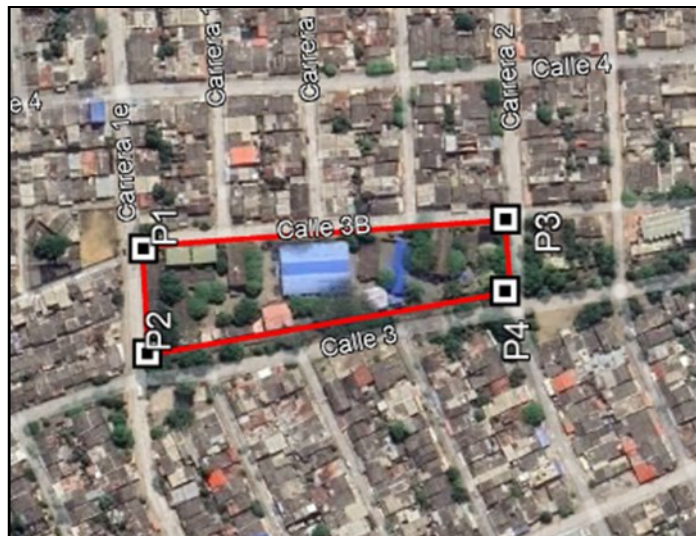


Consultorías
Geotecnia
y Ambiente
S.A.S.

ESTUDIO TÉCNICO DE LAS MEDIDAS DE MANEJO Y MITIGACIÓN DE DRENAJES PARA EL DISEÑO, CONSTRUCCIÓN Y MANTENIMIENTO DE INFRAESTRUCTURA FÍSICA DE LA INSTITUCIÓN EDUCATIVA SANTA MARÍA CON MATRÍCULA INMOBILIARIA N° 140-104032, 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 - 2025

 Consultorias Geotecnica y Ambiente S.A.S.	INFORME DE RESULTADOS	V2
FECHA DE EMISIÓN:	PROCESO: CONSULTORÍA	
11/03/2022		

“Certificados en Calidad ISO 9001:2015”

TABLA DE CONTENIDO

1. INTRODUCCIÓN.....	4
2. MARCO JURÍDICO.....	5
3. LOCALIZACIÓN	6
3.1 UBICACIÓN GEOGRÁFICA DEL PREDIO CON REFERENCIA AL CUERPO DE AGUA	6
3.1.1 LOCALIZACIÓN GENERAL	6
3.1.2 LOCALIZACIÓN ESPECÍFICA	7
3.1.3 IDENTIFICACIÓN DE CUERPOS DE AGUA MÁS CERCANOS.....	8
3.1.4 CLASIFICACIÓN DE LA CONDICIÓN DE AMENAZA DE ACUERDO CON LA CARTOGRAFÍA DE AMENAZA POR INUNDACIÓN	9
3.2 DESCRIPCIÓN ARQUITECTÓNICA DEL PROYECTO	9
4. TOPOGRAFÍA DEL ÁREA DE ESTUDIO	10
5. ANÁLISIS HIDROLÓGICO	11
5.1 PRECIPITACIÓN	11
5.1.1 PRECIPITACIONES ANUALES.....	20
5.1.2 PRECIPITACIÓN MENSUAL	22
5.2 ANÁLISIS DE CAUDALES	26
5.2.1 ESCORRENTÍA	28
5.2.2 TIEMPO DE CONCENTRACIÓN.....	29
5.2.3 NÚMERO DE CURVA.....	29
5.3 ÁREAS DE DRENAJES.....	32
5.4 RESULTADOS OBTENIDOS.....	33
5.4.1 CAUDAL DE LOS CANALES OBJETO DE ESTUDIO.	33
6. ANÁLISIS HIDRÁULICO	34
6.1 MODELACIÓN HIDRÁULICA.....	35
6.2 ANÁLISIS DE COTAS DE INUNDACIÓN	41
7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	41
8. LIMITACIONES DEL ESTUDIO.....	42

 Consultorias Geotecnica y Ambiente S.A.S.	INFORME DE RESULTADOS	V2
FECHA DE EMISIÓN:	PROCESO: CONSULTORÍA	
11/03/2022		

“Certificados en Calidad ISO 9001:2015”

9. BIBLIOGRAFÍA..... 43

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Localización del predio N.º 140-104032.	6
Figura 2. Vista en planta del predio N.º 140-104032.....	7
Figura 3. Ubicación del predio M.I. 140-104032 con respecto a fuentes de amenaza cercana.	8
Figura 5. Amenaza por inundación urbana.	9
Figura 6. Vista en planta del diseño arquitectónico para el predio M.I-140-104032.	10
Figura 7. Topografía del lote y de los cuerpos de agua.	11
Figura 8. Localización estaciones en el municipio de Montería.	12
Figura 9. Área de drenaje canal El La Granja.....	33
Figura 10. Vista en Planta del tramo de estudio del canal modelado en HEC - RAS.	37

LISTA DE TABLAS.

Tabla 1. Coordenadas polígono del Predio 140-104032.....	7
Tabla 2. Información predial IGAC.....	8
Tabla 3. Información de la escala	10
Tabla 4. Estaciones pluviométricas.	12
Tabla 5. Precipitaciones anuales y precipitaciones anuales acumuladas de las Estaciones Meteorológicas Aeropuerto Los Garzones, Sabanal y Boca de la Ceiba.	15
Tabla 6. Módulos Pluviométricos Anuales.	16
Tabla 7. Variación de los módulos pluviométrico con respecto al promedio.	16
Tabla 8. Análisis de doble masa.....	19
Tabla 9. Comportamiento estadístico de la precipitación anual para la estación Boca de la Ceiba.....	21
Tabla 10. Valores de precipitación media mensual (mm) Estación Bocas de la Ceiba (1979 – 2023).	22

 Consultorias Geotecnica y Ambiente S.A.S.	INFORME DE RESULTADOS	V2
FECHA DE EMISIÓN:	PROCESO: CONSULTORÍA	
11/03/2022		

“Certificados en Calidad ISO 9001:2015”

Tabla 11. Ajustes de distribución de probabilidad.	25
Tabla 12. Prueba de bondad de Ajuste KOLMOROGOV-SMIRNOV.	26
Tabla 13. Valores de CN para distintos grupos de suelos.	30
Tabla 14. Condición hidrológica de los suelos.	31
Tabla 15. Periodos de retorno de diseño en obras de drenaje vial.	31
Tabla 16. Cálculo del caudal.	34
Tabla 17. Cálculo del área de drenaje acumulada.	34
Tabla 18. Cálculo de escorrentía.	34
Tabla 19. Cálculo del caudal.	34
Tabla 20. Coeficiente de Manning.	36
Tabla 21. Nivel de aguas máximas canal periodo de retorno 100 años.	40
Tabla 22. Cota proyectada de los elementos y predio M.I 140-104032.	41

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.	17
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.	19
Gráfica 3. Histograma de valores totales anuales de precipitación, estación Boca de la Ceiba.	21
Gráfica 4. Precipitación media mensual según las estaciones de análisis.	23
Gráfica 5. Valores precipitaciones multianuales estación bocas de la Ceiba.	23
Gráfica 6. Ajustes de distribución de probabilidad de la estación Bocas de la Ceiba.	25
Gráfica 7. Sección 180 tramo analizado del canal La Granja.	38
Gráfica 8. Sección 60 tramo analizado del canal La Granja.	38
Gráfica 9. Sección 10 tramo analizado del canal La Granja.	39
Gráfica 10. Perfil Longitudinal del tramo del canal modelado en HEC – RAS.	40

 Consultorias Geotecnica y Ambiente S.A.S.	INFORME DE RESULTADOS	V2
FECHA DE EMISIÓN:	PROCESO: CONSULTORÍA	
11/03/2022		

“Certificados en Calidad ISO 9001:2015”

ESTUDIO TÉCNICO DE LAS MEDIDAS DE MANEJO Y MITIGACIÓN DE DRENAJES PARA EL DISEÑO, CONSTRUCCIÓN Y MANTENIMIENTO DE INFRAESTRUCTURA FÍSICA DE LA INSTITUCIÓN EDUCATIVA SANTA MARÍA CON MATRÍCULA INMOBILIARIA N° 140-104032, EN EL MUNICIPIO DE MONTERÍA, DEPARTAMENTO DE CÓRDOBA.

1. INTRODUCCIÓN

Atendiendo a lo estipulado en el Instructivo para el Diligenciamiento del Concepto Favorable de Riesgo emitido por la Corporación Autónoma Regional de los Valles del Sinú y del San Jorge -CVS-, el presente documento está enfocado en el análisis hidrológico-hidráulico que permita establecer las medidas de mitigación y manejo para el diseño, construcción y mantenimiento de infraestructura física de la Institución Educativa Santa María con matrícula inmobiliaria N° 140-104032, en el municipio de Montería, departamento de Córdoba. Con la finalidad de obtener el concepto favorable y continuar con los trámites de la licencia de construcción de los predios, de acuerdo con las directrices del Acta N° 10 del Concejo Municipal del Riesgo de Desastres de Montería, la cual regula los condicionamientos para adelantar procesos de urbanización, parcelación y/o construcción en zonas de áreas de amenaza alta y media por fenómeno de inundación; contemplados en el Artículo 105 del Acuerdo 003 de 2021 del Concejo Municipal de Montería, por el cual se adopta una revisión ordinaria general del Plan de Ordenamiento Territorial de Montería.

Teniendo en cuenta lo anterior, el predio en estudio se encuentra ubicado en la zona urbana del municipio de Montería, para éste se adelanta el presente estudio técnico de las medidas de manejo y mitigación de drenaje.

Este estudio posee a grandes rasgos los siguientes procesos:

En primer lugar, se encuentra la localización geográfica del lote y el o los cuerpos de agua en el entorno respecto a la zona de estudio, junto a una breve descripción arquitectónica del proyecto.

 Consultorías Geotécnica y Ambiente S.A.S.	INFORME DE RESULTADOS	V2
FECHA DE EMISIÓN:	PROCESO: CONSULTORÍA	
11/03/2022		

“Certificados en Calidad ISO 9001:2015”

Seguidamente, se encuentran las generalidades topográficas tanto del predio como de la batimetría del cuerpo de agua, establecidas bajo el sistema de referencia IGAC origen Nacional datum Magna Sirgas.

En tercer lugar, se presenta el análisis hidrológico bajo la metodología del Hidrograma Unitario con la ayuda del programa Microsoft Excel. Este cálculo parte de la información pluviométrica recopilada de las estaciones meteorológicas Aeropuerto Los Garzones, Bocas de la Ceiba y Sabanal obtenida del Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM), así como también el área de drenaje del canal La Granja calculada con la ayuda de la herramienta SIG ArcMap 10.8, tomando como base la información provista por el Plan Pluvial de Montería. Se define, de esta manera, el caudal máximo para un periodo de retorno de 100 años.

Posteriormente, con los datos elaborados en el análisis hidrológico, se realiza el análisis hidráulico del canal, obteniendo la cota de inundación correspondiente al área de estudio para un período de retorno de 100 años mediante el software HEC-RAS.

Por último, se desarrolla el análisis del drenaje del área de influencia del lote y se formulan las medidas y/o alternativas de manejo y mitigación del riesgo

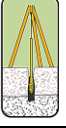
2. MARCO JURÍDICO

Decreto 1077 del 26 de mayo de 2015.

Por medio del cual se expide el Decreto Único Reglamentario del Sector Vivienda, Ciudad y Territorio.

Resolución N° 2-8774 de 2021 emitida por la Corporación Autónoma de los Valles del Sinú y del San Jorge – CVS.

Por medio de la cual se reglamenta el trámite para dar cumplimiento a lo establecido en el artículo 105 del Acuerdo No. 003 de 2021 del Concejo del Municipio de Montería”

 Consultorias Geotecnica y Ambiente S.A.S.	INFORME DE RESULTADOS	V2
FECHA DE EMISIÓN: 11/03/2022	PROCESO: CONSULTORÍA	

“Certificados en Calidad ISO 9001:2015”

3. LOCALIZACIÓN

3.1 Ubicación geográfica del predio con referencia al cuerpo de agua

3.1.1 Localización General

El proyecto se encuentra localizado en el Barrio Santa Fé del casco urbano del municipio de Montería, departamento de Córdoba, Colombia; en las coordenadas geográficas:

Matricula Inmobiliaria N° 140-104032

Latitud: 8°44'44.25"Norte – Longitud 75°54'0.88"Oeste.

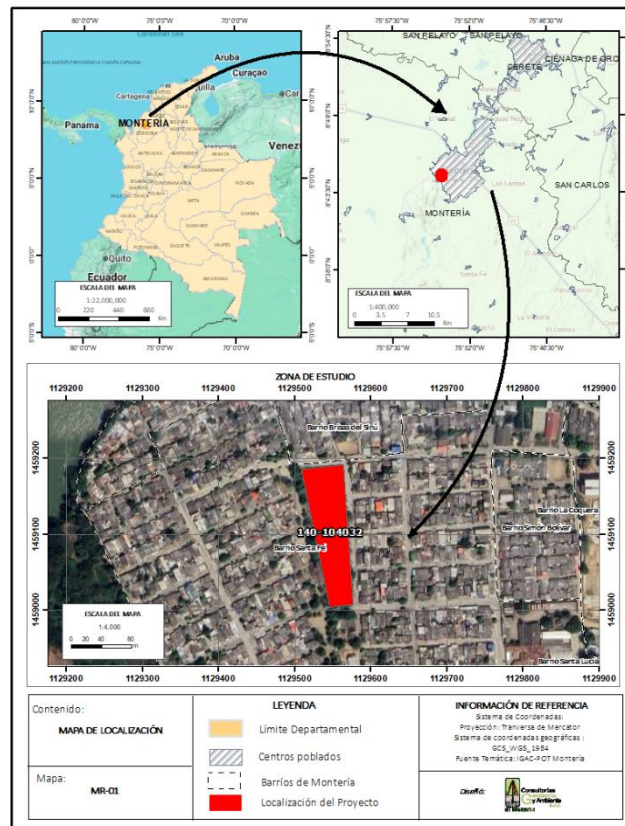


Figura 1. Localización del predio N° 140-104032.
Fuente: Elaborado por la presente consultoría.

 Consultorías Geotécnica y Ambiente S.A.S.	INFORME DE RESULTADOS	V2
FECHA DE EMISIÓN:	PROCESO: CONSULTORÍA	
11/03/2022		

“Certificados en Calidad ISO 9001:2015”

3.1.2 Localización específica

Los predios en estudio se encuentran ubicados en el barrio Santa Fé del casco urbano del municipio de Montería, departamento de Córdoba.



Figura 2. Vista en planta del predio N° 140-104032.

Fuente: Elaborado por la presente consultoría con la herramienta Google Earth.

A continuación, se presentan las coordenadas del polígono de los predios en estudio.

Punto	Latitud	Longitud
Punto 1	8°44'47.62"N	75°54'0.21"W
Punto 2	8°44'47.55"N	75°54'1.95"W
Punto 3	8°44'41.66"N	75°53'59.71"W
Punto 4	8°44'41.67"N	75°54'0.90"W

Tabla 1. Coordenadas polígono del Predio 140-104032.

Fuente: Presente consultoría, basada en topografía entregada por el cliente.

 Consultorías Geotécnica y Ambiente S.A.S.	INFORME DE RESULTADOS	V2
FECHA DE EMISIÓN:	PROCESO: CONSULTORÍA	
11/03/2022		

“Certificados en Calidad ISO 9001:2015”

Información Predial.

Los predios en estudio cuentan con la siguiente información predial.

Descripción	Referencia
Departamento:	Córdoba
Municipio:	Montería
Barrio y/o Urbanización:	Santa Fé
Matrícula Inmobiliaria:	Nº 140-104032
Código Catastral:	230010103000003880001000000000

Tabla 2. Información predial IGAC.

Fuente: Elaborado por la presente consultoría con base en información secundaria.

3.1.3 Identificación de cuerpos de agua más cercanos

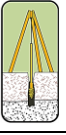
Una vez realizada la revisión cartográfica del predio en estudio se logró establecer que el cuerpo de agua más cercano es:

1. Canal La Granja perteneciente a la red de drenaje pluvial del municipio de Montería, localizado a 3 metros del predio.



Figura 3. Ubicación del predio M.I. 140-104032 con respecto a fuentes de amenaza cercana.

Fuente: Elaborado por la presente consultoría.

 Consultorias Geotecnica y Ambiente S.A.S.	INFORME DE RESULTADOS	V2
FECHA DE EMISIÓN: 11/03/2022	PROCESO: CONSULTORÍA	

“Certificados en Calidad ISO 9001:2015”

3.1.4 Clasificación de la condición de amenaza de acuerdo con la cartografía de amenaza por inundación

Una vez se revisó el mapa 08-G – Amenaza Inundación Urbana, se logró establecer que los predios están ubicados en zona de amenaza MEDIA Y ALTA por inundación.

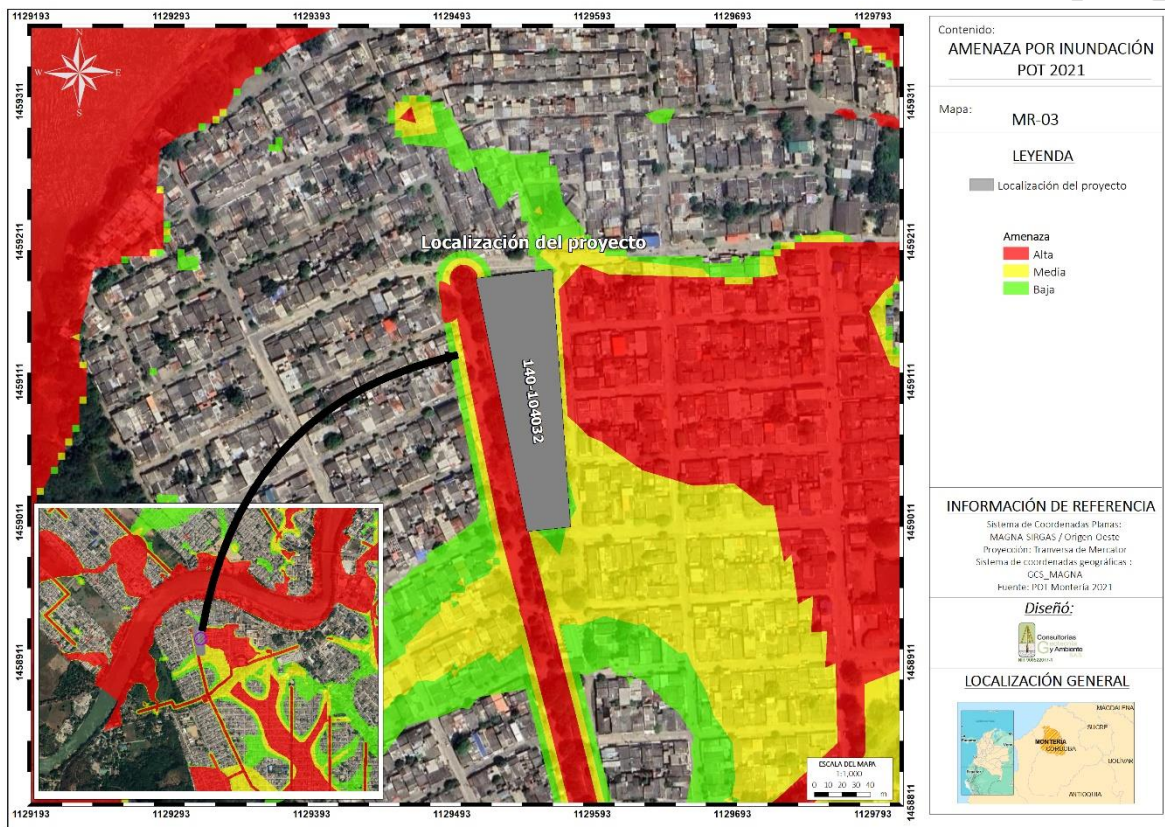


Figura 4. Amenaza por inundación urbana.

Fuente. (POT, 2021)

3.2 Descripción arquitectónica del proyecto

Actualmente en el predio con matrícula inmobiliaria N.º 140-104032 se proyecta la construcción de un bloque de aulas de dos (2) plantas y 253.4 m de muro de cerramiento perimetral, tal como se muestra a continuación:

 Consultorias Geotecnica y Ambiente S.A.S.	INFORME DE RESULTADOS	V2
FECHA DE EMISIÓN:	PROCESO: CONSULTORÍA	
11/03/2022		

“Certificados en Calidad ISO 9001:2015”

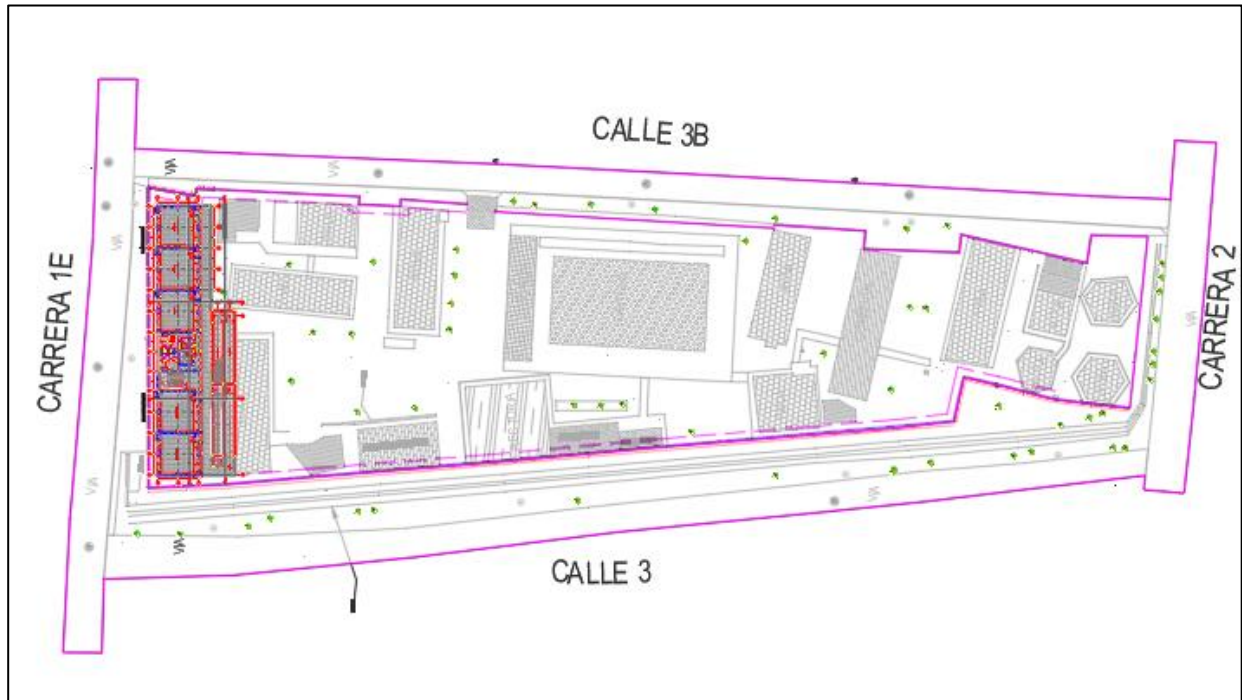


Figura 5. Vista en planta del diseño arquitectónico para el predio M.I-140-104032.
Fuente: suministrado por el contratista.

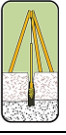
4. TOPOGRAFÍA DEL ÁREA DE ESTUDIO

Para el desarrollo del proyecto el contratista entregó a esta consultoría topografía y batimetría. El plano topográfico en archivo con extensión .DWG con sistema de amarre: ORIGEN NACIONAL, Lat:4° N Long: 73° W. Falso Origen Cartesiano (m) 5.000.000E 2.000.000N; se encuentra en los anexos del presente informe.

A continuación, se muestra la tabla donde se resumen la escala del predio y batimetría del cuerpo de agua cercano.

Descripción	Escala de detalle
M.I.-140-104032	1:500
Batimetría	1:500

Tabla 3. Información de la escala
Fuente: Elaborado por la presente consultoría.

 Consultorias Geotecnica y Ambiente S.A.S.	INFORME DE RESULTADOS	V2
FECHA DE EMISIÓN: 11/03/2022		

“Certificados en Calidad ISO 9001:2015”

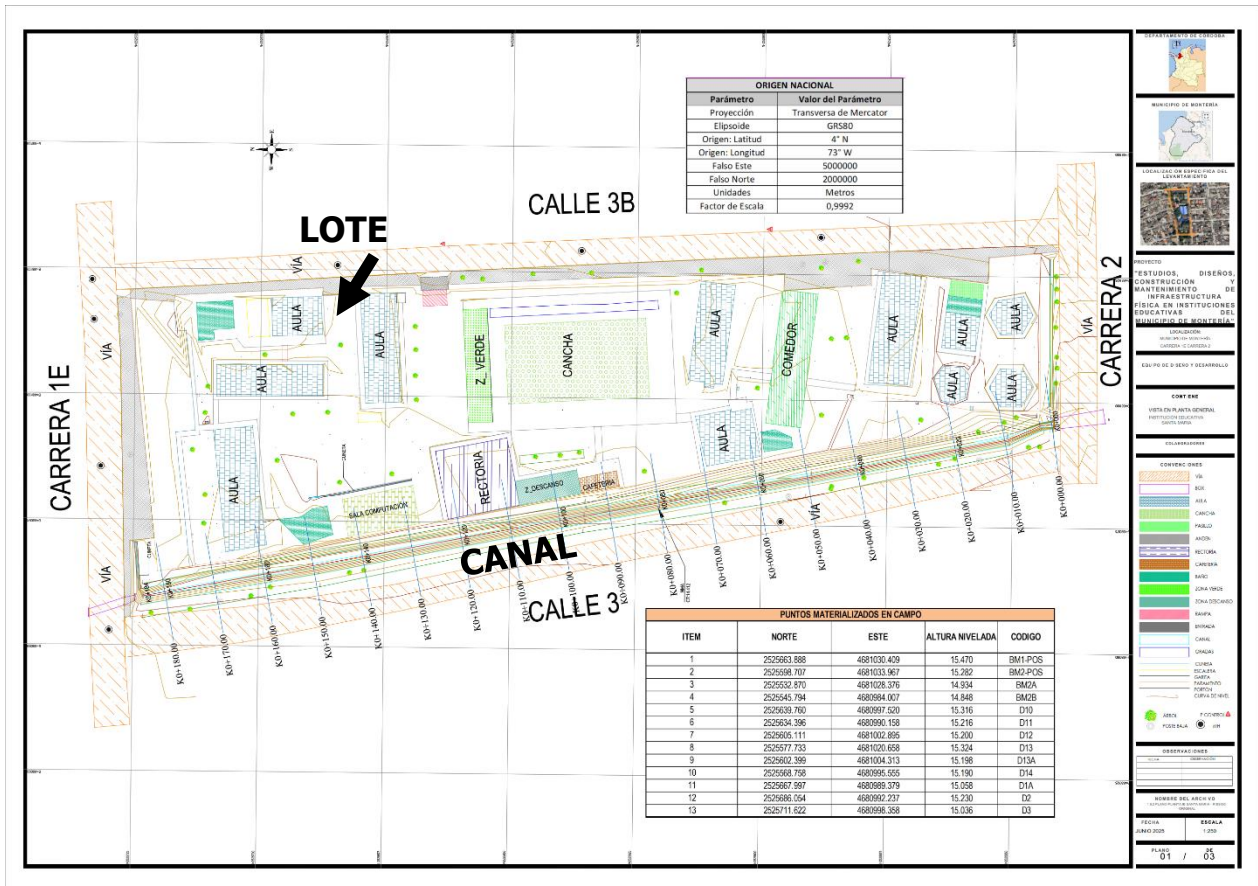


Figura 6. Topografía del lote y de los cuerpos de agua.
Fuente: Elaborado por la presente consultoría.

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, Boca de la Ceiba y Aeropuerto Garzones tomadas del registro del Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM).

 Consultorias Geotecnica y Ambiente S.A.S.	INFORME DE RESULTADOS	V2
FECHA DE EMISIÓN:	PROCESO: CONSULTORÍA	
11/03/2022		

“Certificados en Calidad ISO 9001:2015”

- 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 4. Estaciones pluviométricas.
Elaborado por la presente consultoría.

La localización de las estaciones pluviométricas se puede observar en la siguiente figura:

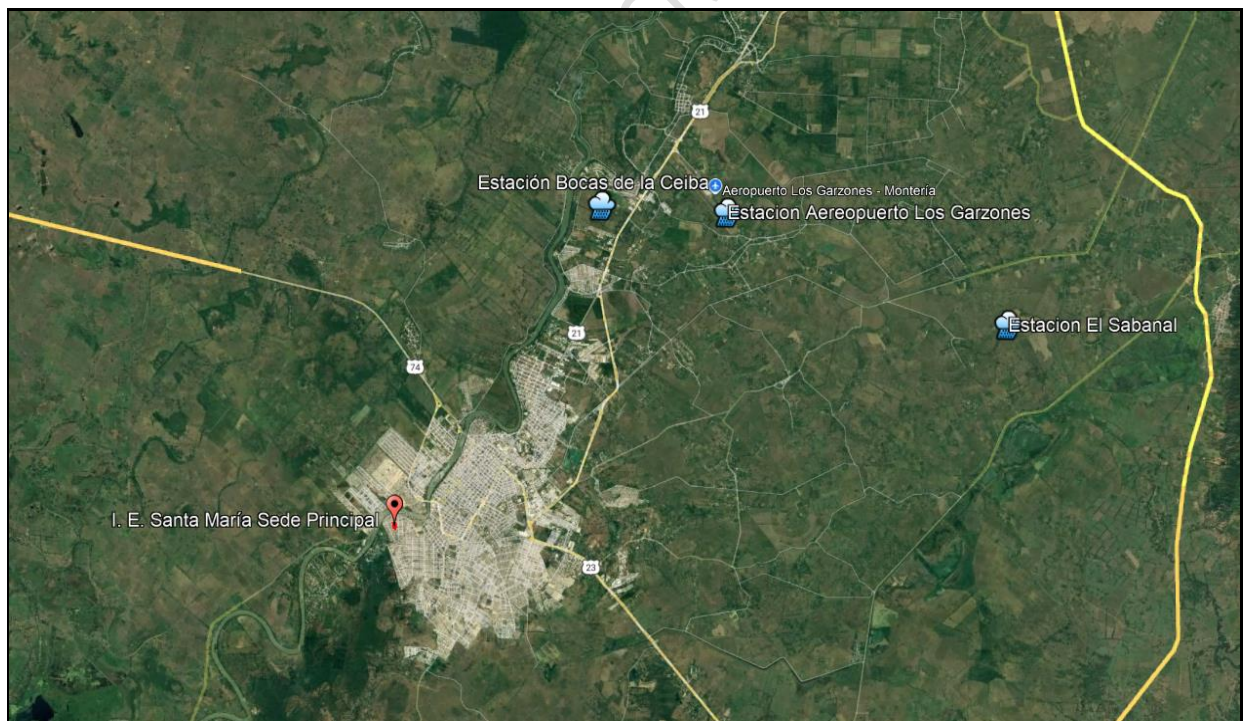


Figura 7. Localización estaciones en el municipio de Montería.
Fuente: IDEAM-Google Earth.

 Consultorías Geotécnica y Ambiente S.A.S.	INFORME DE RESULTADOS	V2
FECHA DE EMISIÓN:	PROCESO: CONSULTORÍA	
11/03/2022		

“Certificados en Calidad ISO 9001:2015”

• Datos Faltantes

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

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

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.

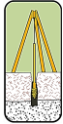
 Consultorias Geotecnica y Ambiente S.A.S.	INFORME DE RESULTADOS	V2
FECHA DE EMISIÓN:	PROCESO: CONSULTORÍA	
11/03/2022		

“Certificados en Calidad ISO 9001:2015”

- 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 2023, 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		BOCA DE LA CEIBA		AEROPUERTO LOS GARZONES	
AÑO	TOTAL	TOTAL, ACUMULADO	TOTAL	TOTAL, ACUMULADO	TOTAL	TOTAL, ACUMULADO
1979	1237	1237	2217	2217	1344	1344
1980	1163	2400	1363	3580	916	2260
1981	2046	4446	2060	5640	1609	3869
1982	1349	5795	1712	7352	1338	5206
1984	1232	7027	1303	8655	623	5829
1985	1120	8146	1247	9902	1196	7025
1986	1092	9238	1175	11076	1111	8136
1987	1411	10649	1648	12724	1428	9564
1988	1041	11690	1138	13862	1245	10809
1989	1426	13116	1358	15220	1262	12071
1990	1517	14633	1702	16922	1670	13741
1991	1279	15912	1243	18165	1382	15123
1992	1457	17369	1467	19632	1630	16753
1993	1175	18544	1106	20738	1047	17800
1994	1264	19808	1417	22155	1455	19255
1995	1199	21007	1178	23333	866	20122
1996	1289	22296	1066	24399	1112	21233
1997	1098	23394	952	25351	800	22033
1998	1857	25251	1311	26662	1240	23274
2000	1578	26829	1495	28157	1425	24699

 Consultorias Geotecnica y Ambiente S.A.S.	INFORME DE RESULTADOS	V2
FECHA DE EMISIÓN: 11/03/2022	PROCESO: CONSULTORÍA	

“Certificados en Calidad ISO 9001:2015”

ANÁLISIS DE DOBLE MASA						
	SABANAL		BOCA DE LA CEIBA		AEROPUERTO LOS GARZONES	
AÑO	TOTAL	TOTAL, ACUMULADO	TOTAL	TOTAL, ACUMULADO	TOTAL	TOTAL, ACUMULADO
2001	1680	28509	1351	29508	1401	26100
2002	1373	29882	1346	30854	1251	27351
2003	1600	31482	1571	32425	1628	28979
2005	1397	32879	1216	33641	1452	30431
2006	1646	34525	1592	35233	1699	32130
2007	1638	36163	1452	36685	1587	33717
2008	1584	37747	1197	37882	1393	35110
2009	1192	38939	1444	39327	1171	36281
2010	1199	40138	1020	40347	1125	37406
2011	1156	41294	1317	41664	1275	38681
2012	1420	42714	1688	43351	1189	39869
2013	1230	43944	1582	44933	1157	41027
2014	1369	45313	1485	46418	1505	42532
2015	1592	46905	1597	48015	1234	43766
2016	1857	48762	1436	49451	1288	45054
2017	1040	49802	1190	50641	1190	46243
2018	1295	51097	1452	52093	1450	47693
2019	1237	1237	2217	2217	1344	1344
2020	1163	2400	1363	3580	916	2260
2021	2046	4446	2060	5640	1609	3869
2022	1349	5795	1712	7352	1338	5206
2023	1232	7027	1303	8655	623	5829
2024	1120	8146	1247	9902	1196	7025

Tabla 5. 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 2024, el cual es el periodo en común para las estaciones.

 Consultorias Geotecnica y Ambiente S.A.S.	INFORME DE RESULTADOS	V2
FECHA DE EMISIÓN:	PROCESO: CONSULTORÍA	
11/03/2022		

“Certificados en Calidad ISO 9001:2015”

Estación	AEROPUERTO LOS GARZONES	BOCA DE LA CEIBA	SABANAL
Módulo pluviométrico (mm)	1278.18	1406.32	1371.36

Tabla 6. 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 1351.95 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	AEROPUERTO LOS GARZONES	BOCA DE LA CEIBA	SABANAL
	-5.46%	4.02%	1.44%

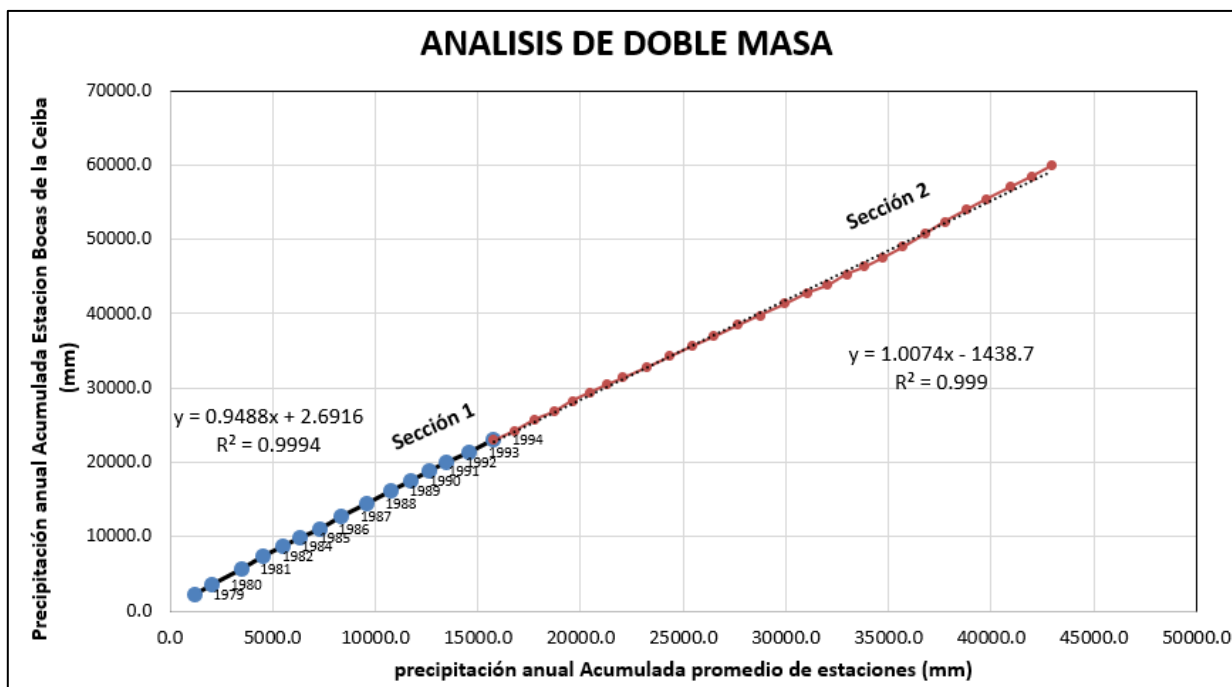
Tabla 7. Variación de los módulos pluviométrico con respecto al promedio.

Fuente: Elaboración propia con información del IDEAM.

Se grafica la precipitación total anual acumulada de la estación Boca de la Ceiba ajustado con la precipitación promedio total anual acumulada de las cuatro estaciones de referencia obteniéndose el siguiente resultado:

 Consultorías Geotecnica y Ambiente S.A.S.	INFORME DE RESULTADOS	V2
FECHA DE EMISIÓN:	PROCESO: CONSULTORÍA	
11/03/2022		

“Certificados en Calidad ISO 9001:2015”



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	Precipitación total anual estación Boca de la Ceiba (mm)	Precipitación total anual acumulada estación Boca de la Ceiba (mm)	Precipitación promedio total anual de las tres estaciones (mm)	Precipitación promedio total anual acumulada de las tres estaciones (mm)	Precipitación total anual estación Boca de la Ceiba ajustado (mm)	Precipitación total anual acumulada estación Boca de la Ceiba ajustado (mm)
1979	2217	2217	1184	1184	2112	2112
1980	1363	3580	848	2032	1299	3411
1981	2060	5640	1428	3461	1962	5373
1982	1712	7352	1069	4530	1631	7004

17

“Estudio técnico de las medidas de manejo y mitigación de drenajes para el diseño, construcción y mantenimiento de infraestructura física de la institución educativa Santa Maria con matrícula inmobiliaria N° 140- 104032, en el municipio de Montería, departamento de Córdoba.

Cod:0125003

 Consultorias Geotecnica y Ambiente S.A.S.	INFORME DE RESULTADOS	V2
FECHA DE EMISIÓN:	PROCESO: CONSULTORÍA	
11/03/2022		

“Certificados en Calidad ISO 9001:2015”

Año	Precipitación total anual estación Boca de la Ceiba (mm)	Precipitación total anual acumulada estación Boca de la Ceiba (mm)	Precipitación promedio total anual de las tres estaciones (mm)	Precipitación promedio total anual acumulada de las tres estaciones (mm)	Precipitación total anual estación Boca de la Ceiba ajustado (mm)	Precipitación total anual acumulada estación Boca de la Ceiba ajustado (mm)
1984	1303	8655	789	5319	1241	8245
1985	1247	9902	891	6210	1188	9433
1986	1175	11076	844	7054	1119	10552
1987	1648	12724	1122	8176	1570	12122
1992	1138	13862	836	9012	1084	13207
1993	1358	15220	1012	10024	1294	14500
1994	1702	16922	1222	11246	1621	16122
1995	1243	18165	976	12222	1184	17306
1996	1467	19632	1138	13360	1398	18704
1997	1106	20738	832	14192	1054	19757
1998	1417	22155	1034	15226	1350	21107
2000	1178	23333	795	16022	1122	22229
2001	1066	24399	867	16888	1016	23245
2002	952	25351	713	17601	907	24152
2003	1311	26662	1102	18703	1249	25401
2005	1495	28157	1125	19827	1424	26825
2006	1351	29508	1101	20928	1287	28112
2007	1346	30854	992	21921	1282	29395
2008	1571	32425	1200	23120	1497	30891
2009	1216	33641	1016	24137	1158	32050
2010	1592	35233	1234	25371	1517	33567
2011	1452	36685	1169	26540	1383	34950
2012	1197	37882	1038	27578	1140	36090
2013	1385	39268	937	28515	1320	37410
2014	1020	40288	836	29351	972	38382
2015	1317	41605	937	30288	1255	39636
2017	1688	43292	1058	31346	1608	41244
2018	1582	44874	992	32338	1507	42751
2020	1485	46359	1090	33428	1415	44166
2021	1597	47956	1106	34534	1521	45687
2022	1436	49392	1079	35613	1368	47055

 Consultorias Geotecnica y Ambiente S.A.S.	INFORME DE RESULTADOS	V2
FECHA DE EMISIÓN:	PROCESO: CONSULTORÍA	
11/03/2022		

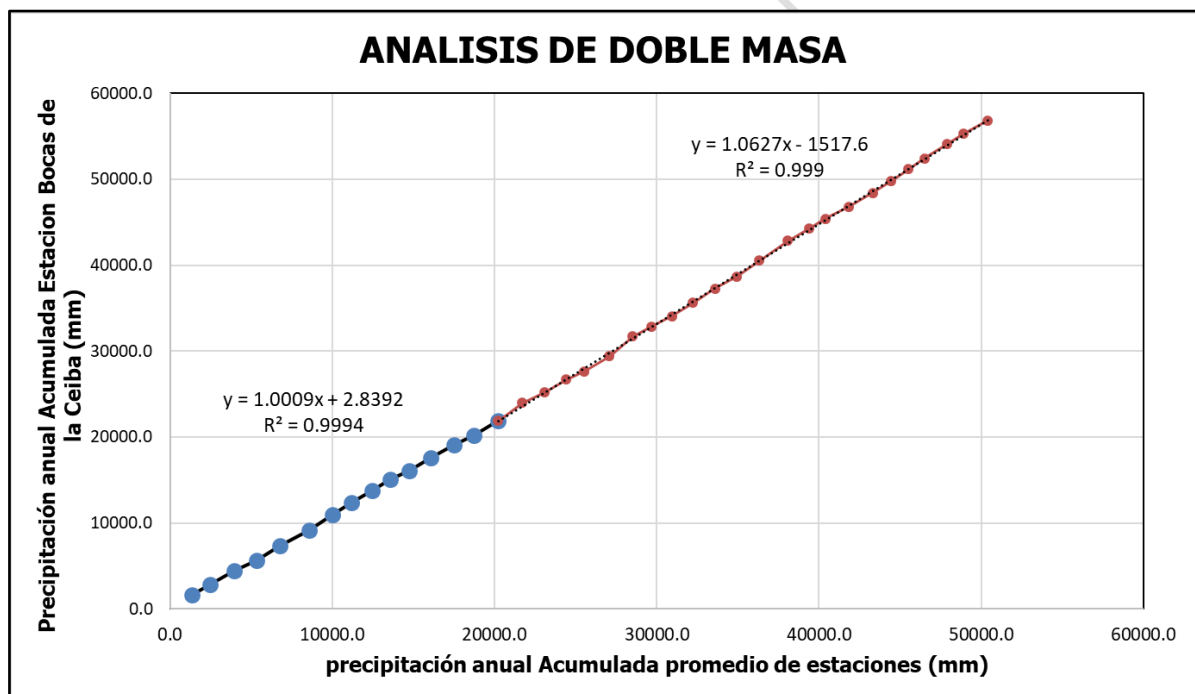
“Certificados en Calidad ISO 9001:2015”

Año	Precipitación total anual estación Boca de la Ceiba (mm)	Precipitación total anual acumulada estación Boca de la Ceiba (mm)	Precipitación promedio total anual de las tres estaciones (mm)	Precipitación promedio total anual acumulada de las tres estaciones (mm)	Precipitación total anual estación Boca de la Ceiba ajustado (mm)	Precipitación total anual acumulada estación Boca de la Ceiba ajustado (mm)
2023	1190	50582	855	36467	1134	48189
2024	1452	52034	1049	37517	1383	49572

Tabla 8. Análisis de doble masa.

Fuente: Elaboración propia con información del IDEAM.

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.

 Consultorías Geotécnica y Ambiente S.A.S.	INFORME DE RESULTADOS	V2
FECHA DE EMISIÓN:	PROCESO: CONSULTORÍA	
11/03/2022		

“Certificados en Calidad ISO 9001:2015”

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.

5.1.1 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 1200 mm, a excepción de las cercanías de Guateque, Sabanal y San Anterito, como se aprecia en la figura 8 (Precipitación del departamento de Córdoba) registrada en el numeral 1.4.

Con base en los registros de las estaciones Aeropuerto Los Garzones, Sabanal y Boca de la Ceiba, la precipitación media anual es del orden de 1351.95 mm, para el período de registro seleccionado (1979 - 2024).

En la tabla siguiente se presenta el comportamiento de las lluvias a escala anual para la estación Boca de la Ceiba, la cual registra los mayores valores de precipitación media anual, es la más cercana al proyecto y es la estación con menos datos faltantes de las 3 analizadas.

Estación Boca de la Ceiba			
Año	Valor Anual (mm)	Año	Valor Anual (mm)
1979	2217.0	2002	952.0
1980	1363.0	2003	1311.0
1981	2059.5	2005	1495.0
1982	1712.0	2006	1351.0
1984	1303.0	2007	1346.0
1985	1247.0	2008	1571.0

Estación Boca de la Ceiba			
Año	Valor Anual (mm)	Año	Valor Anual (mm)
1986	1174.5	2009	1216.0
1987	1648.3	2010	1592.0
1988	1803.8	2011	1452.0
1989	1654.0	2012	1031.6
1990	1332.8	2013	1431.8
1991	1335.0	2014	1036.3

 Consultorias Geotecnica y Ambiente S.A.S.	INFORME DE RESULTADOS	V2
FECHA DE EMISIÓN:	PROCESO: CONSULTORÍA	
11/03/2022		

“Certificados en Calidad ISO 9001:2015”

Estación Boca de la Ceiba			
Año	Valor Anual (mm)	Año	Valor Anual (mm)
1992	1138.0	2015	1194.8
1993	1358.0	2016	1575.7
1994	1702.0	2017	1687.5
1995	1243.0	2018	1582.0
1996	1467.0	2019	1632.0
1997	1106.0	2020	1485.0

Estación Boca de la Ceiba			
Año	Valor Anual (mm)	Año	Valor Anual (mm)
1998	1417.0	2021	1596.6
2000	1178.0	2022	1436.0
2001	1066.0	2023	1180.9
PROMEDIO (mm)		1421.0	
DESVIACIÓN		267.6	
COEFICIENTE DE VARIACION		18.83%	

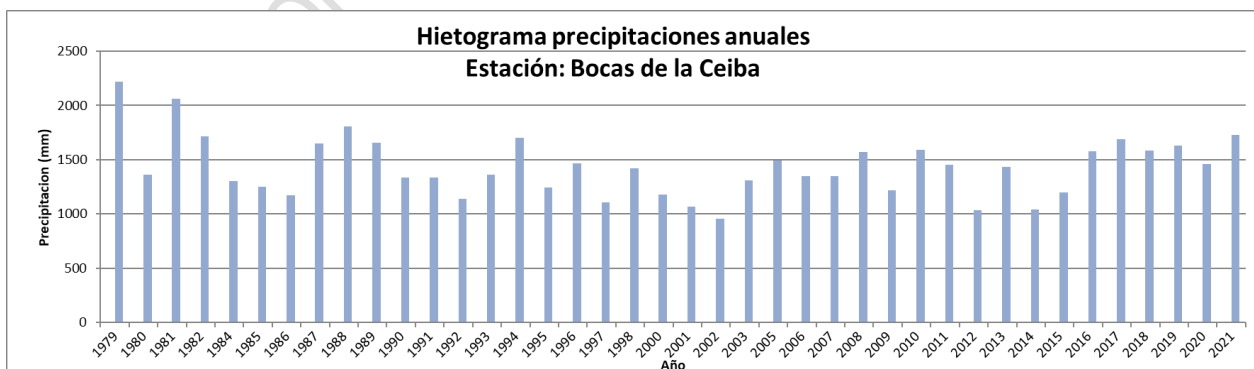
Tabla 9. Comportamiento estadístico de la precipitación anual para la estación Boca de la Ceiba.

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 $C_v = 18.83\%$, lo que indica que no hay cambios marcados entre años secos y húmedos.



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

 Consultorias Geotecnia y Ambiente S.A.S.	INFORME DE RESULTADOS	V2
FECHA DE EMISIÓN:	PROCESO: CONSULTORÍA	
11/03/2022		

“Certificados en Calidad ISO 9001:2015”

Fuente: Elaboración propia con información del IDEAM.

5.1.2 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	V. Anual
Valores medios	15.99	15.68	32.88	101.50	190.14	167.06	188.48	176.36	195.02	175.00	125.27	37.61	1405.41
Valores máximos	71.00	94.60	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	56.00	56.00	22.00	0.00	778.00

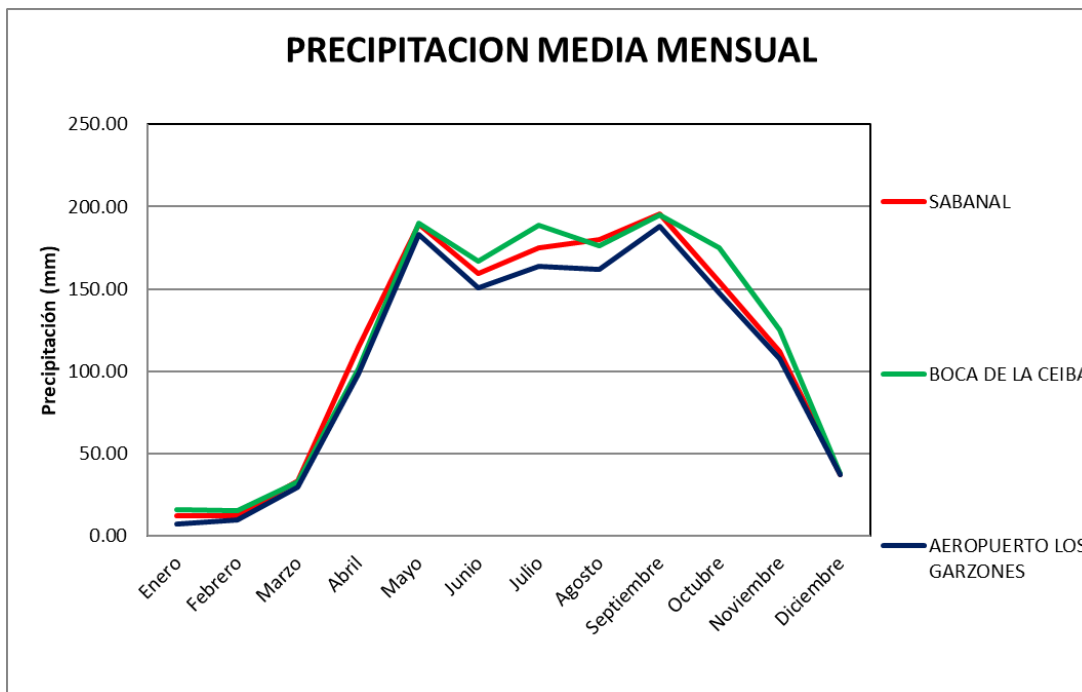
Tabla 10. Valores de precipitación media mensual (mm) Estación Bocas de la Ceiba (1979 – 2023).

Fuente: Elaboración propia con información del IDEAM.

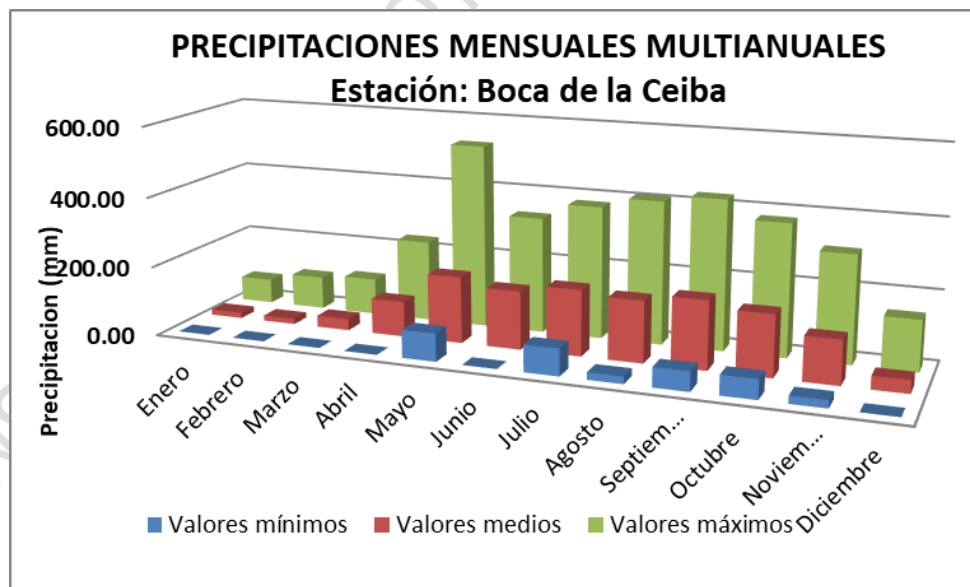
Como característica general de la región se aprecian un periodo de lluvia entre mayo y octubre, y un período seco de noviembre a abril.

 Consultorías Geotecnía y Ambiente S.A.S.	INFORME DE RESULTADOS	V2
FECHA DE EMISIÓN:	PROCESO: CONSULTORÍA	
11/03/2022		

“Certificados en Calidad ISO 9001:2015”



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.

 Consultorías Geotecnía y Ambiente S.A.S.	INFORME DE RESULTADOS	V2
FECHA DE EMISIÓN:	PROCESO: CONSULTORÍA	
11/03/2022		

“Certificados en Calidad ISO 9001:2015”

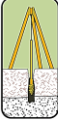
- **Variabilidad temporal:**

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).

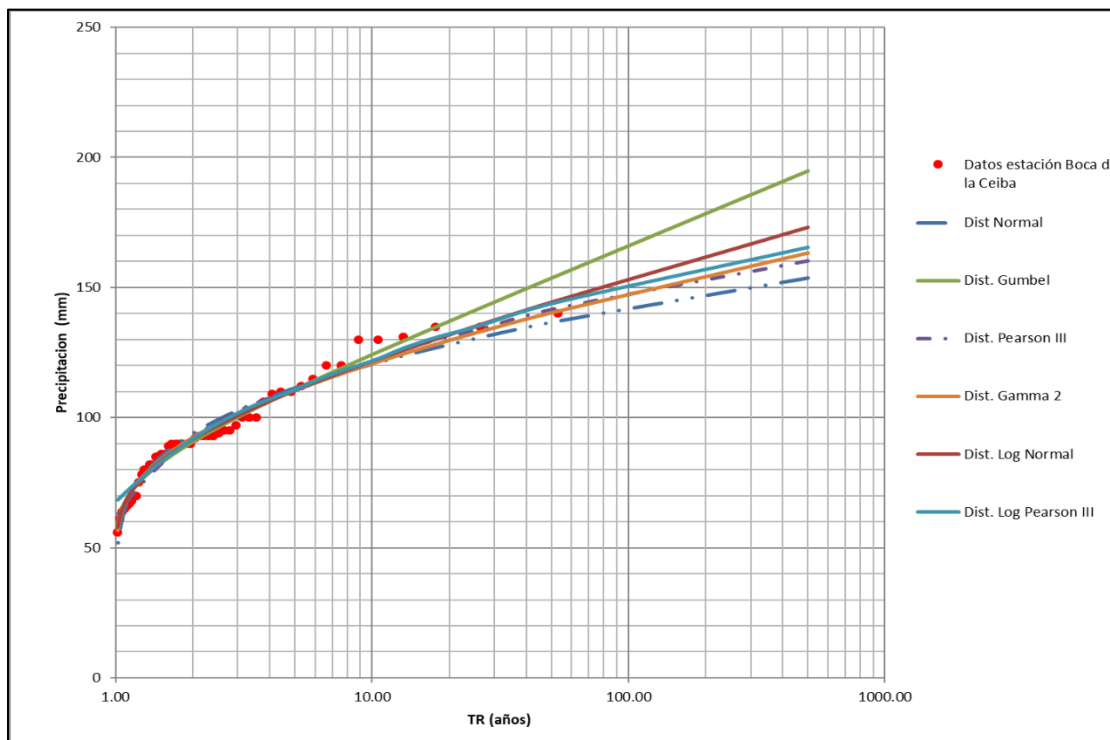
En resumen, la interacción entre estos dos chorros, el paso de la zona de convergencia intertropical y la orografía en la cuenca, son los principales mecanismos que controlan la climatología de la cuenca del Río Sinú y por ende de la zona de estudio. Sin embargo, las variaciones interanuales y las anomalías 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:

 Consultorías Geotecnía y Ambiente S.A.S.	INFORME DE RESULTADOS	V2
FECHA DE EMISIÓN: 11/03/2022	PROCESO: CONSULTORÍA	

“Certificados en Calidad ISO 9001:2015”



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%	153.53	173.05	194.73	160.31	165.37	163.35
100	1.00%	142.11	153.22	166.01	148.86	151.94	147.70
50	2.00%	136.46	144.28	153.58	141.30	143.41	140.34
25	4.00%	130.18	134.94	141.06	133.18	134.42	132.44
10	10.00%	120.46	121.67	124.18	121.25	121.51	120.79
5	20.00%	111.34	110.41	110.83	110.72	110.47	110.49
2.33	42.92%	97.59	95.38	94.43	96.68	95.96	96.08

Tabla 11. Ajustes de distribución de probabilidad.
Fuente. Elaborado por la presente consultoría.

 Consultorías Geotecnía y Ambiente S.A.S.	INFORME DE RESULTADOS	V2
FECHA DE EMISIÓN:	PROCESO: CONSULTORÍA	
11/03/2022		

“Certificados en Calidad ISO 9001:2015”

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	52
Significancia α	0.05
Valor d crítico	0.19

NORMAL	LOG - NORMAL	GUMBEL	PEARSON III	LOG - PEARSON III	GAMMA TIPO II
0.1204	0.07724	0.09298	0.23735	0.08198	0.09140
5	1	4	6	2	3
SE ACEPTA	SE ACEPTA	SE ACEPTA	SE RECHAZA	SE ACEPTA	SE ACEPTA

Tabla 12. 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 Log - Normal presenta menor valor de crítico, sin embargo, al tener en cuenta el comportamiento de los datos reales en la (grafica 6) de cada uno de los ajustes de distribución, se selecciona el ajuste tipo Gumbel.

5.2 ANÁLISIS DE CAUDALES

Debido a que no se cuenta una serie de registros de caudales del canal objeto de estudio, se procede a determinar el caudal de diseño a través de los métodos lluvia – escorrentía. Para este caso se empleará el método del hidrograma unitario desarrollado por el US Soil Conservation Service (SCS).

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

 Consultorias Geotecnica y Ambiente S.A.S.	INFORME DE RESULTADOS	V2
FECHA DE EMISIÓN:	PROCESO: CONSULTORÍA	
11/03/2022		

“Certificados en Calidad ISO 9001:2015”

$$d \times A = \int_0^t QE dt$$

Dónde:

- d: Lluvia neta total (mm).
A: Área de drenaje (Km²).
QE: Escorrentía superficial total (m³/s).
t: Tiempo del hidrograma unitario de la hoya (hr).

Existen dos suposiciones básicas en la teoría del hidrograma unitario:

- Las variaciones estacionales en las características superficiales de la hoya no se tienen en cuenta, es decir, se considera que las precipitaciones antecedentes no influyen en la distribución en el tiempo de la escorrentía superficial producida por una lluvia determinada.
- Para calcular la escorrentía superficial producida por cualquier otra lluvia neta diferente de una lluvia neta unitaria, se supone que el sistema es lineal y no varía con el tiempo.

Con estos principios, Sherman introdujo el denominado hidrograma unitario, el cual es una herramienta útil en la transformación de datos de lluvia a caudal.

Para el presente estudio se utilizó el hidrograma unitario triangular desarrollado por la U.S Soil Conservation Service (SCS), que define el caudal pico como:

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

Dónde:

- qp: Caudal unitario máximo en m³/s por mm de escorrentía.
A: Área de drenaje (Km²).
E: Escorrentía unitaria (mm).
tp: Tiempo al pico medido desde el comienzo del hidrograma unitario (hr).

 Consultorias Geotecnica y Ambiente S.A.S.	INFORME DE RESULTADOS	V2
FECHA DE EMISIÓN:	PROCESO: CONSULTORÍA	
11/03/2022		

“Certificados en Calidad ISO 9001:2015”

El tiempo pico se obtiene con la expresión:

$$t_p = \sqrt{tc} + t_1$$

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

$$t_1 = 0.6 * tc$$

Dónde:

T_c: Tiempo de concentración de una cuenca.

5.2.1 Escorrentía

Para la determinación del caudal de diseño es necesario determinar inicialmente la escorrentía, la cual se puede definir como la cantidad de agua de una tormenta que drena o escurre sobre la superficie del suelo. Cuando se produce, fluye a los cauces incrementando su volumen; a medida que llega agua de las partes más lejanas comienza suavemente a decrecer el caudal al poco tiempo de terminada lluvia.

La escorrentía está en función de las precipitaciones máximas (P) y de la infiltración potencial (S), esta última a su vez depende del número de curva (CN). La ecuación que relaciona todas estas variables se muestra a continuación y está dada por la Soil Conservation Service:

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

Dónde:

P: Precipitación (mm).

S: Infiltración potencial (mm).

El valor de S es calculado de acuerdo con la siguiente expresión:

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

 Consultorias Geotecnica y Ambiente S.A.S.	INFORME DE RESULTADOS	V2
FECHA DE EMISIÓN:	PROCESO: CONSULTORÍA	
11/03/2022		

“Certificados en Calidad ISO 9001:2015”

Dónde:

CN: Número de curva que depende de la cobertura del suelo en el área de drenaje.

5.2.2 Tiempo de concentración

Es el tiempo que demora la lluvia que cae en el punto más distante de la corriente de agua de una hoya, para llegar a una sección determinada de dicha corriente. El tiempo de concentración mide el tiempo que se necesita para que toda la hoya contribuya con escorrentía superficial en una sección considerada (HIDROLOGÍA EN LA INGENIERÍA – German Monsalve Sáenz).

Hay muchos métodos para determinar el tiempo de concentración, los cuales fueron realizados a partir de cálculos empíricos en distintas condiciones.

Kirpich	Valencia y Zuluaga	California Culvert Practice
$t_c = 0.01947 \cdot \left(\frac{L}{S^{0.5}}\right)^{0.77}$	$T_c = 1,7694 \cdot A^{0.325} \cdot L^{-0.096} \cdot S_0^{-0.290}$ Ec. 25	$t_c = 0.0195 \left(\frac{L^3}{H}\right)^{0.385}$
Bransby-Williams	Clark	Guaire
$t_c = 14,6 \cdot L \cdot A^{-0.1} \cdot S^{-0.2}$ Ec. 6	$T_c = 0,335 \cdot \left[\frac{A}{S^{0.5}}\right]^{0.593}$ Ec. 8	$T_c = 0,355 \left(\frac{A}{\sqrt{S}}\right)^{0.595}$
Bureau of reclamation		
$T_c = 0,95 \left(\frac{L^3}{H}\right)^{0.385}$		

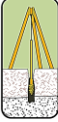
Tabla 13. Formulas de tiempo de concentración.

Fuente. Elaborado por la presente consultoría

5.2.3 Número de curva.

El número de curva depende de la cobertura del suelo en el área de drenaje y de la precipitación antecedente.

La cobertura del suelo en el área de drenaje se determina con ayuda de la siguiente tabla:

 Consultoría Geotécnica y Ambiente S.A.S.	INFORME DE RESULTADOS	V2
FECHA DE EMISIÓN: 11/03/2022	PROCESO: CONSULTORÍA	

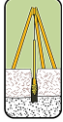
“Certificados en Calidad ISO 9001:2015”

TIPO DE COBERTURA Y CONDICIÓN HIDROLÓGICA	% PROMEDIO ÁREAS IMPERMEABLES ¹	NUMERO DE CURVAS PARA GRUPOS DE SUELOS HIDROLÓGICOS			
		A	B	C	D
Áreas urbanas totalmente desarrolladas (vegetación ya establecida): Espacios abiertos (prados, parques, campos de golf, cementerios, etc.) ²					
Condición pobre (menos del 50% cubierto de pasto)		68	79	86	89
Condición regular (del 50% al 75% cubierto de pasto)		49	69	79	84
Condición buena (más del 75% cubierto de pasto)		39	61	74	80
Áreas Impermeables:					
Parqueaderos pavimentados, techos, autopistas, etc. (excluyendo derecho de vía)		98	98	98	98
Calles y caminos:					
Pavimentados		98	98	98	98
Pavimentados; zanjas abiertas (incluyendo derecho de vía)		83	89	92	93
Grava (incluyendo derecho de vía)		76	85	89	91
Tierra (incluyendo derecho de vía)		72	82	87	89
Áreas desiertas urbanas:					
Paisajes desérticos naturales (solamente áreas permeables) ³		63	77	85	88
Paisajes desérticos artificiales (barreras impermeables de maleza, arbustos de desierto con 1 a 2 pulg de diámetro; Cubierta de arena o grava y orillas de áreas húmedas)		96	96	96	96
Áreas urbanas:					
Comercial y de negocios	85	89	92	94	95
Industrial	72	81	88	91	93
Áreas residenciales por promedio del tamaño del lote:					
1/8 de acre o menos (506 m ² o menos)	65	77	85	90	92
1/4 acre (1012 m ²)	38	61	75	83	87
1/3 acre (1350 m ²)	30	57	72	81	86
1/2 acre (2025 m ²)	25	54	70	80	85
1 acre (4050 m ²)	20	51	68	79	84
2 acre (8100 m ²)	12	46	65	77	82
Áreas urbanas desarrolladas:					
Áreas permeables conformadas (solamente áreas permeables, sin vegetación)		77	86	91	94

Tabla 14. Valores de CN para distintos grupos de suelos.

Fuente: Manual de drenaje de carreteras (INVIAS, 2009)

La pertenencia a un grupo hidrológico, ya sea A, B, C o D, depende del potencial de escorrentía del suelo, como se muestra en la siguiente tabla:

 Consultorías Geotécnica y Ambiente S.A.S.	INFORME DE RESULTADOS	V2
FECHA DE EMISIÓN: 11/03/2022	PROCESO: CONSULTORÍA	

“Certificados en Calidad ISO 9001:2015”

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

Tabla 15. Condición hidrológica de los suelos.

Fuente: Hidrología en la ingeniería, German Monsalve Sáenz.

Para este caso en particular el municipio de Montería y específicamente la zona de drenaje del canal LA GRANJA PRINCIPAL predomina el área de zonas urbanas totalmente desarrolladas en condición pobre y potencial de escorrentía moderadamente bajo debido a la presencia de estratos limos arcillosos y arenosos, el valor de CN ponderado es igual a 85.

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 16. Periodos de retorno de diseño en obras de drenaje vial.

Fuente: Manual de Drenaje para Carreteras, Instituto Nacional de Vías (INVIAS, 2009).

De acuerdo con lo anterior y con las áreas de drenaje del proyecto, al canal, 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 100 años**

 Consultorías Geotecnía y Ambiente S.A.S.	INFORME DE RESULTADOS	V2
FECHA DE EMISIÓN:	PROCESO: CONSULTORÍA	
11/03/2022		

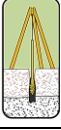
“Certificados en Calidad ISO 9001:2015”

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, cuando lluvias intensas y fuertes superaron la capacidad de las infraestructuras, causando daños significativos. Además, el cambio climático ha incrementado la variabilidad e intensidad de las lluvias, lo que genera incertidumbre hidrológica y demanda medidas más conservadoras. Al elegir un período de retorno mayor, se busca mitigar el riesgo de desbordamientos y proteger tanto la infraestructura como a las comunidades cercanas reduciendo a largo plazo los costos de mantenimiento y reparación.

5.3 ÁREAS DE DRENAJES

Una de las características más representativa para establecer la dinámica de un canal es el área de drenaje, ya que de acuerdo con la literatura ésta nos permite determinar los caudales.

Para el canal objeto de estudio del presente informe se cuenta con un área de drenaje de 0.12Km², obtenida a través de inspección en campo y ajustada con el Plan Pluvial del Municipio, la cual se puede observar en la siguiente figura:

 Consultorías Geotecnía y Ambiente S.A.S.	INFORME DE RESULTADOS	V2
FECHA DE EMISIÓN: 11/03/2022		

“Certificados en Calidad ISO 9001:2015”

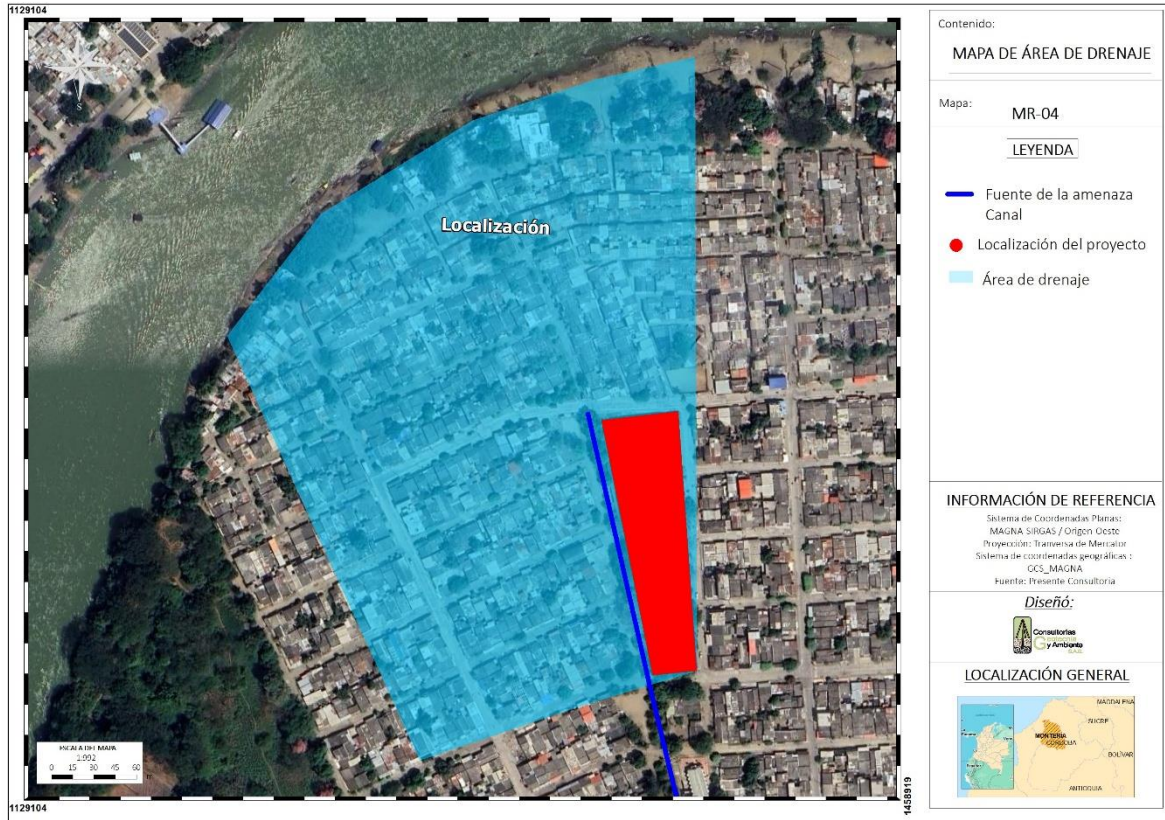


Figura 8. Área de drenaje canal El La Granja.

Fuente. Elaborado por la presente consultoría a partir del Plan Pluvial de Montería.

Se resalta que el área de drenaje del canal principal la granja actualmente es menor que el área determinada en el Plan Pluvial del Municipio, debido a que en la zona se han proyectado estructuras hidráulicas y canales colectores.

5.4 RESULTADOS OBTENIDOS.

5.4.1 Caudal de los canales objeto de estudio.

Los caudales se obtuvieron empleando las áreas de drenaje definidas en el plan pluvial del municipio de Montería a través de la metodología del hidrograma unitario de SCS con información pluviométrica del IDEAM.

 Consultorías Geotecnía y Ambiente S.A.S.	INFORME DE RESULTADOS	V2
FECHA DE EMISIÓN:	PROCESO: CONSULTORÍA	
11/03/2022		

“Certificados en Calidad ISO 9001:2015”

CUERPO DE AGUA	DE	HASTA	L del tramo (m)	Área acumulada (Km ²)	S (m/m)
CANAL LA GRANJA	K0+000.00	K0+184.40	184.40	0.12	0.0022

TC Kirpich 1940 (min)	Guaire (min)	Boreau of reclamation (min)	Tc California Culverts practice 1942 (min)	Clark (min)	Bransby-Williams (min)	Valencia y Zuluaga (horas)	Tc Escogido (min)
21.31	6.08	11.33	29.22	35.08	25.54	175.95	21.31

Tabla 17. Cálculo del caudal.

Fuente: Elaborado por la presente consultoría.

CUERPO DE AGUA	DE	HASTA	Área acumulada (Km ²)	P 100 Años (mm)
CANAL LA GRANJA	K0+000.00	K0+184.40	0.12	166.01

Tabla 18. Cálculo del área de drenaje acumulada.

Fuente: Elaborado por la presente consultoría.

CUERPO DE AGUA	DE	HASTA	CNII	S (mm)	Esc. 100 años
CANAL LA GRANJA	K0+000.00	K0+184.40	85	44.82	122.17

Tabla 19. Cálculo de escorrentía.

Fuente: Elaborado por la presente consultoría.

CUERPO DE AGUA	DE	HASTA	Q 100 (m ³ /s)
CANAL LA GRANJA	K0+000.00	K0+184.40	3.79

Tabla 20. Cálculo del caudal.

Fuente: Elaborado por la presente consultoría

6. ANÁLISIS HIDRÁULICO

Según se consigna en Universidad del Cauca – CRC- INGEOMINAS (2005), existen numerosos programas para modelar las condiciones hidráulicas y morfológicas en ríos; dichos programas varían en el grado de sofisticación y fiabilidad.

Para la simulación se utilizará el modelo matemático HEC-RAS (Hydrologic Engineering Center's River Analysis System), el cual es un paquete integrado de programas de análisis hidráulico desarrollado por el Cuerpo de Ingenieros

 Consultorías Geotécnica y Ambiente S.A.S.	INFORME DE RESULTADOS	V2
FECHA DE EMISIÓN:	PROCESO: CONSULTORÍA	
11/03/2022		

“Certificados en Calidad ISO 9001:2015”

del Ejército de los Estados Unidos, que efectúa los cálculos de perfiles de la superficie de agua para flujos gradualmente variados y permanentes.

Para el manejo del modelo matemático es necesario ingresar al programa los datos de geometría y los datos de flujo del sistema. El primer paso para la conformación del modelo hidráulico se constituye en establecer la geometría de la corriente superficial. Los datos geométricos fundamentales son las diversas secciones transversales a lo largo del cauce; dichas secciones se introducen mediante cotas de varios puntos a lo largo de la sección y mediante la cota de dos secciones contiguas, separadas por una distancia conocida; el modelo calcula la pendiente de ese tramo.

6.1 MODELACIÓN HIDRÁULICA

Para la modelación hidráulica se hace uso del software HEC-RAS, el cual proporciona datos específicos del comportamiento de caudal dentro de un canal o río, o fuente de agua, teniendo como datos de entrada: la geometría, el caudal y los valores de Manning.

A continuación, se presentan los parámetros y resultados obtenidos de la modelación:

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.

 Consultorias Geotecnica y Ambiente S.A.S.	INFORME DE RESULTADOS	V2
FECHA DE EMISION:	PROCESO: CONSULTORIA	
11/03/2022		

“Certificados en Calidad ISO 9001:2015”

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
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 21. Coeficiente de Manning.
Fuente. Título D RAS 2016.

El número de Manning del cauce adoptado es de magnitud **0.013**.

Vista en Planta.

En las siguientes figuras se presentan la vista en planta del tramo de estudio del canal.

 Consultorías Geotécnica y Ambiente S.A.S.	INFORME DE RESULTADOS	V2
FECHA DE EMISIÓN:	PROCESO: CONSULTORÍA	
11/03/2022		

“Certificados en Calidad ISO 9001:2015”

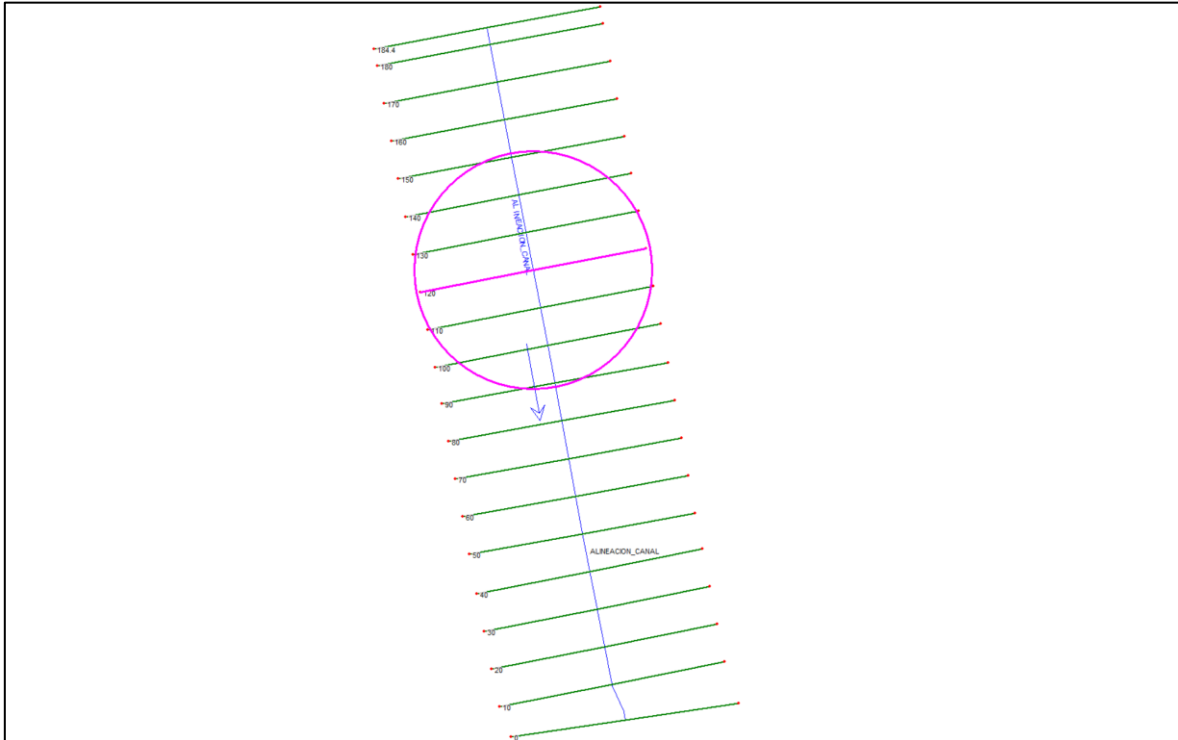


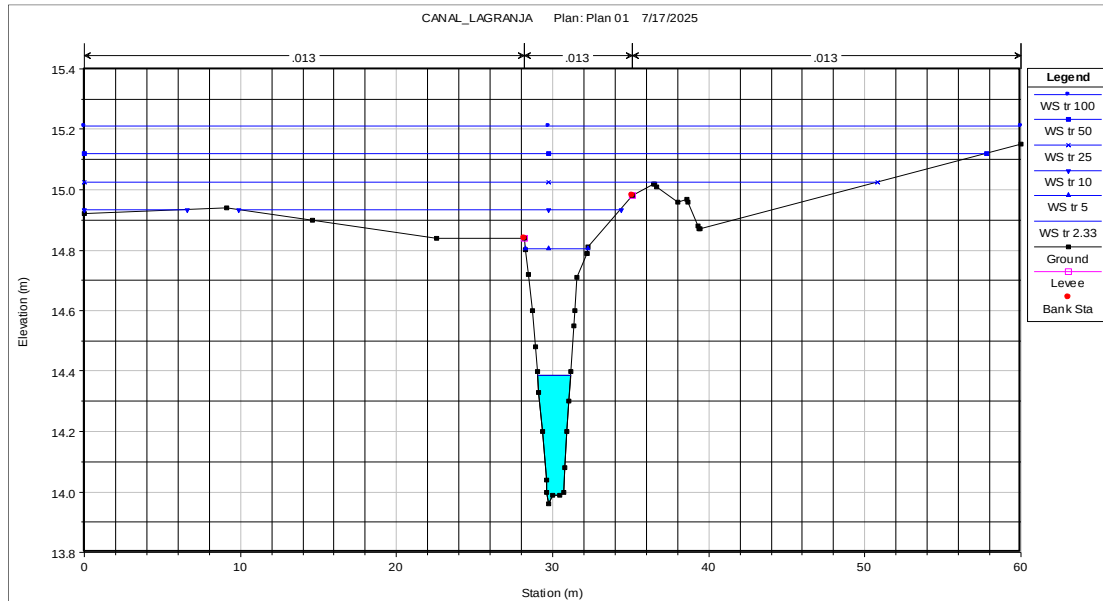
Figura 9. Vista en Planta del tramo de estudio del canal modelado en HEC - RAS.
Fuente. Elaborado por la presente consultoría.

Secciones.

A continuación, se presentan algunas de las secciones del canal objeto de estudio, modelados para varios caudales en el software HEC – Ras.

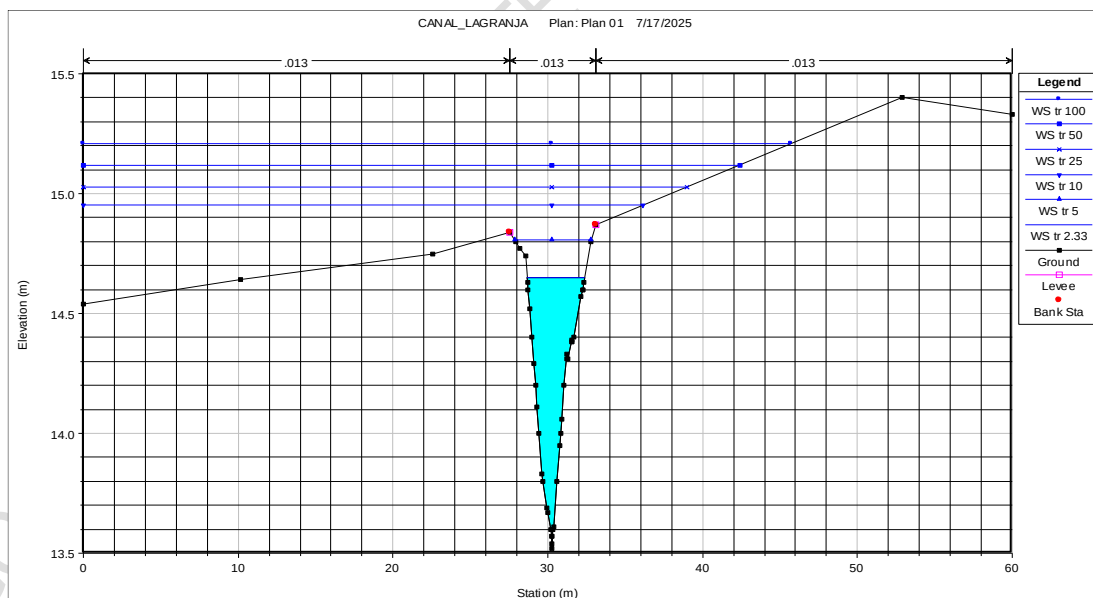
 Consultorias Geotecnica y Ambiente S.A.S.	INFORME DE RESULTADOS	V2
FECHA DE EMISIÓN:	PROCESO: CONSULTORÍA	
11/03/2022		

“Certificados en Calidad ISO 9001:2015”



Gráfica 7. Sección 180 tramo analizado del canal La Granja.

Fuente: Elaborado por la presente consultoría, con ayuda de la herramienta informática HEC-RAS.

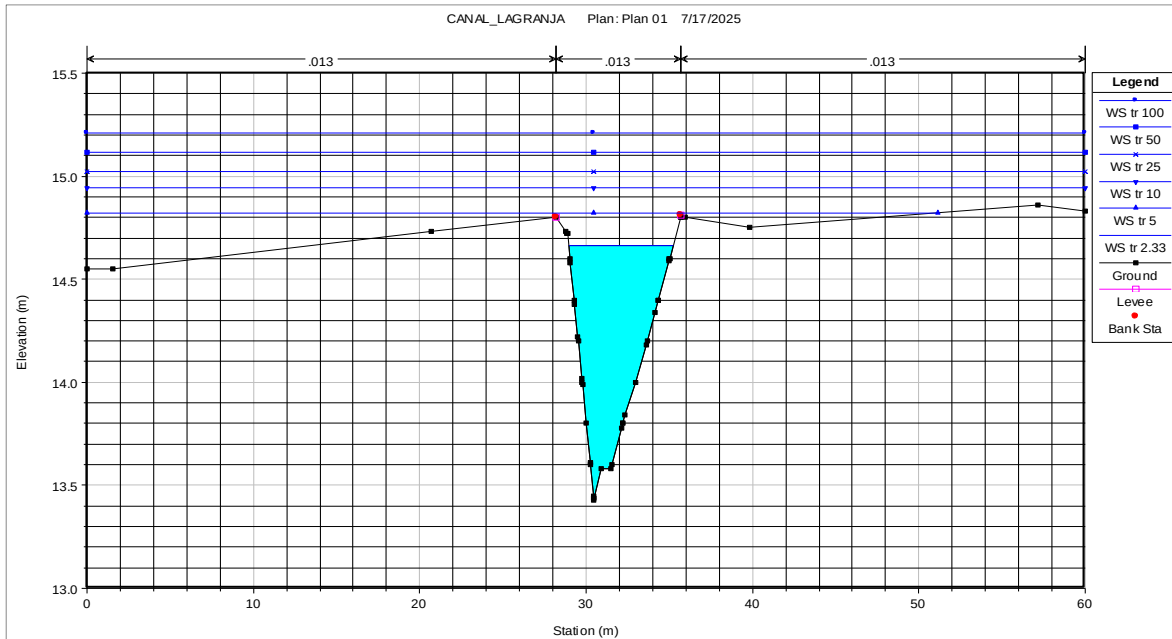


Gráfica 8. Sección 60 tramo analizado del canal La Granja.

Fuente: Elaborado por la presente consultoría, con ayuda de la herramienta informática HEC-RAS.

 Consultorias Geotecnia y Ambiente S.A.S.	INFORME DE RESULTADOS	V2
FECHA DE EMISIÓN:	PROCESO: CONSULTORÍA	
11/03/2022		

“Certificados en Calidad ISO 9001:2015”



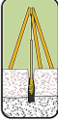
Gráfica 9. Sección 10 tramo analizado del canal La Granja.

Fuente: Elaborado por la presente consultoría, con ayuda de la herramienta informática HEC-RAS.

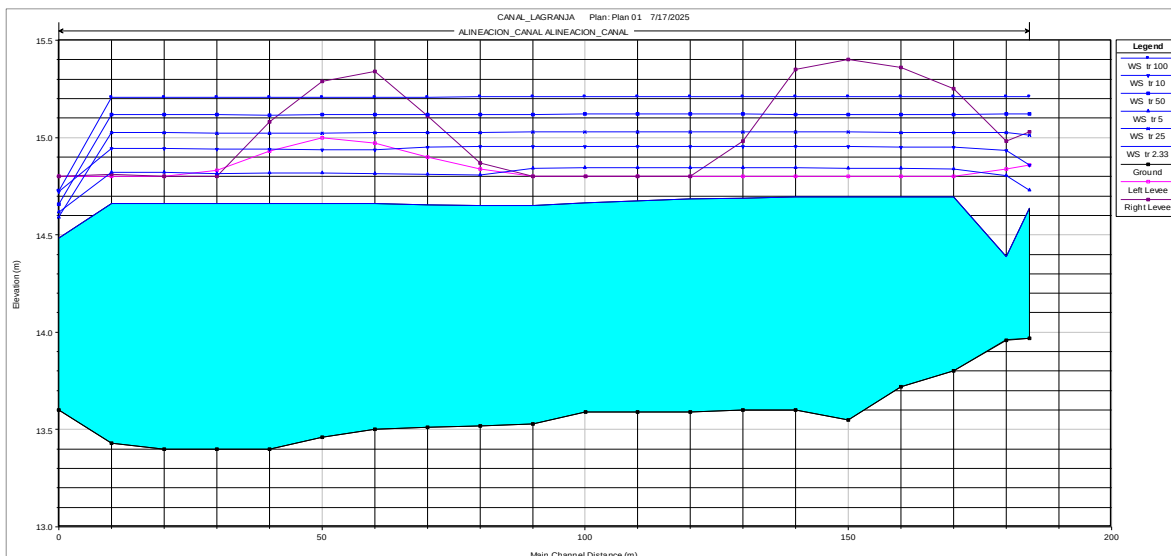
Las secciones transversales mostradas en las gráficas anteriores son las correspondientes a la modelación hidráulica del tramo de estudio del canal cercano donde se encuentra la institución educativa Santa María.

Perfil longitudinal.

A continuación, se presenta el perfil longitudinal del tramo de estudio del canal para los diferentes caudales modelados.

 Consultorías Geotecnía y Ambiente S.A.S.	INFORME DE RESULTADOS	V2
FECHA DE EMISIÓN: 11/03/2022	PROCESO: CONSULTORÍA	

“Certificados en Calidad ISO 9001:2015”



Gráfica 10. Perfil Longitudinal del tramo del canal modelado en HEC – RAS.
Fuente: Elaborado por la presente consultoría, con ayuda de la herramienta informática HEC-RAS.

A continuación, se muestra el nivel de aguas máximas en el tramo de estudio del canal para periodo de retorno 100 años de acuerdo con el modelo hidráulico:

Periodo de retorno (años)	Cota aguas Abajo (m.s.n.m) Min	Cota aguas Arriba (m.s.n.m) Max
100	14.73	15.21
50	14.66	15.12
25	14.59	15.01
10	14.72	14.86
5	14.62	14.73
2.33	14.48	14.64

Tabla 22. Nivel de aguas máximas canal periodo de retorno 100 años.
Fuente: Elaborado por la presente consultoría.

 Consultorías Geotécnica y Ambiente S.A.S.	INFORME DE RESULTADOS	V2
FECHA DE EMISIÓN:	PROCESO: CONSULTORÍA	
11/03/2022		

“Certificados en Calidad ISO 9001:2015”

Se puede apreciar que, el nivel de aguas máximas para un periodo de retorno de 100 años es de (15.21 m.s.n.m).

6.2 ANÁLISIS DE COTAS DE INUNDACIÓN

De acuerdo con el Decreto 1807 de 2014, y en atención al análisis hidrológico e hidráulico realizado para el canal La Granja, ubicado a aproximadamente 3 metros de la Institución Educativa Santa María, esta consultoría determinó que la cota promedio del predio es de 15.23 m.s.n.m, mientras que el nivel máximo de lámina de agua para un periodo de retorno de 100 años es de 15.21 m.s.n.m.

En consecuencia, no se requiere la implementación de medidas estructurales ni intervenciones adicionales, dado que el predio se encuentra fuera del área de la amenaza por inundación para un periodo de retorno de 100 años del canal La Granja, cumpliendo con los criterios establecidos en la normativa vigente en materia de gestión del riesgo.

Elemento	Cota (m.s.n.m.)
Nivel Canal Tr 100 años	15.21
Predio (actualmente)	15.23

Tabla 23. Cota proyectada de los elementos y predio M.I 140-104032.

Fuente: Elaborado por la presente consultoría.

7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- Para el análisis hidrológico de la zona se emplearon los datos del IDEAM de las estaciones meteorológicas Boca de Ceiba, Aeropuerto Los Garzones y El Sabanal, esta cuenta con registros de por lo menos 40 años.
- Tomando como premisa las construcciones proyectadas en el lote de estudio y que las medidas estructurales deben mitigar los efectos de la amenaza con un periodo de retorno de 100 años, o en su defecto disminuir la vulnerabilidad de las construcciones futuras en el predio

 Consultorías Geotecnia y Ambiente S.A.S.	INFORME DE RESULTADOS	V2
FECHA DE EMISIÓN:	PROCESO: CONSULTORÍA	
11/03/2022		

“Certificados en Calidad ISO 9001:2015”

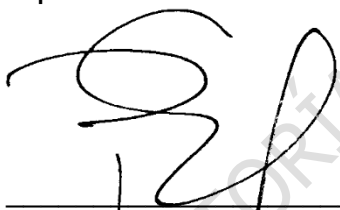
objeto de estudio, la presente consultoría determina que la cota promedio actual del lote (**15.23 m.s.n.m.**) se encuentra 0.02 m por encima de la cota obtenida por inundación del canal La Granja (**15.21 m.s.n.m.**), es decir que el lote se encuentra fuera del área de la amenaza por inundación para un periodo de retorno de 100 años del canal La Granja.

- Es importante resaltar que la efectividad de las medidas de manejo y mitigación planteadas estará condicionada por el adecuado funcionamiento del sistema de drenaje pluvial de la institución educativa Santa María.

8. 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.

Todo el material impreso o digital producto de este informe es propiedad de Consultorías Geotecnia y Ambiente S.A.S y no podrá ser empleado o reproducido sin el consentimiento de su representante legal.



PABLO CASTILLA NEGRETE

Ingeniero Civil

M.P. 1320251172BLV

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, julio de 2025.

 Consultorías Geotécnica y Ambiente S.A.S.	INFORME DE RESULTADOS	V2
FECHA DE EMISIÓN:	PROCESO: CONSULTORÍA	
11/03/2022		

“Certificados en Calidad ISO 9001:2015”

9. BIBLIOGRAFÍA

Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales. (2019). *IDEAM*.
Obtenido de <http://www.ideam.gov.co/web/tiempo-y-clima/anomalia-de-temperatura-media-por-ano>

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

Congreso de la República. (2012). Ley 1523 de 2012.

CVS. (2004). Diagnóstico Ambiental de la Cuenca Hidrográfica del Río Sinú Versión
01. MONTERÍA.

CVS, Universidad EAFIT. (2013). EVALUACION DE LAS AMENAZAS POR
INUNDACIONES EN EL SUELO RURAL DEL MUNICIPIO DE MONTERÍA,
DEPARTAMENTO DE CORDOBA.

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

IDEAM. (2015). *IDEAM*. Obtenido de <https://www.ins.gov.co>

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

IDEAM; Ministerio de Ambiente; Gobierno de Colombia. (2018). *Informe del Estado
de la Calidad del Aire en Colombia 2017*. Bogotá.

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

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

Instituto Nacional de Salud. (2017). *Instituto Nacional de Salud*. Obtenido de
<https://www.ins.gov.co>

 Consultorías Geotecnía y Ambiente S.A.S.	INFORME DE RESULTADOS	V2
FECHA DE EMISIÓN:	PROCESO: CONSULTORÍA	
11/03/2022		

“Certificados en Calidad ISO 9001:2015”

Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible de la República de Colombia. (2019). *Herramienta para la Acción Climática*. Obtenido de <http://accionclimatica.minambiente.gov.co/Territorios/Index>

Ministerio de salud y protección social. (2019). *Aseguramiento en Salud Municipio de Montería*. Obtenido de MIN Tic, el futuro digital de todos: <https://www.datos.gov.co/Salud-y-Proteccion-Social/Aseguramiento-en-Salud-Municipio-de-Monteria/vn6m-nm86/data>

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

Morales, N., & Noble, M. (2013). *LINEAMIENTOS PARA LA FORMULACIÓN DEL PLAN DE GESTIÓN DE LA CALIDAD DEL AIRE EN LA CIUDAD DE MONTERÍA*. Cartagena.

PNUD y UNGRD. (2012). Guía metodológica para la elaboración de planes departamentales para la Gestión del Riesgo.

POT. (2010). Plan de Ordenamiento Territorial Montería. Montería.

Unidad Nacional para la gestión del riesgo de desastre. (9 de octubre de 2015). guía de integración de la gestión del riesgo y el ordenamiento territorial municipal. *guía de integración de la gestión del riesgo y el ordenamiento territorial municipal*. Bogotá, Colombia.

VEN TE CHOW. (1959). *Open Channels Hydraulics*. McGraw Hill.

Cardona, O.D . (2014). Documento que recoja el resultado de la modelación de vulnerabilidad ante inundaciones y la definición de curvas de vulnerabilidad para los diferentes elementos expuestos existentes en la Región de la Mojana

Cardona, O.D. 2005. Teoría del Riesgo y Desastres, Capítulo 5. Páginas 93-132: Vulnerabilidad, Riesgo y Desastre.

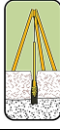
Suárez Díaz, J. (2001). *Control de erosión en zonas tropicales*. Bucaramanga: Universidad Industrial de Santander.

 Consultorias Geotecnia y Ambiente S.A.S.	INFORME DE RESULTADOS	V2
FECHA DE EMISIÓN:	PROCESO: CONSULTORÍA	
11/03/2022		

“Certificados en Calidad ISO 9001:2015”

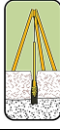
Suarez, J. (2001). Control de Erosión en zonas tropicales. Bucaramanga - Colombia:
División Editorial y de Publicaciones UIS.

CONSULTORÍAS GEOTECNIA Y AMBIENTE SAS

 Consultorias Geotecnica y Ambiente S.A.S.	INFORME DE RESULTADOS	V2
FECHA DE EMISIÓN:	PROCESO: CONSULTORÍA	
11/03/2022		

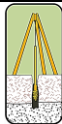
“Certificados en Calidad ISO 9001:2015”

ANEXO 1. CARTOGRAFÍA

 Consultorias Geotecnica y Ambiente S.A.S.	INFORME DE RESULTADOS	V2
FECHA DE EMISIÓN:	PROCESO: CONSULTORÍA	
11/03/2022		

“Certificados en Calidad ISO 9001:2015”

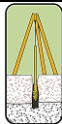
ANEXO 2. TOPOGRAFÍA

 Consultorías Geotecnía y Ambiente S.A.S.	INFORME DE RESULTADOS	V2
FECHA DE EMISIÓN:	PROCESO: CONSULTORÍA	
11/03/2022		

“Certificados en Calidad ISO 9001:2015”

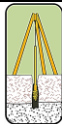
ANEXO 3.

TABLA DE CÁLCULO DE CAUDALES ESTACIONES METEOROLOGICAS

 Consultorías Geotécnica y Ambiente S.A.S.	INFORME DE RESULTADOS	V2
FECHA DE EMISIÓN:	PROCESO: CONSULTORÍA	
11/03/2022		

“Certificados en Calidad ISO 9001:2015”

ANEXO 4. MODELACIONES HIDRÁULICAS EN CONDICIONES ACTUALES

 Consultorías Geotécnica y Ambiente S.A.S.	INFORME DE RESULTADOS	V2
FECHA DE EMISIÓN:	PROCESO: CONSULTORÍA	
11/03/2022		

“Certificados en Calidad ISO 9001:2015”

ANEXO 5. PLANO ARQUITECTÓNICO