hidrológicos.

Carrera 23 N° 124-87
Edificio Torre Zentai Oficina 404 II
Bogotá - Colombia

T: +57 (1) 221 1077
M: +57 300 517 38 99
E: gerencia.convialsas@gmail.com

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GENERAL

Realizar el estudio hidrológico, hidráulico y de drenaje para las comunas 4 y 6, según el contrato de obra No. ICCU-1246 de 2023 cuyo objeto es "DISEÑO DE VÍAS URBANAS EN EL MUNICIPIO DE MONTERIA DEPARTAMENTO DE CÓRDOBA".

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Realizar estudios hidrológicos de los tramos urbanos en el municipio de Montería dispuestos en el grupo 1C de intervención, con el fin de determinar el régimen de lluvias y definir los caudales de las áreas que aportan al proyecto.

- Desarrollar estudios hidráulicos de las estructuras necesarias para el manejo y control de las aguas superficiales dentro del área de influencia del corredor vial. Esto incluye la definición de los parámetros hidráulicos requeridos para el dimensionamiento de las estructuras de drenaje y obras de protección, en cumplimiento con la normativa vigente establecida en el Manual de Drenaje para Carreteras del Instituto Nacional de Vías (INVIAS, 2009).

Carrera 23 N° 124-87
Edificio Torre Zental - Oficina 404 II
Bogotá - Colombia

T: +57 (1) 221 1077
M: +57 300 517 38 99
E: gerencia.convialsas@gmail.com

3 DEFINICIÓN DE TÉRMINOS

Dado que el presente informe relaciona un abundante lenguaje técnico, la Consultoría ha considerado incluir una breve explicación, a manera de definición, de algunos conceptos y términos técnicos para compresión del lector.

Área tributaria. Superficie que drena hacia un tramo o un punto determinado.

Arcilla. Partículas cuyo diámetro es del orden de 0,00024 a 0,004 mm.

Arena. Fragmento de roca, cuyo diámetro es del orden de 0,062 a 2,0 mm.

Caudal. Relación entre el volumen de agua contra el tiempo producido por una corriente de agua.

Coeficiente de escorrentía. Relación que existe entre la escorrentía y la cantidad de agua lluvia que cae en una determinada área.

Coeficiente de rugosidad. Parámetro que representa el efecto friccional del contorno del lecho en un río o de un conducto sobre el flujo.

Contracción. Efecto natural de reducción en un cauce o la constricción que ejerce un puente sobre las líneas del flujo de la corriente.

Cuenca. Una cuenca hidrográfica es un área definida topográficamente, drenada por un curso de agua o un sistema conectado de cursos de agua, tal que todo el caudal efluente es descargado a traes de una salida simple.

Curvas intensidad – duración - frecuencia. Curvas que relacionan la intensidad de precipitación contra la frecuencia (periodo de retorno) y el tiempo de duración de la lluvia.

Diámetro medio aritmético, D50. Corresponde al diámetro del material promedio en peso; es decir, el tamaño del material en las abscisas de la curva granulométrica que corresponde al 50 por ciento en las ordenadas.

Drenaje. Remoción natural o artificial del agua superficial y subsuperficial de un área determinada.

Carrera 23 N° 124-87
Edificio Torre Zentai - Oficina 404 II
Bogotá - Colombia

T: +57 (1) 221 1077
M: +57 300 517 38 99
E: gerencia.convialsas@gmail.com

Escorrentía. Agua que escurre por los terrenos de la hoya hidrográfica superficialmente (escorrentía superficial) o subterráneamente (escorrentía subterránea).

Estación limnigráfica. Estación en una sección transversal de una corriente de agua en la cual se llevan a cabo medidas continúas de lecturas de mira.

Estación limnimétrica. Estación en una sección transversal de una corriente de agua en la cual se llevan a cabo medidas discontinuas de lecturas de mira.

Granulometría. Distribución dimensional de las partículas de un suelo o agregado, la cual se expresa por la proporción en peso de material existente de cada tamaño.

Grava. Fragmento de roca, cuyo diámetro oscila entre 2 a 64 mm

Hidrograma de creciente. Es la relación entre el caudal y el tiempo para un evento de creciente en una hoya hidrográfica.

Hietograma de precipitación. Es la relación entre la lluvia y el tiempo en un diagrama de barras.

IDEAM. Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales de Colombia.

Infiltración: Formación de un paso de agua en forma de conducto a través de materiales naturales o artificiales, cuando las resultantes de todas las fuerzas que actúan sobre las partículas del suelo tienen una componente vertical en el sentido de la gravedad.

Limo. Partículas cuyo diámetro es del orden de 0,004 a 0,062 mm.

Lluvia neta o efectiva. Es la lluvia que causa escorrentía superficial. Es igual a la lluvia total menos la intercepción menos la detención superficial y menos la infiltración.

Longitud resultante. Longitud de la trayectoria de flujo que sigue la línea de la pendiente resultante, medida desde el punto más alto de la pendiente hasta que el punto en que el agua abandona la corona.

Márgenes, a la izquierda (o la derecha). Lados de un cauce como se ve en la dirección hacia aguas abajo. Lados de un cauce entre los que el flujo es normalmente confinado.

Carrera 23 N° 124-87
Edificio Torre Zentai Oficina 404 II
Bogotá - Colombia

T: +57 (1) 221 1077
M: +57 300 517 38 99
E: gerencia.convialsas@gmail.com

Material del lecho. Material encontrado en y sobre el lecho de una corriente (puede ser transportado como carga de fondo o en suspensión).

Orientación de la trayectoria de flujo. Ángulo entre la pendiente transversal de la carretera y la pendiente resultante.

Pendiente resultante. Pendiente a través de la cual fluye el agua superficial, que se obtiene como resultado de la combinación de las pendientes transversal y longitudinal de la corona.

Periodo de retorno. Número de años que en promedio la magnitud de un evento extremo es igualada o excedida.

Precipitación. Caída del agua desde la atmósfera al suelo en forma líquida y sólida.

Profundidad de socavación. Distancia vertical que desciende un cauce por socavación a partir de un nivel de referencia.

Registro pluviográfico. Registro de precipitación obtenido por medio de un pluviógrafo (aparato que registra medidas continuas en el tiempo de precipitación).

Registro pluviométrico. Registro de precipitación obtenido por medio de un pluviómetro (aparato que registra medidas discontinuas en el tiempo de precipitación).

Socavación. Erosión del lecho o de las márgenes debido a corrientes de agua; frecuentemente se considera como localizada (ver socavación local, socavación por contracción y socavación total).

Thalweg. Línea a lo largo de una corriente que sigue la mayor profundidad del lecho en el cauce.

Tiempo al pico de la hoya. Tiempo entre el inicio de la lluvia efectiva y el caudal pico del hidrograma unitario de escorrentía superficial.

Tiempo de concentración. Tiempo de recorrido de la escorrentía superficial desde el punto más alejado de la cuenca de drenaje hasta el punto de salida considerado. En alcantarillados es la suma del tiempo de entrada y de recorrido.

Carrera 23 N° 124-87
Edificio Torre Zental - Oficina 404 II
Bogotá - Colombia

T: +57 (1) 221 1077
M: +57 300 517 38 99
E: gerencia.convialsas@gmail.com

Vallado. Depresión del terreno natural o artificial destinada a conducir aguas producto de las lluvias. Sistema de drenaje tipo canales en tierra.

Carrera 23 N° 124-87
Edificio Torre Zentai - Oficina 404 II
Bogotá - Colombia

T : +57 (1) 221 1077
M: +57 300 517 38 99
E : gerencia.convialsas@gmail.com

4 METODOLOGIA PARA EL DESARROLLO DE LOS ESTUDIOS

El procedimiento para la realización de los estudios de hidrología, hidráulico contempla los siguientes parámetros:

- Realización de una visita técnica en las vías en estudio, ubicadas en el municipio de Montería, en el departamento de Córdoba.
- Análisis de la información hidrometeorológica y cartográfica recopilada de la zona de estudio, con el fin de identificar las variables involucradas en el estudio hidrológico.
- Evaluación de la precipitación media mediante un análisis de la distribución temporal y espacial de la lluvia que podría afectar las actividades de construcción.
- Determinación de las áreas de drenaje tributarias correspondientes al tramo a diseñar.
- Cálculo de los caudales máximos para el periodo de retorno de 10 años, a través de la construcción de un modelo lluvia-caudal o mediante la proyección de caudales, dependiendo de la disponibilidad de información hidrométrica.
- Diseño del drenaje vial basado en los levantamientos topográficos y el diseño geométrico del proyecto.
- Determinación de los parámetros hidráulicos de las obras diseñadas, utilizando la geometría obtenida de la topografía, el trabajo de oficina, y los registros y observaciones de campo.
- Elaboración de conclusiones y recomendaciones a tener en cuenta para los diseños de las demás disciplinas y actividades durante la etapa de construcción.

Carrera 23 N° 124-87
Edificio Torre Zentai - Oficina 404 II
Bogotá - Colombia

T: +57 (1) 221 1077
M: +57 300 517 38 99
E: gerencia.convialsas@gmail.com

5 LOCALIZACIÓN

El proyecto en consideración se localiza en la zona urbana del Municipio de Montería en las comunas 4 y 6, en el Departamento de Córdoba. A partir de la condición actual de la vía y el análisis interdisciplinario, se realizó el análisis de la escorrentía y sistema de drenaje para cada uno de los corredores.

El diseño está orientado al mejoramiento del drenaje actual de los corredores.

A continuación, se presentan las vías objeto del estudio correspondientes al Grupo 1C y una imagen del sector en la Figura 1:

Tabla 1. Tramos viales para diseñar

CONSECUTIVO	No. EJE	ANCHO DE CALZADA (m)	LONGITUD (m)	BARRIO	DIRECCION
PROYECTO N°1 C					
27	32	5.00	366.27	CARIBE, VILLA CARIBE, N. BELEN, N. JERUSALEN Y VILL ARLETH	CRA 44 ENTRE LAS CALLES 25 Y 30
28	33	6.00	283.32		CALLE 25 ENTRE LAS CRAS 41 Y 44
29	34-35	6.00	154.76		CRA 42A Y 42B ENTRE LAS CALLES 24 Y 25
30	36	6.00	39.19		CALLE 24 ENTRE LAS CRAS 42A Y 42B
31	31	4.50	294.24	EL PRADO, GALILEA, MOGAMBO, EDMUNDO LOPEZ II Y EL PARAISO	CALLE 4A ENTRE LAS CRAS 25C Y 28
32	30	6.00	47.59		CRAS 25C ENTRE LAS DIAGONALES 10 Y 11
33	29	6.00	571.44		DIAGONAL 10 ENTRE LAS CRAS 17 Y 25C
34	29	6.00	130.00		DIAGONAL 1B ENTRE LA CRAS 17 Y TRANSVERSAL 14
35	28	6.00	224.68		TRANSVERSAL 14 ENTRE LAS DIAGONALES 1B Y 2E
36	27	3.50	429.14		DIAGONAL 2 ENTRE LAS TRANSVERSALES 9 Y 14

Fuente. Esta consultoría, 2024

Carrera 23 N° 124-87
Edificio Torre Zentai Oficina 404 II
Bogotá - Colombia

T: +57 (1) 221 1077
M: +57 300 517 38 99
E: gerencia.convialsas@gmail.com

Figura 1. Localización del sector



Fuente: Google (2024). [Montería, Colombia]. Google Earth. https://www.googleearth.com

La topografía de Montería es básicamente plana, con algunas elevaciones de menor importancia. La parte occidental de la ciudad está surcada por la serranía de Las Palomas. Al norte limita con el municipio de Cereté, Puerto Escondido y San Pelayo; al este con San Carlos y Planeta Rica; al sur con Tierralta y Valencia; al oeste con el departamento de Antioquia y los municipios de Canalete, Puerto Escondido y Los Córdobas.

La ciudad está surcada por numerosos caños y riachuelos, la principal fuente hídrica de Montería la constituye el río Sinú.

El clima de la ciudad de Montería es cálido tropical con una estación de sequía y una de lluvias a lo largo del año. La temperatura promedio anual de la ciudad es de 28°C con picos superiores a 40°C en temporada canicular. La humedad relativa promedio es de 78%

A continuación, se presentan los parámetros climáticos más comunes del municipio de Montería:

Carrera 23 N° 124-87
Edificio Torre Zentai - Oficina 404 II
Bogotá - Colombia

T : +57 (1) 221 1077
M. +57 300 517 38 99
E : gerencia.convialsas@gmail.com

Tabla 2. Parámetros Climáticos Promedio AEROPUERTO LOS GARZONES (Montería)

MEDIOS	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
PRECIPITACION	3.3	16.1	25.7	85.9	158	151	147	170	178	174	86.2	35.1
No. DIAS	1	1	1	5	9	8	8	10	10	9	6	2
T.MED MAX	34.6	35.3	35.8	35.6	35	35	34.6	34.5	34.3	33.6	33.1	33.5
TEMP. MEDIA	28.8	28	28.2	28.8	28.4	28.5	28.6	28	28.2	28.2	27.9	27.9
T.MED MIN	21.1	20.8	20.6	20.5	21	22.3	20.8	20.3	19.9	20.9	21.1	20.5
T.MAX ABS	35.6	37	37	36.9	35.5	35.8	35.8	35.3	36.5	34.6	34.2	35
T.MIN ABS	20	20	19.9	19	20	22	19.8	19.4	19.6	20	20	20
HUMEDAD	72	76	76	75	79	79	78	81	80	79	80	80
NUBOSIDAD	4	5	5	5	6	6	5	6	6	6	5	5
BRILLO	174	136	129	109	113	125	160	137	111	93.1	112	144

Fuente. IDEAM.

El proyecto tiene como objetivo mejorar la infraestructura del casco urbano del municipio de Montería, permitiendo una mayor fluidez vehicular y peatonal. Asimismo, se espera que estas mejoras fomenten el desarrollo económico y social, al mejorar el acceso a comercios, servicios públicos y zonas residenciales.

Carrera 23 N° 124-87
Edificio Torre Zentai - Oficina 404 II
Bogotá - Colombia

T: +57 (1) 221 1077
M: +57 300 517 38 99
E: gerencia.convialsas@gmail.com

6 DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA DE DRENAJE.

El proyecto de intervención vial se ubica en el centro urbano del municipio de Montería, con una longitud de aproximadamente 2.8 km. Las vías por intervenir, tiene un ancho de calzada variable entre 5 m y 10.5 m, compuesta por dos carriles de circulación pavimentados en concreto hidráulico.

El sistema de drenaje asociado al área de intervención se caracteriza por estar en una zona de relieve plano, donde predomina la vegetación típica de la región, con abundancia de pastos limpios y áreas de cultivos en las zonas aledañas. A lo largo de los corredores, se observan múltiples cruces de pequeños cuerpos de agua que forman parte de la red hídrica local, incluyendo canales y caños menores que desembocan en el río Sinú, así como zonas de escorrentía superficial.

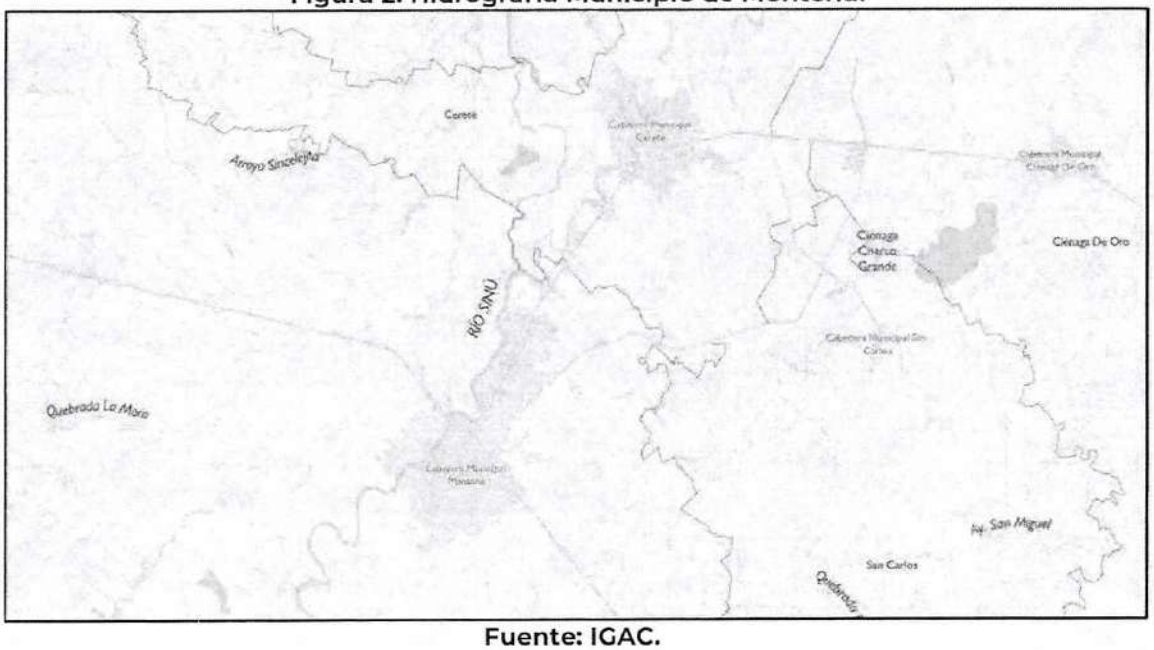
La infraestructura de drenaje existente incluye una combinación de canales que permiten el paso de las aguas pluviales y la escorrentía de un lado al otro de la vía. Estos canales están distribuidos en puntos clave a lo largo del tramo intervenido, asegurando el manejo adecuado de las aguas que atraviesan el centro urbano y evitando posibles afectaciones a las áreas circundantes.

Además, se identifican varios cruces de quebradas y caños que interceptan la vía, donde se proyecta mejorar la capacidad de los sistemas de drenaje transversales para evitar posibles inundaciones en periodos de lluvia intensa, comunes en la región de Montería debido a su clima cálido y húmedo. Los sistemas de drenaje serán adecuados para permitir un flujo continuo de las aguas y mitigar riesgos de afectación a la infraestructura vial.

Carrera 23 N° 124-87
Edificio Torre Zentai Oficina 404 II
Bogotá - Colombia

T : +57 (1) 221 1077
M: +57 300 517 38 99
E : gerencia.convialsas@gmail.com

Figura 2. Hidrografía Municipio de Montería.



Fuente: IGAC.

Carrera 23 N° 124-87
Edificio Torre Zentai - Oficina 404 II
Bogotá - Colombia

T : +57 (1) 221 1077
M: +57 300 517 38 99
E : gerencia.convialsas@gmail.com

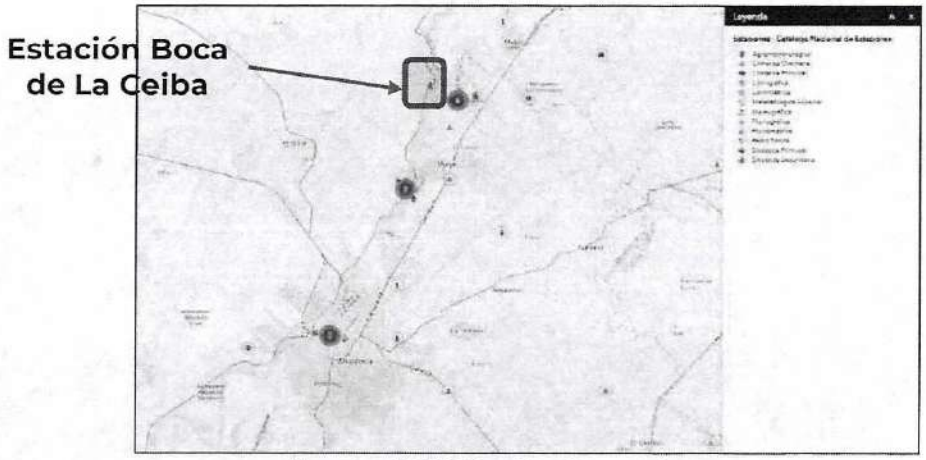
7 INFORMACIÓN HIDROLÓGICA

El desarrollo de los estudios se efectúa a partir de la información cartográfica del Instituto Geográfico Agustín Codazzi IGAC e información hidroclimatológica de la red de estaciones del Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales IDEAM.

El alcance de los estudios hidrológicos comprende el análisis de lluvias del área en estudio y obtención de caudales a diferentes periodos de retorno para el diseño de las estructuras proyectadas.

En la Figura 3, se observa la localización de las estaciones cercanas a la zona del proyecto. En la Tabla 3 se relacionan las estaciones hidroclimatológicas de la zona de estudio seleccionadas. La estación empleada para la obtención de precipitaciones es la Estación Boca de Ceiba, esta estación es la más cercana al proyecto que se encuentra activa y con información de una serie de datos desde el año 1970 al 2023 que se encuentra en una elevación de 20 msnm, altura que representa la elevación en la que se encuentra el trazado de la vía de estudio. La información de los datos hidrológicos se encuentra en el **Anexo 1. Información hidroclimatológica**.

Figura 3 Localización de las Estaciones Cercanas al Área de -estudio (Boca de La Ceiba).



Fuente: IDEAM, editada por Autores

Tabla 3 Información de la Estación Hidro climatológica Identificada.

N	CÓDIGO	TIPO	NOMBRE	MUNICIPIO	COORDENADAS			ALTURA (msnm)	FECHA DE INSTALACIÓN	FECHA DE SUSPENCIÓN
					LATITUD	LONGITUD				
1	13070070	Pluviométrica	Boca de La Ceiba	Montería	8.829917	-75.856111		20	15/01/1970	

Fuente. IDEAM.

Carrera 23 N° 124-87
Edificio Torre Zental Oficina 404 II
Bogotá - Colombia

T: +57 (1) 221 1077
M: +57 300 517 38 99
E: gerencia.convialsas@gmail.com

7.1 ANÁLISIS DE LLUVIAS

La caracterización de lluvias para la zona de estudio se realizó a partir de los registros de la estación Boca de La Ceiba del Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales IDEAM, la cual se encuentra ubicada en una elevación de 20msnm; estación que cuentan con registro de datos desde el año 1970 al año 2023.

7.1.1 VARIACIÓN TEMPORAL DE PRECIPITACIÓN

los valores de precipitación no presentan grandes cambios en la mayoría de los años, lo que contribuye a mantener un factor climático casi homogéneo, con precipitaciones mayores a 1000 mm. En las tablas siguientes se muestra el comportamiento de las lluvias a escala anual para la estación BOCA DE LA CEIBA_EST, la cual registra mayores valores de precipitación media anual.

Tabla 4: Comportamiento estadístico de la precipitación para la estación BOCA DE LA CEIBA_EST

AÑO	PRECIPITACIÓN TOTAL DIARIA (mm)		
	MÁXIMA	MÍNIMA	TOTAL ANUAL
1994	109	0	1702
1995	82	0	1243
1996	94	0	1467
1997	90	0	1106
1998	86	0	1417
1999	105	0	1118
2000	130	0	1178
2001	102	0	4652
2002	84	0	3588
2003	112	0	4990
2004	84	0	4243
2005	84	0	4932
2006	98	0	5294
2007	86	0	5949
2008	110	0	5549
2009	80	0	4449
2010	97	0	5476
2011	90	0	5451
2011	90	0	5451
2012	130	0	4956
2013	108	0	4563
2014	135	0	4237
2015	95	0	4719
2016	100	0	5047
2017	106	0	4966
2018	137	0	5245
2019	120	0	4875
2020	140	0	4841
2021	90	0	5235
2022	85	0	5172

Carrera 23 N° 124-87
Edificio Torre Zentai Oficina 404 II
Bogotá - Colombia

T : +57 (1) 221 1077
M: +57 300 517 38 99
E : gerencia.convialsas@gmail.com

AÑO	PRECIPITACIÓN TOTAL DIARIA (mm)		
	MÁXIMA	MÍNIMA	TOTAL ANUAL
2023	96	0	6949
PROMEDIO	102	0	4154
MÍN	80	0	1106
MÁX	140	0	6949
D.E	17.52	0	1665.51
VARIANZA	306.88	0	2773896.66
COEF. ASIMETRIA	0.82		-0.9
CURTOSÍS	-0.38		-0.48

Fuente. Esta consultoría, 2024

7.1.1.1 PRECIPITACIÓN TOTAL MENSUAL MULTIANUAL (mm)

La estación Boca de La Ceiba registro una precipitación media total multianual de 1415.38 mm y un promedio mensual de 117.95 mm en el periodo 1970-2023. Como se observa en la Figura 4, la precipitación presenta un régimen monomodal, donde los periodos de mayores de precipitación se presentan entre los meses de mayo a noviembre.

Figura 4. Variación mensual de la precipitación en la estación Boca de La Ceiba.



Fuente. Esta consultoría, 2024

Carrera 23 N° 124-87
Edificio Torre Zentai - Oficina 404 II
Bogotá - Colombia

T : +57 (1) 221 1077
M: +57 300 517 38 99
E : gerencia.convialsas@gmail.com

7.1.1.2 PRECIPITACIONES MÁXIMAS EN 24 HORAS

A partir de los registros de precipitación máximos en 24 horas en cada estación de influencia sobre las cuencas, se realizó el ajuste estadístico mediante diferentes funciones de distribución de probabilidad, seleccionando el mejor ajuste, con el propósito de estimar las precipitaciones máximas asociadas a diferentes periodos de retorno, entre 2.33 y 100 años. El caudal con periodo de retorno de 2.33 años Q2.33 corresponde al caudal promedio en la distribución Gumbel de acuerdo con el numeral 2.5.4. Análisis regional de caudales máximos instantáneos anuales del manual de drenaje para carreteras.

A partir de los datos de precipitación registrados se realizó la prueba de datos dudosos según la metodología expuesta por Water Resources Council U.S. encontrando que no se presentan datos dudosos de la serie de registros.

Se realizo la prueba de Chi 2 y la prueba de Smirnov Kolgomorov para la distribución Normal, Log Normal, Pearson III, Log Pearson II, Gumbel. (Ver Anexo 2 Análisis Hidrológico)

Tabla 5 Resultados Prueba Smirnov Kolmogorov estación Boca de La Ceiba.

Kolmogorov-Smirnov test for:All data	a=1%	a=5%	a=10%	Attained a	DMax
Normal	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	59.9034%	0.10434
LogNormal	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	93.6400%	0.07291
Pearson III	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	91.9633%	0.07527
Log Pearson III	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	93.3865%	0.07328
EV1-Max (Gumbel)	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	67.8462%	0.09792

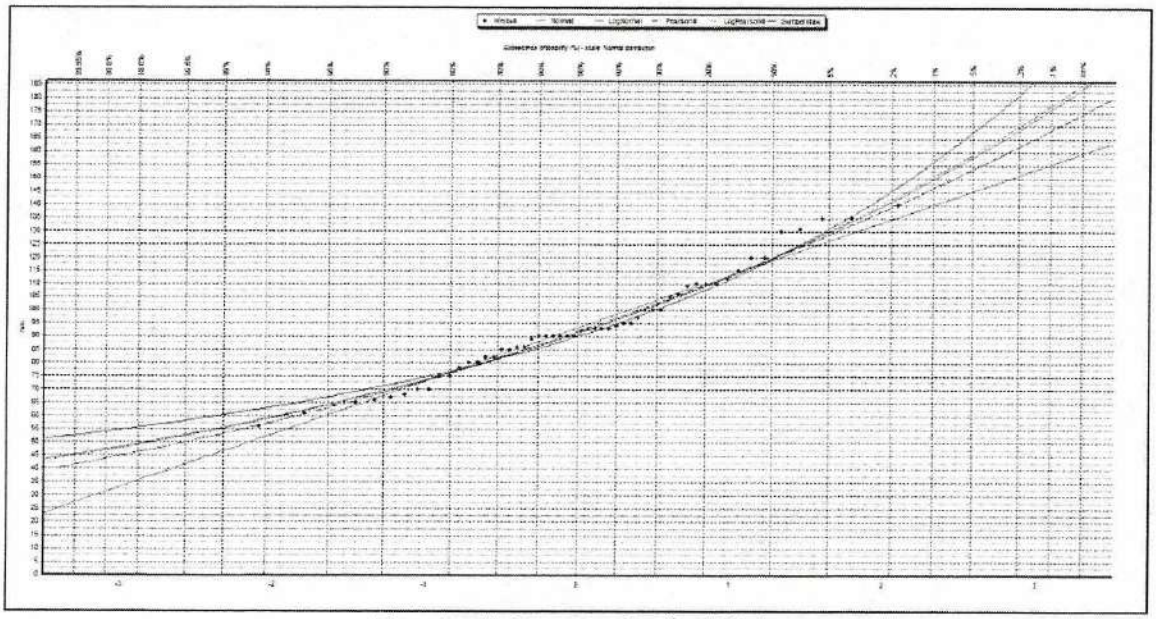
Tabla 6 Resultados Prueba Chi² estación Boca de La Ceiba.

X-Square test for All data	a=1%	a=5%	a=10%	Attained a	Pearson
Normal	ACCEPT	ACCEPT	REJECT	8.37688%	8.22222
LogNormal	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	22.8568%	5.62963
Pearson III	ACCEPT	REJECT	REJECT	1.62084%	10.2963
Log Pearson III	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	13.1088%	5.62963
EV1-Max (Gumbel)	ACCEPT	ACCEPT	ACCEPT	39.6074%	4.07407

Carrera 23 N° 124-87
Edificio Torre Zentai Oficina 404 II
Bogotá - Colombia

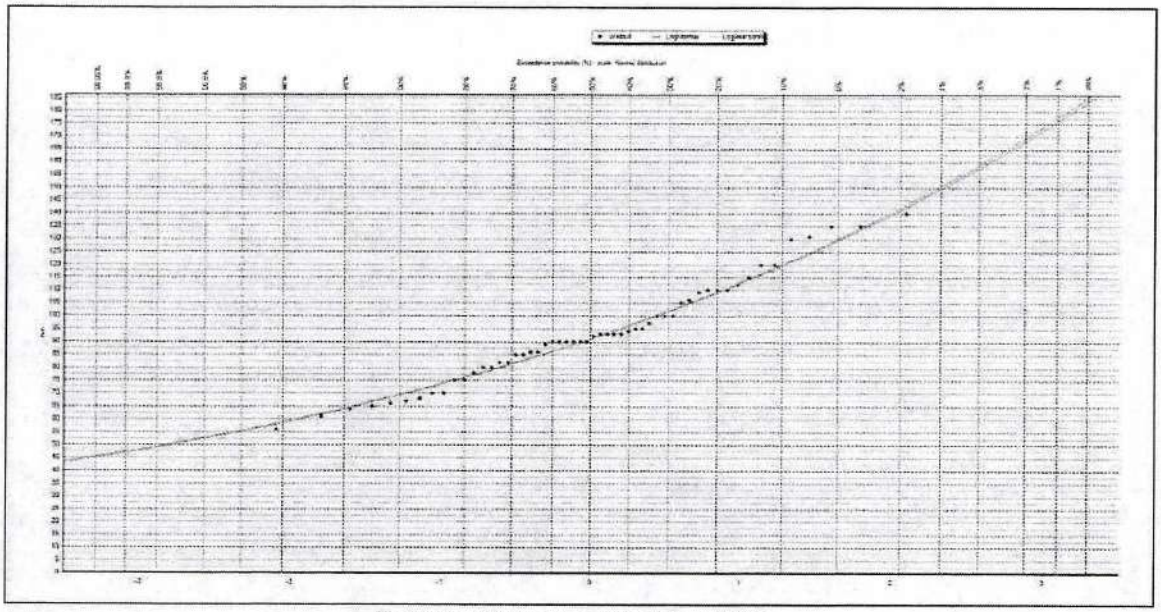
T : +57 (1) 221 1077
M: +57 300 517 38 99
E : gerencia.convialsas@gmail.com

Figura 5. Representación gráfica de precipitaciones máximas ajustadas a diferentes funciones de probabilidad en la estación Boca de La Ceiba.



Fuente. Esta consultoría, 2024

Figura 6. Representación gráfica de precipitaciones máximas ajustadas a funciones de probabilidad Log Normal y Log Pearson III. en la estación Boca de La Ceiba.



Fuente. Esta consultoría, 2024

Carrera 23 N° 124-87
Edificio Torre Zentai Oficina 404 II
Bogotá - Colombia

T: +57 (1) 221 1077
M: +57 300 517 38 99
E: gerencia.convialsas@gmail.com

Para definir la serie que mejor se ajusta a los registros analizados de la estación Boca de La Ceiba se comprobó por Chi² obteniendo que la frecuencia que mejor se ajusta corresponde a la frecuencia Gumbel, en cuanto a el análisis por la prueba de Smirnov Kolmogorov se obtiene que la frecuencia que mejor se ajusta corresponde a la de Log Normal, finalmente como tercer prueba de verificación de frecuencias se realiza en análisis gráfico de las diferentes funciones de distribución de probabilidad obteniendo que el mejor ajuste corresponde a Log Normal. En la Figura 5 se puede observar las diferentes funciones de distribución.

De acuerdo con el análisis de diferentes funciones de probabilidad para la estación Boca de La Ceiba se realiza la adopción de distribución Log Normal. En la Tabla se presentan los valores de precipitaciones adoptados. (Ver anexo 2.)

Tabla 7.Precipitaciones máximas para la distribución de frecuencia Log Normal Estación Boca de La Ceiba.

TR	Precipitación (mm)	Probabilidad de no Excedencia P
2.33	59.85	0.57
5	64.40	0.80
10	69.56	0.90
20	76.37	0.95
25	79.13	0.96
50	91.31	0.98
100	91.35	0.99

Fuente. Esta consultoría, 2024

7.1.2 CURVA DE INTENSIDAD DURACIÓN Y FRECUENCIA

Para la determinación de la intensidad media, inicialmente se consultó en el IDEAM la existencia de estas curvas para las estaciones analizadas, encontrando que no hay disponibilidad de esta información.

Se empleó la metodología para la obtención de curvas IDF incluida dentro del manual de drenaje de carreteras de INVIAS. La curva empleada fue construida a partir de los datos que se muestran en la Tabla aplicando la ecuación de curvas sintéticas regionalizadas de Intensidad – duración – y

Carrera 23 N° 124-87
Edificio Torre Zentai Oficina 404 II
Bogotá - Colombia

T : +57 (1) 221 1077
M: +57 300 517 38 99
E : gerencia.convialsas@gmail.com

frecuencia, Vargas, R. y Díaz Granados, M. 1998, como lo indica el Manual de Drenaje Vial del INVIAS. La estación seleccionada para el análisis de caudales es la estación Boca de La Ceiba, toda vez que lo expuesto en el análisis de distribución espacial de lluvias corresponde a la estación que mejor representa las condiciones pluviométricas del Sector y correspondía al área de influencia de cada estación aplicando la metodología de polígonos de Thiessen.

La ecuación para el cálculo de la Intensidad se relaciona a continuación:

$$i = a \cdot \frac{T^b}{t^c} \cdot M^d \cdot N^e \cdot PT^f$$

Donde,

i = Intensidad (mm/h)
a, b, c y d parámetros de la región
T = Periodo de Retorno (años)
t = Duración de la Lluvia (hora)
M = Promedio de Precipitación Máxima anual en 24 horas (mm)
N= Promedio de Número de días de Lluvia anual.
PT= Promedio del Total de Precipitaciones en el año.

Tabla 8. Parámetros de Construcción de Curvas IDF Estación Boca de La Ceiba

Parámetros Según la Región	
a	8.51
b	0.21
c	0.5
d	-0.01
e	-0.08
f	0.28
Parámetros Hidrológicos	
M	93.39
N	68.05
PT	1415.38

Fuente. Esta consultoría, 2024

Los parámetros utilizados para la construcción de la curva IDF corresponden a la región Caribe según la metodología de Vargas y Díaz Granados.

Carrera 23 N° 124-87
Edificio Torre Zental - Oficina 404 II
Bogotá - Colombia

T : +57 (1) 221 1077
M: +57 300 517 38 99
E : gerencia.convialsas@gmail.com

El valor de M fue establecido como el promedio de los valores de precipitación máxima anual en 24 horas, dichos valores se muestran en la Tabla 5. **Precipitaciones Máximas Anuales en 24 Horas Boca de La Ceiba.**

Año	No. Días Lluvia	Prec. Máx 24h
1994	79	109
1995	79	82
1996	76	94
1997	59	90
1998	74	86
1999	52	105
2000	73	130
2001	275	102
2002	250	84
2003	287	112
2004	253	84
2005	280	84
2006	288	98
2007	292	86
2008	280	110
2009	248	80
2010	274	97
2011	272	90
2012	262	130
2013	225	108
2014	211	135
2015	198	95
2016	219	100
2017	240	106
2018	238	137
2019	210	120
2020	221	140
2021	244	90
2022	250	85
2023	309	96
PROMEDIO	**210.6**	**102.17**

Fuente. **Esta consultoría, 2024**

para la estación El Corazón. En cuanto a los datos de las precipitaciones máximas mensuales en 24 horas, se encuentran en el **Anexo 1. Información hidroclimatológica**.

Tabla 5. Precipitaciones Máximas Anuales en 24 Horas Boca de La Ceiba.

Año	No. Días Lluvia	Prec. Máx 24h
1994	79	109
1995	79	82
1996	76	94
1997	59	90
1998	74	86
1999	52	105
2000	73	130
2001	275	102
2002	250	84
2003	287	112
2004	253	84

Carrera 23 N° 124-87
Edificio Torre Zentai - Oficina 404 II
Bogotá - Colombia

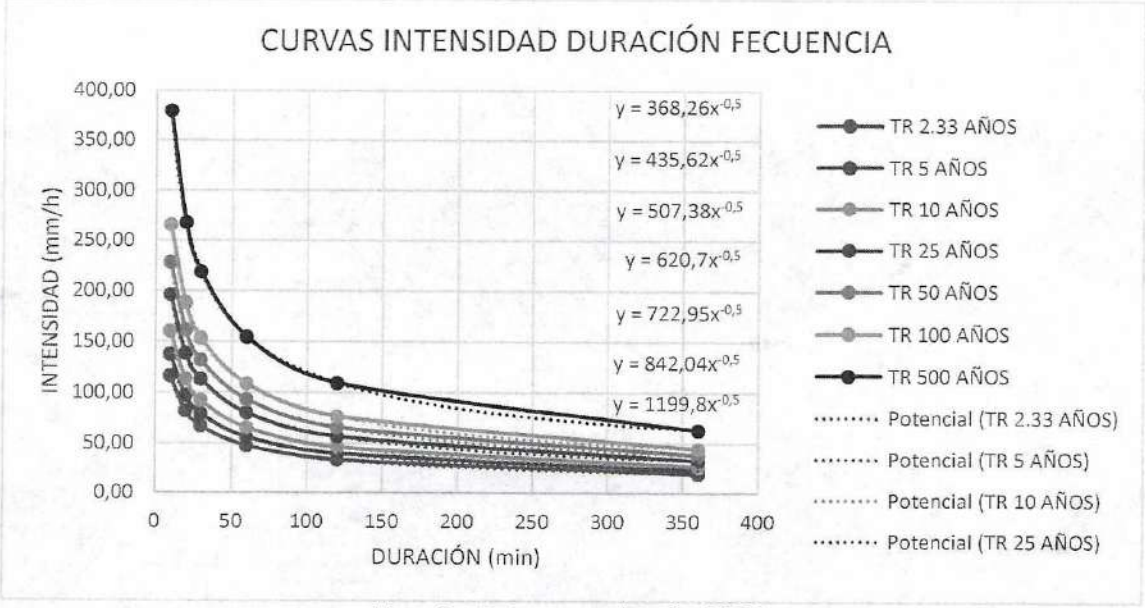
T : +57 (1) 221 1077
M: +57 300 517 38 59
E : gerencia.convialsas@gmail.com

2005	280	84
2006	288	98
2007	292	86
2008	280	110
2009	248	80
2010	274	97
2011	272	90
2012	262	130
2013	225	108
2014	211	135
2015	198	95
2016	219	100
2017	240	106
2018	238	137
2019	210	120
2020	221	140
2021	244	90
2022	250	85
2023	309	96
PROMEDIO	**210.6**	**102.17**

Fuente. Esta consultoría, 2024

En la Figura 7 se presentan las curvas de Intensidad, duración y frecuencia correspondientes a la estación Boca de La Ceiba para los periodos de retorno de 2.33, 5,10, 20, 25, 50 y 100 años acorde a los datos obtenidos y presentados en la Tabla 10.

Figura 7. Curva de Intensidad, Duración y Frecuencia, Estación El Corazón



Fuente. Esta consultoría, 2024

Carrera 23 N° 124-87
Edificio Torre Zental Oficina 404 II
Bogotá - Colombia

T: +57 (1) 221 1077
M: +57 300 517 38 99
E: gerencia.convialsas@gmail.com

Los valores con los que se ha graficado las curvas IDF para la estación Bocas de La Ceiba corresponden a los datos presentados en la Tabla .

Tabla 10. Valores de Intensidad para Diferentes Periodos de Retorno, Estación Bocas de La Ceiba

	Intensidades (mm/h)					
Tr (años)	**10**	**20**	**30**	**60**	**120**	**360**
2.33	116.45	82.35	67.23	47.54	33.62	19.41
5	137.76	97.41	79.53	56.24	39.77	22.96
10	160.45	113.45	92.63	65.50	46.32	26.74
15	175.42	124.04	101.28	71.61	50.64	29.24
20	186.88	132.14	107.89	76.29	53.95	31.15
25	196.28	138.79	113.32	80.13	56.66	32.71
50	228.62	161.66	131.99	93.33	66.00	38.10
100	266.28	188.29	153.74	108.71	76.87	44.38
500	379.41	268.28	219.05	154.89	109.53	63.23

Fuente. Esta consultoría, 2024

Carrera 23 N° 124-87
Edificio Torre Zentai - Oficina 404 II
Bogotá - Colombia

T : +57 (1) 221 1077
M: +57 300 517 38 99
E : gerencia.convialsas@gmail.com

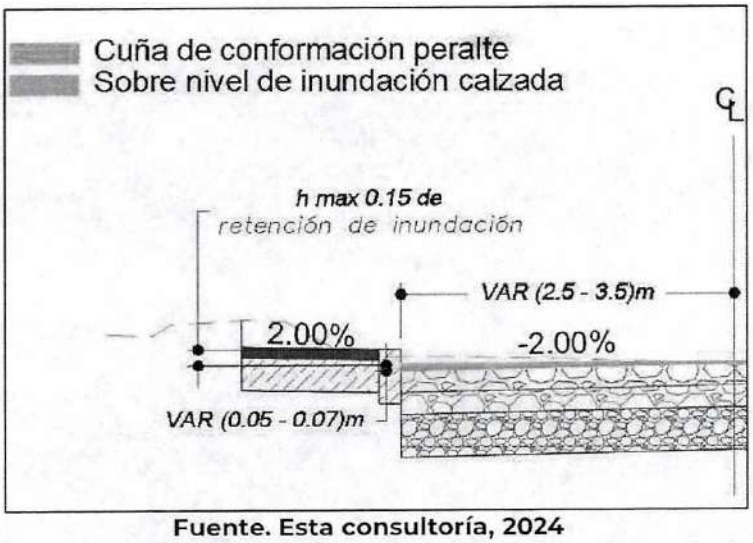
7.2 DEFINICIÓN DE LAS ÁREAS DE DRENAJE POR ESTRUCTURA

Es necesario definir con precisión la extensión y tipo de áreas tributarias para cada tramo en diseño, asegurando que solo se consideren aquellas áreas que contribuyen efectivamente a la escorrentía del tramo en cuestión. Las áreas de drenaje deben delimitarse a partir de la interpretación directa de los planos topográficos del proyecto, garantizando que su delimitación sea coherente con las redes de drenaje natural existentes. Estas áreas tributarias se expresan en hectáreas para facilitar el cálculo del caudal de escorrentía.

Adicionalmente, es imprescindible verificar la correcta delimitación de las áreas de aporte, las cuales son producto del desarrollo del diseño. Para asegurar la precisión, se debe realizar una comparación entre los planos de diseño geométrico y los topográficos correspondientes, garantizando que las áreas de drenaje identificadas reflejen fielmente las condiciones reales del terreno. Este proceso es clave para asegurar un diseño hidráulico eficiente.

En cuanto a los elementos de confinamiento, en cada costado de la vía se disponen de sardineles de 0.15 metros de altura, los cuales, en combinación con un peralte del 2.0% en la longitud media de la vía de entre 2 y 5 metros, conforman el canal de escorrentía. Esta configuración permite controlar la inundación sobre la vía, según lo mostrado en el corte transversal adjunto.

Figura 8. Sección trasversal zonas de inundación



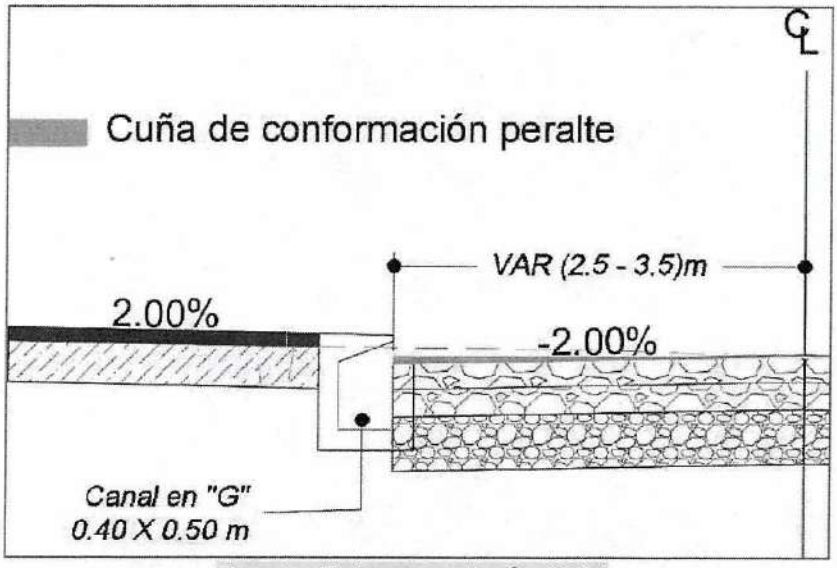
Fuente. Esta consultoría, 2024

Carrera 23 N° 124-87
Edificio Torre Zentai - Oficina 404 II
Bogotá - Colombia

T: +57 (1) 221 1077
M: +57 300 517 38 99
E: gerencia.convialsas@gmail.com

Por otra parte en zonas donde se puede realizar la descarga a través de estructuras longitudinales se plantea un canal en "G" con dimensión de 0.4 X 0.5 metros por debajo del andén y adyacente a la vía como se muestra en la sección presentada a continuación:

Figura 9. Sección trasversal Canal "G"



Fuente. Esta consultoría, 2024

Por ende se plantean las siguientes áreas tributarias para cada uno de los ejes contemplados en esta consultoría:

Figura 10. Áreas tributarias.



Fuente. Esta consultoría, 2024

Carrera 23 N° 124-87
Edificio Torre Zentai Oficina 404 II
Bogotá - Colombia

T : +57 (1) 221 1077
M: +57 300 517 38 99
E : gerencia.convialsas@gmail.com

Tabla 6. Áreas Tributarias Eje 27.

EJE 27											
ABCISA		LONGITUD	PENDIENTE (%)	PENDIENTE (m/m)	LONGITUD	ÁREA DE DRENAJE VÍA	ÁREA DE DRENAJE AFERENTES	ÁREA TOTAL	ÁREA TOTAL	% ÁREA VÍAS	% ÁREAS ZONAS ALEDAÑAS
INCIAL	FINAL	(m)	TERRENO	TERRENO	(km)	M2	M2	M2	Km2		
K0+000.000	K0+001.260	1.26	1.09%	0.011	0.00	4.41	34.88	39.29	0.000	11%	89%
K0+001.260	K0+003.690	2.43	-0.57%	-0.006	0.00	8.51	67.28	75.78	0.000	11%	89%
K0+003.690	K0+116.230	112.54	-0.30%	-0.003	0.11	393.89	3115.79	3509.68	0.004	11%	89%
K0+116.230	K0+126.230	10.00	-0.30%	-0.003	0.01	35.00	276.86	311.86	0.000	11%	89%
K0+126.230	K0+136.230	10.00	-1.47%	-0.015	0.01	35.00	276.86	311.86	0.000	11%	89%
K0+136.230	K0+140.440	4.21	-1.41%	-0.014	0.00	14.74	116.56	131.29	0.000	11%	89%
K0+140.440	K0+142.610	2.17	3.27%	0.033	0.00	7.60	60.08	67.67	0.000	11%	89%
K0+142.610	K0+146.320	3.71	-0.99%	-0.010	0.00	12.98	102.72	115.70	0.000	11%	89%
K0+146.320	K0+150.590	4.27	0.89%	0.009	0.00	14.95	118.22	133.16	0.000	11%	89%
K0+150.590	K0+160.590	10.00	0.89%	0.009	0.01	35.00	276.86	311.86	0.000	11%	89%
K0+160.590	K0+170.590	10.00	-0.27%	-0.003	0.01	35.00	276.86	311.86	0.000	11%	89%
K0+170.590	K0+307.760	137.17	-0.27%	-0.003	0.14	480.10	3797.70	4277.79	0.004	11%	89%
K0+307.760	K0+311.330	3.57	2.01%	0.020	0.00	12.50	98.84	111.33	0.000	11%	89%
K0+311.330	K0+315.600	4.27	-0.37%	-0.004	0.00	14.95	118.22	133.16	0.000	11%	89%
K0+315.600	K0+414.360	98.76	0.15%	0.002	0.10	345.66	2734.28	3079.94	0.003	11%	89%
K0+414.360	K0+429.140	14.78	2.02%	0.020	0.01	51.73	409.20	460.93	0.000	11%	89%

Fuente. Esta consultoría, 2024

Tabla 7. Áreas Tributarias Eje 28.

EJE 28											
ABCISA		LONGITUD	PENDIENTE (%)	PENDIENTE (m/m)	LONGITUD	ÁREA DE DRENAJE VÍA	ÁREA DE DRENAJE AFERENTES	ÁREA TOTAL	ÁREA TOTAL	% ÁREA VÍAS	% ÁREAS ZONAS ALEDAÑAS
INCIAL	FINAL	(m)	TERRENO	TERRENO	(km)	M2	M2	M2	Km2		
K0+000.650	K0+006.330	5.68	2.05%	0.021	0.01	34.08	220.37	254.45	0.000	13%	87%
K0+006.330	K0+009.890	3.56	-0.40%	-0.004	0.00	21.36	138.12	159.48	0.000	13%	87%
K0+009.890	K0+107.880	97.99	0.31%	0.003	0.10	587.94	3801.86	4389.80	0.004	13%	87%
K0+107.880	K0+110.880	3.00	1.64%	0.016	0.00	18.00	116.40	134.40	0.000	13%	87%
K0+110.880	K0+144.050	33.17	0.24%	0.002	0.03	199.02	1286.94	1485.96	0.001	13%	87%
K0+144.050	K0+222.380	78.33	131.00%	1.310	0.08	469.98	3039.08	3509.06	0.004	13%	87%
K0+222.380	K0+224.680	2.30	5.45%	0.055	0.00	13.80	89.24	103.04	0.000	13%	87%

Fuente. Esta consultoría, 2024

Tabla 8. Áreas Tributarias Eje 29.

EJE 29											
ABCISA		LONGITUD	PENDIENTE (%)	PENDIENTE (m/m)	LONGITUD	ÁREA DE DRENAJE VÍA	ÁREA DE DRENAJE AFERENTES	ÁREA TOTAL	ÁREA TOTAL	% ÁREA VÍAS	% ÁREAS ZONAS ALEDAÑAS
INCIAL	FINAL	(m)	TERRENO	TERRENO	(km)	M2	M2	M2	Km2		
K0+000.650	K0+003.000	2.35	-2.00%	-0.020	0.00	14.10	132.51	146.61	0.000	10%	90%
K0+003.000	K0+246.990	243.99	-0.29%	-0.003	0.24	1463.94	13758.33	15222.27	0.015	10%	90%
K0+246.990	K0+256.990	10.00	-0.29%	-0.003	0.01	60.00	563.89	623.89	0.001	10%	90%
K0+256.990	K0+266.990	10.00	-1.97%	-0.020	0.01	60.00	563.89	623.89	0.001	10%	90%
K0+266.990	K0+269.990	3.00	-1.97%	-0.020	0.00	18.00	169.17	187.17	0.000	10%	90%
K0+269.990	K0+274.370	4.38	0.30%	0.003	0.00	26.28	246.98	273.26	0.000	10%	90%
K0+274.370	K0+288.480	14.11	1.22%	0.012	0.01	84.66	795.65	880.31	0.001	10%	90%
K0+288.480	K0+298.480	10.00	1.22%	0.012	0.01	60.00	563.89	623.89	0.001	10%	90%
K0+298.480	K0+308.480	10.00	0.22%	0.002	0.01	60.00	563.89	623.89	0.001	10%	90%
K0+308.480	K0+340.580	32.10	0.22%	0.002	0.03	192.60	1810.08	2002.68	0.002	10%	90%
K0+340.580	K0+385.000	44.42	-0.30%	-0.003	0.04	266.52	2504.80	2771.32	0.003	10%	90%
K0+385.000	K0+395.490	10.49	-0.30%	-0.003	0.01	62.94	591.52	654.46	0.001	10%	90%
K0+395.490	K0+405.490	10.00	-1.31%	-0.013	0.01	60.00	563.89	623.89	0.001	10%	90%

Fuente. Esta consultoría, 2024

Carrera 23 N° 124-87
Edificio Torre Zental - Oficina 404 II
Bogotá - Colombia

T: +57 (1) 221 1077
M: +57 300 517 38 99
E: gerencia.convialsas@gmail.com

Tabla 9. Áreas Tributarias Eje 30.

EJE 30											
ABCISA		LONGITUD	PENDIENTE (%)	PENDIENTE (m/m)	LONGITUD	ÁREA DE DRENAJE VÍA	ÁREA DE DRENAJE AFERENTES	ÁREA TOTAL	ÁREA TOTAL	% ÁREA VÍAS	% ÁREAS ZONAS ALEDAÑAS
INCIAL	FINAL	(m)	TERRENO	TERRENO	(km)	M2	M2	M2	Km2	0%	0%
K0+000.000	K0+001.200	1.20	0.60%	0.006	0.00	7.20	26.97	34.17	0.000	21%	79%
K0+001.200	K0+003.280	2.08	2.83%	0.028	0.00	12.48	46.74	59.22	0.000	21%	79%
K0+003.280	K0+006.280	3.00	-1.99%	-0.020	0.00	18.00	67.42	85.42	0.000	21%	79%
K0+006.280	K0+010.470	4.19	1.09%	0.011	0.00	25.14	94.16	119.30	0.000	21%	79%
K0+010.470	K0+020.470	10.00	1.09%	0.011	0.01	60.00	224.73	284.73	0.000	21%	79%
K0+020.470	K0+030.470	10.00	-0.55%	-0.006	0.01	60.00	224.73	284.73	0.000	21%	79%
K0+030.470	K0+042.860	12.39	-0.55%	-0.006	0.01	74.34	278.44	352.78	0.000	21%	79%
K0+042.860	K0+045.130	2.27	1.61%	0.016	0.00	13.62	51.01	64.63	0.000	21%	79%
K0+045.130	K0+047.590	2.46	-2.04%	-0.020	0.00	14.76	55.28	70.04	0.000	21%	79%

Fuente. Esta consultoría, 2024

Tabla 10. Áreas Tributarias Eje 31.

EJE 31											
ABCISA		LONGITUD	PENDIENTE (%)	PENDIENTE (m/m)	LONGITUD	ÁREA DE DRENAJE VÍA	ÁREA DE DRENAJE AFERENTES	ÁREA TOTAL	ÁREA TOTAL	% ÁREA VÍAS	% ÁREAS ZONAS ALEDAÑAS
INCIAL	FINAL	(m)	TERRENO	TERRENO	(km)	M2	M2	M2	Km2	0%	0%
K0+000.000	K0+003.010	3.01	-2.11%	-0.021	0.00	13.55	85.38	98.92	0.000	14%	86%
K0+003.010	K0+150.000	146.99	0.08%	0.001	0.15	661.46	4169.36	4830.81	0.005	14%	86%
K0+150.000	K0+152.680	2.68	-2.16%	-0.022	0.00	12.06	76.02	88.08	0.000	14%	86%
K0+152.680	K0+202.360	49.68	0.57%	0.006	0.05	223.56	1409.17	1632.73	0.002	14%	86%
K0+202.360	K0+243.420	41.06	0.32%	0.003	0.04	184.77	1164.66	1349.43	0.001	14%	86%
K0+243.420	K0+294.240	50.82	-0.48%	-0.005	0.05	228.69	1441.50	1670.19	0.002	14%	86%

Fuente. Esta consultoría, 2024

Tabla 11. Áreas Tributarias Eje 32.

EJE 32											
ABCISA		LONGITUD	PENDIENTE (%)	PENDIENTE (m/m)	LONGITUD	ÁREA DE DRENAJE VÍA	ÁREA DE DRENAJE AFERENTES	ÁREA TOTAL	ÁREA TOTAL	% ÁREA VÍAS	% ÁREAS ZONAS ALEDAÑAS
INCIAL	FINAL	(m)	TERRENO	TERRENO	(km)	M2	M2	M2	Km2	0%	0%
K0+000.000	K0+004.950	4.95	0.85%	0.009	0.00	24.75	259.58	284.33	0.000	9%	91%
K0+004.950	K0+007.960	3.01	-2.23%	-0.022	0.00	15.05	157.85	172.90	0.000	9%	91%
K0+007.960	K0+027.290	19.33	0.31%	0.003	0.02	96.65	1013.67	1110.32	0.001	9%	91%
K0+027.290	K0+032.290	5.00	0.31%	0.003	0.01	25.00	262.20	287.20	0.000	9%	91%
K0+032.290	K0+037.290	5.00	-0.85%	-0.009	0.01	25.00	262.20	287.20	0.000	9%	91%
K0+037.290	K0+067.350	30.06	-0.85%	-0.009	0.03	150.30	1576.35	1726.65	0.002	9%	91%
K0+067.350	K0+120.740	53.39	0.21%	0.002	0.05	266.95	2799.79	3066.74	0.003	9%	91%
K0+120.740	K0+148.040	27.30	-0.11%	-0.001	0.03	136.50	1431.62	1568.12	0.002	9%	91%
K0+148.040	K0+206.700	58.66	0.42%	0.004	0.06	293.30	3076.15	3369.45	0.003	9%	91%
K0+206.700	K0+216.700	10.00	0.42%	0.004	0.01	50.00	524.40	574.40	0.001	9%	91%
K0+216.700	K0+226.700	10.00	0.74%	0.007	0.01	50.00	524.40	574.40	0.001	9%	91%
K0+226.700	K0+227.850	1.15	0.74%	0.007	0.00	5.75	60.31	66.06	0.000	9%	91%
K0+227.850	K0+237.850	10.00	0.74%	0.007	0.01	50.00	524.40	574.40	0.001	9%	91%
K0+237.850	K0+247.850	10.00	-0.24%	-0.002	0.01	50.00	524.40	574.40	0.001	9%	91%
K0+247.850	K0+340.680	92.83	-0.24%	-0.002	0.09	464.15	4868.03	5332.18	0.005	9%	91%
K0+340.680	K0+350.680	10.00	-0.24%	-0.002	0.01	50.00	524.40	574.40	0.001	9%	91%
K0+350.680	K0+360.680	10.00	7.94%	0.079	0.01	50.00	524.40	574.40	0.001	9%	91%
K0+360.680	K0+366.270	5.59	7.94%	0.079	0.01	27.95	293.14	321.09	0.000	9%	91%

Fuente. Esta consultoría, 2024

Carrera 23 N° 124-87
Edificio Torre Zentai Oficina 404 II
Bogotá - Colombia

T : +57 (1) 221 1077
M: +57 300 517 38 99
E : gerencia.convialsas@gmail.com

Tabla 12. Áreas Tributarias Eje 33.

EJE 33											
ABCISA		LONGITUD	PENDIENTE (%)	PENDIENTE (m/m)	LONGITUD	ÁREA DE DRENAJE VÍA	ÁREA DE DRENAJE AFERENTES	ÁREA TOTAL	ÁREA TOTAL	% ÁREA VÍAS	% ÁREAS ZONAS ALEDAÑAS
INCIAL	FINAL	(m)	TERRENO	TERRENO	(km)	M2	M2	M2	Km2	0%	0%
K0+000.000	K0+002.960	2.96	2.01%	0.020	0.00	17.76	65.92	83.68	0.000	21%	79%
K0+002.960	K0+025.540	22.58	0.10%	0.001	0.02	135.48	502.86	638.34	0.001	21%	79%
K0+025.540	K0+039.000	13.46	-1.01%	-0.010	0.01	80.76	299.75	380.51	0.000	21%	79%
K0+039.000	K0+074.730	35.73	-0.17%	-0.002	0.04	214.38	795.71	1010.09	0.001	21%	79%
K0+074.730	K0+077.730	3.00	2.01%	0.020	0.00	18.00	66.81	84.81	0.000	21%	79%
K0+077.730	K0+080.730	3.00	-2.01%	-0.020	0.00	18.00	66.81	84.81	0.000	21%	79%
K0+080.730	K0+108.100	27.37	0.21%	0.002	0.03	164.22	609.53	773.75	0.001	21%	79%
K0+108.100	K0+113.480	5.38	0.58%	0.006	0.01	32.28	119.81	152.09	0.000	21%	79%
K0+113.480	K0+116.460	2.98	2.00%	0.020	0.00	17.88	66.36	84.24	0.000	21%	79%
K0+116.460	K0+119.350	2.89	-2.00%	-0.020	0.00	17.34	64.36	81.70	0.000	21%	79%
K0+119.350	K0+135.260	15.91	0.30%	0.003	0.02	95.46	354.32	449.78	0.000	21%	79%
K0+135.260	K0+160.000	24.74	-0.67%	-0.007	0.02	148.44	550.96	699.40	0.001	21%	79%
K0+160.000	K0+280.820	120.82	0.18%	0.002	0.12	724.92	2690.66	3415.58	0.003	21%	79%
K0+280.820	K0+283.320	2.50	2.05%	0.021	0.00	15.00	55.68	70.68	0.000	21%	79%

Fuente. Esta consultoría, 2024

Tabla 13. Áreas Tributarias Eje 34.

EJE 34											
ABCISA		LONGITUD	PENDIENTE (%)	PENDIENTE (m/m)	LONGITUD	ÁREA DE DRENAJE VÍA	ÁREA DE DRENAJE AFERENTES	ÁREA TOTAL	ÁREA TOTAL	% ÁREA VÍAS	% ÁREAS ZONAS ALEDAÑAS
INCIAL	FINAL	(m)	TERRENO	TERRENO	(km)	M2	M2	M2	Km2	0%	0%
K0+000.000	K0+004.590	4.59	-1.90%	-0.019	0.00	27.54	87.15	114.69	0.000	24%	76%
K0+004.590	K0+041.240	36.65	0.68%	0.007	0.04	219.90	695.83	915.73	0.001	24%	76%
K0+041.240	K0+073.170	31.93	-0.36%	-0.004	0.03	191.58	606.22	797.80	0.001	24%	76%
K0+073.170	K0+076.170	3.00	2.00%	0.020	0.00	18.00	56.96	74.96	0.000	24%	76%

Fuente. Esta consultoría, 2024

Tabla 14. Áreas Tributarias Eje 35.

EJE 35											
ABCISA		LONGITUD	PENDIENTE (%)	PENDIENTE (m/m)	LONGITUD	ÁREA DE DRENAJE VÍA	ÁREA DE DRENAJE AFERENTES	ÁREA TOTAL	ÁREA TOTAL	% ÁREA VÍAS	% ÁREAS ZONAS ALEDAÑAS
INCIAL	FINAL	(m)	TERRENO	TERRENO	(km)	M2	M2	M2	Km2	0%	0%
K0+000.000	K0+004.120	4.12	2.00%	0.020	0.00	24.72	129.00	153.72	0.000	16%	84%
K0+004.120	K0+075.590	71.47	0.16%	0.002	0.07	428.82	2237.79	2666.61	0.003	16%	84%
K0+075.590	K0+078.590	3.00	2.00%	0.020	0.00	18.00	93.93	111.93	0.000	16%	84%

Fuente. Esta consultoría, 2024

Tabla 15. Áreas Tributarias Eje 36.

EJE 36											
ABCISA		LONGITUD	PENDIENTE (%)	PENDIENTE (m/m)	LONGITUD	ÁREA DE DRENAJE VÍA	ÁREA DE DRENAJE AFERENTES	ÁREA TOTAL	ÁREA TOTAL	% ÁREA VÍAS	% ÁREAS ZONAS ALEDAÑAS
INCIAL	FINAL	(m)	TERRENO	TERRENO	(km)	M2	M2	M2	Km2	0%	0%
K0+000.000	K0+003.000	3.00	-1.93%	-0.019	0.00	18.00	172.06	190.06	0.000	9%	91%
K0+003.000	K0+010.950	7.95	0.75%	0.008	0.01	47.70	455.96	503.66	0.001	9%	91%
K0+010.950	K0+020.950	10.00	0.75%	0.008	0.01	60.00	573.53	633.53	0.001	9%	91%
K0+020.950	K0+030.950	10.00	-0.60%	-0.006	0.01	60.00	573.53	633.53	0.001	9%	91%
K0+030.950	K0+036.190	5.24	-0.60%	-0.006	0.01	31.44	300.53	331.97	0.000	9%	91%
K0+036.190	K0+039.190	3.00	2.02%	0.020	0.00	18.00	172.06	190.06	0.000	9%	91%

Fuente. Esta consultoría, 2024

Carrera 23 N° 124-87
Edificio Torre Zentai - Oficina 404 II
Bogotá - Colombia

T : +57 (1) 221 1077
M: +57 300 517 38 99
E : gerencia.convialsas@gmail.com

7.3 TIEMPO DE CONCENTRACIÓN

El tiempo de concentración se define como el intervalo necesario, a partir del inicio de la lluvia, para que toda la escorrentía superficial generada en la cuenca tributaria alcance el punto de interés. Para su determinación, se considera un tiempo mínimo inicial de 8 minutos, al cual se suma el tiempo de recorrido, que depende de la velocidad del flujo en las diferentes zonas. En áreas montañosas, este recorrido está influenciado por la pendiente del terreno y las características del flujo, mientras que en la zona urbana se considera el tiempo de recorrido en depresiones naturales, zanjas, cunetas, colectores y canales. El tiempo mínimo de concentración se establece en 15 minutos.

Es fundamental justificar el método empleado para el cálculo del tiempo de concentración, describiendo detalladamente las ecuaciones utilizadas en el proceso. Para el presente diseño, se ha adoptado un tiempo de concentración de 15 minutos, basándose en las condiciones características de la zona de estudio.

7.4 COEFICIENTE DE ESCORRENTIA

El coeficiente de escorrentía (C) está directamente relacionado con el tipo de suelo, el grado de impermeabilidad de la zona y la pendiente del terreno. Estas características determinan la fracción de la precipitación que se convierte en escorrentía. Además, deben considerarse factores adicionales como el desarrollo urbano, los planes de ordenamiento territorial y las disposiciones legales locales sobre el uso del suelo, ya que estos elementos pueden afectar tanto la capacidad de infiltración como la generación de escorrentía.

Para áreas de drenaje que incluyen subáreas con diferentes coeficientes de escorrentía, el valor representativo de C se calcula como un promedio ponderado utilizando las respectivas áreas. La fórmula utilizada para este cálculo es:

$$C_{\text{prom}} = \frac{\sum(C_i \cdot A_i)}{\sum A_i}$$

Donde:

Carrera 23 N° 124-87
Edificio Torre Zentai - Oficina 404 II
Bogotá - Colombia

T : +57 (1) 221 1077
M: +57 300 517 38 99
E : gerencia.convialsas@gmail.com

- Cprom es el coeficiente de escorrentía promedio ponderado.
- Ci es el coeficiente de escorrentía de la subárea i.
- Ai el área de la subárea i en Hectáreas.
- ∑Ai es la suma de las áreas de todas las subáreas.

Este cálculo asegura que las subáreas con mayores dimensiones tengan un impacto proporcional en el valor del coeficiente de escorrentía global del área de drenaje.

Los valores de coeficiente de escorrentía se toman de acuerdo con la Tabla 2.9 del manual de drenaje para carreteras del INVIAS, tal como se puede observar en la **Tabla 16**.

Tabla 16. Valores del Coeficiente de Escorrentía en Áreas Urbanas.

TIPO DE ÁREA DE DRENAJE	COEFICIENTE DE ESCORRENTÍA C
PRADOS	
Suelos arenosos, planos, 2%	0.05 - 0.10
Suelos arenosos, promedio, 2 -7 %	0.15 - 0.20
Suelos pesados (arcillosos), planos, 2%	0.13 - 0.17
Suelos pesados (arcillosos), promedio, 2 -7 %	0.18 - 0.22
Suelos pesados (arcillosos), pendientes, 7%	0.25 - 0.35
DISTRITOS COMERCIALES	
Áreas de centro de ciudad	0.70 - 0.95
Áreas vecinas	0.50 - 0.70
RESIDENCIAL	
Casas individuales separadas	0.30 - 0.50
Casas multifamiliares separadas	0.40 - 0.60
Casas multifamiliares unidas	0.60 - 0.75
Suburbana	0.25 - 0.40
Áreas de apartamentos de vivienda	0.50 - 0.70
INDUSTRIAL	
Áreas livianas	0.50 - 0.80
Áreas pesadas	0.60 - 0.90
PARQUES CEMENTERIOS	0.10 - 0.25
CAMPOS DE JUEGOS	0.20 - 0.35
ÁREAS DE PATIOS DE FERROCARRILES	0.20 - 0.40
ÁREAS NO DESARROLLADAS	0.10 - 0.30
CALLES	
Asfaltadas	0.70 - 0.95
Concreto	0.80 - 0.95
Ladrillo	0.70 - 0.85
CALZADAS Y ALAMEDAS	0.75 - 0.85
TECHOS	0.75 - 0.95

Fuente. INVIAS

Carrera 23 N° 124-87
Edificio Torre Zentai - Oficina 404 II
Bogotá - Colombia

T: +57 (1) 221 1077
M: +57 300 517 38 99
E: gerencia.convialsas@gmail.com

Para el presente diseño, se ha adoptado un coeficiente de escorrentía de C=0.9 para el pavimento, C=0.65 para casas multifamiliares unidas y C= 0.75 para techos

Carrera 23 N° 124-87
Edificio Torre Zentai Oficina 404 II
Bogotá - Colombia

T: +57 (1) 221 1077
M: +57 300 517 38 99
E: gerencia.conviaisas@gmail.com

Tabla 17. Coeficientes de escorrentía eje 27.

EJE 27													
ABCISA		LONGITUD	PENDIENTE (%)	PENDIENTE (m/m)	ÁREA DE DRENAJE VÍA	ÁREA DE DRENAJE AFERENTES	ÁREA TOTAL	ÁREA TOTAL	% ÁREA VÍAS	% ÁREAS ZONAS ALEDAÑAS	COEF. ESOCRRENTÍA VÍAS	COEF. ESCORRENTÍA ZONAS ALEDAÑAS	COEF. ESCORRENTÍA PONDERADO
INCIAL	FINAL	(m)	TERRENO	TERRENO	M2	M2	M2	Km2			CONCRETO		
K0+000.000	K0+001.260	1.26	1.09%	0.0109	4.41	34.88	39.29	0.00004	11%	89%	0.9	0.65	0.678
K0+001.260	K0+003.690	2.43	-0.57%	-0.0057	8.51	67.28	75.78	0.00008	11%	89%	0.9	0.65	0.678
K0+003.690	K0+116.230	112.54	-0.30%	-0.0030	393.89	3115.79	3509.68	0.00351	11%	89%	0.9	0.65	0.678
K0+116.230	K0+126.230	10.00	-0.30%	-0.0030	35.00	276.86	311.86	0.00031	11%	89%	0.9	0.65	0.678
K0+126.230	K0+136.230	10.00	-1.47%	-0.0147	35.00	276.86	311.86	0.00031	11%	89%	0.9	0.65	0.678
K0+136.230	K0+140.440	4.21	-1.41%	-0.0141	14.74	116.56	131.29	0.00013	11%	89%	0.9	0.65	0.678
K0+140.440	K0+142.610	2.17	3.27%	0.0327	7.60	60.08	67.67	0.00007	11%	89%	0.9	0.65	0.678
K0+142.610	K0+146.320	3.71	-0.99%	-0.0099	12.98	102.72	115.70	0.00012	11%	89%	0.9	0.65	0.678
K0+146.320	K0+150.590	4.27	0.89%	0.0089	14.95	118.22	133.16	0.00013	11%	89%	0.9	0.65	0.678
K0+150.590	K0+160.590	10.00	0.89%	0.0089	35.00	276.86	311.86	0.00031	11%	89%	0.9	0.65	0.678
K0+160.590	K0+170.590	10.00	-0.27%	-0.0027	35.00	276.86	311.86	0.00031	11%	89%	0.9	0.65	0.678
K0+170.590	K0+307.760	137.17	-0.27%	-0.0027	480.10	3797.70	4277.79	0.00428	11%	89%	0.9	0.65	0.678
K0+307.760	K0+311.330	3.57	2.01%	0.0201	12.50	98.84	111.33	0.00011	11%	89%	0.9	0.65	0.678
K0+311.330	K0+315.600	4.27	-0.37%	-0.0037	14.95	118.22	133.16	0.00013	11%	89%	0.9	0.65	0.678
K0+315.600	K0+414.360	98.76	0.15%	0.0015	345.66	2734.28	3079.94	0.00308	11%	89%	0.9	0.65	0.678
K0+414.360	K0+429.140	14.78	2.02%	0.0202	51.73	409.20	460.93	0.00046	11%	89%	0.9	0.65	0.678

Fuente. Esta consultoría, 2024

Carrera 23 N° 124-87
Edificio Torre Zental - Oficina 404 II
Bogotá - Colombia

T: +57 (1) 221 1077
M: +57 300 517 38 99
E: gerencia.convialsas@gmail.com

Tabla 18. *Coeficientes de escorrentía eje 28.*

EJE 28													
ABCISA		LONGITUD	PENDIENTE (%)	PENDIENTE (m/m)	ÁREA DE DRENAJE VÍA	ÁREA DE DRENAJE AFERENTES	ÁREA TOTAL	ÁREA TOTAL	% ÁREA VÍAS	% ÁREAS ZONAS ALEDAÑAS	COEF. ESOCRRENTÍA VÍAS	COEF. ESCORRENTÍA ZONAS ALEDAÑAS	COEF. ESCORRENTÍA PONDERADO
INCIAL	FINAL	(m)	TERRENO	TERRENO	M2	M2	M2	Km2			CONCRETO		
K0+000.650	K0+006.330	5.68	2.05%	0.0205	34.08	220.37	254.45	0.00025	13%	87%	0.9	0.65	0.683
K0+006.330	K0+009.890	3.56	-0.40%	-0.0040	21.36	138.12	159.48	0.00016	13%	87%	0.9	0.65	0.683
K0+009.890	K0+107.880	97.99	0.31%	0.0031	587.94	3801.86	4389.80	0.00439	13%	87%	0.9	0.65	0.683
K0+107.880	K0+110.880	3.00	1.64%	0.0164	18.00	116.40	134.40	0.00013	13%	87%	0.9	0.65	0.683
K0+110.880	K0+144.050	33.17	0.24%	0.0024	199.02	1286.94	1485.96	0.00149	13%	87%	0.9	0.65	0.683
K0+144.050	K0+222.380	78.33	131.00%	1.3100	469.98	3039.08	3509.06	0.00351	13%	87%	0.9	0.65	0.683
K0+222.380	K0+224.680	2.30	5.45%	0.0545	13.80	89.24	103.04	0.00010	13%	87%	0.9	0.65	0.683

Fuente. Esta consultoría, 2024

Tabla 19. *Coeficiente de escorrentía eje 29*

EJE 29													
ABCISA		LONGITUD	PENDIENTE (%)	PENDIENTE (m/m)	ÁREA DE DRENAJE VÍA	ÁREA DE DRENAJE AFERENTES	ÁREA TOTAL	ÁREA TOTAL	% ÁREA VÍAS	% ÁREAS ZONAS ALEDAÑAS	COEF. ESOCRRENTÍA VÍAS	COEF. ESCORRENTÍA ZONAS ALEDAÑAS	COEF. ESCORRENTÍA PONDERADO
INCIAL	FINAL	(m)	TERRENO	TERRENO	M2	M2	M2	Km2	0	0	CONCRETO	0	0
K0+000.650	K0+003.000	2.35	-2.00%	-0.0200	14.10	132.51	146.61	0.00015	10%	90%	0.9	0.65	0.674
K0+003.000	K0+246.990	243.99	-0.29%	-0.0029	1463.94	13758.33	15222.27	0.01522	10%	90%	0.9	0.65	0.674
K0+246.990	K0+256.990	10.00	-0.29%	-0.0029	60.00	563.89	623.89	0.00062	10%	90%	0.9	0.65	0.674
K0+256.990	K0+266.990	10.00	-1.97%	-0.0197	60.00	563.89	623.89	0.00062	10%	90%	0.9	0.65	0.674
K0+266.990	K0+269.990	3.00	-1.97%	-0.0197	18.00	169.17	187.17	0.00019	10%	90%	0.9	0.65	0.674
K0+269.990	K0+274.370	4.38	0.30%	0.0030	26.28	246.98	273.26	0.00027	10%	90%	0.9	0.65	0.674
K0+274.370	K0+288.480	14.11	1.22%	0.0122	84.66	795.65	880.31	0.00088	10%	90%	0.9	0.65	0.674
K0+288.480	K0+298.480	10.00	1.22%	0.0122	60.00	563.89	623.89	0.00062	10%	90%	0.9	0.65	0.674
K0+298.480	K0+308.480	10.00	0.22%	0.0022	60.00	563.89	623.89	0.00062	10%	90%	0.9	0.65	0.674
K0+308.480	K0+340.580	32.10	0.22%	0.0022	192.60	1810.08	2002.68	0.00200	10%	90%	0.9	0.65	0.674
K0+340.580	K0+385.000	44.42	-0.30%	-0.0030	266.52	2504.80	2771.32	0.00277	10%	90%	0.9	0.65	0.674
K0+385.000	K0+395.490	10.49	-0.30%	-0.0030	62.94	591.52	654.46	0.00065	10%	90%	0.9	0.65	0.674
K0+395.490	K0+405.490	10.00	-1.31%	-0.0131	60.00	563.89	623.89	0.00062	10%	90%	0.9	0.65	0.674

Fuente. Esta consultoría, 2024

Carrera 23 N° 124-67
Edificio Torre Zental - Oficina 404 II
Bogotá - Colombia
T: +57 (1) 2211077
M: +57 300 517 38 99
E: gerencia.convialsas@gmail.com

Tabla 20. ***Coeficiente de escorrentía eje 30***

EJE 30													
ABCISA		LONGITUD	PENDIENTE (%)	PENDIENTE (m/m)	ÁREA DE DRENAJE VÍA	ÁREA DE DRENAJE AFERENTES	ÁREA TOTAL	ÁREA TOTAL	% ÁREA VÍAS	% ÁREAS ZONAS ALEDAÑAS	COEF. ESOCRRENTÍA VÍAS	COEF. ESCORRENTÍA ZONAS ALEDAÑAS	COEF. ESCORRENTÍA PONDERADO
INCIAL	FINAL	(m)	TERRENO	TERRENO	M2	M2	M2	Km2	0	0	CONCRETO	0	0
K0+000.000	K0+001.200	1.20	0.60%	0.0060	7.20	26.97	34.17	0.00003	21%	79%	0.9	0.65	0.703
K0+001.200	K0+003.280	2.08	2.83%	0.0283	12.48	46.74	59.22	0.00006	21%	79%	0.9	0.65	0.703
K0+003.280	K0+006.280	3.00	-1.99%	-0.0199	18.00	67.42	85.42	0.00009	21%	79%	0.9	0.65	0.703
K0+006.280	K0+010.470	4.19	1.09%	0.0109	25.14	94.16	119.30	0.00012	21%	79%	0.9	0.65	0.703
K0+010.470	K0+020.470	10.00	1.09%	0.0109	60.00	224.73	284.73	0.00028	21%	79%	0.9	0.65	0.703
K0+020.470	K0+030.470	10.00	-0.55%	-0.0055	60.00	224.73	284.73	0.00028	21%	79%	0.9	0.65	0.703
K0+030.470	K0+042.860	12.39	-0.55%	-0.0055	74.34	278.44	352.78	0.00035	21%	79%	0.9	0.65	0.703
K0+042.860	K0+045.130	2.27	1.61%	0.0161	13.62	51.01	64.63	0.00006	21%	79%	0.9	0.65	0.703
K0+045.130	K0+047.590	2.46	-2.04%	-0.0204	14.76	55.28	70.04	0.00007	21%	79%	0.9	0.65	0.703

Fuente. Esta consultoría, 2024

Tabla 21. ***Coeficiente de escorrentía eje 31***

EJE 31													
ABCISA		LONGITUD	PENDIENTE (%)	PENDIENTE (m/m)	ÁREA DE DRENAJE VÍA	ÁREA DE DRENAJE AFERENTES	ÁREA TOTAL	ÁREA TOTAL	% ÁREA VÍAS	% ÁREAS ZONAS ALEDAÑAS	COEF. ESOCRRENTÍA VÍAS	COEF. ESCORRENTÍA ZONAS ALEDAÑAS	COEF. ESCORRENTÍA PONDERADO
INCIAL	FINAL	(m)	TERRENO	TERRENO	M2	M2	M2	Km2	0	0	CONCRETO	0	0
K0+000.000	K0+003.010	3.01	-2.11%	-0.0211	13.55	85.38	98.92	0.00010	14%	86%	0.9	0.65	0.684
K0+003.010	K0+150.000	146.99	0.08%	0.0008	661.46	4169.36	4830.81	0.00483	14%	86%	0.9	0.65	0.684
K0+150.000	K0+152.680	2.68	-2.16%	-0.0216	12.06	76.02	88.08	0.00009	14%	86%	0.9	0.65	0.684
K0+152.680	K0+202.360	49.68	0.57%	0.0057	223.56	1409.17	1632.73	0.00163	14%	86%	0.9	0.65	0.684
K0+202.360	K0+243.420	41.06	0.32%	0.0032	184.77	1164.66	1349.43	0.00135	14%	86%	0.9	0.65	0.684
K0+243.420	K0+294.240	50.82	-0.48%	-0.0048	228.69	1441.50	1670.19	0.00167	14%	86%	0.9	0.65	0.684

Fuente. Esta consultoría, 2024

Carrera 23 N° 124-87
Edificio Torre Zental - Oficina 404 II
Bogotá - Colombia

T: +57 (1) 221 1077
M: +57 300 517 38 99
E: gerencia.convialsas@gmail.com

Tabla 22. ***Coeficiente de escorrentía eje 32***

EJE 32													
ABCISA		LONGITUD	PENDIENTE (%)	PENDIENTE (m/m)	ÁREA DE DRENAJE VÍA	ÁREA DE DRENAJE AFERENTES	ÁREA TOTAL	ÁREA TOTAL	% ÁREA VÍAS	% ÁREAS ZONAS ALEDAÑAS	COEF. ESOCRRENTÍA VÍAS	COEF. ESCORRENTÍA ZONAS ALEDAÑAS	COEF. ESCORRENTÍA PONDERADO
INCIAL	FINAL	(m)	TERRENO	TERRENO	M2	M2	M2	Km2	0	0	CONCRETO	0	0
K0+000.000	K0+004.950	4.95	0.85%	0.0085	24.75	259.58	284.33	0.00028	9%	91%	0.9	0.65	0.672
K0+004.950	K0+007.960	3.01	-2.23%	-0.0223	15.05	157.85	172.90	0.00017	9%	91%	0.9	0.65	0.672
K0+007.960	K0+027.290	19.33	0.31%	0.0031	96.65	1013.67	1110.32	0.00111	9%	91%	0.9	0.65	0.672
K0+027.290	K0+032.290	5.00	0.31%	0.0031	25.00	262.20	287.20	0.00029	9%	91%	0.9	0.65	0.672
K0+032.290	K0+037.290	5.00	-0.85%	-0.0085	25.00	262.20	287.20	0.00029	9%	91%	0.9	0.65	0.672
K0+037.290	K0+067.350	30.06	-0.85%	-0.0085	150.30	1576.35	1726.65	0.00173	9%	91%	0.9	0.65	0.672
K0+067.350	K0+120.740	53.39	0.21%	0.0021	266.95	2799.79	3066.74	0.00307	9%	91%	0.9	0.65	0.672
K0+120.740	K0+148.040	27.30	-0.11%	-0.0011	136.50	1431.62	1568.12	0.00157	9%	91%	0.9	0.65	0.672
K0+148.040	K0+206.700	58.66	0.42%	0.0042	293.30	3076.15	3369.45	0.00337	9%	91%	0.9	0.65	0.672
K0+206.700	K0+216.700	10.00	0.42%	0.0042	50.00	524.40	574.40	0.00057	9%	91%	0.9	0.65	0.672
K0+216.700	K0+226.700	10.00	0.74%	0.0074	50.00	524.40	574.40	0.00057	9%	91%	0.9	0.65	0.672
K0+226.700	K0+227.850	1.15	0.74%	0.0074	5.75	60.31	66.06	0.00007	9%	91%	0.9	0.65	0.672
K0+227.850	K0+237.850	10.00	0.74%	0.0074	50.00	524.40	574.40	0.00057	9%	91%	0.9	0.65	0.672
K0+237.850	K0+247.850	10.00	-0.24%	-0.0024	50.00	524.40	574.40	0.00057	9%	91%	0.9	0.65	0.672
K0+247.850	K0+340.680	92.83	-0.24%	-0.0024	464.15	4868.03	5332.18	0.00533	9%	91%	0.9	0.65	0.672
K0+340.680	K0+350.680	10.00	-0.24%	-0.0024	50.00	524.40	574.40	0.00057	9%	91%	0.9	0.65	0.672
K0+350.680	K0+360.680	10.00	7.94%	0.0794	50.00	524.40	574.40	0.00057	9%	91%	0.9	0.65	0.672
K0+360.680	K0+366.270	5.59	7.94%	0.0794	27.95	293.14	321.09	0.00032	9%	91%	0.9	0.65	0.672

Fuente. Esta consultoría, 2024

Carrera 23 N° 124-87
Edificio Torre Zentai - Oficina 404 II
Bogotá - Colombia

T: +57 (1) 221 1077
M: +57 300 517 38 99
E: gerencia.convialsas@gmail.com

Tabla 23. *Coeficiente de escorrentía eje 33*

EJE 33													
ABCISA		LONGITUD	PENDIENTE (%)	PENDIENTE (m/m)	ÁREA DE DRENAJE VÍA	ÁREA DE DRENAJE AFERENTES	ÁREA TOTAL	ÁREA TOTAL	% ÁREA VÍAS	% ÁREAS ZONAS ALEDAÑAS	COEF. ESOCRRENTÍA VÍAS	COEF. ESCORRENTÍA ZONAS ALEDAÑAS	COEF. ESCORRENTÍA PONDERADO
INCIAL	FINAL	(m)	TERRENO	TERRENO	M2	M2	M2	Km2	0	0	CONCRETO	0	0
K0+000.000	K0+002.960	2.96	2.01%	0.0201	17.76	65.92	83.68	0.00008	21%	79%	0.9	0.65	0.703
K0+002.960	K0+025.540	22.58	0.10%	0.0010	135.48	502.86	638.34	0.00064	21%	79%	0.9	0.65	0.703
K0+025.540	K0+039.000	13.46	-1.01%	-0.0101	80.76	299.75	380.51	0.00038	21%	79%	0.9	0.65	0.703
K0+039.000	K0+074.730	35.73	-0.17%	-0.0017	214.38	795.71	1010.09	0.00101	21%	79%	0.9	0.65	0.703
K0+074.730	K0+077.730	3.00	2.01%	0.0201	18.00	66.81	84.81	0.00008	21%	79%	0.9	0.65	0.703
K0+077.730	K0+080.730	3.00	-2.01%	-0.0201	18.00	66.81	84.81	0.00008	21%	79%	0.9	0.65	0.703
K0+080.730	K0+108.100	27.37	0.21%	0.0021	164.22	609.53	773.75	0.00077	21%	79%	0.9	0.65	0.703
K0+108.100	K0+113.480	5.38	0.58%	0.0058	32.28	119.81	152.09	0.00015	21%	79%	0.9	0.65	0.703
K0+113.480	K0+116.460	2.98	2.00%	0.0200	17.88	66.36	84.24	0.00008	21%	79%	0.9	0.65	0.703
K0+116.460	K0+119.350	2.89	-2.00%	-0.0200	17.34	64.36	81.70	0.00008	21%	79%	0.9	0.65	0.703
K0+119.350	K0+135.260	15.91	0.30%	0.0030	95.46	354.32	449.78	0.00045	21%	79%	0.9	0.65	0.703
K0+135.260	K0+160.000	24.74	-0.67%	-0.0067	148.44	550.96	699.40	0.00070	21%	79%	0.9	0.65	0.703
K0+160.000	K0+280.820	120.82	0.18%	0.0018	724.92	2690.66	3415.58	0.00342	21%	79%	0.9	0.65	0.703
K0+280.820	K0+283.320	2.50	2.05%	0.0205	15.00	55.68	70.68	0.00007	21%	79%	0.9	0.65	0.703

Fuente. Esta consultoría, 2024

Tabla 24. *Coeficiente de escorrentía eje 34*

EJE 34													
ABCISA		LONGITUD	PENDIENTE (%)	PENDIENTE (m/m)	ÁREA DE DRENAJE VÍA	ÁREA DE DRENAJE AFERENTES	ÁREA TOTAL	ÁREA TOTAL	% ÁREA VÍAS	% ÁREAS ZONAS ALEDAÑAS	COEF. ESOCRRENTÍA VÍAS	COEF. ESCORRENTÍA ZONAS ALEDAÑAS	COEF. ESCORRENTÍA PONDERADO
INCIAL	FINAL	(m)	TERRENO	TERRENO	M2	M2	M2	Km2	0	0	CONCRETO	0	0
K0+000.000	K0+004.590	4.59	-1.90%	-0.0190	27.54	87.15	114.69	0.00011	24%	76%	0.9	0.65	0.710
K0+004.590	K0+041.240	36.65	0.68%	0.0068	219.90	695.83	915.73	0.00092	24%	76%	0.9	0.65	0.710
K0+041.240	K0+073.170	31.93	-0.36%	-0.0036	191.58	606.22	797.80	0.00080	24%	76%	0.9	0.65	0.710
K0+073.170	K0+076.170	3.00	2.00%	0.0200	18.00	56.96	74.96	0.00007	24%	76%	0.9	0.65	0.710

Fuente. Esta consultoría, 2024

Carrera 23 N° 124-87
Edificio Torre Zental - Oficina 404 II
Bogotá - Colombia

T: +57 (1) 2211077
M: +57 300 517 38 99
E: gerencia.convialsas@gmail.com

Tabla 25. *Coeficiente de escorrentía eje 35*

EJE 35													
ABCISA		LONGITUD	PENDIENTE (%)	PENDIENTE (m/m)	ÁREA DE DRENAJE VÍA	ÁREA DE DRENAJE AFERENTES	ÁREA TOTAL	ÁREA TOTAL	% ÁREA VÍAS	% ÁREAS ZONAS ALEDAÑAS	COEF. ESOCRRENTÍA VÍAS	COEF. ESCORRENTÍA ZONAS ALEDAÑAS	COEF. ESCORRENTÍA PONDERADO
INCIAL	FINAL	(m)	TERRENO	TERRENO	M2	M2	M2	Km2	0	0	CONCRETO	0	0
K0+000.000	K0+004.120	4.12	2.00%	0.0200	24.72	129.00	153.72	0.00015	16%	84%	0.9	0.65	0.690
K0+004.120	K0+075.590	71.47	0.16%	0.0016	428.82	2237.79	2666.61	0.00267	16%	84%	0.9	0.65	0.690
K0+075.590	K0+078.590	3.00	2.00%	0.0200	18.00	93.93	111.93	0.00011	16%	84%	0.9	0.65	0.690

Fuente. Esta consultoría, 2024

Tabla 26. *Coeficiente de escorrentía eje 36*

EJE 36													
ABCISA		LONGITUD	PENDIENTE (%)	PENDIENTE (m/m)	ÁREA DE DRENAJE VÍA	ÁREA DE DRENAJE AFERENTES	ÁREA TOTAL	ÁREA TOTAL	% ÁREA VÍAS	% ÁREAS ZONAS ALEDAÑAS	COEF. ESOCRRENTÍA VÍAS	COEF. ESCORRENTÍA ZONAS ALEDAÑAS	COEF. ESCORRENTÍA PONDERADO
INCIAL	FINAL	(m)	TERRENO	TERRENO	M2	M2	M2	Km2	0	0	CONCRETO	0	0
K0+000.000	K0+003.000	3.00	-1.93%	-0.0193	18.00	172.06	190.06	0.00019	9%	91%	0.9	0.65	0.674
K0+003.000	K0+010.950	7.95	0.75%	0.0075	47.70	455.96	503.66	0.00050	9%	91%	0.9	0.65	0.674
K0+010.950	K0+020.950	10.00	0.75%	0.0075	60.00	573.53	633.53	0.00063	9%	91%	0.9	0.65	0.674
K0+020.950	K0+030.950	10.00	-0.60%	-0.0060	60.00	573.53	633.53	0.00063	9%	91%	0.9	0.65	0.674
K0+030.950	K0+036.190	5.24	-0.60%	-0.0060	31.44	300.53	331.97	0.00033	9%	91%	0.9	0.65	0.674
K0+036.190	K0+039.190	3.00	2.02%	0.0202	18.00	172.06	190.06	0.00019	9%	91%	0.9	0.65	0.674

Fuente. Esta consultoría, 2024

Carrera 23 N° 124-87
Edificio Torre Zentai Oficina 404 II
Bogotá - Colombia

T: +57 (1) 221 1077
M: +57 300 517 38 99
E: gerencia.convialsas@gmail.com

7.5 PERIODO DE RETORNO

El período de retorno de diseño debe seleccionarse en función de la importancia de las áreas a proteger, así como de los posibles daños, perjuicios o molestias que las inundaciones periódicas puedan causar a los habitantes, el tráfico vehicular, el comercio, la industria, entre otros. La elección del período de retorno está directamente relacionada con las características de protección requeridas y la relevancia del área de estudio.

Para efectos de diseño, el período de retorno o la frecuencia del evento pluvial de diseño se establecerá conforme a los siguientes criterios técnicos:

En este caso particular, dado que el canal propuesto se desarrollará a lo largo de un corredor vial, se ha seleccionado un período de retorno de 10 años, en concordancia con lo especificado en la tabla 2.8 del Manual de Drenaje del INVÍAS y la metodología de análisis para zonas inundables permisibles en áreas urbanas. A continuación, en la Tabla 27 se presentan los valores de periodo de retorno.

Tabla 27. Valores de periodo de retorno para diferentes obras

TIPO DE OBRA	PERIODO DE RETORNO
Cunetas	5 años
Zanjas de coronación y canales de guarda	10 años
Estructuras de caída	10 años
Alcantarillas circulares de 0.90m de diámetro	10 años
Alcantarillas circulares mayores de 0.90m de diámetro	20 años
Puentes menores (luz menor a 10 m).	25 años
Puentes de luz mayor o igual a 10 m y menor a 50 m.	50 años
Puentes de luz mayor o igual a 50 m.	100 años
Drenaje sub-superficial	2 años

Fuente. INVIAS, 2009

7.6 INTENSIDAD DE LLUVIAS

Para este caso en particular, se ha adoptado una intensidad de lluvia de **160.45 mm/h**, calculada en el diseño hidráulico previo, para un período de retorno de 10 años. Este valor ha sido seleccionado en función de las

Carrera 23 N° 124-87
Edificio Torre Zental - Oficina 404 II
Bogotá - Colombia

T: +57 (1) 221 1077
M: +57 300 517 38 99
E: gerencia.convialsas@gmail.com

características específicas de la cuenca y del corredor vial en el cual se desarrolla el proyecto, considerando tanto las condiciones climáticas locales como las normas vigentes para el diseño de infraestructura vial en zonas urbanas.

La intensidad de 160.45 mm/h refleja la magnitud de las lluvias extremas esperadas durante un evento que se presenta, en promedio, una vez cada 10 años, y se ha calculado utilizando los registros históricos de precipitaciones y los análisis hidrológicos correspondientes. Este valor no solo asegura que el sistema de drenaje sea capaz de manejar las escorrentías generadas por este tipo de eventos, sino que también se ajusta a los lineamientos establecidos en el Manual de Drenaje de INVÍAS y la metodología recomendada para áreas urbanas con zonas de inundación permisible.

La elección de un período de retorno de 10 años es adecuada para el diseño de este canal, dado su desarrollo a lo largo de un corredor vial de importancia, donde las inundaciones podrían generar interrupciones significativas en el tráfico vehicular y afectar las actividades comerciales e industriales cercanas.

7.7 CAUDALES DE DISEÑO

Para la determinación del caudal de diseño de los colectores y canales se empleará el método racional, aplicable en proyectos donde el área de drenaje sea inferior a 1000 hectáreas. La ecuación del método racional es la siguiente:

$$Q = C\ I\ A$$

Donde:

- **Q:** Caudal estimado en un punto determinado (l/s).
- **C:** Coeficiente de escorrentía (adimensional), determinado según las características del suelo y el uso del terreno, tal como se detalla en apartados anteriores.
- **I:** Intensidad de la lluvia, correspondiente a una duración igual al tiempo de concentración de la cuenca y para el período de retorno seleccionado (mm/h).
- **A:** Área de la cuenca de drenaje (hectáreas).

En este diseño, se ha considerado un período de retorno de 10 años, conforme a las recomendaciones para áreas urbanas con zonas de

Carrera 23 N° 124-87
Edificio Torre Zentai - Oficina 404 II
Bogotá - Colombia

T: +57 (1) 221 1077
M: +57 300 517 38 99
E: gerencia.convialsas@gmail.com

inundación permisible. Según el estudio hidrológico e hidráulico realizado, la intensidad de lluvia asociada a dicho período de retorno es de **160.45 mm/h**.

Este valor de intensidad de lluvia y los parámetros correspondientes aseguran un diseño adecuado para el manejo de las escorrentías generadas por las lluvias extremas esperadas durante el período de diseño.

Conforme a lo descrito anteriormente se logra obtener los siguientes caudales:

Carrera 23 N°124-87
Edificio Torre Zental - Oficina 404 II
Bogotá - Colombia

T: +57 (1) 221 1077
M: +57 300 517 38 99
E: gerencia.convialsas@gmail.com

Tabla 28. *Cálculo de caudales eje 27*

EJE 27											
ABCISA		PENDIENTE (m/m)	LONGITUD	ÁREA TOTAL	COEF. ESCORRENTÍA PONDERADO	PERIODO DE RETORNO	Tc Kirpich promedio	Tc Kirpich Escogido	INTENSIDAD	CAUDAL	CAUDAL ACUMILADO
INCIAL	FINAL	TERRENO	(km)	Km2		Años	min	min	mm/hr	m3/s	m3/s
K0+000.000	K0+001.260	0.0109	0.001	0.00004	0.678	10	0.381	15.000	131.00	0.0010	0.001
K0+001.260	K0+003.690	-0.0057	0.002	0.00008	0.678	10	0.734	15.000	131.00	0.0019	0.002
K0+003.690	K0+116.230	-0.0030	0.113	0.00351	0.678	10	15.661	15.661	128.21	0.0848	0.087
K0+116.230	K0+126.230	-0.0030	0.010	0.00031	0.678	10	2.488	15.000	131.00	0.0077	0.094
K0+126.230	K0+136.230	-0.0147	0.010	0.00031	0.678	10	1.639	15.000	131.00	0.0077	0.102
K0+136.230	K0+140.440	-0.0141	0.004	0.00013	0.678	10	0.867	15.000	131.00	0.0032	0.105
K0+140.440	K0+142.610	0.0327	0.002	0.00007	0.678	10	0.426	15.000	131.00	0.0017	0.002
K0+142.610	K0+146.320	-0.0099	0.004	0.00012	0.678	10	0.867	15.000	131.00	0.0029	0.003
K0+146.320	K0+150.590	0.0089	0.004	0.00013	0.678	10	0.990	15.000	131.00	0.0033	0.011
K0+150.590	K0+160.590	0.0089	0.010	0.00031	0.678	10	1.869	15.000	131.00	0.0077	0.008
K0+160.590	K0+170.590	-0.0027	0.010	0.00031	0.678	10	2.559	15.000	131.00	0.0077	0.008
K0+170.590	K0+307.760	-0.0027	0.137	0.00428	0.678	10	18.758	18.758	117.15	0.0945	0.102
K0+307.760	K0+311.330	0.0201	0.004	0.00011	0.678	10	0.699	15.000	131.00	0.0027	0.003
K0+311.330	K0+315.600	-0.0037	0.004	0.00013	0.678	10	1.248	15.000	131.00	0.0033	0.003
K0+315.600	K0+414.360	0.0015	0.099	0.00308	0.678	10	16.972	16.972	123.16	0.0715	0.083
K0+414.360	K0+429.140	0.0202	0.015	0.00046	0.678	10	2.029	15.000	131.00	0.0114	0.011

Fuente. Esta consultoría, 2024

Tabla 29. Cálculo de caudales eje 28

EJE 28											
ABCISA		PENDIENTE (m/m)	LONGITUD	ÁREA TOTAL	COEF. ESCORRENTÍA PONDERADO	PERIODO DE RETORNO	Tc promedio	Tc Escogido	INTENSIDAD	CAUDAL	CAUDAL ACUMILADO
INICIAL	FINAL	TERRENO	(km)	Km2	0	14	min	min	mm/hr	m3/s	m3/s
K0+000.000	K0+006.330	0.0205	0.006	0.00025	0.683	15	0.976	15.000	131.00	0.0063	0.006
K0+006.330	K0+009.890	-0.0040	0.004	0.00016	0.683	16	1.061	15.000	131.00	0.0040	0.004
K0+009.890	K0+107.880	0.0031	0.098	0.00439	0.683	17	13.797	15.000	131.00	0.1093	0.240

Carrera 23 N° 124-67
Edificio Torre Zental - Oficina 404 B
Bogotá - Colombia

T: +57 (1) 2211077
M: +57 300 517 38 99
E: gerencia.convialsas@gmail.com

EJE 28											
ABCISA		PENDIENTE (m/m)	LONGITUD	ÁREA TOTAL	COEF. ESCORRENTÍA PONDERADO	PERIODO DE RETORNO	Tc promedio	Tc Escogido	INTENSIDAD	CAUDAL	CAUDAL ACUMILADO
INICIAL	FINAL	TERRENO	(km)	Km2	0	14	min	min	mm/hr	m3/s	m3/s
K0+107.880	K0+110.880	0.0164	0.003	0.00013	0.683	18	0.644	15.000	131.00	0.0033	0.130
K0+110.880	K0+144.050	0.0024	0.033	0.00149	0.683	19	6.452	15.000	131.00	0.0370	0.127
K0+144.050	K0+222.380	0.0131	0.078	0.00351	0.683	20	8.012	15.000	131.00	0.0873	0.090
K0+222.380	K0+224.680	0.0545	0.002	0.00010	0.683	21	0.386	15.000	131.00	0.0026	0.003

Fuente. Esta consultoría, 2024

Tabla 30. Cálculo de caudales eje 29

EJE 29											
ABCISA		PENDIENTE (m/m)	LONGITUD	ÁREA TOTAL	COEF. ESCORRENTÍA PONDERADO	24	Tc promedio	Tc Escogido	INTENSIDAD	CAUDAL	CAUDAL ACUMILADO
INICIAL	FINAL	TERRENO	(km)	Km2	0	25	min	min	mm/hr	m3/s	m3/s
K0+000.000	K0+003.000	-0.0200	0.002	0.00015	0.674	26	0.507	15.000	131.00	0.0036	0.004
K0+003.000	K0+246.990	-0.0029	0.244	0.01522	0.674	27	28.113	28.113	95.69	0.2729	0.277
K0+246.990	K0+256.990	-0.0029	0.010	0.00062	0.674	28	2.472	15.000	131.00	0.0153	0.292
K0+256.990	K0+266.990	-0.0197	0.010	0.00062	0.674	29	1.496	15.000	131.00	0.0153	0.307
K0+266.990	K0+269.990	-0.0197	0.003	0.00019	0.674	30	0.611	15.000	131.00	0.0046	0.312
K0+269.990	K0+274.370	0.0030	0.004	0.00027	0.674	31	1.328	15.000	131.00	0.0067	0.108
K0+274.370	K0+288.480	0.0122	0.014	0.00088	0.674	32	2.194	15.000	131.00	0.0216	0.101
K0+288.480	K0+298.480	0.0122	0.010	0.00062	0.674	33	1.694	15.000	131.00	0.0153	0.080
K0+298.480	K0+308.480	0.0022	0.010	0.00062	0.674	34	2.661	15.000	131.00	0.0153	0.064
K0+308.480	K0+340.580	0.0022	0.032	0.00200	0.674	35	6.383	15.000	131.00	0.0492	0.049
K0+340.580	K0+385.000	-0.0030	0.044	0.00277	0.674	36	7.524	15.000	131.00	0.0680	0.068
K0+385.000	K0+395.490	-0.0030	0.010	0.00065	0.674	37	2.538	15.000	131.00	0.0161	0.084
K0+395.490	K0+405.490	-0.0131	0.010	0.00062	0.674	38	1.663	15.000	131.00	0.0153	0.099

Fuente. Esta consultoría, 2024

Carrera 23 N° 124-87
Edificio Torre Zental - Oficina 404 II
Bogotá - Colombia
T: +57 (1) 2211077
M: +57 300 517 38 99
E: gerencia.convialsas@gmail.com

Tabla 31. Cálculo de caudales eje 30

EJE 30											
ABCISA		PENDIENTE (m/m)	LONGITUD	ÁREA TOTAL	COEF. ESCORRENTÍA PONDERADO	41	Tc promedio	Tc Escogido	INTENSIDAD	CAUDAL	CAUDAL ACUMILADO
INICIAL	FINAL	TERRENO	(km)	Km2		42	min	min	mm/hr	m3/s	m3/s
K0+000.000	K0+001.200	0.0060	0.001	0.00003	0.703	43	0.432	15.000	131.00	0.0009	0.002
K0+001.200	K0+003.280	0.0283	0.002	0.00006	0.703	44	0.430	15.000	131.00	0.0015	0.002
K0+003.280	K0+006.280	-0.0199	0.003	0.00009	0.703	45	0.618	15.000	131.00	0.0022	0.002
K0+006.280	K0+010.470	0.0109	0.004	0.00012	0.703	46	0.926	15.000	131.00	0.0031	0.010
K0+010.470	K0+020.470	0.0109	0.010	0.00028	0.703	47	1.775	15.000	131.00	0.0073	0.007
K0+020.470	K0+030.470	-0.0055	0.010	0.00028	0.703	48	2.124	15.000	131.00	0.0073	0.007
K0+030.470	K0+042.860	-0.0055	0.012	0.00035	0.703	49	2.495	15.000	131.00	0.0090	0.016
K0+042.860	K0+045.130	0.0161	0.002	0.00006	0.703	50	0.531	15.000	131.00	0.0017	0.002
K0+045.130	K0+047.590	-0.0204	0.002	0.00007	0.703	51	0.529	15.000	131.00	0.0018	0.002

Fuente. Esta consultoría, 2024

Tabla 32. Cálculo de caudales eje 31

EJE 31											
ABCISA		PENDIENTE (m/m)	LONGITUD	ÁREA TOTAL	COEF. ESCORRENTÍA PONDERADO	54	Tc promedio	Tc Escogido	INTENSIDAD	CAUDAL	CAUDAL ACUMILADO
INICIAL	FINAL	TERRENO	(km)	Km2		55	min	min	mm/hr	m3/s	m3/s
K0+000.000	K0+003.010	-0.0211	0.003	0.00010	0.684	56	0.608	15.000	131.00	0.0025	0.002
K0+003.010	K0+150.000	0.0008	0.147	0.00483	0.684	57	27.162	27.162	97.35	0.0895	0.089
K0+150.000	K0+152.680	-0.0216	0.003	0.00009	0.684	58	0.554	15.000	131.00	0.0022	0.002
K0+152.680	K0+202.360	0.0057	0.050	0.00163	0.684	59	7.060	15.000	131.00	0.0407	0.074
K0+202.360	K0+243.420	0.0032	0.041	0.00135	0.684	60	7.095	15.000	131.00	0.0336	0.034
K0+243.420	K0+294.240	-0.0048	0.051	0.00167	0.684	61	7.511	15.000	131.00	0.0416	0.042

Fuente. Esta consultoría, 2024

Carrera 23 N° 124-87
Edificio Torre Zentai - Oficina 404 II
Bogotá - Colombia
T: +57 (1) 2211077
M: +57 300 517 38 99
E: gerencia.convialsas@gmail.com

Tabla 33. Cálculo de caudales eje 32

EJE 32											
ABCISA		PENDIENTE (m/m)	LONGITUD	ÁREA TOTAL	COEF. ESCORRENTÍA PONDERADO	64	Tc promedio	Tc Escogido	INTENSIDAD	CAUDAL	CAUDAL ACUMILADO
INICIAL	FINAL	TERRENO	(km)	Km2		65	min	min	mm/hr	m3/s	m3/s
K0+000.000	K0+004.950	0.0085	0.005	0.00028	0.672	66	1.104	15.000	131.00	0.0070	0.007
K0+004.950	K0+007.960	-0.0223	0.003	0.00017	0.672	67	0.593	15.000	131.00	0.0042	0.004
K0+007.960	K0+027.290	0.0031	0.019	0.00111	0.672	68	3.985	15.000	131.00	0.0272	0.034
K0+027.290	K0+032.290	0.0031	0.005	0.00029	0.672	69	1.454	15.000	131.00	0.0070	0.007
K0+032.290	K0+037.290	-0.0085	0.005	0.00029	0.672	70	1.112	15.000	131.00	0.0070	0.007
K0+037.290	K0+067.350	-0.0085	0.030	0.00173	0.672	71	4.274	15.000	131.00	0.0422	0.049
K0+067.350	K0+120.740	0.0021	0.053	0.00307	0.672	72	9.526	15.000	131.00	0.0750	0.075
K0+120.740	K0+148.040	-0.0011	0.027	0.00157	0.672	73	6.805	15.000	131.00	0.0384	0.038
K0+148.040	K0+206.700	0.0042	0.059	0.00337	0.672	74	8.538	15.000	131.00	0.0824	0.126
K0+206.700	K0+216.700	0.0042	0.010	0.00057	0.672	75	2.244	15.000	131.00	0.0141	0.044
K0+216.700	K0+226.700	0.0074	0.010	0.00057	0.672	76	1.934	15.000	131.00	0.0141	0.030
K0+226.700	K0+227.850	0.0074	0.001	0.00007	0.672	77	0.391	15.000	131.00	0.0016	0.016
K0+227.850	K0+237.850	0.0074	0.010	0.00057	0.672	78	1.934	15.000	131.00	0.0141	0.014
K0+237.850	K0+247.850	-0.0024	0.010	0.00057	0.672	79	2.604	15.000	131.00	0.0141	0.014
K0+247.850	K0+340.680	-0.0024	0.093	0.00533	0.672	80	14.039	15.000	131.00	0.1304	0.144
K0+340.680	K0+350.680	-0.0024	0.010	0.00057	0.672	81	2.604	15.000	131.00	0.0141	0.159
K0+350.680	K0+360.680	0.0794	0.010	0.00057	0.672	82	1.049	15.000	131.00	0.0141	0.022
K0+360.680	K0+366.270	0.0794	0.006	0.00032	0.672	83	0.677	15.000	131.00	0.0079	0.008

Fuente. Esta consultoría, 2024

Carrera 23 N° 124-87
Edificio Torre Zental - Oficina 404 II
Bogotá - Colombia

T: +57 (1) 2211077
M: +57 300 517 38 99
E: gerencia.convialsas@gmail.com

Tabla 34. Cálculo de caudales eje 33

EJE 33											
ABCISA		PENDIENTE (m/m)	LONGITUD	ÁREA TOTAL	COEF. ESCORRENTÍA PONDERADO	86	Tc promedio	Tc Escogido	INTENSIDAD	CAUDAL	CAUDAL ACUMILADO
INICIAL	FINAL	TERRENO	(km)	Km2		87	min	min	mm/hr	m3/s	m3/s
K0+000.000	K0+002.960	0.0201	0.003	0.00008	0.703	88	0.610	15.000	131.00	0.0021	0.018
K0+002.960	K0+025.540	0.0010	0.023	0.00064	0.703	89	6.163	15.000	131.00	0.0163	0.016
K0+025.540	K0+039.000	-0.0101	0.013	0.00038	0.703	90	2.267	15.000	131.00	0.0097	0.010
K0+039.000	K0+074.730	-0.0017	0.036	0.00101	0.703	91	7.571	15.000	131.00	0.0259	0.036
K0+074.730	K0+077.730	0.0201	0.003	0.00008	0.703	92	0.615	15.000	131.00	0.0022	0.002
K0+077.730	K0+080.730	-0.0201	0.003	0.00008	0.703	93	0.615	15.000	131.00	0.0022	0.002
K0+080.730	K0+108.100	0.0021	0.027	0.00077	0.703	94	5.849	15.000	131.00	0.0198	0.026
K0+108.100	K0+113.480	0.0058	0.005	0.00015	0.703	95	1.319	15.000	131.00	0.0039	0.006
K0+113.480	K0+116.460	0.0200	0.003	0.00008	0.703	96	0.613	15.000	131.00	0.0022	0.002
K0+116.460	K0+119.350	-0.0200	0.003	0.00008	0.703	97	0.600	15.000	131.00	0.0021	0.002
K0+119.350	K0+135.260	0.0030	0.016	0.00045	0.703	98	3.535	15.000	131.00	0.0115	0.012
K0+135.260	K0+160.000	-0.0067	0.025	0.00070	0.703	99	3.996	15.000	131.00	0.0179	0.018
K0+160.000	K0+280.820	0.0018	0.121	0.00342	0.703	100	18.960	18.960	116.52	0.0778	0.080
K0+280.820	K0+283.320	0.0205	0.003	0.00007	0.703	101	0.536	15.000	131.00	0.0018	0.002

Fuente. Esta consultoría, 2024

Tabla 35. Cálculo de caudales eje 34

EJE 34											
ABCISA		PENDIENTE (m/m)	LONGITUD	ÁREA TOTAL	COEF. ESCORRENTÍA PONDERADO	104	Tc promedio	Tc Escogido	INTENSIDAD	CAUDAL	CAUDAL ACUMILADO
INICIAL	FINAL	TERRENO	(km)	Km2		105	min	min	mm/hr	m3/s	m3/s
K0+000.000	K0+004.590	-0.0190	0.005	0.00011	0.710	106	0.860	15.000	131.00	0.0030	0.003
K0+004.590	K0+041.240	0.0068	0.037	0.00092	0.710	107	5.389	15.000	131.00	0.0237	0.024
K0+041.240	K0+073.170	-0.0036	0.032	0.00080	0.710	108	5.726	15.000	131.00	0.0206	0.021
K0+073.170	K0+076.170	0.0200	0.003	0.00007	0.710	109	0.618	15.000	131.00	0.0019	0.002

Fuente. Esta consultoría, 2024

Carrera 23 N° 124-87
Edificio Torre Zental - Oficina 404 II
Bogotá - Colombia
T: +57 (1) 221 1077
M: +57 300 517 38 99
E: gerencia.convialsas@gmail.com

Tabla 36. Cálculo de caudales eje 35

EJE 35											
ABCISA		PENDIENTE (m/m)	LONGITUD	ÁREA TOTAL	COEF. ESCORRENTÍA PONDERADO	112	Tc promedio	Tc Escogido	INTENSIDAD	CAUDAL	CAUDAL ACUMILADO
INICIAL	FINAL	TERRENO	(km)	Km2		113	min	min	mm/hr	m3/s	m3/s
K0+000.000	K0+004.120	0.0200	0.004	0.00015	0.690	114	0.776	15.000	131.00	0.0039	0.074
K0+004.120	K0+075.590	0.0016	0.071	0.00267	0.690	115	12.947	15.000	131.00	0.0670	0.070
K0+075.590	K0+078.590	0.0200	0.003	0.00011	0.690	116	0.613	15.000	131.00	0.0028	0.003

Fuente. Esta consultoría, 2024

Tabla 37. Cálculo de caudales eje 36

EJE 36											
ABCISA		PENDIENTE (m/m)	LONGITUD	ÁREA TOTAL	COEF. ESCORRENTÍA PONDERADO	119	Tc promedio	Tc Escogido	INTENSIDAD	CAUDAL	CAUDAL ACUMILADO
INICIAL	FINAL	TERRENO	(km)	Km2		120	min	min	mm/hr	m3/s	m3/s
K0+000.000	K0+003.000	-0.0193	0.003	0.00019	0.674	121	0.613	15.000	131.00	0.0047	0.005
K0+003.000	K0+010.950	0.0075	0.008	0.00050	0.674	122	1.619	15.000	131.00	0.0124	0.028
K0+010.950	K0+020.950	0.0075	0.010	0.00063	0.674	123	1.921	15.000	131.00	0.0155	0.016
K0+020.950	K0+030.950	-0.0060	0.010	0.00063	0.674	124	2.038	15.000	131.00	0.0155	0.016
K0+030.950	K0+036.190	-0.0060	0.005	0.00033	0.674	125	1.260	15.000	131.00	0.0081	0.024
K0+036.190	K0+039.190	0.0202	0.003	0.00019	0.674	126	0.605	15.000	131.00	0.0047	0.005

Fuente. Esta consultoría, 2024

NOTA ACLARATORIA: Las pendientes negativas indican el sentido del flujo del agua, en la tabla se muestra de que abscisa a que abscisa sería el sentido del flujo del agua según la pendiente de diseño geométrico

Carrera 23 N° 124-67
Edificio Torre Zental - Oficina 404 II
Bogotá - Colombia
T: +57 (1) 221 1077
M: +57 300 517 38 99
E: gerencia.convialsas@gmail.com

8 INFORMACIÓN HIDRÁULICA

8.1 ANÁLISIS HIDRÁULICO

Los canales y bordillos diseñados para este proyecto deberán funcionar como conducciones a flujo libre por gravedad. Para su diseño hidráulico, los cálculos se realizarán utilizando el caudal máximo horario, considerando un flujo uniforme en las áreas de drenaje que sean menores a 10 hectáreas. En caso de áreas mayores, se recomienda realizar los cálculos con flujo no permanente, adaptando las hipótesis a las características de la cuenca y a las variaciones temporales del caudal.

El diseño de los canales y bordillos se basará en la fórmula de Manning, que permite calcular la velocidad del flujo según las características hidráulicas del sistema de drenaje. La ecuación de Manning es:

$$v = \frac{1}{n} R^{2/3} S^{1/2}$$

Donde:

- **v:** velocidad del flujo (m/s),
- **n:** coeficiente de rugosidad de Manning, determinado según el material del canal o bordillo,
- **R:** radio hidráulico (m),
- **S:** pendiente del canal o bordillo (m/m).

El caudal se calculará con la ecuación de continuidad:

$$Q = v \cdot A$$

Donde:

- **Q:** caudal (m^3/s),
- **v:** velocidad del flujo (m/s),
- **A:** área de la sección transversal del canal o bordillo (m^2).

Estas fórmulas permiten dimensionar adecuadamente los canales y bordillos para garantizar un flujo eficiente, evitando desbordamientos durante eventos de precipitación intensa. La selección de los parámetros hidráulicos se ajustará a las condiciones del terreno y a las características constructivas de los canales y bordillos proyectados.

Carrera 23 N° 124-87
Edificio Torre Zentai - Oficina 404 II
Bogotá - Colombia

T : +57 (1) 221 1077
M: +57 300 517 38 99
E : gerencia.convialsas@gmail.com

8.2 COEFICIENTE DE RUGOSIDAD

El coeficiente de rugosidad de Manning, que se utiliza para calcular la pérdida de energía por fricción en las conducciones, debe ser seleccionado cuidadosamente en función del tipo de material y la condición interna de las tuberías o canales. En lugar de utilizar los valores de la norma NS-085 de Bogotá, se han adoptado los coeficientes de rugosidad recomendados en el libro Hidráulica de Ven Te Chow, que ofrece una referencia ampliamente aceptada a nivel internacional.

A continuación, se presentan los valores típicos de n según Ven Te Chow para diferentes materiales:

- **Superficie muy lisa (PVC, PEAD):** n=0.009–0.010n = 0.009 - 0.010n=0.009–0.010
- **Tuberías de concreto prefabricado:** n=0.012–0.013n = 0.012 - 0.013n=0.012–0.013
- **Concreto fundido in situ o superficies rugosas:** n=0.015–0.017n = 0.015 - 0.017n=0.015–0.017

Estos valores ofrecen una mayor precisión en el cálculo hidráulico, especialmente cuando se diseñan sistemas de drenaje que involucran distintos materiales y condiciones de superficie. El uso de estos coeficientes asegura un dimensionamiento adecuado y una mayor confiabilidad en la predicción de la capacidad hidráulica del sistema.

8.3 PENDIENTE

La pendiente de los conductos y canales deberá seleccionarse de manera que se ajuste a la topografía del terreno, evitando generar velocidades fuera de los rangos recomendados para sistemas de alcantarillado pluvial o sanitario. En tramos donde la pendiente natural sea pronunciada y pueda causar velocidades excesivas, se deben incorporar estructuras de caída que permitan controlar la pendiente y mantener las velocidades dentro de los límites permitidos.

8.4 VELOCIDADES MÍNIMAS

La velocidad mínima en el sistema debe ser tal que garantice condiciones de autolimpieza, evitando la acumulación de sedimentos. Para ello, se emplea el criterio de esfuerzo tractivo, que se calcula mediante la siguiente ecuación:

Carrera 23 N° 124-87
Edificio Torre Zentai - Oficina 404 II
Bogotá - Colombia

T : +57 (1) 221 1077
M: +57 300 517 38 99
E : gerencia.convialsas@gmail.com

$$\tau = \gamma \cdot R \cdot S$$

Donde:

- **τ:** esfuerzo cortante (N/m²),
- **γ:** peso específico del agua (N/m³),
- **R:** radio hidráulico de la sección (m),
- **S:** pendiente de la tubería (m/m).

Para garantizar la eficiencia del sistema pluvial, el esfuerzo cortante medio debe ser igual o superior a 3.0 N/m² para el caudal de diseño, en caso de requerirse tubería se debe garantizar que al menos 1.5 N/m² para el 10% de la capacidad de la tubería a flujo lleno. Estos valores aseguran que la velocidad mínima sea suficiente para mantener el flujo en condiciones de autolimpieza, evitando obstrucciones y acumulación de sólidos.

Para los canales se tomarán valores de 0.60 y 0.90 m/s según lo indica el manual de drenaje para carreteras en el numeral 4.6.1 Diseño de canales.

8.5 VELOCIDADES MÁXIMAS

Los valores máximos permitidos para la velocidad en los canales dependen del tipo de material y su sensibilidad a la abrasión. En el caso de canales construidos con materiales resistentes, como el concreto, es posible soportar velocidades relativamente altas sin comprometer la integridad de la estructura. No obstante, para velocidades superiores a 6 m/s, se deben considerar medidas adicionales, como la instalación de estructuras disipadoras de energía y la correcta cimentación de los canales para evitar daños estructurales.

Para canales excavados en tierra, las velocidades deben ser cuidadosamente controladas para evitar erosión, pero en ningún caso se permitirá que superen los 2 m/s. Esta limitación se establece para garantizar la estabilidad del canal y prevenir la degradación de sus paredes. Los valores de velocidad máxima y fuerza tractiva permisibles para distintos tipos de material se encuentran detallados en la tabla 4.9 del *Manual de Drenaje para Carreteras* del INVÍAS, que debe ser consultada para establecer los valores específicos en cada caso.

Carrera 23 N° 124-87
Edificio Torre Zentai - Oficina 404 II
Bogotá - Colombia

T: +57 (1) 221 1077
M: +57 300 517 38 99
E: gerencia.convialsas@gmail.com

Tabla 38. Velocidades y fuerza tractiva máximas permisibles.

TIPO DE TERRENO	AGUA CLARA		AGUA CON SEDIMENTOS COLOIDALES (*)	
	V(m/s)	$\tau(kg/m^2)$	V(m/s)	$\tau(kg/m^2)$
Arena fina coloidal	0.45	0.13	0.75	0.37
Limo arenoso no coloidal	0.50	0.18	0.75	0.37
Sedimentos limosos	0.60	0.23	0.90	0.54
Sedimentos aluviales no coloidal	0.60	0.23	1.00	0.73
Limo	0.75	0.37	1.00	0.73
Ceniza volcánica	0.75	0.37	1.00	0.73
Arcilla dura	1.15	1.27	1.50	2.25
Sedimentos aluviales coloidal	1.15	1.27	1.50	2.25
Pizarras	1.80	3.27	1.80	3.27
Grava	0.75	0.37	1.50	1.56
Limo a ripio, suelo no coloidales	1.15	1.86	1.50	3.23
Limo a ripio, suelo coloidal	1.20	2.10	1.60	3.91
Grava gruesa	1.20	1.47	1.80	3.27
Bolos	1.50	4.44	1.60	5.38

(*) Por partículas coloidales se entienden aquellas de diámetro menor a 2 micrones en las cuales los efectos de las fuerzas de superficie prevalecen sobre los de las fuerzas gravitacionales.

Fuente. INVIAS

Carrera 23 N° 124-87
Edificio Torre Zentai Oficina 404 II
Bogotá - Colombia

T : +57 (1) 221 1077
M: +57 300 517 38 99
E : gerencia.convialsas@gmail.com

Tabla 39. Análisis hidráulico de drenajes superficiales eje 27

EJE 27																	
ABSCISA		LONGITUD	PENDIENTE (m/m)	LONGITUD	PROFUNDIDAD (Y)	BORDE LIBRE (L)	ALTURA BORDILLO	T1	P	ÁREA	RH	COEF. MANNING	V	Q DISEÑO	Q HIDROLOGICO	CHEQUEO CAUDALES	OBS.
INICIAL	FINAL	(m)	TERRENO	(km)	m	m	m		m	m2	m	n	m/s	m3/s	m3/s		
K0+000.00	K0+001.26	1.26	0.0109	0.00	0.17	0.03	0.20	5.00	5.34	0.85	0.16	0.014	2.190	1.862	0.000970	CUMPLE	DRENAJE EN PAVIMENTO
K0+001.26	K0+003.69	2.43	0.0057	0.00	0.17	0.03	0.20	5.00	5.34	0.85	0.16	1.014	0.022	0.019	0.001671	CUMPLE	DRENAJE EN PAVIMENTO
K0+003.69	K0+116.23	112.54	0.0030	0.11	0.17	0.03	0.20	5.00	5.34	0.85	0.16	2.014	0.008	0.007	0.084821	NO CUMPLE	CANAL ANDEN
K0+116.23	K0+126.23	10.00	0.0030	0.01	0.17	0.03	0.20	5.00	5.34	0.85	0.16	3.014	0.005	0.005	0.007701	NO CUMPLE	CANAL ANDEN
K0+126.23	K0+136.23	10.00	0.0147	0.01	0.17	0.03	0.20	5.00	5.34	0.85	0.16	4.014	0.009	0.008	0.007701	NO CUMPLE	CANAL ANDEN
K0+136.23	K0+140.44	4.21	0.0141	0.00	0.17	0.03	0.20	5.00	5.34	0.85	0.16	5.014	0.007	0.006	0.003242	CUMPLE	DRENAJE EN PAVIMENTO
K0+140.44	K0+142.61	2.17	0.0327	0.00	0.17	0.03	0.20	5.00	5.34	0.85	0.16	6.014	0.009	0.008	0.001671	CUMPLE	DRENAJE EN PAVIMENTO
K0+142.61	K0+146.32	3.71	0.0099	0.00	0.17	0.03	0.20	5.00	5.34	0.85	0.16	7.014	0.004	0.004	0.002857	CUMPLE	DRENAJE EN PAVIMENTO
K0+146.32	K0+150.59	4.27	0.0089	0.00	0.17	0.03	0.20	5.00	5.34	0.85	0.16	8.014	0.003	0.003	0.003288	NO CUMPLE	CANAL ANDEN
K0+150.59	K0+160.59	10.00	0.0089	0.01	0.17	0.03	0.20	5.00	5.34	0.85	0.16	9.014	0.003	0.003	0.007701	NO CUMPLE	CANAL ANDEN
K0+160.59	K0+170.59	10.00	0.0027	0.01	0.17	0.03	0.20	5.00	5.34	0.85	0.16	10.014	0.002	0.001	0.007701	NO CUMPLE	CANAL ANDEN
K0+170.59	K0+307.76	137.17	0.0027	0.14	0.17	0.03	0.20	5.00	5.34	0.85	0.16	11.014	0.001	0.001	0.094466	NO CUMPLE	CANAL ANDEN
K0+307.76	K0+311.33	3.57	0.0201	0.00	0.17	0.03	0.20	5.00	5.34	0.85	0.16	12.014	0.003	0.003	0.002749	CUMPLE	DRENAJE EN PAVIMENTO
K0+311.33	K0+315.60	4.27	0.0037	0.00	0.17	0.03	0.20	5.00	5.34	0.85	0.16	13.014	0.001	0.001	0.003288	NO CUMPLE	CANAL ANDEN
K0+315.60	K0+414.36	98.76	0.0015	0.10	0.17	0.03	0.20	5.00	5.34	0.85	0.16	14.014	0.001	0.001	0.071503	NO CUMPLE	CANAL ANDEN
K0+414.36	K0+429.14	14.78	0.0202	0.01	0.17	0.03	0.20	5.00	5.34	0.85	0.16	15.014	0.003	0.002	0.011382	NO CUMPLE	CANAL ANDEN

Fuente. Esta consultoría, 2024

Carrera 23 N° 124-87
Edificio Torre Zental - Oficina 404 II
Bogotá - Colombia

T: +57 (1) 2211077
M: +57 300 577 38 99
E: gerencia.convialsas@gmail.com

Tabla 40. Análisis hidráulico de drenajes superficiales eje 28

EJE 28																	
ABSCISA		LONGITUD	PENDIENTE (m/m)	LONGITUD	PROFUNDIDAD (Y)	BORDE LIBRE (L)	ALTURA BORDILLO	T1	P	ÁREA	RH	COEF. MANNING	V	Q DISEÑO	Q HIDROLOGICO	CHEQUEO CAUDALES	OBS.
INICIAL	FINAL	(m)	TERRENO	(km)	m	m	m		m	m2	m	n	m/s	m3/s	m3/s		
	K0+006.33	5.68	0.0205	0.01	0.17	0.03	0.20	5.00	5.34	0.85	0.16	20.014	0.002	0.002	0.006334	NO CUMPLE	CANAL ANDEN
K0+006.33	K0+009.89	3.56	0.0040	0.00	0.17	0.03	0.20	5.00	5.34	0.85	0.16	21.014	0.001	0.001	0.003970	NO CUMPLE	CANAL ANDEN
K0+009.89	K0+107.88	97.99	0.0031	0.10	0.17	0.03	0.20	5.00	5.34	0.85	0.16	22.014	0.001	0.001	0.109267	NO CUMPLE	CANAL ANDEN
K0+107.88	K0+110.88	3.00	0.0164	0.00	0.17	0.03	0.20	5.00	5.34	0.85	0.16	23.014	0.002	0.001	0.003345	NO CUMPLE	CANAL ANDEN
K0+110.88	K0+144.05	33.17	0.0024	0.03	0.17	0.03	0.20	5.00	5.34	0.85	0.16	24.014	0.001	0.001	0.036987	NO CUMPLE	CANAL ANDEN
K0+144.05	K0+222.38	78.33	0.0131	0.08	0.17	0.03	0.20	5.00	5.34	0.85	0.16	25.014	0.001	0.001	0.087344	NO CUMPLE	CANAL ANDEN
K0+222.38	K0+224.68	2.30	0.0545	0.00	0.17	0.03	0.20	5.00	5.34	0.85	0.16	26.014	0.003	0.002	0.002565	NO CUMPLE	CANAL ANDEN

Fuente. Esta consultoría, 2024

Carrera 23 N° 124-87
Edificio Torre Zental - Oficina 404 II
Bogotá - Colombia

T: +57 (1) 221 1077
M: +57 300 517 38 99
E: gerencia.conviaisas@gmail.com

Tabla 41. Análisis hidráulico de drenajes superficiales eje 29

EJE 29																	
ABSCISA		LONGITUD	PENDIENTE (m/m)	LONGITUD	PROFUNDIDAD (Y)	BORDE LIBRE (L)	ALTURA BORDILLO	T1	P	AREA	RH	COEF. MANNING	V	Q DISEÑO	Q HIDROLOGICO	CHEQUEO CAUDALES	OBS.
INICIAL	FINAL	(m)	TERRENO	(km)	m	m	m		m	m2	m	n	m/s	m3/s	m3/s		
K0+000.00	K0+003.00	2.35	0.0200	0.00	0.17	0.03	0.20	5.00	5.34	0.85	0.16	31.014	0.001	0.001	0.003599	NO CUMPLE	CANAL ANDEN
K0+003.00	K0+246.99	243.99	0.0029	0.24	0.17	0.03	0.20	5.00	5.34	0.85	0.16	32.014	0.000	0.000	0.272947	NO CUMPLE	CANAL ANDEN
K0+246.99	K0+256.99	10.00	0.0029	0.01	0.17	0.03	0.20	5.00	5.34	0.85	0.16	33.014	0.000	0.000	0.015315	NO CUMPLE	CANAL ANDEN
K0+256.99	K0+266.99	10.00	0.0197	0.01	0.17	0.03	0.20	5.00	5.34	0.85	0.16	34.014	0.001	0.001	0.015315	NO CUMPLE	CANAL ANDEN
K0+266.99	K0+269.99	3.00	0.0197	0.00	0.17	0.03	0.20	5.00	5.34	0.85	0.16	35.014	0.001	0.001	0.004594	NO CUMPLE	CANAL ANDEN
K0+269.99	K0+274.37	4.38	0.0030	0.00	0.17	0.03	0.20	5.00	5.34	0.85	0.16	36.014	0.000	0.000	0.006708	NO CUMPLE	CANAL ANDEN
K0+274.37	K0+288.48	14.11	0.0122	0.01	0.17	0.03	0.20	5.00	5.34	0.85	0.16	37.014	0.001	0.001	0.021609	NO CUMPLE	CANAL ANDEN
K0+288.48	K0+298.48	10.00	0.0122	0.01	0.17	0.03	0.20	5.00	5.34	0.85	0.16	38.014	0.001	0.001	0.015315	NO CUMPLE	CANAL ANDEN
K0+298.48	K0+308.48	10.00	0.0022	0.01	0.17	0.03	0.20	5.00	5.34	0.85	0.16	39.014	0.000	0.000	0.015315	NO CUMPLE	CANAL ANDEN
K0+308.48	K0+340.58	32.10	0.0022	0.03	0.17	0.03	0.20	5.00	5.34	0.85	0.16	40.014	0.000	0.000	0.049160	NO CUMPLE	CANAL ANDEN
K0+340.58	K0+385.00	44.42	0.0030	0.04	0.17	0.03	0.20	5.00	5.34	0.85	0.16	41.014	0.000	0.000	0.068028	NO CUMPLE	CANAL ANDEN
K0+385.00	K0+395.49	10.49	0.0030	0.01	0.17	0.03	0.20	5.00	5.34	0.85	0.16	42.014	0.000	0.000	0.016065	NO CUMPLE	CANAL ANDEN
K0+395.49	K0+405.49	10.00	0.0131	0.01	0.17	0.03	0.20	5.00	5.34	0.85	0.16	43.014	0.001	0.001	0.015315	NO CUMPLE	CANAL ANDEN

Fuente. Esta consultoría, 2024

Carrera 23 N° 124-87
Edificio Torre Zentai - Oficina 404 II
Bogotá - Colombia

T: +57 (1) 2211077
M: +57 300 517 38 99
E: gerencia.convialsas@gmail.com

Tabla 42. Análisis hidráulico de drenajes superficiales eje 30

EJE 30																	
ABSCISA		LONGITUD	PENDIENTE (m/m)	LONGITUD	PROFUNDIDAD (Y)	BORDE LIBRE (L)	ALTURA BORDILLO	T1	P	ÁREA	RH	COEF. MANNING	V	Q DISEÑO	Q HIDROLOGICO	CHEQUEO CAUDALES	OBS.
INICIAL	FINAL	(m)	TERRENO	(km)	m	m	m		m	m2	m	n	m/s	m3/s	m3/s		
K0+000.00	K0+001.20	1.20	0.0060	0.00	0.17	0.03	0.20	5.00	5.34	0.85	0.16	48.014	0.000	0.000	0.000874	NO CUMPLE	CANAL ANDEN
K0+001.20	K0+003.28	2.08	0.0283	0.00	0.17	0.03	0.20	5.00	5.34	0.85	0.16	49.014	0.001	0.001	0.001516	NO CUMPLE	CANAL ANDEN
K0+003.28	K0+006.28	3.00	0.0199	0.00	0.17	0.03	0.20	5.00	5.34	0.85	0.16	50.014	0.001	0.001	0.002186	NO CUMPLE	CANAL ANDEN
K0+006.28	K0+010.47	4.19	0.0109	0.00	0.17	0.03	0.20	5.00	5.34	0.85	0.16	51.014	0.001	0.001	0.003053	NO CUMPLE	CANAL ANDEN
K0+010.47	K0+020.47	10.00	0.0109	0.01	0.17	0.03	0.20	5.00	5.34	0.85	0.16	52.014	0.001	0.001	0.007286	NO CUMPLE	CANAL ANDEN
K0+020.47	K0+030.47	10.00	0.0055	0.01	0.17	0.03	0.20	5.00	5.34	0.85	0.16	53.014	0.000	0.000	0.007286	NO CUMPLE	CANAL ANDEN
K0+030.47	K0+042.86	12.39	0.0055	0.01	0.17	0.03	0.20	5.00	5.34	0.85	0.16	54.014	0.000	0.000	0.009028	NO CUMPLE	CANAL ANDEN
K0+042.86	K0+045.13	2.27	0.0161	0.00	0.17	0.03	0.20	5.00	5.34	0.85	0.16	55.014	0.001	0.001	0.001654	NO CUMPLE	CANAL ANDEN
K0+045.13	K0+047.59	2.46	0.0204	0.00	0.17	0.03	0.20	5.00	5.34	0.85	0.16	56.014	0.001	0.001	0.001792	NO CUMPLE	CANAL ANDEN

Fuente. Esta consultoría, 2024

Tabla 43. Análisis hidráulico de drenajes superficiales eje 31

EJE 31																	
ABSCISA		LONGITUD	PENDIENTE (m/m)	LONGITUD	PROFUNDIDAD (Y)	BORDE LIBRE (L)	ALTURA BORDILLO	T1	P	ÁREA	RH	COEF. MANNING	V	Q DISEÑO	Q HIDROLOGICO	CHEQUEO CAUDALES	OBS.
INICIAL	FINAL	(m)	TERRENO	(km)	m	m	m		m	m2	m	n	m/s	m3/s	m3/s		
K0+000.00	K0+003.01	3.01	0.0211	0.00	0.17	0.03	0.20	5.00	5.34	0.85	0.16	61.014	0.001	0.001	0.002465	NO CUMPLE	CANAL ANDEN
K0+003.01	K0+150.00	146.99	0.0008	0.15	0.17	0.03	0.20	5.00	5.34	0.85	0.16	62.014	0.000	0.000	0.089455	NO CUMPLE	CANAL ANDEN
K0+150.00	K0+152.68	2.68	0.0216	0.00	0.17	0.03	0.20	5.00	5.34	0.85	0.16	63.014	0.001	0.001	0.002195	NO CUMPLE	CANAL ANDEN
K0+152.68	K0+202.36	49.68	0.0057	0.05	0.17	0.03	0.20	5.00	5.34	0.85	0.16	64.014	0.000	0.000	0.040665	NO CUMPLE	CANAL ANDEN
K0+202.36	K0+243.42	41.06	0.0032	0.04	0.17	0.03	0.20	5.00	5.34	0.85	0.16	65.014	0.000	0.000	0.033626	NO CUMPLE	CANAL ANDEN
K0+243.42	K0+294.24	50.82	0.0048	0.05	0.17	0.03	0.20	5.00	5.34	0.85	0.16	66.014	0.000	0.000	0.041618	NO CUMPLE	CANAL ANDEN

Fuente. Esta consultoría, 2024

Carrera 23 N° 124-87
Edificio Torre Zental - Oficina 404 II
Bogotá - Colombia

T: +57 (1) 2211077
M: +57 300 517 38 99
E: gerencia.convialsas@gmail.com

Tabla 44. Análisis hidráulico de drenajes superficiales eje 32

EJE 32																	
ABSCISA		LONGITUD	PENDIENTE (m/m)	LONGITUD	PROFUNDIDAD (Y)	BORDE LIBRE (L)	ALTURA BORDILLO	T1	P	ÁREA	RH	COEF. MANNING	V	Q DISEÑO	Q HIDROLOGICO	CHEQUEO CAUDALES	OBS.
INICIAL	FINAL	(m)	TERRENO	(km)	m	m	m		m	m2	m	n	m/s	m3/s	m3/s		
K0+000.00	K0+004.95	4.95	0.0085	0.00	0.17	0.03	0.20	5.00	5.34	0.85	0.16	71.014	0.000	0.000	0.006956	NO CUMPLE	CANAL ANDEN
K0+004.95	K0+007.96	3.01	0.0223	0.00	0.17	0.03	0.20	5.00	5.34	0.85	0.16	72.014	0.001	0.001	0.004230	NO CUMPLE	CANAL ANDEN
K0+007.96	K0+027.29	19.33	0.0031	0.02	0.17	0.03	0.20	5.00	5.34	0.85	0.16	73.014	0.000	0.000	0.027163	NO CUMPLE	CANAL ANDEN
K0+027.29	K0+032.29	5.00	0.0031	0.01	0.17	0.03	0.20	5.00	5.34	0.85	0.16	74.014	0.000	0.000	0.007026	NO CUMPLE	CANAL ANDEN
K0+032.29	K0+037.29	5.00	0.0085	0.01	0.17	0.03	0.20	5.00	5.34	0.85	0.16	75.014	0.000	0.000	0.007026	NO CUMPLE	CANAL ANDEN
K0+037.29	K0+067.35	30.06	0.0085	0.03	0.17	0.03	0.20	5.00	5.34	0.85	0.16	76.014	0.000	0.000	0.042241	NO CUMPLE	CANAL ANDEN
K0+067.35	K0+120.74	53.39	0.0021	0.05	0.17	0.03	0.20	5.00	5.34	0.85	0.16	77.014	0.000	0.000	0.075025	NO CUMPLE	CANAL ANDEN
K0+120.74	K0+148.04	27.30	0.0011	0.03	0.17	0.03	0.20	5.00	5.34	0.85	0.16	78.014	0.000	0.000	0.038363	NO CUMPLE	CANAL ANDEN
K0+148.04	K0+206.70	58.66	0.0042	0.06	0.17	0.03	0.20	5.00	5.34	0.85	0.16	79.014	0.000	0.000	0.082431	NO CUMPLE	CANAL ANDEN
K0+206.70	K0+216.70	10.00	0.0042	0.01	0.17	0.03	0.20	5.00	5.34	0.85	0.16	80.014	0.000	0.000	0.014052	NO CUMPLE	CANAL ANDEN
K0+216.70	K0+226.70	10.00	0.0074	0.01	0.17	0.03	0.20	5.00	5.34	0.85	0.16	81.014	0.000	0.000	0.014052	NO CUMPLE	CANAL ANDEN
K0+226.70	K0+227.85	1.15	0.0074	0.00	0.17	0.03	0.20	5.00	5.34	0.85	0.16	82.014	0.000	0.000	0.001616	NO CUMPLE	CANAL ANDEN
K0+227.85	K0+237.85	10.00	0.0074	0.01	0.17	0.03	0.20	5.00	5.34	0.85	0.16	83.014	0.000	0.000	0.014052	NO CUMPLE	CANAL ANDEN
K0+237.85	K0+247.85	10.00	0.0024	0.01	0.17	0.03	0.20	5.00	5.34	0.85	0.16	84.014	0.000	0.000	0.014052	NO CUMPLE	CANAL ANDEN
K0+247.85	K0+340.68	92.83	0.0024	0.09	0.17	0.03	0.20	5.00	5.34	0.85	0.16	85.014	0.000	0.000	0.130448	NO CUMPLE	CANAL ANDEN
K0+340.68	K0+350.68	10.00	0.0024	0.01	0.17	0.03	0.20	5.00	5.34	0.85	0.16	86.014	0.000	0.000	0.014052	NO CUMPLE	CANAL ANDEN
K0+350.68	K0+360.68	10.00	0.0794	0.01	0.17	0.03	0.20	5.00	5.34	0.85	0.16	87.014	0.001	0.001	0.014052	NO CUMPLE	CANAL ANDEN
K0+360.68	K0+366.27	5.59	0.0794	0.01	0.17	0.03	0.20	5.00	5.34	0.85	0.16	88.014	0.001	0.001	0.007855	NO CUMPLE	CANAL ANDEN

Fuente. Esta consultoría, 2024

Carrera 23 N° 124-87
Edificio Torre Zental - Oficina 404 II
Bogotá - Colombia

T: +57 (1) 221 1077
M: +57 300 517 38 99
E: gerencia.convialsas@gmail.com

Tabla 45. Análisis hidráulico de drenajes superficiales eje 33

EJE 33																	
ABSCISA		LONGITUD	PENDIENTE (m/m)	LONGITUD	PROFUNDIDAD (Y)	BORDE LIBRE (L)	ALTURA BORDILLO	T1	P	ÁREA	RH	COEF. MANNING	V	Q DISEÑO	Q HIDROLOGICO	CHEQUEO CAUDALES	OBS.
INICIAL	FINAL	(m)	TERRENO	(km)	m	m	m		m	m2	m	n	m/s	m3/s	m3/s		
K0+000.00	K0+002.96	2.96	0.0201	0.00	0.17	0.03	0.20	5.00	5.34	0.85	0.16	93.014	0.000	0.000	0.002143	NO CUMPLE	CANAL ANDEN
K0+002.96	K0+025.54	22.58	0.0010	0.02	0.17	0.03	0.20	5.00	5.34	0.85	0.16	94.014	0.000	0.000	0.016344	NO CUMPLE	CANAL ANDEN
K0+025.54	K0+039.00	13.46	0.0101	0.01	0.17	0.03	0.20	5.00	5.34	0.85	0.16	95.014	0.000	0.000	0.009743	NO CUMPLE	CANAL ANDEN
K0+039.00	K0+074.73	35.73	0.0017	0.04	0.17	0.03	0.20	5.00	5.34	0.85	0.16	96.014	0.000	0.000	0.025862	NO CUMPLE	CANAL ANDEN
K0+074.73	K0+077.73	3.00	0.0201	0.00	0.17	0.03	0.20	5.00	5.34	0.85	0.16	97.014	0.000	0.000	0.002171	NO CUMPLE	CANAL ANDEN
K0+077.73	K0+080.73	3.00	0.0201	0.00	0.17	0.03	0.20	5.00	5.34	0.85	0.16	98.014	0.000	0.000	0.002171	NO CUMPLE	CANAL ANDEN
K0+080.73	K0+108.10	27.37	0.0021	0.03	0.17	0.03	0.20	5.00	5.34	0.85	0.16	99.014	0.000	0.000	0.019811	NO CUMPLE	CANAL ANDEN
K0+108.10	K0+113.48	5.38	0.0058	0.01	0.17	0.03	0.20	5.00	5.34	0.85	0.16	100.014	0.000	0.000	0.003894	NO CUMPLE	CANAL ANDEN
K0+113.48	K0+116.46	2.98	0.0200	0.00	0.17	0.03	0.20	5.00	5.34	0.85	0.16	101.014	0.000	0.000	0.002157	NO CUMPLE	CANAL ANDEN
K0+116.46	K0+119.35	2.89	0.0200	0.00	0.17	0.03	0.20	5.00	5.34	0.85	0.16	102.014	0.000	0.000	0.002092	NO CUMPLE	CANAL ANDEN
K0+119.35	K0+135.26	15.91	0.0030	0.02	0.17	0.03	0.20	5.00	5.34	0.85	0.16	103.014	0.000	0.000	0.011516	NO CUMPLE	CANAL ANDEN
K0+135.26	K0+160.00	24.74	0.0067	0.02	0.17	0.03	0.20	5.00	5.34	0.85	0.16	104.014	0.000	0.000	0.017907	NO CUMPLE	CANAL ANDEN
K0+160.00	K0+280.82	120.82	0.0018	0.12	0.17	0.03	0.20	5.00	5.34	0.85	0.16	105.014	0.000	0.000	0.077786	NO CUMPLE	CANAL ANDEN
K0+280.82	K0+283.32	2.50	0.0205	0.00	0.17	0.03	0.20	5.00	5.34	0.85	0.16	106.014	0.000	0.000	0.001810	NO CUMPLE	CANAL ANDEN

Fuente. Esta consultoría, 2024

Carrera 23 N° 124-87
Edificio Torre Zental - Oficina 404 II
Bogotá - Colombia

T: +57 (1) 2211077
M: +57 300 517 38 99
E: gerencia.convialsas@gmail.com

Tabla 46. Análisis hidráulico de drenajes superficiales eje 34

EJE 34																	
ABSCISA		LONGITUD	PENDIENTE (m/m)	LONGITUD	PROFUNDIDAD (Y)	BORDE LIBRE (L)	ALTURA BORDILLO	T1	P	ÁREA	RH	COEF. MANNING	V	Q DISEÑO	Q HIDROLOGICO	CHEQUEO CAUDALES	OBS.
INICIAL	FINAL	(m)	TERRENO	(km)	m	m	m		m	m2	m	n	m/s	m3/s	m3/s		
K0+000.00	K0+004.59	4.59	0.0190	0.00	0.17	0.03	0.20	5.00	5.34	0.85	0.16	111.014	0.000	0.000	0.002966	NO CUMPLE	CANAL ANDEN
K0+004.59	K0+041.24	36.65	0.0068	0.04	0.17	0.03	0.20	5.00	5.34	0.85	0.16	112.014	0.000	0.000	0.023679	NO CUMPLE	CANAL ANDEN
K0+041.24	K0+073.17	31.93	0.0036	0.03	0.17	0.03	0.20	5.00	5.34	0.85	0.16	113.014	0.000	0.000	0.020630	NO CUMPLE	CANAL ANDEN
K0+073.17	K0+076.17	3.00	0.0200	0.00	0.17	0.03	0.20	5.00	5.34	0.85	0.16	114.014	0.000	0.000	0.001938	NO CUMPLE	CANAL ANDEN

Fuente. Esta consultoría, 2024

Tabla 47. Análisis hidráulico de drenajes superficiales eje 35

EJE 35																	
ABSCISA		LONGITUD	PENDIENTE (m/m)	LONGITUD	PROFUNDIDAD (Y)	BORDE LIBRE (L)	ALTURA BORDILLO	T1	P	ÁREA	RH	COEF. MANNING	V	Q DISEÑO	Q HIDROLOGICO	CHEQUEO CAUDALES	OBS.
INICIAL	FINAL	(m)	TERRENO	(km)	m	m	m		m	m2	m	n	m/s	m3/s	m3/s		
K0+000.00	K0+004.12	4.12	0.0200	0.00	0.17	0.03	0.20	5.00	5.34	0.85	0.16	119.014	0.000	0.000	0.003864	NO CUMPLE	CANAL ANDEN
K0+004.12	K0+075.59	71.47	0.0016	0.07	0.17	0.03	0.20	5.00	5.34	0.85	0.16	120.014	0.000	0.000	0.067027	NO CUMPLE	CANAL ANDEN
K0+075.59	K0+078.59	3.00	0.0200	0.00	0.17	0.03	0.20	5.00	5.34	0.85	0.16	121.014	0.000	0.000	0.002814	NO CUMPLE	CANAL ANDEN

Fuente. Esta consultoría, 2024

Carrera 23 N° 124-87
Edificio Torre Zental - Oficina 404 II
Bogotá - Colombia

T: +57 (1) 221 1077
M: +57 300 517 38 99
E: gerencia.convialsas@gmail.com

Tabla 48. Análisis hidráulico de drenajes superficiales eje 36

EJE 36																	
ABSCISA		LONGITUD	PENDIENTE (m/m)	LONGITUD	PROFUNDIDAD (Y)	BORDE LIBRE (L)	ALTURA BORDILLO	T1	P	ÁREA	RH	COEF. MANNING	V	Q DISEÑO	Q HIDROLOGICO	CHEQUEO CAUDALES	OBS.
INICIAL	FINAL	(m)	TERRENO	(km)	m	m	m		m	m2	m	n	m/s	m3/s	m3/s		
K0+000.00	K0+003.00	3.00	0.0193	0.00	0.17	0.03	0.20	5.00	5.34	0.85	0.16	126.014	0.000	0.000	0.004663	NO CUMPLE	CANAL ANDEN
K0+003.00	K0+010.95	7.95	0.0075	0.01	0.17	0.03	0.20	5.00	5.34	0.85	0.16	127.014	0.000	0.000	0.012357	NO CUMPLE	CANAL ANDEN
K0+010.95	K0+020.95	10.00	0.0075	0.01	0.17	0.03	0.20	5.00	5.34	0.85	0.16	128.014	0.000	0.000	0.015543	NO CUMPLE	CANAL ANDEN
K0+020.95	K0+030.95	10.00	0.0060	0.01	0.17	0.03	0.20	5.00	5.34	0.85	0.16	129.014	0.000	0.000	0.015543	NO CUMPLE	CANAL ANDEN
K0+030.95	K0+036.19	5.24	0.0060	0.01	0.17	0.03	0.20	5.00	5.34	0.85	0.16	130.014	0.000	0.000	0.008145	NO CUMPLE	CANAL ANDEN
K0+036.19	K0+039.19	3.00	0.0202	0.00	0.17	0.03	0.20	5.00	5.34	0.85	0.16	131.014	0.000	0.000	0.004663	NO CUMPLE	CANAL ANDEN

Fuente. Esta consultoría, 202

Carrera 23 N° 124-87
Edificio Torre Zental - Oficina 404 II
Bogotá - Colombia

T: +57 (1) 221 1077
M: +57 300 517 38 99
E: gerencia.conviaisas@gmail.com

9 SISTEMA PLUVIAL

9.1 CONSIDERACIONES GENERALES

No todos los sectores requieren necesariamente un sistema de drenaje pluvial. Dependiendo de las condiciones topográficas, las características de las vías, la estructura urbana y el desarrollo de la zona, la evacuación de la escorrentía podría lograrse de manera efectiva a través de las calles o cunetas. En aquellos sectores donde sea necesario, los sistemas pluviales pueden cubrir toda la zona o enfocarse en las áreas específicas que presentan problemas de inundación.

Los sistemas de recolección y evacuación de aguas pluviales se diseñarán y construirán con el objetivo de:

- Facilitar la evacuación adecuada de la escorrentía pluvial de las vías públicas.
- Prevenir la generación de caudales excesivos en las calzadas.
- Evitar la entrada de aguas pluviales a propiedades públicas y privadas.
- Impedir la acumulación de aguas en vías de tránsito.
- Asegurar la continuidad del tráfico vehicular y peatonal durante eventos de precipitación intensa.
- Evitar conexiones incorrectas hacia el sistema de recolección y evacuación de aguas residuales.
- Mitigar los efectos negativos sobre los cuerpos de agua receptores causados por la contaminación de la escorrentía pluvial urbana.

Algunos de los factores clave a considerar en el estudio de los problemas de recolección y evacuación de aguas pluviales en áreas urbanas incluyen:

- Evaluación de soluciones utilizando canales abiertos o conductos cerrados.
- Determinación de la profundidad adecuada para los colectores.
- Selección de los tipos de tuberías más adecuados para el sistema.

9.2 DRENAJE SUPERFICIAL

El objetivo principal del drenaje superficial es captar y desalojar las aguas lluvias que corren directamente sobre la calzada y sus zonas aledañas. Un sistema de drenaje superficial está constituido por los siguientes elementos:

Carrera 23 N° 124-87
Edificio Torre Zental - Oficina 404 II
Bogotá - Colombia

T: +57 (1) 221 1077
M: +57 300 517 38 99
E: gerencia.convialsas@gmail.com

- Pendiente longitudinal
- Cunetas o canaletas
- Sumideros
- Pendiente transversal

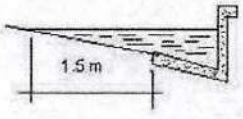
Las cunetas longitudinales deben proyectarse para satisfacer una o varias finalidades siguientes:

- Recoger las aguas de escorrentía procedentes de calzada, de taludes de cortes y laderas adyacentes.
- Recoger las aguas infiltradas en base, sub-base y terrenos adyacentes.
- Controlar el nivel freático.
- Al proyectarse una cuneta, mediante los cálculos hidráulicos, se debe tener en cuenta su sección transversal, pendiente longitudinal, puntos de drenaje, así como el tipo de revestimiento en caso de requerirse.
- La velocidad de circulación de agua debe limitarse para evitar erosión, sin reducirla tanto que pueda dar origen a depósitos de sedimentos. La velocidad mínima recomendable 0.35 m/s.
- El cálculo hidráulico de las cunetas debe realizarse según los requisitos establecidos en la normas RAS.
- Cálculo de escorrentía, o sea, caudales a eliminar - Determinación de capacidad hidráulica de la cuneta con el fin de definir sus dimensiones.

Aparte del aspecto estructural del pavimento, el drenaje es absolutamente indispensable para facilitar el tránsito de los peatones y vehículos en épocas de lluvia, disminuir los accidentes y evitar la reducción de la capacidad de la vía por anegación de la calzada. Los límites tolerables de inundación de cunetas en vías urbanas se indican en la Tabla 49.

Tabla 49. Límites de Inundación permisibles de cunetas en vías urbanas.

Cuadro 1. Límites de inundación permisible de cunetas en vías urbanas

CARACTERÍSTICAS DEL DRENAJE	LÍMITE PERMISIBLE DE LA ZONA INUNDABLE		FRECUENCIA DE LA LLUVIA DE DISEÑO (años)		
			VÍAS RÁPIDAS	AVENIDAS	CALLES
Sardineles, cunetas		Un metro y medio del ancho de la calzada	15	10	10

Carrera 23 N° 124-87
Edificio Torre Zentai - Oficina 404 II
Bogotá - Colombia

T : +57 (1) 221 1077
M: +57 300 517 38 99
E : gerencia.convialsas@gmail.com

Fuente. INVIAS

NOTA: El drenaje superficial de las vías en zonas urbanas debe ser coordinado con las autoridades competentes de la localidad.

9.2.1 LOCALIZACIÓN DE LAS CUNETAS Y CANALETAS

Las cunetas y canaletas deben ubicarse según lo indicado en los planos de diseño o en las áreas donde sea necesaria su construcción o reconstrucción, de acuerdo con el criterio técnico del proyecto.

En el presente diseño, se consideró que la pendiente transversal de la vía, en conjunto con el sardinel, formaban una cuneta longitudinal. Esta configuración se complementa con una pendiente longitudinal en la vía, y se ha garantizado la ausencia de puntos bajos. Con base en este criterio, se adoptó una pendiente transversal (bombeo normal) del 2.0 %.

De acuerdo con los cálculos presentados en el Anexo *3*, el ancho de inundación T se confina en los sardineles por cada costado de la vía y en algunas casos supera la cuña conformada por el peralte, pero nunca presenta desborde por encima de los sardineles.

A continuación, se detallan los parámetros de diseño utilizados para el cálculo de las zonas de inundación sobre la vía.

Tabla 50. Parámetros de diseño zona de Inundación.

DRENAJE SUPERFICIAL

Base 1	3.00	m
Base 2	0.00	m
Altura	0.06	m
1/n	66.67	
Área	0.27	m2
Perímetro	6.181	m
Radio H	0.044	m
Intensidad	160.45	mm/h
c	0.75	
Ancho de zona	20.00	m

Fuente. Esta consultoría, 2024

Carrera 23 N° 124-87
Edificio Torre Zentai - Oficina 404 II
Bogotá - Colombia

T : +57 (1) 221 1077
M: +57 300 517 38 99
E : gerencia.convialsas@gmail.com

De acuerdo con las pendientes que se pudiecen considerar de acuerdo a la zona del proyecto se presenta la curva de capacidad y longitud de saturacion correspondiente.

Tabla 51. Longitud máxima de saturación Cuña para un ancho de calzada de 6.00 m.

Pendiente	Caudal m3/s	V (m/s)	Froud	L max Cuneta
0.05	0.05	0.18	0.24	68.0
0.1	0.07	0.26	0.34	96.0
0.15	0.09	0.32	0.42	118.0
0.2	0.10	0.37	0.48	136.0
0.25	0.11	0.41	0.54	152.0
0.3	0.12	0.45	0.59	167.0
0.35	0.13	0.49	0.64	180.0
0.4	0.14	0.52	0.68	193.0
0.45	0.15	0.55	0.72	205.0
0.5	0.16	0.58	0.76	216.0
0.55	0.17	0.61	0.80	226.0
0.6	0.17	0.64	0.83	236.0
0.65	0.18	0.67	0.87	246.0
0.7	0.19	0.69	0.90	255.0
0.75	0.19	0.72	0.93	264.0
0.8	0.20	0.74	0.96	273.0
0.85	0.21	0.76	0.99	281.0
0.9	0.21	0.78	1.02	289.0
0.95	0.22	0.81	1.05	297.0
1	0.22	0.83	1.08	305.0
1.05	0.23	0.85	1.10	312.0
1.1	0.23	0.87	1.13	320.0
1.15	0.24	0.89	1.16	327.0
1.2	0.24	0.91	1.18	334.0
1.25	0.25	0.92	1.21	341.0
1.3	0.25	0.94	1.23	348.0
1.35	0.26	0.96	1.25	354.0
1.4	0.26	0.98	1.28	361.0
1.45	0.27	1.00	1.30	367.0
1.5	0.27	1.01	1.32	373.0

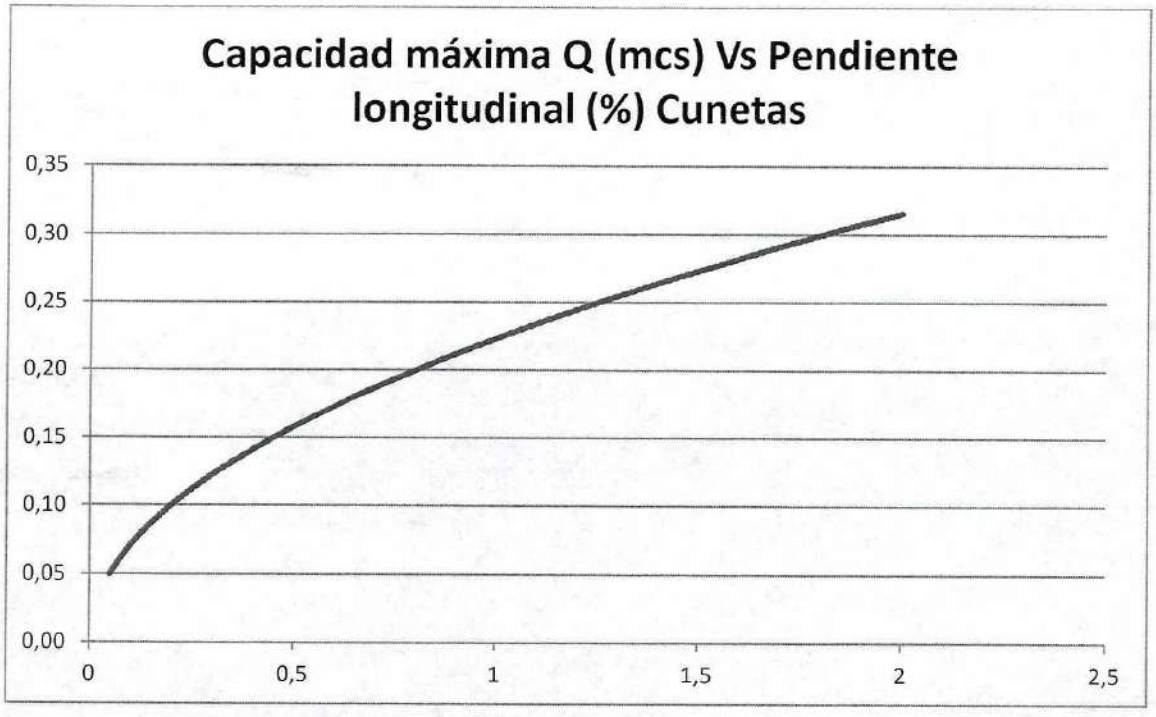
Carrera 23 N° 124-87
Edificio Torre Zentai - Oficina 404 II
Bogotá - Colombia

T: +57 (1) 221 1077
M: +57 300 517 38 99
E: gerencia.convialsas@gmail.com

Pendiente	Caudal m3/s	V (m/s)	Froud	L max Cuneta
1.55	0.28	1.03	1.34	380.0
1.6	0.28	1.05	1.36	386.0
1.65	0.29	1.06	1.38	392.0
1.7	0.29	1.08	1.41	397.0
1.75	0.30	1.09	1.43	403.0
1.8	0.30	1.11	1.45	409.0
1.85	0.30	1.12	1.47	415.0
1.9	0.31	1.14	1.49	420.0
1.95	0.31	1.15	1.51	426.0
2	0.32	1.17	1.52	431.0

Fuente. Esta consultoría, 2024

Figura 11. Curva Capacidad Vs Pendiente para un ancho de calzada de 6.00 m.



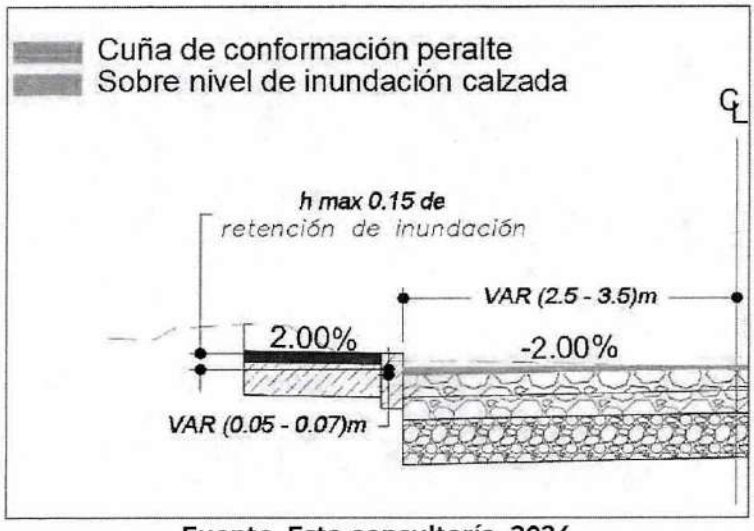
Fuente. Esta consultoría, 2024

Carrera 23 N° 124-87
Edificio Torre Zentai - Oficina 404 II
Bogotá - Colombia

T: +57 (1) 221 1077
M: +57 300 517 38 99
E: gerencia.convialsas@gmail.com

A continuación se presenta dispocion de la inundacion en la sección de la vía proyectada:

Figura 12. Zona de Inundación en Sección de Vía.

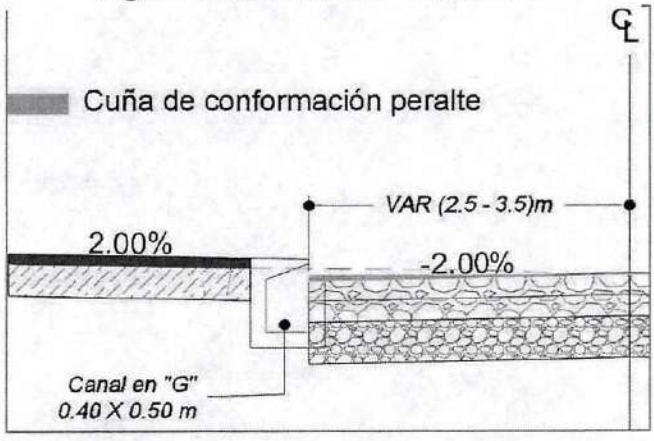


Fuente. Esta consultoría, 2024

Como se puede observar en la figura 11 la inundación se produce de forma variable de acuerdo con el ancho de calzada, la pendiente longitudinal y la longitud de captación. El análisis de resultados se presenta en el numeral 9.2.2 Análisis de resultados.

Por otra parte en las calles donde se dispone de canales de recolección cercana, donde se pueda realizar el descole de las estructuras se dispuso de un canal recolector en forma de "G", como se muestra en la figura 12.

Figura 13. Localización Canal "G".

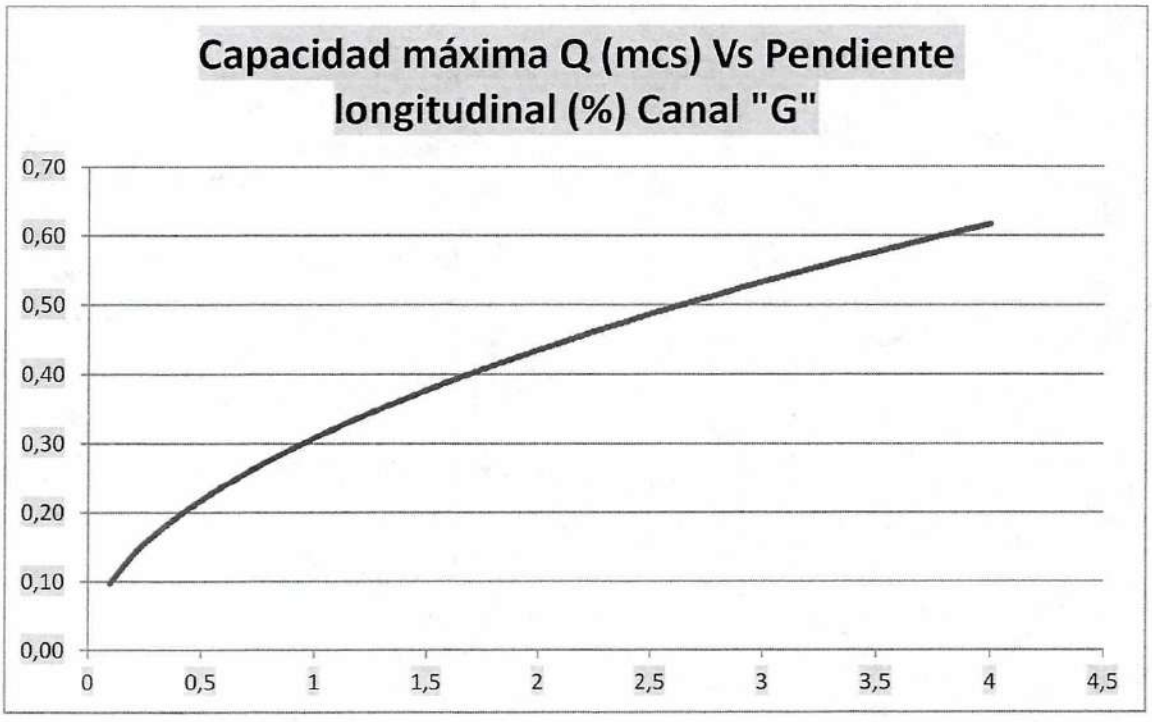


Carrera 23 N° 124-87
Edificio Torre Zental - Oficina 404 II
Bogotá - Colombia

T: +57 (1) 221 1077
M: +57 300 517 38 99
E: gerencia.convialsas@gmail.com

Fuente. Esta consultoría, 2024

Figura 14 Curva Capacidad Vs Pendiente Canal en "G".



Fuente. Esta consultoría, 2024

Carrera 23 N° 124-87
Edificio Torre Zentai - Oficina 404 II
Bogotá - Colombia

T: +57 (1) 221 1077
M: +57 300 517 38 99
E: gerencia.convialsas@gmail.com

9.2.2 ANÁLISIS DE RESULTADOS

A continuación, se presenta la descripción de los resultados obtenidos y presentados en el Anexo 3 Evaluación Hidráulica Zona de Inundación

Eje 27 - Diagonal 2 entre las Transversales 9 y 14

Este tramo posee una longitud de 429.14 m con un ancho de calzada de diseño de 7 m con pendientes entre el 0.15% y el 3.27%, para este tramo se incluyen canales longitudinales adyacentes a los bordes de vía, estos canales se conformarán en estructuras monolíticas en forma de "G" de dimensión hidráulica de 0.40 m x 0.50 m, de esta forma se garantiza que la vía no presente inundación.

Eje 28 - Transversal 14 entre las Diagonales 1B y 2E

Este tramo posee una longitud de 224.68 m con un ancho de calzada de diseño de 6 m con pendientes entre el 0.24% y el 5.45%, para este tramo se incluyen canales longitudinales adyacentes a los bordes de vía, estos canales se conformarán en estructuras monolíticas en forma de "G" de dimensión hidráulica de 0.40 m x 0.50 m, de esta forma se garantiza que la vía no presente inundación.

Eje 29 - Diagonal 1B entre la Carreras 17 y Transversal 14 y Diagonal 10 entre las Carreras 17 y 25C

Este tramo posee una longitud de 701.44 m con un ancho de calzada de diseño de 6 m con pendientes entre el 0.13% y el 2.19%, para este tramo se incluyen canales longitudinales adyacentes a los bordes de vía, estos canales se conformarán en estructuras monolíticas en forma de "G" de dimensión hidráulica de 0.40 m x 0.50 m, de esta forma se garantiza que la vía no presente inundación.

Eje 30 - Carreras 25C entre las Diagonales 10 y 11

Este tramo posee una longitud de 47.59 m con un ancho de calzada de diseño de 6 m con pendientes entre el 0.55% y el 2.83%, para este tramo se

Carrera 23 N° 124-87
Edificio Torre Zentai - Oficina 404 II
Bogotá - Colombia

T : +57 (1) 221 1077
M: +57 300 517 38 99
E : gerencia.convialsas@gmail.com

incluyen canales longitudinales adyacentes a los bordes de vía, estos canales se conformarán en estructuras monolíticas en forma de "G" de dimensión hidráulica de 0.40 m x 0.50 m, de esta forma se garantiza que la vía no presente inundación.

Eje 31 - Calle 4A entre las Carreras 25C y 28

Este tramo posee una longitud de 294.24 m con un ancho de calzada de diseño de 4.5 m con pendientes entre el 0.08% y el 2.16%, para este tramo se incluyen canales longitudinales adyacentes a los bordes de vía, estos canales se conformarán en estructuras monolíticas en forma de "G" de dimensión hidráulica de 0.40 m x 0.50 m, de esta forma se garantiza que la vía no presente inundación.

Eje 32 - Carrera 44 entre las Calles 25 y 30

Este tramo posee una longitud de 366.27 m con un ancho de calzada de diseño de 5 m con pendientes entre el 0.11% y el 7.94%, para este tramo se estima que la lámina de agua para un periodo de retorno de diez años supere el nivel de la cuña conformada entre el eje de la vía y el bombeo del 2% en 1 cm, sin embargo, en los tramos comprendidos entre el K0+067.35 y el K0+120.74, entre el K0+120.74 y el K0+148.04, entre el K0+148.04 y el K0+216.70 y entre el K0+237.85 y el K0+350.68 poseen unas pendientes de 0.21%, 0.11%, 0.42% y 0.24% respectivamente, se presenta sobre el eje un sobre nivel de 7 cm sin presentar desborde.

Eje 33 - Calle 25 entre las Carreras 41 y 44

Este tramo posee una longitud de 283.32 m con un ancho de calzada de diseño de 6 m con pendientes entre el 0.17% y el 2.05%, para este tramo se estima que la lámina de agua para un periodo de retorno de diez años supere el nivel de la cuña conformada entre el eje de la vía y el bombeo del 2% en 1 cm, sin embargo, en los tramos comprendidos entre el K0+039.00 y el K0+074.73, entre el K0+080.73 y el K0+108.10, y entre el K0+160.00 y el K0+280.82 poseen unas pendientes de 0.17%, 0.21% y 0.18% respectivamente, se presenta sobre el eje un sobre nivel de 7 cm sin presentar desborde.

Carrera 23 N° 124-87
Edificio Torre Zentai - Oficina 404 II
Bogotá - Colombia

T: +57 (1) 221 1077
M: +57 300 517 38 99
E: gerencia.convialsas@gmail.com

Eje 34 - Carrera 42A y 42B entre las Calles 24 y 25

Este tramo posee una longitud de 76.17 m con un ancho de calzada de diseño de 6 m con pendientes entre el 0.36% y el 2.00%, para este tramo se estima que la lámina de agua para un periodo de retorno de diez años supere el nivel de la cuña conformada entre el eje de la vía y el bombeo del 2% en 1 cm.

Eje 35 - Carrera 42A y 42B entre las Calles 24 y 25

Este tramo posee una longitud de 78.59 m con un ancho de calzada de diseño de 6 m con pendientes entre el 0.16% y el 2.00%, para este tramo se estima que la lámina de agua para un periodo de retorno de diez años supere el nivel de la cuña conformada entre el eje de la vía y el bombeo del 2% en 1 cm, sin embargo, en el tramo comprendido entre el K0+004.12 y el K0+075.59 posee una pendiente de 0.16%, se presenta sobre el eje un sobre nivel de 5 cm sin presentar desborde.

Eje 36 - Calle 24 entre las Carreras 42A y 42B

Este tramo posee una longitud de 39.19 m con un ancho de calzada de diseño de 6 m con pendientes entre el 0.60% y el 2.02%, para este tramo se estima que la lámina de agua para un periodo de retorno de diez años no supere la altura de 6 cm que es la que se conforma entre el eje de la vía y el bombeo del 2%.

Carrera 23 N° 124-87
Edificio Torre Zentai - Oficina 404 II
Bogotá - Colombia

T : +57 (1) 221 1077
M: +57 300 517 38 99
E : gerencia.convialsas@gmail.com

10 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- Para realizar el análisis hidrológico para los tramos de vía en estudio se seleccionó la información histórica de la estación Bocas de la Ceiba.
- La estación Bocas de La Ceiba se ubica en una elevación 20 msnm, la precipitación promedio total multianual es igual a 1415.38 mm, presentando un promedio mensual multianual de 117.95 mm.
- Para la determinación de los caudales para obras menores a 2.5 km^2 se utilizó el método Racional.
- El tiempo de concentración mínimo que se utilizó es el establecido por el Manual de drenaje para carreteras del INVIAS que corresponde a 15 minutos.
- De acuerdo con el análisis realizado las inundaciones analizadas no presentan desborde hacia los predios
- Se deben realizar anden cunetas en los diversos alineamientos, los cuales deben conducir hacia los canales colectores más cercanos, con el fin de no profundizar de manera excesiva en las excavaciones.
- Se debe realizar protección y limpieza los canales colectores al igual de realizar la protección de sus taludes.
- Se debe revisar de manera constructiva las salidas de aguas lluvias de los domicilios, respecto a su altura en relación con la cotas de los ejes laterales de las vías en el diseño geométrico, en tal caso que sea necesario, debe ser construida una caja de inspección junto a un sifón invertido que garantice la salida del agua lluvia por rebose hacia capa de rodadura de la vía.
- Se deben instalar válvulas o compuertas antirretorno en la conexión o puntos de descarga entre un canal anden y los canales colectores.
- Se debe realizar las adecuadas conexiones entre las acometidas domiciliarias y el sistema sanitario de la zona.

Carrera 23 N° 124-87
Edificio Torre Zentai Oficina 404 II
Bogotá - Colombia

T: +57 (1) 221 1077
M: +57 300 517 38 99
E: gerencia.convialsas@gmail.com

11 BIBLIOGRAFÍA

- Manual de Drenaje de Carreteras, Instituto Nacional de Vías - 2009.

- Ray Linsley. Max Kohler y Joseph Paulus. Hidrología para ingenieros. Segunda Edición. McGraw Hill. 1977.

- Rodrigo Vargas y Mario Díaz-Granados. Curvas sintéticas regionalizadas de intensidad – duración – frecuencia para Colombia.

- Ven Te Chow y otros. Hidrología Aplicada. Mc Graw Hill. 1994.

- Jimmy Williams y Roy Hann. User Manual. Problem oriented computer language for hydrologic modeling. United States Departament of Agriculture. 1973.

- CHOW. Ven Te. Hidráulica de Canales Abiertos. Ed. Mc Graw Hill.1994.

Fin del documento.

Carrera 23 N° 124-87
Edificio Torre Zentai - Oficina 404 II
Bogotá - Colombia

T: +57 (1) 221 1077
M: +57 300 517 38 99
E: gerencia.convialsas@gmail.com

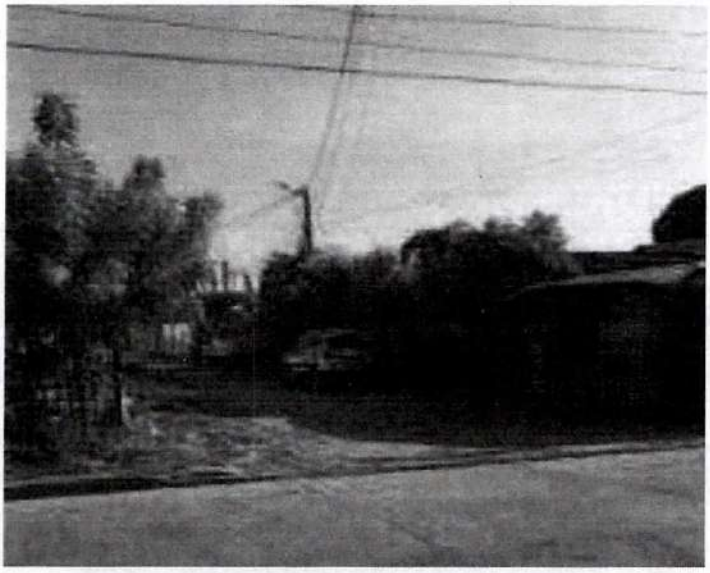
DISEÑO GEOMÉTRICO

585

PABLO CASTILLA NEGRETE

Estudios Geotécnicos y Ambientales

DISEÑO GEOMÉTRICO PARA LA CONSTRUCCIÓN DE PAVIMENTO EN CONCRETO HIDRÁULICO DE LA VÍA EN EL BARRIO LA FLORESTA EN EL MUNICIPIO DE MONTERÍA, DEPARTAMENTO DE CÓRDOBA.



I.C. PABLO CASTILLA NEGRETE.

ESPECIALISTA EN MECÁNICA DE SUELOS Y CIMENTACIONES

MONTERÍA - 2021

TABLA DE CONTENIDO

INTRODUCCIÓN. 4
2. OBJETIVOS Y ALCANCES. 5
2.1. Objetivo. 5
2.2. Alcances. 5
3. GENERALIDADES. 6
3.1. Generalidades del municipio. 6
3.2. Geología. 7
3.3. Geomorfología. 9
3.4. Geoestructura y ambiente morfométrico. 10
3.5. Clima. 11
3.6. Vegetación. 14
4. METODOLOGÍA EMPLEADA PARA EL DISEÑO GEOMÉTRICO. 15
4.1. Reglamento de diseño y software empleado 15
4.1.1. Reglamentos de diseños utilizados. 15
4.1.2. Software de diseño utilizado. 16
5. PARÁMETROS PARA EL DISEÑO GEOMÉTRICO. 16
5.1. Características propuestas de diseño geométrico de la vía. 16
5.2. Velocidad de diseño y clasificación de la carretera. 16
5.3. Velocidad especifica de la curva horizontal. 17
5.4. Selección del radio de curvatura mínimo y peralte máximo. 17
5.5. Cálculo de la rasante y curvas verticales. 18
5.6. Diseño transversal, ancho de calzada y bombeo. 19
5.7. Rotación de la calzada respecto al eje de la carretera. 20
5.8. Secciones transversales típicas de diseño. 21
6. ANEXOS. 22
7. CONCLUSIONES. 22
8. RECOMENDACIONES. 22
9. BIBLIOGRAFÍA. 23
10. LIMITACIONES DEL ESTUDIO. 23

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Localización del proyecto en el municipio. 4

Figura 2. Localización del proyecto en el barrio. 5

Figura 3. Localización del municipio de Montería en el departamento de Córdoba. 6

Figura 4. Mapa subregiones del departamento de Córdoba. 7

Figura 5. Mapa de regiones geotectónicas del departamento de Córdoba. 8

Figura 6. Mapa geológico del proyecto en el municipio de Montería. 8

Figura 7. Perfil tipo de depósitos aluviales. 9

Figura 8. Unidades de paisaje del departamento de Córdoba. 10

Figura 9. Mapa de Geoestructura del departamento de Córdoba. 11

Figura 10. Mapa de Precipitación del departamento de Córdoba. 12

Figura 11. Mapa de Temperatura del departamento de Córdoba. 13

Figura 12. Mapa de Evapotranspiración del departamento de Córdoba. 14

Figura 13. Mapa de Cobertura Vegetal del departamento de Córdoba. 15

Figura 14. Calzada girada alrededor del eje. 21

Figura 15. Calzada girada alrededor del eje en longitud de transición. 21

Figura 16. Sección transversal típica. 21

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Datos climáticos de la Estación Meteorológica Montería. 14

Tabla 2. Características de las vías. 16

Tabla 3. Valores de la Velocidad de Diseño de los Tramos Homogéneos (VTR) en función de la categoría de la carretera y el tipo de terreno..... 17

Tabla 4. Radios mínimos para peralte máximo e máx=8% y fricción máxima 18

PABLO CASTILLA NEGRETE
Estudios Geotécnicos y Ambientales

DISEÑO GEOMÉTRICO PARA LA CONSTRUCCIÓN DE PAVIMENTO EN CONCRETO HIDRÁULICO DE LA VÍA EN EL BARRIO LA FLORESTA EN EL MUNICIPIO DE MONTERÍA, DEPARTAMENTO DE CÓRDOBA.

INTRODUCCIÓN.

De acuerdo con la solicitud presentada por el MUNICIPIO DE MONTERÍA, se realizó el diseño geométrico para la construcción de pavimento en concreto hidráulico de la vía en el barrio La Floresta, en el municipio de Montería, departamento de Córdoba.

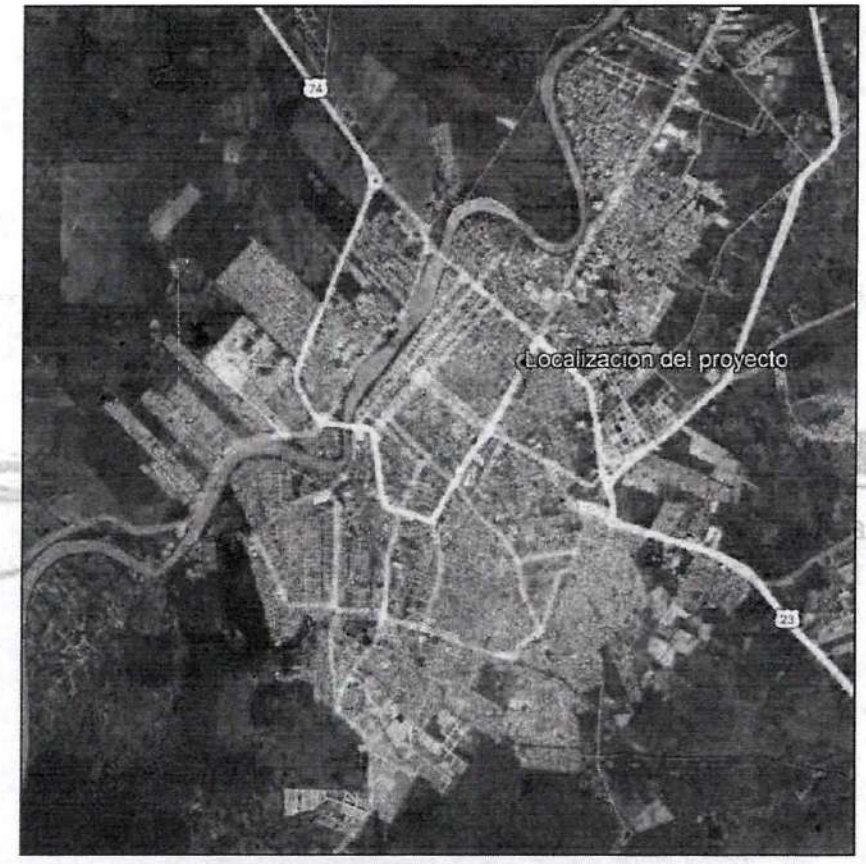


Figura 1. Localización del proyecto en el municipio.
Fuente: Google Earth.

El proyecto consiste en la construcción de 304.611 m de pavimento hidráulico en la carrera 14b entre calles 34a y 38.



Figura 2. Localización del proyecto en el barrio.
Fuente: Google Earth.

PABLO CASTILLA NEGRETE
Estudios Geotécnicos y Ambientales

2. OBJETIVOS Y ALCANCES.

2.1. Objetivo.

Diseñar un modelo de carretera sobre el plano topográfico para la construcción de pavimento en concreto rígido en la vía que es objeto de estudio, siguiendo los parámetros y lineamientos establecidos por el Manual de Diseño Geométrico de Carreteras.

2.2. Alcances.

- Determinar criterios y normas establecidas que se puedan adoptar a las condiciones actuales de la topografía de nuestra vía existente, ajustándonos a los parámetros del Manual de Diseño Geométrico de Carreteras.
- Determinar los valores típicos que cumplan con las expectativas de ancho transversal, pendiente longitudinal mínima, bombeo y peralte mínimo, de acuerdo a las condiciones topográficas de la zona.
- Ajustar a condiciones óptimas todos los parámetros de diseños en trazado horizontal y vertical determinadas por velocidad de diseño.

- Garantizar la seguridad en el recorrido de la vía tanto a los conductores como a los peatones ajustando la velocidad al tipo de zona.
- Presentar los criterios y carteras de diseños relacionados en el programa AutoCAD Civil 3D con los elementos de curvatura horizontal, vertical, coordenadas de localización del trazado, cotas de diseño y movimiento de tierras serán presentadas en ANEXOS.

3. GENERALIDADES.

3.1. Generalidades del municipio.

El municipio de Montería está situado en la zona centro del departamento de Córdoba, correspondiente a las tierras planas y ligeramente onduladas, de los valles de los ríos San Jorge y Sinú, entre las coordenadas 08° 45´27" de latitud Norte y 75° 53´24" de longitud Oeste, cubre un área total de 3141 Km^2.

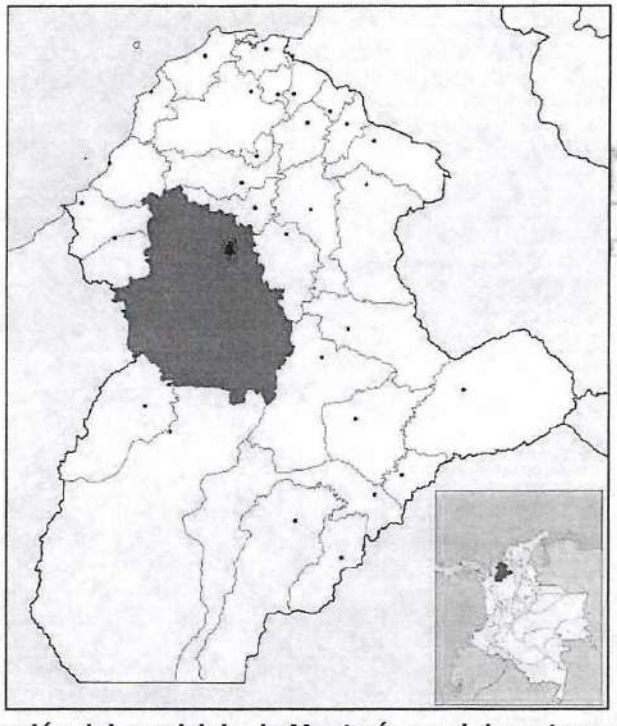


Figura 3. Localización del municipio de Montería en el departamento de Córdoba. Fuente: Wikipedia, la enciclopedia libre. "Montería", [En línea]. Julio de 2013, [julio de 2013]. Disponible en la web: https://es.wikipedia.org/wiki/Monter%C3%ADa.

Limita al Norte con el municipio de Cereté, Puerto Escondido y San Pelayo; al este con San Carlos y Planeta Rica; al sur con Tierralta y Valencia; al oeste con el departamento de Antioquia y los municipios de Canalete y San Carlos.



Figura 4. Mapa subregiones del departamento de Córdoba.
Fuente: Estudio general de suelos y zonificación de tierras del Departamento de Córdoba, IGAC.

3.2. Geología.

El municipio de Montería hace parte de la unidad estratigráfica del Cinturón de San Jacinto y las unidades litoestratigráficas del anticlinorio de San Jerónimo conformado por rocas ígneas y rocas sedimentarias.

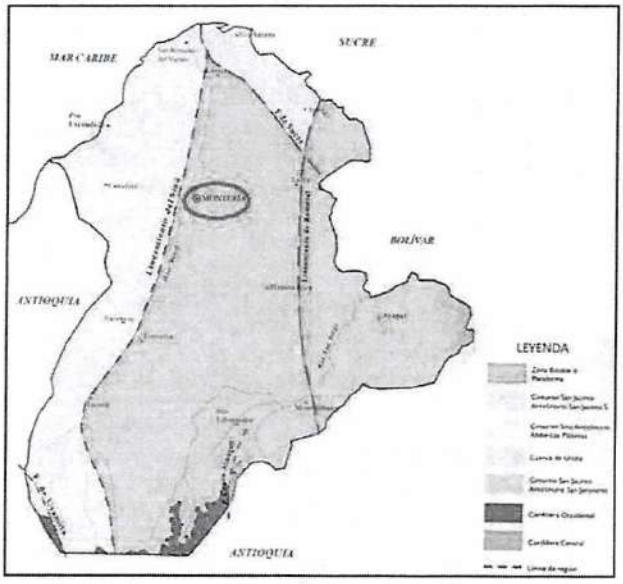


Figura 5. Mapa de regiones geotectónicas del departamento de Córdoba.
Fuente: Estudio general de suelos y zonificación de tierras del Departamento de Córdoba, IGAC.

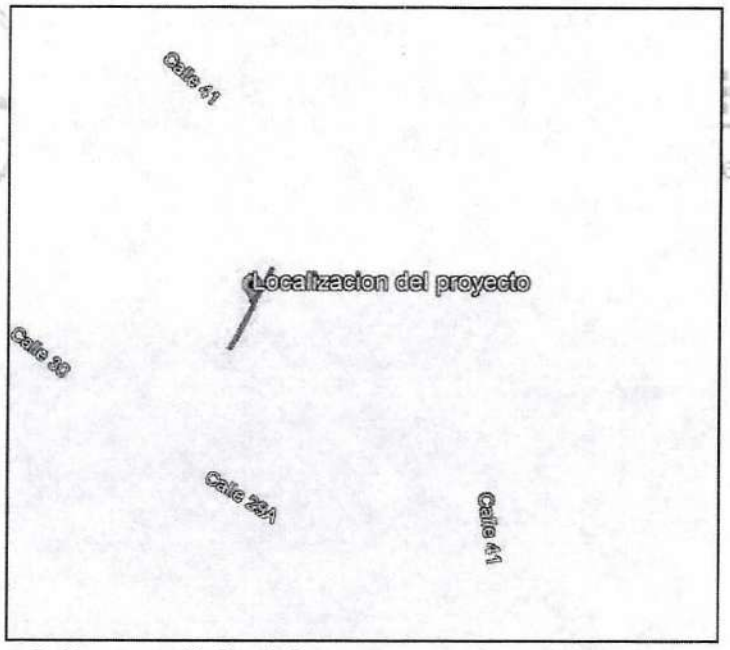


Figura 6. Mapa geológico del proyecto en el municipio de Montería.
Fuente: Instituto Geográfico Agustín Codazzi.

La formación geológica en el lugar de construcción del proyecto corresponde a:

Q-al

Depósitos aluviales y llanuras aluviales

Los depósitos aluviales son suelos anisotrópicos en su distribución, con propiedades geotécnicas altamente variables, estrechamente relacionadas con la granulometría. Su continuidad es irregular, pudiendo tener altos contenidos en materia orgánica en determinados medios. La permeabilidad depende de la granulometría. Generalmente presentan un nivel freático alto.

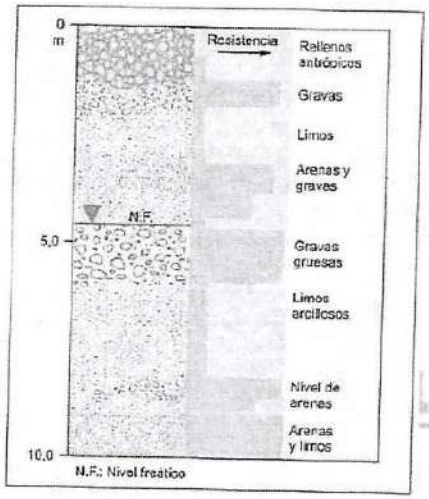


Figura 7. Perfil tipo de depósitos aluviales.
Fuente: González Vallejo, "Ingeniería geológica", editorial: PRENTICE HALL.

3.3. Geomorfología.

El río Sinú se caracteriza por formar valles aluviales amplios, entre los cuales está el depósito aluvial del municipio de Montería el cual aflora desde el corregimiento de Santa Isabel, hasta la población de El Vidrial al norte de Montería, donde se forman las zonas planas de gran extensión que incluye las ciudades de Montería y Cereté.

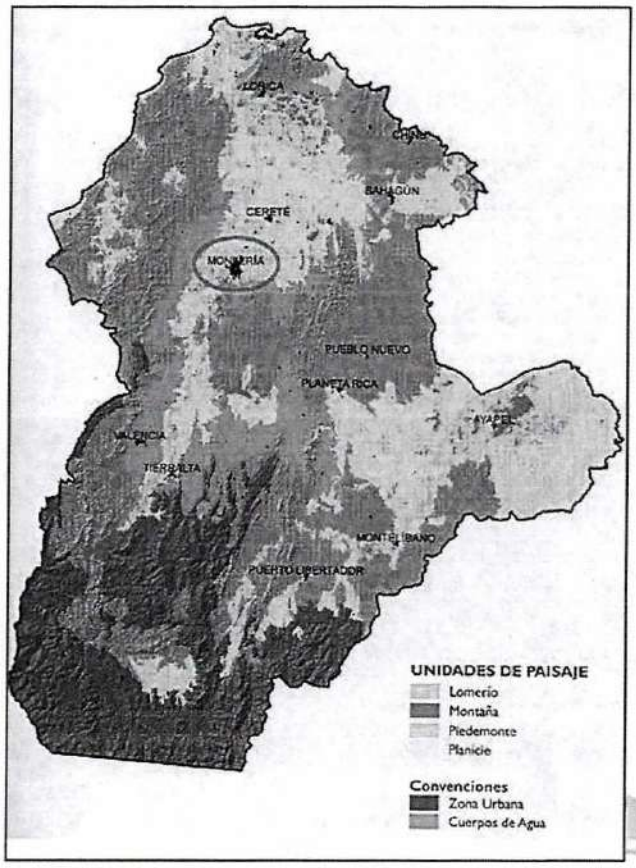


Figura 8. Unidades de paisaje del departamento de Córdoba.
Fuente: Estudio general de suelos y zonificación de tierras del Departamento de Córdoba, IGAC.

El sitio de construcción del proyecto corresponde a un paisaje tipo planicie, con un relieve de plano de inundación y terrazas, con una litología de sedimentos medios y finos.

El paisaje de planicie es una geoforma caracterizada por ser una zona amplia y plana a ligeramente plana, cuyas pendientes son menores a 3.00%. Corresponde a los diferentes aportes de origen aluvial, marino o eólico.

3.4. Geoestructura y ambiente morfométrico.

El municipio de Montería se localiza en la geoestructura correspondiente a la megacuenca de sedimentación ubicada al norte y occidente de la cordillera y se extiende hasta el mar caribe, cubriendo 23.788,87 Km^2, lo que equivale al 95.40% del

territorio del departamento de Córdoba. Geográficamente a esta pertenecen las serranías de Abibe, San Jerónimo, y Ayapel.

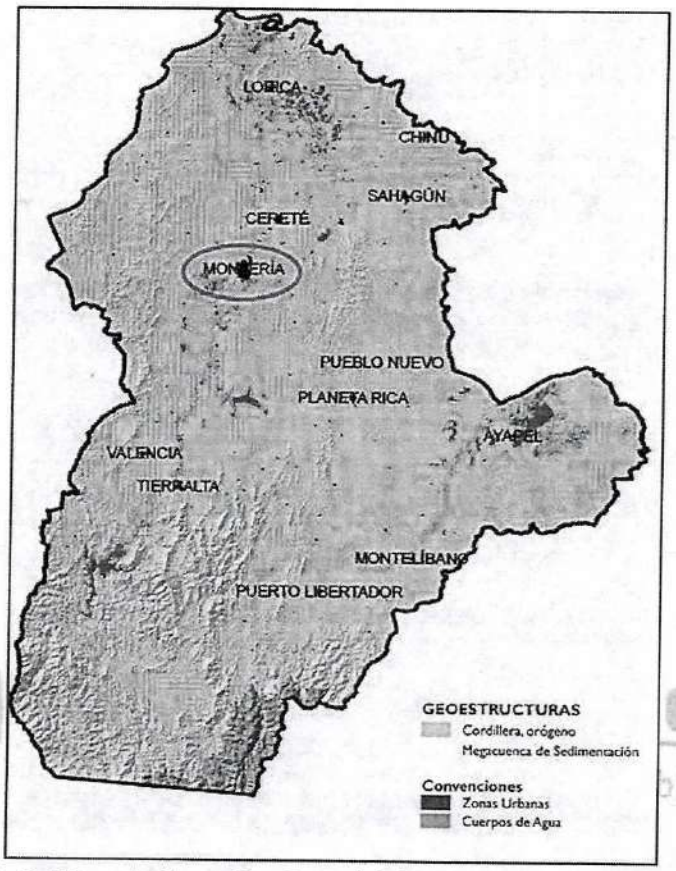


Figura 9. Mapa de Geoestructura del departamento de Córdoba.
Fuente: Estudio general de suelos y zonificación de tierras del Departamento de Córdoba, IGAC.

3.5. Clima.

El municipio de Montería dada su fisiografía y su posición en la llanura del caribe colombiano, se localiza con respecto a los vientos provenientes del mar en una posición de sotavento ocasionando climas predominantemente secos la mayor parte del año, con una alta humedad relativa por la presencia del río Sinú y sus sistemas de ciénagas y humedales, presenta lluvias con vientos (vendavales) en épocas húmedas y unos microrrelieves en las serranías de las Palomas y de San Carlos que se comportan como barloventos aumentando la nubosidad y la generación de lluvias.

El municipio de Montería posee una altura promedio de 18 msnm, con una precipitación media anual de 1200 mm.

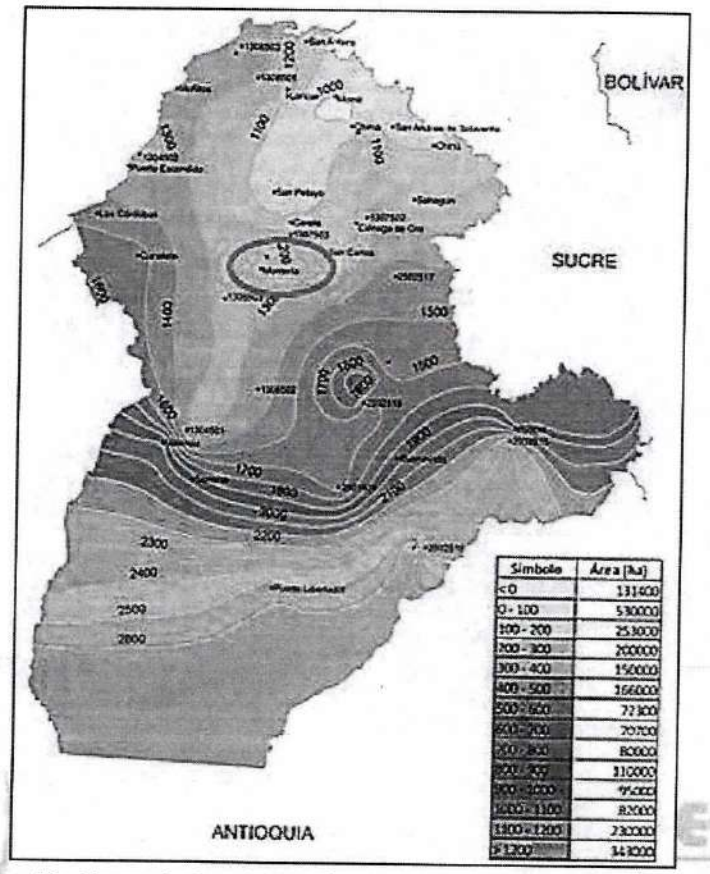


Figura 10. Mapa de Precipitación del departamento de Córdoba.
Fuente: Estudio general de suelos y zonificación de tierras del Departamento de Córdoba, IGAC.

El municipio presenta dos temporadas de lluvia: La primera es en parte de abril y mayo, y la segunda entre los meses de septiembre y noviembre; una temporada de menor intensidad de lluvias entre los meses de junio y agosto, y por último una temporada seca entre los meses de diciembre a marzo.

El promedio anual de la temperatura es de 26.90 °C, con un ligero aumento en los meses de marzo, abril y mayo. La Variación no es muy significativa, pues el 98.20% del territorio se encuentra en el piso térmico cálido. Por ello, puede considerarse que el promedio anual de 26.90 °C es representativo para el municipio de Montería.

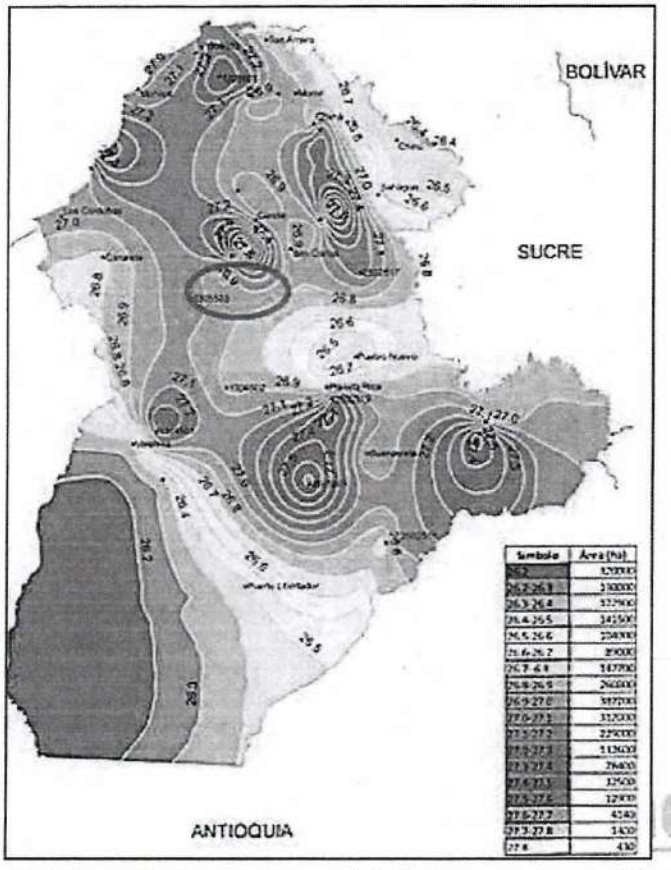


Figura 11. Mapa de Temperatura del departamento de Córdoba.
Fuente: Estudio general de suelos y zonificación de tierras del Departamento de Córdoba, IGAC.

El brillo solar anual varía entre 1.400 y 1.800 horas de luz.
La humedad ambiente (84.00%), se relaciona con el brillo solar y con los intensos procesos de evapotranspiración.

La evapotranspiración potencial (E.T.P.), presenta un área definida como de núcleo central regional del valle del Sinú que va desde Montería hasta el norte con un valor ubicado en el rango de 1700 - 1750 mm anuales decreciendo hacia las zonas extremas de la cuenca hasta los 1650 mm/año.

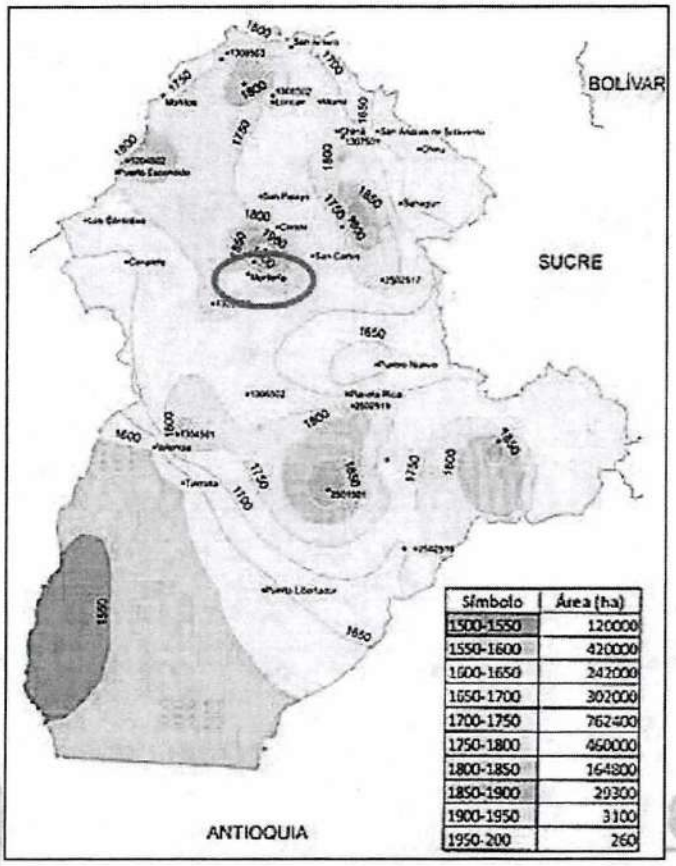


Figura 12. Mapa de Evapotranspiración del departamento de Córdoba.
Fuente: Estudio general de suelos y zonificación de tierras del Departamento de Córdoba, IGAC.

De acuerdo a la clasificación climática de Thornthwaite, el municipio presenta una franja alineada a lado y lado del plano de inundación del río en el clima cálido -seco; en el resto del área de Montería sigue siendo cálido pero con un régimen de humedad semi-húmedo.

Estación	msnm	Precipitación (mm)	Temperatura (°C)	ETP (mm)	Déficit (mm)	Exceso (mm)	Piso Térmico	Clase Clima	Símbolo
Montería	18	1200	26,9	1711,4	558,0	46,6	Cálido	Seco	c-S

Tabla 1. Datos climáticos de la Estación Meteorológica Montería.
Fuente: Estudio general de suelos y zonificación de tierras del Departamento de Córdoba, IGAC.

3.6. Vegetación.

El municipio de Montería tiene área de su territorio dentro de la parte media y baja del río Sinú, la vegetación original ha sido completamente degradada sólo a pequeños

bosques o zonas de bosque de galería, por la transformación y/o adecuación de las tierras de los ecosistemas para extensas áreas de praderas para el desarrollo de sistemas pecuarios semi - intensivos y extensivos y la agricultura comercial y de subsistencia. A los alrededores del municipio se encuentra áreas agrícolas heterogéneas, áreas que presentan heterogeneidad en la cobertura, ya sea por condiciones locales de clima o de suelos que hacen difícil la separación de unidades cartográficas homogéneas, y pastos de territorios agrícolas que son tierras ocupadas principalmente para la producción de alimentos, fibras y otras materias primas industriales, ya sea que se encuentren con cultivos, con pastos, en rotación y en descanso o barbecho.

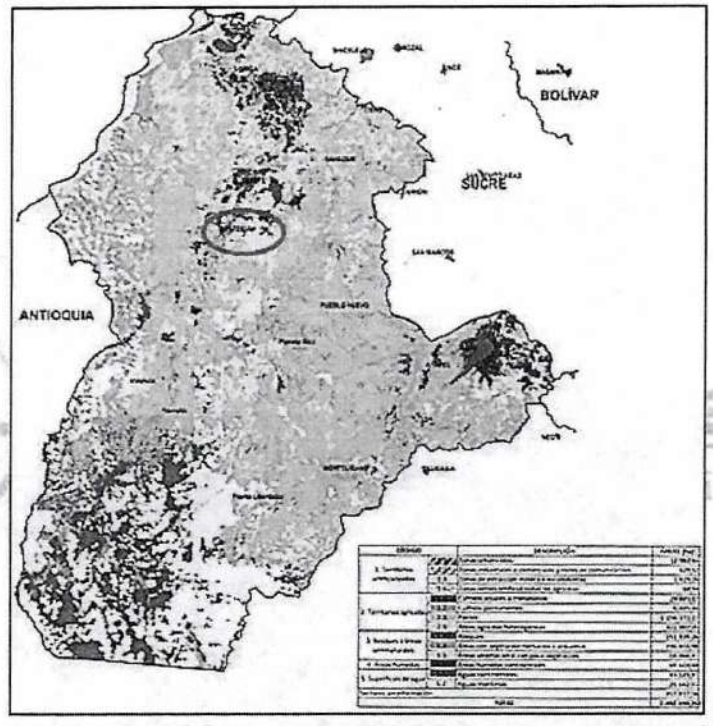


Figura 13. Mapa de Cobertura Vegetal del departamento de Córdoba.
Fuente: Estudio general de suelos y zonificación de tierras del Departamento de Córdoba, IGAC.

4. METODOLOGÍA EMPLEADA PARA EL DISEÑO GEOMÉTRICO.

4.1. Reglamento de diseño y software empleado.

4.1.1. Reglamentos de diseños utilizados.

Para el diseño geométrico se adoptaron las consideraciones establecidas en el Manual de Diseño Geométrico de Carreteras (INVIAS).