BENJAMIN BUELVAS LIDUEÑAS
Ingeniero Civil - Especialista Ingenieria Sanitaria y Ambiental
Universidad de Cartagena
Construcción - Consultorías - Interventorías
M.P. No 1320277720 BLV

ESTUDIO HIDROLOGICO E HIDRAULICO

MEJORAMIENTO DE LA VÍA QUE COMUNICA DE LA CABECERA MUNICIPAL CON EL CORREGIMIENTO DE TALAIGUA VIEJO EN EL MUNICIPIO DE TALAIGUA NUEVO, DEPARTAMENTO DE BOLÍVAR.

FEBRERO DE 2024

Oficina Cra 2 No 15-50 Celular 3043690078
Email ing.benjaminbuelvas@hotmail.com, ing.benjaminbuelvas@gmail.com
Santa Cruz de Mompox - Bolívar

BENJAMIN BUELVAS LIDUEÑAS
Ingeniero Civil - Especialista Ingenieria Sanitaria y Ambiental
Universidad de Cartagena
Construcción - Consultorías - Interventorías
M.P. No 1320277720 BLV

MEMORIAL DE RESPONSABILIDAD

Yo, **BENJAMIN BUELVAS LIDUEÑAS**, Ingeniero Civil de profesión con especialización en Ingeniería Sanitaria y Ambiental con matrícula profesional No. 1320277720 BLV certifico que realice el siguiente diseño:

- ESTUDIO HIDROLOGICO E HIDRAULICO

Para el proyecto cuyo objeto es**: "MEJORAMIENTO DE LA VÍA QUE COMUNICA DE LA CABECERA MUNICIPAL CON EL CORREGIMIENTO DE TALAIGUA VIEJO EN EL MUNICIPIO DE TALAIGUA NUEVO, DEPARTAMENTO DE BOLÍVAR"**. Declaro que dichos estudios se realizaron bajo los requisitos y Normas Técnicas Colombianas (NTC) aplicables y el manual de drenaje para carreteras del INVIAS y que me responsabilizo de los daños y perjuicios que de ellos pudieran derivarse.

Aclaro que me hago responsable por los estudios, siempre y cuando estos no reciban variación o modificación, las cuales deberán ser consultada y aprobadas. Favor notificar de inmediato y no dejar pasar por alto cualquier variación por mínima que fuera.

Anexo

- ✓ Cédula de Ciudadanía
- ✓ Tarjeta Profesional
- ✓ Vigencia Tarjeta Profesional

ING. BENJAMIN BUELVAS LIDUEÑAS.
M.P. N. 1320277720 BLV

Oficina Cra 2 No 15-50 Celular 3043690078
Email ing.benjaminbuelvas@hotmail.com, ing.benjaminbuelvas@gmail.com
Santa Cruz de Mompox - Bolívar







Oficina Cra 2 No 15-50 Celular 3043690078
Email ing.benjaminbuelvas@hotmail.com, ing.benjaminbuelvas@gmail.com
Santa Cruz de Mompox - Bolívar

REPÚBLICA DE COLOMBIA
COPNIA
Consejo Profesional Nacional de Ingeniería

Certificado de vigencia y antecedentes disciplinarios
CVAD-2024-2535861

CONSEJO PROFESIONAL NACIONAL DE INGENIERÍA
COPNIA

EL DIRECTOR GENERAL

CERTIFICA:

1. Que BENJAMIN BUELVAS LIDUEÑAS, identificado(a) con CEDULA DE CIUDADANIA 9269224, se encuentra inscrito(a) en el Registro Profesional Nacional que lleva esta entidad, en la profesión de INGENIERIA CIVIL con MATRICULA PROFESIONAL 13202-77720 desde el 16 de Junio de 1999, otorgado(a) mediante Resolución Nacional 1607.

2. Que el(la) MATRICULA PROFESIONAL es la autorización que expide el Estado para que el titular ejerza su profesión en todo el territorio de la República de Colombia, de conformidad con lo dispuesto en la Ley 842 de 2003.

3. Que el(la) referido(a) MATRICULA PROFESIONAL se encuentra **VIGENTE**

4. Que el profesional no tiene antecedentes disciplinarios ético-profesionales.

5. Que la presente certificación se expide en Bogotá, D.C., a los treinta (30) días del mes de Enero del año dos mil veinticuatro (2024).

Rubén Dario Ochoa Arbeláez

Firmal del titular (*)

(*)Con el fin de verificar que el titular autoriza su participación en procesos estatales de selección de contratistas. La falta de firma del titular no invalida el Certificado
El presente es un documento público expedido electrónicamente con firma digital que garantiza su plena validez jurídica y probatoria según lo establecido en la Ley 527 de 1999. Para verificar la firma digital, consulte las propiedades del documento original en formato .pdf.
Para verificar la integridad e inalterabilidad del presente documento consulte en el sitio web https://tramites.copnia.gov.co/Copnia_Micrositio/CertificateOfGoodStanding/CertificateOfGoodStandingStart indicado el número del certificado que se encuentra en la esquina superior derecha de este documento.

CONSEJO PROFESIONAL NACIONAL DE INGENIERÍA – COPNIA
Calle 78 Nº 9 - 57 - Teléfono: 322 0191 - Bogotá D.C.
e-mail: contactenos@copnia.gov.co
www.copnia.gov.co

Oficina Cra 2 No 15-50 Celular 3043690078
Email ing.benjaminbuelvas@hotmail.com, ing.benjaminbuelvas@gmail.com
Santa Cruz de Mompox - Bolívar

INTRODUCCIÓN

En el marco de la ejecución de los diseños definitivos del proyecto "**Mejoramiento de la Vía que Comunica de la Cabecera Municipal con el Corregimiento de Talaigua Viejo en el Municipio de Talaigua Nuevo, Departamento de Bolívar**", se presenta este documento del estudio de Hidráulica e Hidrología. Este estudio es fundamental para garantizar que la infraestructura vial proyectada sea segura, sostenible y resiliente frente a las amenazas hidrológicas de la región.

Inicialmente, para el drenaje superficial y transversal, se considera la información adquirida y suministrada por estudios previos y datos climáticos representativos de la región, lo cual proporcionará una base sólida de datos históricos y condiciones existentes en la zona. Posteriormente, se definirán los parámetros morfológicos de la cuenca aportante, lo cual es esencial para seleccionar la metodología adecuada para el análisis hidrológico. Este análisis permitirá estimar los caudales de diseño necesarios para dimensionar correctamente las estructuras de drenaje.

El estudio también incluye la evaluación y determinación de los niveles máximos de inundación que podrían afectar la infraestructura. Para ello, se utilizarán datos de niveles máximos mensuales de las estaciones de monitoreo hidráulico del IDEAM, asegurando que las estimaciones se basen en datos de fuentes oficiales verificables y reflejando las condiciones reales del terreno. Esta información se analizará para evaluar el riesgo de inundación y contrastarlo con la evidente susceptibilidad a este fenómeno en las planicies inundables, cuya formación se debe a la sedimentación de los cuerpos de agua adyacentes. Se propondrán soluciones de ingeniería acordes a la magnitud del proyecto y los costos, capaces de manejar tanto las condiciones de flujo normales como los eventos extremos, minimizando el riesgo de daños por inundaciones y asegurando la operatividad durante su vida útil.

Oficina Cra 2 No 15-50 Celular 3043690078
Email ing.benjaminbuelvas@hotmail.com, ing.benjaminbuelvas@gmail.com
Santa Cruz de Mompox - Bolívar

1. GENERALIDADES

En este informe se presentarán los cálculos y resultados del estudio hidrológico y el diseño hidráulico de la Vía **"MEJORAMIENTO DE LA VÍA QUE COMUNICA DE LA CABECERA MUNICIPAL CON EL CORREGIMIENTO DE TALAIGUA VIEJO EN EL MUNICIPIO DE TALAIGUA NUEVO, DEPARTAMENTO DE BOLÍVAR.".**

El siguiente informe consta de dos secciones:

- Estudio de drenaje transversal y drenaje superficial de la calzada.
- Estudio de los cuerpos de agua de la zona y su influencia en el proyecto.

El proyecto consiste en realizar el diseño hidráulico de la Vía Talaigua Nuevo – Talaigua Viejo Municipio de Talaigua Nuevo - Bolívar, en el cual se intervendrá dos tramos con pavimento rígido de 3.8 Mpa.

- Tramo PR0+000 – PR3+400 Vía Talaigua Nuevo – Talaigua Viejo jurisdicción del Municipio de Talaigua Nuevo – Bolívar.

La estructura de pavimento rígido está conformada por:

- Material de Terraplén de altura promedio 0.40 m, el cual debe cumplir con la especificación INVIAS Artículos 220-22.
- Material de subbase espesor de 0.20 m para los dos tramos a intervenir, el cual debe cumplir con la especificación INVIAS Artículos 320-22.

- Estructura de Pavimento Rígido en concreto de 3.8 Mpa, espesor de 0.20 m para los dos tramos a intervenir.

Oficina Cra 2 No 15-50 Celular 3043690078
Email ing.benjaminbuelvas@hotmail.com, ing.benjaminbuelvas@gmail.com
Santa Cruz de Mompox - Bolívar

2. OBJETIVOS

2.1 General

✓ Realizar los estudios de diseño definitivo de las soluciones hidráulicas para el manejo del drenaje superficial, transversal y máximas avenidas.

2.2 Específicos

✓ Estimar con un alto grado de confiabilidad la cantidad de agua superficial que será base para el diseño de las estructuras de drenaje transversal.

✓ Diseñar las estructuras de drenaje apropiadas con base a los caudales de diseño generado por el análisis hidrológico.

✓ Estimar para distintos periodos de retorno los niveles máximos de inundación ocasionados por el brazo MompoX y sistemas de ciénagas aledañas.

Oficina Cra 2 No 15-50 Celular 3043690078
Email ing.benjaminbuelvas@hotmail.com, ing.benjaminbuelvas@gmail.com
Santa Cruz de Mompox - Bolívar

3. ALCANCES

Para lograr el acertado diseño de las estructuras hidráulicas de drenaje concernientes a evacuar las aguas de escorrentías y superficiales y el establecimiento del NAME de la Vía Talaigua Nuevo – Talaigua Viejo, Municipio de Talaigua Nuevo - Bolívar, se deben plantear los siguientes alcances.

- ✓ Conocer las condiciones geográficas y ambientales de la zona de estudio como son el clima, los suelos y la geología.

- ✓ Realizar un adecuado análisis hidrológico el cual conlleva a la estimación del caudal de diseño teniendo como base el modelo hidrológico de la lluvia-escorrentía para cuencas pequeñas (<= 2.5 Km2), el cual tiene como variables hidrológicas la intensidad y el período de retorno; y como variables locales el coeficiente de escorrentía, el tiempo de concentración y el factor de reducción; y para cuencas de mayor tamaño (> 2.5 Km2)se utilizarán metodologías como el hidrograma adimensional y el hidrograma unitario.

- ✓ Diseñar todas las estructuras de drenaje como son las captaciones laterales y transversales tomando como base modelos hidráulicos como el de Manning-Strickler para flujo uniforme.

- ✓ Establecer para distintos periodos de retorno los niveles máximos de inundación a partir de información histórica del IDEAM.

4. CÓDIGOS Y NORMATIVIDAD APLICABLE

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

- INVIAS, MANUAL DE DRENAJE DE CARRETERAS.
- HIDROLOGÍA URBANA
- RES 0330 DE 2017
- DRENAJE URBANO - ECI.

Oficina Cra 2 No 15-50 Celular 3043690078
Email ing.benjaminbuelvas@hotmail.com, ing.benjaminbuelvas@gmail.com
Santa Cruz de Mompox - Bolívar

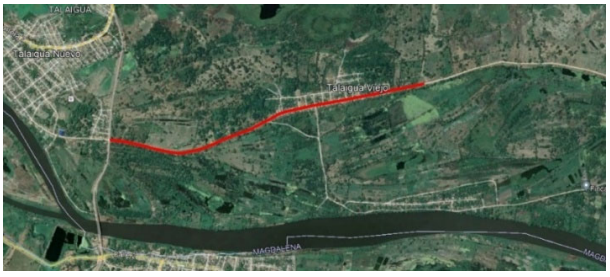
5. LOCALIZACIÓN GENERAL DEL PROYECTO

El proyecto es la localizado en la zona rural de la zona rural, del Municipio de Talaigua Nuevo - Bolívar, esta Vía Talaigua Nuevo – El Peñón.

Localización del Municipio de Talaigua Nuevo - Bolívar



- Tramo 1: PR0+000 – PR2+500 Vía Talaigua Nuevo Talaigua Viejo jurisdicción del Municipio de Talaigua Nuevo – Bolívar.



GEORREFERENCIACIÓN VÍA TALAIGUA NUEVO - EL PEÑON DE DURAN, MUNICIPIO DE TALAIGUA NUEVO - BOLIVAR					
N	Nombre	Progresiva (km)	Cota Absoluta (m.s.n.m.)	Norte	Este
1	INICIO DE TRAMO -TRAMO DE CON BERMA (MD)	0+000.000	19.424	1521394.973	945863.447
2	FIN DE TRAMO A INTERVENIR (MD)	3+400.00	17.300	1521735.422	943445.308

Oficina Cra 2 No 15-50 Celular 3043690078
Email ing.benjaminbuelvas@hotmail.com, ing.benjaminbuelvas@gmail.com
Santa Cruz de Mompox - Bolívar

6. ESTUDIO DE LOS CUERPOS DE AGUA DE LA ZONA Y SU INFLUENCIA EN EL PROYECTO

El proyecto se encuentra ubicado a la margen de rio Magdalena (Brazo de Mompox) el cual aumenta su nivel de caudal en tiempo de invierno provocando inundaciones en zonas aledañas, por efectos del cambio climático y la dinámica de fluvial del brazo Mompos y las ciénagas aledañas:



Oficina Cra 2 No 15-50 Celular 3043690078
Email ing.benjaminbuelvas@hotmail.com, ing.benjaminbuelvas@gmail.com
Santa Cruz de Mompox - Bolívar

7. ESTUDIO DE DRENAJE TRANSVERSAL Y DRENAJE SUPERFICIAL DE LA CALZADA

7.1 Metodología

La metodología a utilizar para los estudios de hidrología e hidráulica es la siguiente.

- ✓ **Información preliminar.** Esta información consiste en aquella extraída directamente de los estudios de campo como son la topografía, estudios de suelos, como la generada tales como el diseño geométrico de la vía y la suministrada por entidades de orden nacional como la del IGAC, IDEAM y del orden privado.

- ✓ **Análisis hidrológico.** De acuerdo al tamaño de cada cuenca se establece la metodología a utilizar para estimar el caudal de diseño de cada estructura hidráulica. Si el tamaño de la cuenca es pequeño, es decir, menor a 2.5 Km2 se utiliza el método racional para la estimación de los caudales, si es mayor, se utilizan las metodologías del hidrograma adimensional y del unitario triangular.

- ✓ **Diseño hidráulico.** Con el caudal estimado se procede a dimensionar las estructuras de drenaje que se necesiten.

PARTE I

7.2 Diseño del Drenaje Superficial de la Vía

7.2.1 Objetivo del drenaje de la vía

El drenaje de la vía tiene como principal objetivo reducir al máximo posible la cantidad de agua que llega a la vía y darle salida rápida de tal manera que no destruya progresivamente la capa de rodadura de la vía y su cimentación.

Consideraciones a tener en cuenta para lograr un buen drenaje:

Oficina Cra 2 No 15-50 Celular 3043690078
Email ing.benjaminbuelvas@hotmail.com, ing.benjaminbuelvas@gmail.com
Santa Cruz de Mompox - Bolívar

- El agua no debe circular en cantidades excesivas por la superficie de rodadura formando charcos y baches.

- Evitar que el agua de las cunetas humedezca los terraplenes originando asentamientos en la corona de la vía.

- Evitar que los taludes de los cortes en los suelos no cohesivos se saturen con peligro de derrumbes y deslizamientos de la banca.

- Impedir que el agua de los arroyos y hondonadas sean remansadas por los terraplenes con el peligro de erosión y arrastre de sedimentos.

- Evitar que las aguas subterráneas reblandezcan la cimentación del pavimento.

7.2.2 Determinación de la Intensidad de la lluvia (mm/h) en la zona del proyecto

7.2.2.1 Identificación de la Estación Meteorológica representativa. Serie histórica de la Precipitación.

Consultar en el IDEAM los registros históricos de la precipitación máxima registrada en veinticuatro (24) horas en la estación meteorológica representativa más cercana a la ubicación del proyecto.

La estación meteorológica puede corresponder a una Estación Pluviométrica dotada de un pluviómetro o recipiente que permite medir la cantidad de lluvia caída entre dos observaciones consecutivas.

Si la estación no cuenta con dichos registros, se obtendrán los registros históricos de la precipitación diaria medidos en la estación meteorológica representativa de la zona del proyecto o de estaciones meteorológicas de la zona del proyecto que más se asemejen a las condiciones climatológicas del sitio del proyecto.

Identificar, para cada año de la serie histórica, el valor máximo de precipitación registrado en veinticuatro (24) horas. Es decir, establecer el valor de la precipitación del día más lluvioso de dicho año.

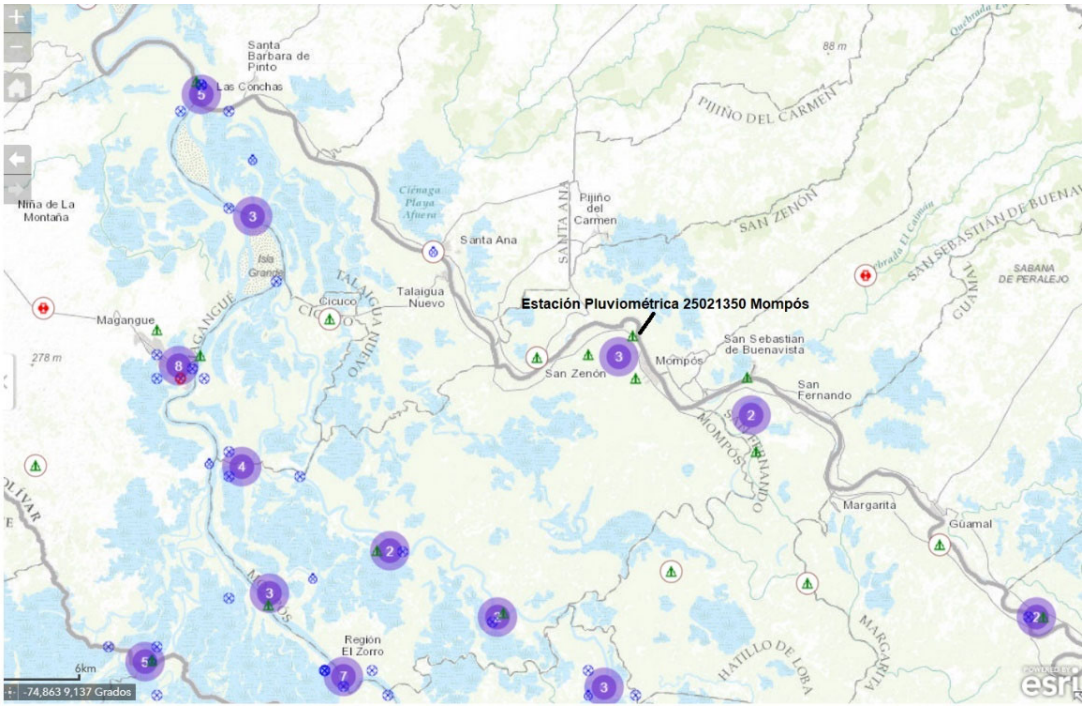
Para el diseño de las obras de drenaje de la vía la información hidrológica para la realización del presente estudio correspondiente pertenece a la estación pluviométrica 25021350 Mompóx ubicada Latitud 9°15'46.0"N; Longitud 74°26'8.0"W; . (ANEXO 1).

Estación Pluviométrica

Oficina Cra 2 No 15-50 Celular 3043690078
Email ing.benjaminbuelvas@hotmail.com, ing.benjaminbuelvas@gmail.com
Santa Cruz de Mompox - Bolívar

CODIGO: 25021350 ESTACIÓN: Mompos ubicada Latitud 9°15'46.0"N; Longitud 74°26'8.0"W.

Ubicación geográfica de la estación pluviométrica 25021350 de Mompos.



7.3 Análisis hidrológico

7.3.1 Estimación de Caudal por El Método Racional

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

Oficina Cra 2 No 15-50 Celular 3043690078
Email ing.benjaminbuelvas@hotmail.com, ing.benjaminbuelvas@gmail.com
Santa Cruz de Mompox - Bolívar

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

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

$$Q = 0.00278 * C * I * A$$

Donde Q es el caudal en m^3/s,

- C es el coeficiente de escorrentía que depende las pendientes, el tipo y uso del suelo.
- A es el área de drenaje de la cuenca en Ha
- I es la intensidad en mm/hr
- 0.00278 corresponde al factor de conversión de unidades.

Esta metodología establece que el caudal pico ocurre cuando toda el área contribuye al flujo y la intensidad de la lluvia es uniforme en un tiempo igual al tiempo de concentración de la hoya (o microcuenca, en este caso) (H. Rodríguez, 2013).

El coeficiente de escorrentía es la relación entre la tasa pico de escorrentía directa y la intensidad de la precipitación en un período de tiempo dado (Chow, 1994). La selección de este coeficiente en general se realizar de acuerdo con las coberturas del suelo. Este valor también se puede calcular para una lluvia de características conocidas, siempre y cuando se conozca la respuesta de la hoya en términos del caudal de escorrentía superficial (Monsalve, 2004).

7.3.2 Precipitación de diseño

Una precipitación de diseño es un patrón de precipitación definido para utilizarse en el diseño de un sistema hidrológico. Usualmente la tormenta de diseño conforma la entrada al sistema, y los caudales resultantes a través de este se calculan utilizando procedimientos de lluvia — escorrentía y tránsito de caudales. Una precipitación de diseño puede definirse mediante un valor de profundidad de lluvia en un punto, mediante un hietograma de diseño que especifique la

Oficina Cra 2 No 15-50 Celular 3043690078
Email ing.benjaminbuelvas@hotmail.com, ing.benjaminbuelvas@gmail.com
Santa Cruz de Mompox - Bolívar

distribución temporal de la precipitación, o mediante un mapa de isoyetas que especifique el patrón espacial de la precipitación.

Se selecciona la estación más cerca al área del proyecto del catálogo de estaciones climatológicas del IDEAM, encontrándose que la estación pluviométrica 25021350 Mompóx ubicada Latitud 9°15'46.0"N; Longitud 74°26'8.0"W;, es la más cercana a la zona del proyecto.

7.3.3 Periodo de retorno

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

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

Siguiendo las indicaciones establecidas por el INVIAS (2009, 2013) se recomiendan unos periodos de retorno para diferentes obras de drenaje vial, las cuales se relacionan en la Tabla 1.

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

Tabla 1: Periodos de retorno para el diseño de obras de drenaje Fuente: Guía de Diseño de Pavimentos con Placa-huella (2015).

El período de retorno de diseño debe determinarse de acuerdo con la importancia de las áreas y con los daños, perjuicios o molestias que las inundaciones periódicas puedan ocasionar a los

Oficina Cra 2 No 15-50 Celular 3043690078
Email ing.benjaminbuelvas@hotmail.com, ing.benjaminbuelvas@gmail.com
Santa Cruz de Mompox - Bolívar

habitantes, tráfico vehicular. La selección del período de diseño está asociada entonces con las características de protección e importancia del área de estudio. Para el drenaje vial se escogió un periodo de retorno de 5 años (Diseño hidráulico de cunetas).

7.3.4 INTENSIDAD DE DISEÑO

Con base a la curva IDF de la Estación Pluviométrica Estación Pluviométrica CODIGO: 2502509 estación pluviométrica 25021350 Mompóx ubicada Latitud 9°15'46.0"N; Longitud 74°26'8.0"W.

Para determinar la intensidad de la lluvia se puede aplicar la Metodología Simplificada de cálculo de las curvas intensidad – duración – frecuencia indicada en el Manual de Drenaje de Carreteras del INVIAS 2009, en el cual se recomienda la utilización de la precipitación máxima promedio anual en 24 horas y aplicar la expresión que a continuación se indica:

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

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. Estos parámetros dependen de la región del país donde está ubicada la estación meteorológica. Las regiones y los valores de los parámetros se muestran en la tabla 1 y su ubicación en la figura.1.

Oficina Cra 2 No 15-50 Celular 3043690078
Email ing.benjaminbuelvas@hotmail.com, ing.benjaminbuelvas@gmail.com
Santa Cruz de Mompox - Bolívar

REGIÓN		a	b	c	d
Andina	(R1)	0.94	0.18	0.66	0.83
Caribe	(R2)	24.85	0.22	0.5	0.1
Pacífico	(R3)	13.92	0.19	0.58	0.2
Orinoquía	(R4)	5.53	0.17	0.63	0.42

Tabla 1 Parámetros según regiones del país / Valores obtenidos del Manual de Drenaje para carreteras del INV- 2009.

Oficina Cra 2 No 15-50 Celular 3043690078
Email ing.benjaminbuelvas@hotmail.com, ing.benjaminbuelvas@gmail.com
Santa Cruz de Mompox - Bolívar

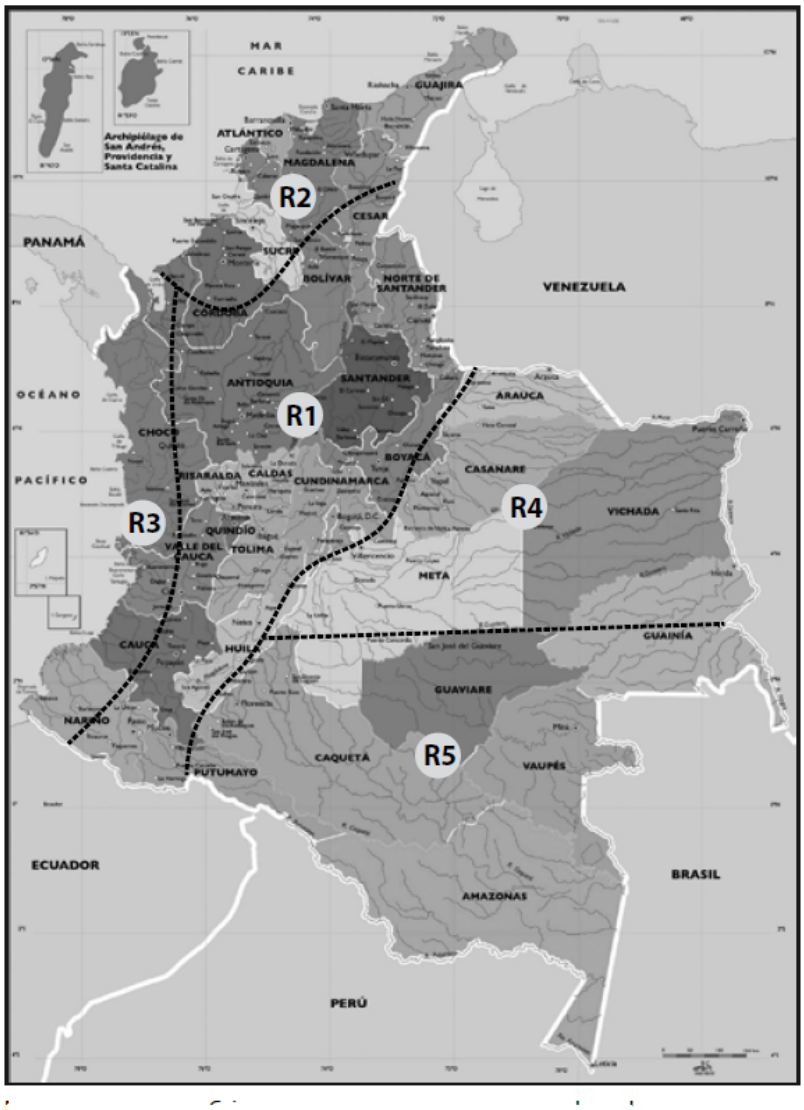


Figura 1 Regiones en Colombia para definición de parámetros a, b, c y d.(Regiones adoptadas del Manual de drenaje de carreteras INV-_gura 2.13

Oficina Cra 2 No 15-50 Celular 3043690078
Email ing.benjaminbuelvas@hotmail.com, ing.benjaminbuelvas@gmail.com
Santa Cruz de Mompox - Bolívar

Tabla 2 Datos de precipitación CODIGO: 2502509 Estación Pluviométrica 25021350 Mompóx, ubicada Latitud 9°15'46.0"N; Longitud 74°26'8.0"W

Precipitación máxima en 24 horas Estación Meteorológica 25021350 Mompox
LATITUD 0915 N; LONGITUD 7426 W; ELEVACION 0020 m.s.n.m

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	MAXIMO ANUAL
1981										82.0	70.0	14.0	82.0
1982	23.0	3.0	15.0	36.0	65.0	48.0	48.0	51.0	62.0	54.0	12.0	2.0	65.0
1983	0.0	2.0	26.0	57.0	58.0	37.0	40.0	25.0	46.0	80.0	46.0	7.0	80.0
1984	5.0	0.0	34.0	72.0	95.0	60.0	25.0	44.0	99.0	169.0	51.0	5.0	169.0
1985	0.0	11.0	0.0	66.0	90.0	60.0	40.0	43.0	45.0	69.0	89.0	24.0	90.0
1986	1.3	48.0	16.0	60.0	35.0	7.8	92.0	15.0	12.4	88.0	36.4	152.0	152.0
1987	28.0	33.0	16.0	67.0	102.0	33.0	41.0	66.0	22.0	106.0	23.0	0.0	106.0
1988	0.0	0.0	65.0	58.0	51.0	57.0	39.0	25.0	38.0	81.0	35.0	83.0	83.0
1989	1.0	25.0	5.0	56.0	38.0	90.0	106.0	47.0	60.0	56.0	25.0	0.0	106.0
1990	0.0	0.0	17.0	10.0	152.0	48.0	84.0	37.0	45.0	40.0	52.0	118.0	152.0
1991	0.0	11.0	8.9	34.0	32.0	50.0	30.7	64.0	43.0	75.0	5.6	26.0	75.0
1992	12.0	17.0	28.0	36.8	82.0	72.0	18.0	36.0	121.0	82.0	90.0	40.0	121.0
1993	0.0	18.0	0.0	90.0	32.0	59.0	42.0	78.0	74.0	114.0	63.0	43.7	114.0
1994	0.0	4.6	12.3	2.0	61.4	19.4	32.5	90.0	82.0	84.0	51.0		90.0
1995	0.0	33.0	21.3	84.0	42.0	37.0	23.8	93.7	44.7	49.2	19.0	144.0	144.0
1996	0.0	0.0	3.0	32.5	91.0	13.5	18.0	32.0	32.0	39.5	33.0	26.0	91.0
1997	0.0	2.0	2.4	104.5	68.0	43.5	36.3	89.7	25.5	81.4	21.5	29.0	104.5
1998	4.0	4.0	46.0	18.5	62.0	26.3	37.0	44.3	80.4	17.8	38.0	34.3	80.4
1999	9.0	4.3	23.8	59.4	38.8	39.2	22.3	27.7	75.8	53.5	46.3	17.5	75.8
2000	0.0	10.0	3.7	26.1	53.0	107.8	70.5	47.0	69.2	67.0	66.8	51.8	107.8
2001	36.0	2.5	23.6	23.3	94.2	73.3	45.2	29.5	66.0	56.5	48.4	36.3	94.2
2002	9.0	1.5	41.7	48.0	45.5	30.8	39.5	8.0	51.5	32.7	75.7	9.0	75.7
2003	0.0	20.3	49.6	18.3	114.4	54.0	47.0	72.7	119.0	38.9	13.0	51.5	119.0
2004	26.8	5.8	71.5	82.0	47.3	96.7	95.5						96.7
2005	15.2	16.0	2.8	46.4	80.8	121.8	65.7	34.3	66.0	103.0	11.2	20.5	121.8
2006	30.0	0.0	14.0	1.5	110.6	5.3	44.2	47.6	67.0	43.6	24.5	49.3	110.6
2007	0.0	1.5	12.0	45.0	131.0	80.5	28.8	41.0	37.0	26.6	31.0	13.8	131.0
2008	5.0	5.0	1.9	30.5	53.7	134.8	17.0	17.8	52.6	98.5	36.9	22.2	134.8
2009					47.0	135.5	100.4	29.9	48.0	72.0			135.5
2010	51.0	0.0	40.2	36.6	55.8	61.7	24.3	102.8	37.7	69.2	133.5	106.5	133.5
2011	34.2	0.5	66.1	53.8	41.1	74.7	28.6	25.9	66.4	93.5	50.2	99.6	99.6
2012	0.0	0.0	3.2	33.0	104.5	63.5	56.4	126.9	32.7	85.5	36.7	89.7	126.9
2013	0.0	10.8	70.0	16.8	46.5	35.8	30.0	73.7	48.0	60.7	68.4	9.1	73.7
2014	10.5	0.0	59.6	19.6	62.7	47.3	60.1	18.7	29.7	16.2	24.1	24.1	62.7
2015	0.0	9.2	14.0	44.4	77.3	60.8	70.8	95.3	60.0	37.5	56.1	27.2	95.3
2016	27.4	2.5	63.5	52.5	87.5	118.5	64.0	49.3	75.3	37.2	50.4	35.6	118.5
2017	1.3	9.6	7.4	64.7	45.8	52.3	69.2	48.1	12.8	30.2	39.1	20.9	69.2
2018	0.0	4.0	55.9	32.0	82.6	53.5	122.7	45.6	93.5	95.8	22.0	86.5	122.7
2019	54.1	18.3	0.0	21.5	24.9	32.2	8.2	66.6	42.5	39.3	48.6	66.5	66.6
2020	5.8	0.0	17.5	47.3	40.1	30.5	31.7 3	48.5	85.1	54.8		0.0	85.1
2021	8.8	1.8	0.0	29.9	38.6	66.4	65.5	27.7	42.1	58.0	90.8	25.9	90.8
2022	7.2	1.8	61.5										61.5
MEDIOS	10.1	8.4	25.5	44.0	67.0	58.5	49.5	50.4	56.7	66.0	45.6	42.4	102.7
MAXIMOS	54.1	48.0	71.5	104.5	152.0	135.5	122.7	126.9	121.0	169.0	133.5	152.0	169.0
MINIMOS	0.0	0.0	0.0	1.5	24.9	5.3	8.2	8.0	12.4	16.2	5.6	0.0	0.0

De la Tabla 1, los parámetros de ajuste para le región R2 son los siguientes:

a= 24.85

b= 0.22

c= 0.5

d= 0.1

Oficina Cra 2 No 15-50 Celular 3043690078
Email ing.benjaminbuelvas@hotmail.com, ing.benjaminbuelvas@gmail.com
Santa Cruz de Mompox - Bolívar

Y el valor de la Precipitación Máxima Promedio anual en 24 h a nivel multianual es igual a 102.70 mm, tal como se muestra en la Tabla 2.

La ecuación resultante para el cálculo de la Intensidad en función de los parámetros de ajuste es la siguiente:

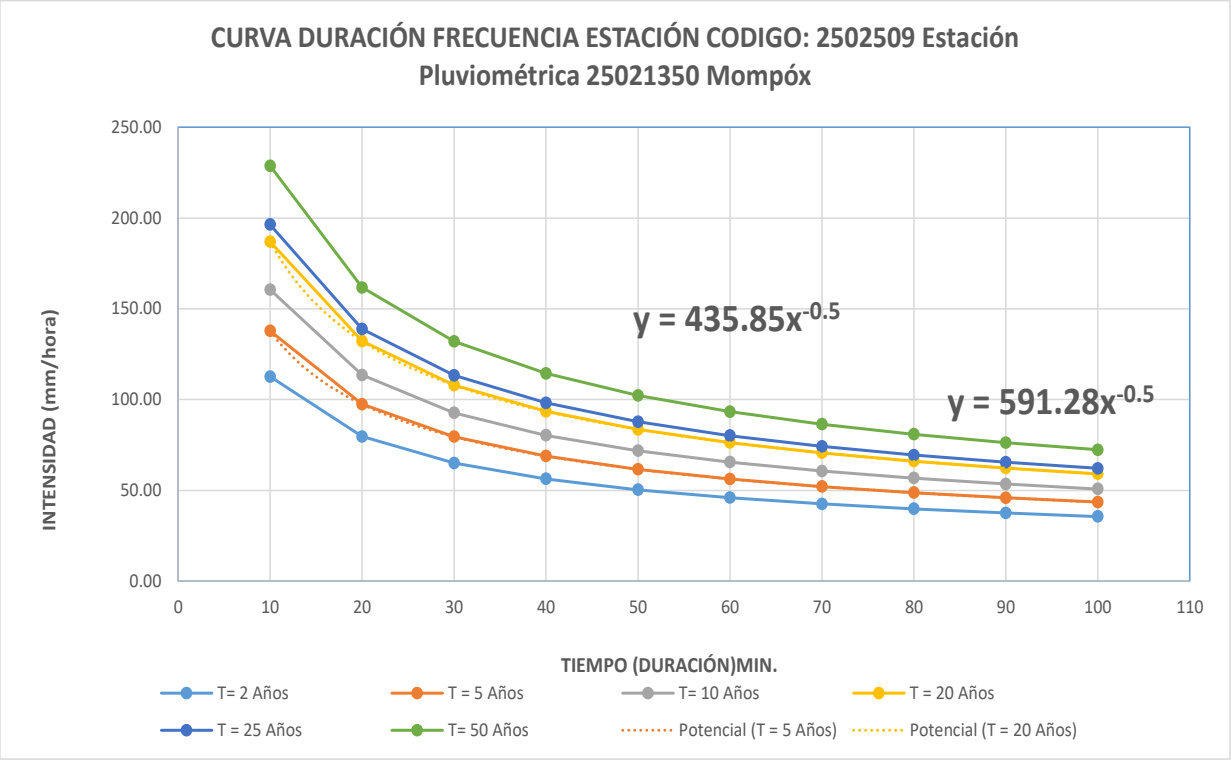
$$i = \frac{24.85\ x\ T^{0.22}\ x\ M^{0.1}}{\sqrt{\frac{t}{60}}}$$

Aplicando los valores del Periodo de Retorno (T), y la duración (t) se obtiene la Tabla 3 con los valores de la Intensidad (i) con los cuales se pueden configurar las curvas I-D-F, tal como se muestra a continuación en la Figura 2.

Duración (min)	Período de Retorno (años)					
	2	5	10	20	25	50
10	112.67	137.83	160.53	186.98	196.39	228.74
20	79.67	97.46	113.51	132.21	138.87	161.74
30	65.05	79.58	92.68	107.95	113.38	132.06
40	56.33	68.91	80.27	93.49	98.19	114.37
50	50.39	61.64	71.79	83.62	87.83	102.29
60	46.00	56.27	65.54	76.33	80.17	93.38
70	42.58	52.09	60.68	70.67	74.23	86.45
80	39.83	48.73	56.76	66.11	69.43	80.87
90	37.56	45.94	53.51	62.33	65.46	76.25
100	35.63	43.59	50.76	59.13	62.10	72.33

Tabla 3 Valores de la Intensidad (i) en mm/horas calculadas para generar las curvas I-D-F.

Oficina Cra 2 No 15-50 Celular 3043690078
Email ing.benjaminbuelvas@hotmail.com, ing.benjaminbuelvas@gmail.com
Santa Cruz de Mompox - Bolívar



Ecuación Para Diseño de Cunetas

PERIODO DE RETORNO EN AÑOS	ECUACION
5	$I = 435.85 * T_C{}^{-0.5}$

Ecuación Para Diseño de Box - Culvert

PERIODO DE RETORNO (AÑOS)	ECUACIÓN
20	$I = 591.28 * T_C{}^{-0.5}$

Oficina Cra 2 No 15-50 Celular 3043690078
Email ing.benjaminbuelvas@hotmail.com, ing.benjaminbuelvas@gmail.com
Santa Cruz de Mompox - Bolívar

7.3.5 Área de drenaje (a)

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

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

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

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

- Se identificaron las coordenadas del sitio de construcción, con el fin de delimitar la parte de la cuenca que drena hacia ese punto.

7.3.6 Período de retorno de diseño

El período de retorno de diseño para las obras viales se escoge de acuerdo con la Tabla 8, la cual presenta la normatividad según el Manual de Drenaje de Carreteras del INVIAS.

Tabla 3: Periodos de retorno especificados por el INVIAS para obras de drenaje. Fuente: INVIAS (2013)

Oficina Cra 2 No 15-50 Celular 3043690078
Email ing.benjaminbuelvas@hotmail.com, ing.benjaminbuelvas@gmail.com
Santa Cruz de Mompox - Bolívar

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

Según la recomendación del INVIAS (2011) se escoge un periodo de retorno de 5 años para el diseño de las obras de drenajes superficiales para la evacuación de las aguas de escorrentías y superficiales del pavimento rígido.

Para el diseño de Box – Culvert el periodo de retorno es de 20 años.

7.3.7 Coeficiente de escorrentía (C)

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

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.

Oficina Cra 2 No 15-50 Celular 3043690078
Email ing.benjaminbuelvas@hotmail.com, ing.benjaminbuelvas@gmail.com
Santa Cruz de Mompox - Bolívar

Tabla 4: Valores del coeficiente de escorrentía en áreas rurales.

VEGETACIÓN Y TOPOGRAFÍA Y	TEXTURA DEL SUELO		
	FRANCO ARENOSO	FRANCO LIMO ARCILLOSO	ARCILLOSO
BOSQUES			
Plano	0.10	0.30	0.40
Ondulado	0.25	0.35	0.50
Montañoso	0.30	0.50	0.60
PASTOS			
Plano	0.10	0.30	0.40
Ondulado	0.16	0.36	0.55
Montañoso	0.22	0.42	0.60
TIERRAS CULTIVADAS			
Plano	0.30	0.50	0.60
Ondulado	0.40	0.60	0.70
Montañoso	0.52	0.72	0.82
Nota: Plano (pendiente 0 - 5%); Ondulado (pendiente 5 - 10%); Montañoso (pendiente 10 - 30%). Para valores mayores al 30 %, a falta de datos, utilizar los valores para pendientes entre el 10 y el 30 %.			

- Para el diseño de las obras de drenajes transversales el coeficiente de escorrentía es de 0.30 m. la vía presenta zonas con pastos en toda su longitud en ambos extremos y el terreno es plano y sus suelos constituidos por suelos limo arcillosos.
- Para el diseño de las obras de drenajes en la superficie de la vía el coeficiente de escorrentía es de 0.90 correspondiente al concreto rígido.

7.3.7 Tiempo de concentración (Tc)

se tomará como mínimo un tiempo de concentración igual a 15 min, con el fin de tener en cuenta el tiempo inicial que tarda el agua en concentrarse en una hoya y no sobreestimar la intensidad de precipitación que resultaría con valores calculados menores a este tiempo de concentración.

7.3.8 Factor de Reducción

En la medida en que las áreas de drenaje consideradas se hacen más grandes, la intensidad media de la lluvia sobre éstas se reduce en razón de la variabilidad espacial del fenómeno de precipitación. En consecuencia, resulta conveniente considerar factores de reducción de la intensidad media de la precipitación en la medida en que el área de drenaje se incremente de la siguiente manera:

Oficina Cra 2 No 15-50 Celular 3043690078
Email ing.benjaminbuelvas@hotmail.com, ing.benjaminbuelvas@gmail.com
Santa Cruz de Mompox - Bolívar

Tabla 2
Factor de Reducción

Área de Drenaje (Has)	Factor de Reducción
<50	1.00
50-100	0.99
100-200	0.95
200-400	0.93
400-800	0.90
800-1600	0.88

FUENTE: REGLAMENTO DEL SECTOR DE AGUA POTABLE Y SANEAMIENTO BÁSICO RAS 2.000. TITULO D

Para nuestro caso el factor de reducción por ser un área de drenaje menor de 50 ha el valor es 1.00.

7.3.9 Caudal de Diseño

Una vez obtenidos todos los datos antes descritos se procede a estimar el caudal de diseño mediante el método racional para cuencas pequeñas (A<2.5 Km2) de la siguiente manera.

$$Q = 0.00278 * F * C * I * A \quad (1)$$

Donde:

Q= Caudal pico (m3/s) para un período de retorno de Tr años.

F= Factor de reducción (adimensional) de la lluvia puntual por área de drenaje.

C= Coeficiente de escorrentía (adimensional) para un período de retorno de Tr años.

I= Intensidad promedio de la lluvia (mm/h) para una duración de lluvia de tc horas y un período de retorno de Tr años.

A= Área de drenaje (Has)

Oficina Cra 2 No 15-50 Celular 3043690078
Email ing.benjaminbuelvas@hotmail.com, ing.benjaminbuelvas@gmail.com
Santa Cruz de Mompox - Bolívar

7.3.10 cálculos hidráulicos de Caudales superficiales para las obras de drenajes a proyectar

La Vía Talaigua Nuevo – Talaigua Viejo presenta del PR0+000 – PR3+400 nueve obras de artes presentan mal estado estructural la cual por determinación de esta consultoría deben remplazar por obras de drenajes nuevas, a las cuales se le realizará su diseño hidráulico, realizando el chequeo a estas obras existentes,

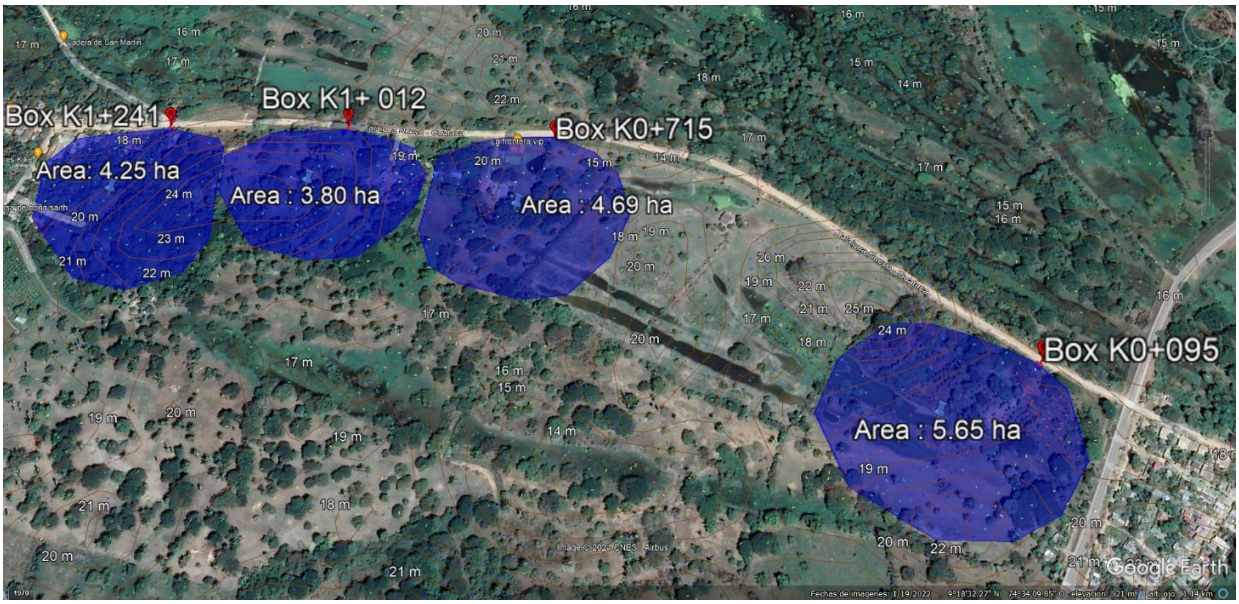
GEORREFERENCIACION DE LAS OBRAS DE DRENAJES EXISTENTES VIA TALAIGUA NUEVO - TALAIGUA VIEJO					
N	Nombre	Progresiva (km)	Cota Absoluta (m.s.n.m.)	Norte	Este
1	INICIO DE TRAMO -TRAMO DE CON BERMA (MD)	0+000.000	19.424	1521394.973	945863.447
2	BOX EXISTENTE (MD)	0+095.507	17.413	1521432.817	945775.925
3	BOX EXISTENTE (MI)	0+751.207	17.417	1521676.072	945181.688
4	BOX EXISTENTE (MD)	1+021.804	16.850	1521655.164	944912.086
5	BOX EXISTENTE (MD)	1+241.142	17.769	1521631.900	944694.524
6	FIN DE TRAMO DE 6 Mts - INICIO TRAMO DE 5.00 Mts (MD)	1+267.623	17.393	1521627.696	944668.379
7	BOX EXISTENTE (MI)	1+649.038	17.005	1521631.217	944289.804
8	BOX EXISTENTE (MD)	1+712.025	16.666	1521639.909	944227.419
9	BOX EXISTENTE (MD)	1+775.866	17.024	1521649.239	944164.263
10	BOX EXISTENTE (MI)	1+943.509	17.340	1521671.089	943998.060
11	BOX EXISTENTE (MD)	2+009.647	16.927	1521679.157	943932.416
12	FIN DE TRAMO A INTERVENIR (MD)	3+400.00	17.300	1521735.422	943445.308

Para el diseño hidráulico de las nueve (9) obras de drenajes se tomarán los siguientes parámetros.

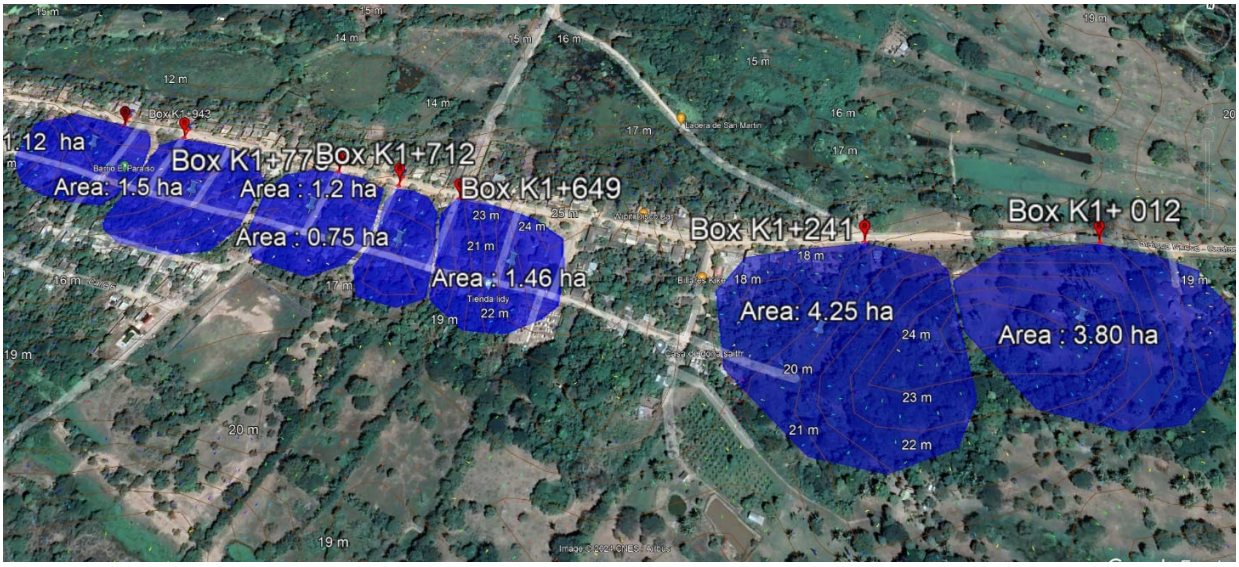
- ✓ Área de drenajes Tramo 1 del PR0+000 – PR3+400 Vía Talaigua – Talaigua Viejo.

Ubicación de nueve obras de drenaje.

Oficina Cra 2 No 15-50 Celular 3043690078
Email ing.benjaminbuelvas@hotmail.com, ing.benjaminbuelvas@gmail.com
Santa Cruz de Mompox - Bolívar



Ubicación de Cinco obras de drenaje



- ✓ **Características Morfométricas**

Oficina Cra 2 No 15-50 Celular 3043690078
Email ing.benjaminbuelvas@hotmail.com, ing.benjaminbuelvas@gmail.com
Santa Cruz de Mompox - Bolívar

No.	Ubicación Vía Santa Rosa - Contadero	UBICACIÓN	A (Ha)	Tc (min)	Tr (años)	I (mm/hr)	F	C	Q (m^3/s)
1	Vía Talaigua Nuevo - El Peñón de Duran	PR0+095.507	5.65	15.00	20.0	152.67	1.0	0.30	**0.72**
2	Vía Talaigua Nuevo - El Peñón de Duran	PR0+751.207	4.69	15.00	20.0	152.67	1.0	0.30	**0.60**
3	Vía Talaigua Nuevo - El Peñón de Duran	PR1+021.804	3.80	15.00	20.0	152.67	1.0	0.30	**0.48**
4	Vía Talaigua Nuevo - El Peñón de Duran	PR1+241.142	4.25	15.00	20.0	152.67	1.0	0.30	**0.54**
5	Vía Talaigua Nuevo - El Peñón de Duran	PR1+649.038	1.46	15.00	20.0	152.67	1.0	0.30	**0.19**
6	Vía Talaigua Nuevo - El Peñón de Duran	PR1+712.025	0.75	15.00	20.0	152.67	1.0	0.30	**0.10**
7	Vía Talaigua Nuevo - El Peñón de Duran	PR1+775.866	1.20	15.00	20.0	152.67	1.0	0.30	**0.15**
8	Vía Talaigua Nuevo - El Peñón de Duran	PR1+943.509	1.50	15.00	20.0	152.67	1.0	0.30	**0.19**
9	Vía Talaigua Nuevo - El Peñón de Duran	PR2+009.647	1.12	15.00	20.0	152.67	1.0	0.30	**0.14**

✓ **Cálculo de Caudales Transversales**

Coeficiente de escorrentía = 0.30.

Tiempo de retorno = 20 años

Tiempo de Concentración = 15 minutos

CALCULO DE CAUDALES DE AGUAS

Q = C * I * A * F

PERIODO DE RETORNO (AÑOS)	ECUACIÓN
20	$I = 591.28 * T_C{}^{-0.5}$

$$Q = 0.00278 * C * I * A$$

CÁLCULO HIDRAULICO DE OBRAS DE ARTES VÍA TALAIGUA NUEVO - EL PEÑON DE DURAN

No.	Ubicación Vía Santa Rosa - Contadero	UBICACIÓN	A (Ha)	Tc (min)	Tr (años)	I (mm/hr)	F	C	Q (m^3/s)
1	Vía Talaigua Nuevo - El Peñón de Duran	PR0+095.507	5.65	15.00	20.0	152.67	1.0	0.30	**0.72**
2	Vía Talaigua Nuevo - El Peñón de Duran	PR0+751.207	4.69	15.00	20.0	152.67	1.0	0.30	**0.60**
3	Vía Talaigua Nuevo - El Peñón de Duran	PR1+021.804	3.80	15.00	20.0	152.67	1.0	0.30	**0.48**
4	Vía Talaigua Nuevo - El Peñón de Duran	PR1+241.142	4.25	15.00	20.0	152.67	1.0	0.30	**0.54**
5	Vía Talaigua Nuevo - El Peñón de Duran	PR1+649.038	1.46	15.00	20.0	152.67	1.0	0.30	**0.19**
6	Vía Talaigua Nuevo - El Peñón de Duran	PR1+712.025	0.75	15.00	20.0	152.67	1.0	0.30	**0.10**
7	Vía Talaigua Nuevo - El Peñón de Duran	PR1+775.866	1.20	15.00	20.0	152.67	1.0	0.30	**0.15**
8	Vía Talaigua Nuevo - El Peñón de Duran	PR1+943.509	1.50	15.00	20.0	152.67	1.0	0.30	**0.19**
9	Vía Talaigua Nuevo - El Peñón de Duran	PR2+009.647	1.12	15.00	20.0	152.67	1.0	0.30	**0.14**

Oficina Cra 2 No 15-50 Celular 3043690078
Email ing.benjaminbuelvas@hotmail.com, ing.benjaminbuelvas@gmail.com
Santa Cruz de Mompox - Bolívar

Calculado los caudales de escorrentías transversales de la vía se procede a calcular la capacidad hidráulica de las obras de drenajes proyectadas.

Se propone obra de drenaje box – Culvert de sección de 1 m x 1 m.

CHEQUEO HIDRÁULICO CALCULO CAPACIDAD HIDRAULICA DE OBRAS DE PROYECTADAS

Cálculo Area Mojada (m^2)	$A = b * y$	Cálculo Número de Froud	$F=\frac{V}{\sqrt{g*D}}$
Cálculo Perimetro Mojado (m)	$P = 2 * y + b$		
		Sección	Rectangular
Cálculo de Radio Hidráulico (m)	$R_H = \frac{A}{P}$		
		Gravedad (m/seg2)	9.8
Cálculo de Caudal (m^3/seg)	$Q = \frac{A * R_H^{2/3} * S^{1/2}}{n}$	Coeficiente de Manning	0.013
Revestimiento	Concreto		

No.	#¡REF!	Ubicación	GEORREFERENCIACIÓN		B	H	Area	Perimetro	Radio Hidráulico	Pendiente S (m/m)	Cálculo de la Capacidad hidráulica del diseño del Canal	Cálculo de la Velocidad	Cálculo Numero de Froud	Tipo de Flujo	Capacidad Hidráulica Requerida m3/seg	Observaciones
			Norte	Este	(m)	(m)	(m2)	(m)	(m)		(m3/seg)	(m/seg)				
1	Vía Talaigua Nuevo - El Peñón de Duran	#¡REF!	1521432.82	945775.93	1.000	1.000	1.00	3.00	0.33	0.00870	**3.426**	3.426	1.0940	SUPERCRITICO	**0.71940**	**CUMPLE**
2	Vía Talaigua Nuevo - El Peñón de Duran	#¡REF!	1521676.07	945181.69	1.000	1.000	1.00	3.00	0.33	0.00560	**2.749**	2.749	0.8780	SUBCRITICO	**0.59720**	**CUMPLE**
3	Vía Talaigua Nuevo - El Peñón de Duran	#¡REF!	1521655.16	944912.09	1.000	1.000	1.00	3.00	0.33	0.00560	**2.749**	2.749	0.8780	SUBCRITICO	**0.48380**	**CUMPLE**
4	Vía Talaigua Nuevo - El Peñón de Duran	#¡REF!	1521631.90	944694.52	1.000	1.000	1.00	3.00	0.33	0.00740	**3.160**	3.16	1.0090	SUPERCRITICO	**0.54110**	**CUMPLE**
5	Vía Talaigua Nuevo - El Peñón de Duran	#¡REF!	1521631.22	944289.80	1.000	1.000	1.00	3.00	0.33	0.00720	**3.117**	3.117	0.9960	SUBCRITICO	**0.18590**	**CUMPLE**
6	Vía Talaigua Nuevo - El Peñón de Duran	#¡REF!	1521639.91	944227.42	1.000	1.000	1.00	3.00	0.33	0.01120	**3.888**	3.888	1.2420	SUPERCRITICO	**0.09550**	**CUMPLE**
7	Vía Talaigua Nuevo - El Peñón de Duran	#¡REF!	1521649.24	944164.26	1.000	1.000	1.00	3.00	0.33	0.00960	**3.599**	3.599	1.1500	SUPERCRITICO	**0.15280**	**CUMPLE**
8	Vía Talaigua Nuevo - El Peñón de Duran	#¡REF!	1521671.09	943998.06	1.000	1.000	1.00	3.00	0.33	0.00860	**3.407**	3.407	1.0880	SUPERCRITICO	**0.19100**	**CUMPLE**
9	Vía Talaigua Nuevo - El Peñón de Duran	#¡REF!	1521735.42	943445.31	1.000	1.000	1.00	3.00	0.33	0.00890	**3.465**	3.465	1.1070	SUPERCRITICO	**0.14260**	**CUMPLE**

Oficina Cra 2 No 15-50 Celular 3043690078
Email ing.benjaminbuelvas@hotmail.com, ing.benjaminbuelvas@gmail.com
Santa Cruz de Mompox - Bolívar

- ✓ **Manejo de Agua de escorrentías y superficiales**

Las aguas superficiales y de escorrentías sobre la calzada son encausadas a las obras de artes proyectadas y delimitado por bordillo de 0.15 m y trasportadas a los sitios de descoles.

PARTE II

8.0 Niveles máximos de inundación

8.1 Amenaza de inundación

De acuerdo con el Plan de Gestión de Riesgos Municipal (PGRM) de Talaigua Nuevo de 2020, las inundaciones en esta región son principalmente consecuencia de las temporadas de lluvias, que provocan el aumento del nivel del río Magdalena y sus afluentes, produciendo desbordamientos significativos. Se tiene registro de una inundación notable en el año 1988, que afectó a gran parte del municipio, incluyendo la cabecera y los corregimientos. Posteriormente, se registraron inundaciones importantes en los años 2008, 2010 y 2011, afectando principalmente los barrios 10 de abril, El Campin y varios corregimientos. Estas inundaciones recurrentes subrayan la vulnerabilidad de la región a eventos hidrológicos extremos.

La susceptibilidad a las inundaciones en Talaigua Nuevo y sus zonas rurales se debe a su ubicación dentro de la región de la Depresión Momposina, una zona rodeada por complejos cenagosos y el brazo Mompos del río Magdalena, como se puede observar en la ilustración siguiente. La configuración geográfica de la Depresión Momposina contribuye a la acumulación y desbordamiento de agua durante las temporadas de lluvia, exacerbando el riesgo de inundaciones.

En la zona de influencia del proyecto, las inundaciones se presentan principalmente por el desbordamiento del brazo Mompos del río Magdalena como se puede observar, sin embargo, lo eventos en los años de grandes inundaciones como la ola invernal del año 2010 la inundación proviene de todo el sistema de cuerpos de agua de la depresión Momposina, es decir, el área donde se encuentra el trazado del proyecto recibe agua de todas las direcciones a su alrededor. Para abordar este riesgo, se realizará una evaluación de los niveles máximos del brazo Mompos, estimándolos para distintos periodos de retorno. Esta evaluación se basará en datos obtenidos de las estaciones del IDEAM, y se empleará el análisis de la serie histórica mediante el método de Chow para estimar los niveles máximos de agua, considerando las elevaciones o cotas del terreno y los criterios de ingeniería.

Oficina Cra 2 No 15-50 Celular 3043690078
Email ing.benjaminbuelvas@hotmail.com, ing.benjaminbuelvas@gmail.com
Santa Cruz de Mompox - Bolívar

Ilustración 1. Redes hídricas de la zona de estudio



Fuente: *IGAC*

8.2 Descripción de la cuenca

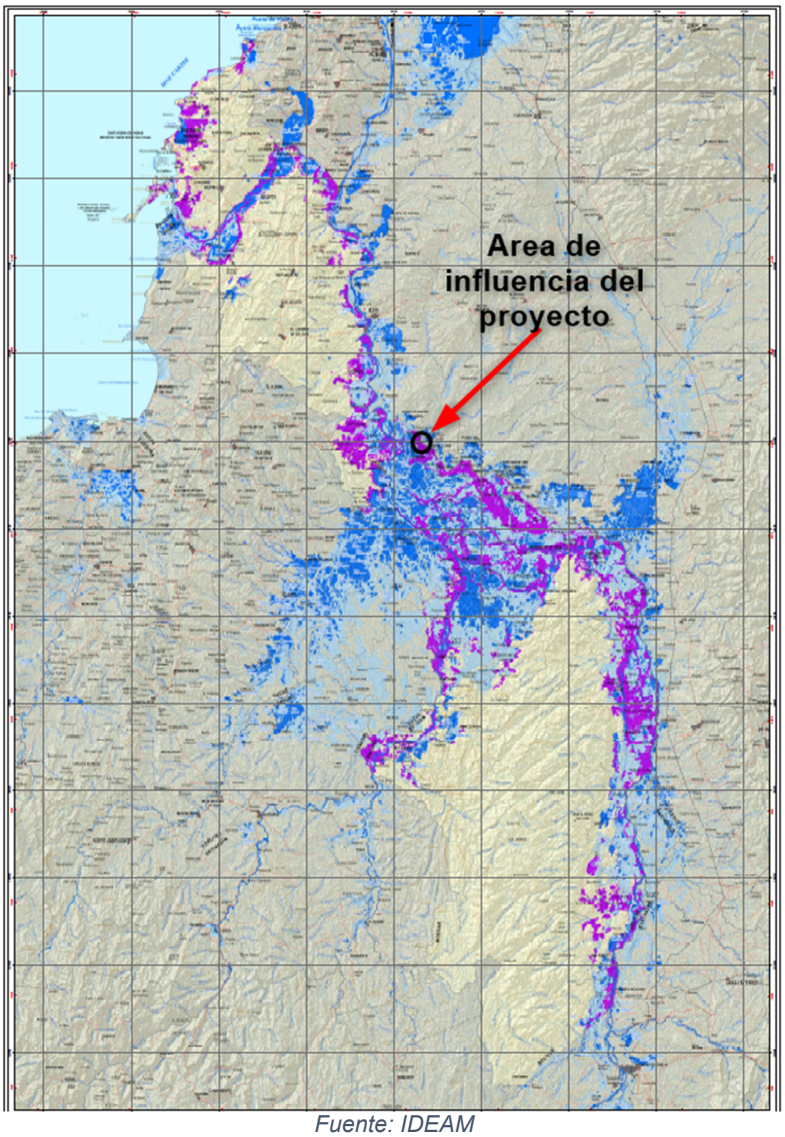
La Mojana es una subregión perteneciente a la región fisiográfica del Caribe, específicamente dentro de la Depresión Momposina, abarcando aproximadamente 450.000 hectáreas. Esta subregión está delimitada al este por el río Cauca, al oeste por el río San Jorge, al norte por el brazo de Loba del río Magdalena, y al sur por las tierras altas de Caucasia. En esta región se encuentra el cono deltaico del río Cauca, que se extiende unos 100 km de largo entre Nechí y Pinillos, y unos 75 km de ancho entre Caimital y Cecilia, siendo atravesado de sur a norte por el río Cauca en su lado oriental. (IGAC).

La vía en estudio está significativamente influenciada por las cuencas del río Magdalena, que inunda la zona debido al desbordamiento de su cauce. Esta vulnerabilidad se debe a que el área del proyecto se encuentra a un nivel más bajo que la ribera del río Magdalena. Los desbordamientos son causados principalmente por el sistema de brazos y ciénagas adyacentes al río, que están en proximidad cercana a la vía en estudio. Esta configuración geográfica y la dinámica fluvial resultan en inundaciones frecuentes, subrayando la necesidad de implementar

Oficina Cra 2 No 15-50 Celular 3043690078
Email ing.benjaminbuelvas@hotmail.com, ing.benjaminbuelvas@gmail.com
Santa Cruz de Mompox - Bolívar

medidas de mitigación efectivas en el diseño del proyecto para asegurar su resiliencia y funcionalidad a largo plazo.

Ilustración 2. Mapa de inundaciones del año 2010



Fuente: IDEAM

Oficina Cra 2 No 15-50 Celular 3043690078
Email ing.benjaminbuelvas@hotmail.com, ing.benjaminbuelvas@gmail.com
Santa Cruz de Mompox - Bolívar

8.3 Análisis de caudales del área de estudio

No se realiza modelación de caudales para este proyecto debido a que una representación precisa de la realidad requiere una gran cantidad de información detallada sobre una extensa área y un profundo entendimiento de los sistemas complejos de cuerpos de agua interconectados. La zona del proyecto está en una planicie influenciada significativamente por las cuencas del río Magdalena y sus sistemas de aguas conectadas, lo que la hace susceptible a inundaciones causadas por el desbordamiento de estos cuerpos de agua. La planicie inundable, caracterizada por estar a un nivel más bajo que la ribera del Magdalena, es vasta y vulnerable. Aunque se dispone de información sobre caudales, la falta de datos precisos sobre la topografía detallada y la complejidad de los cuerpos de agua interconectados hacen que la modelación no sea práctica ni factible dentro del alcance de este proyecto.

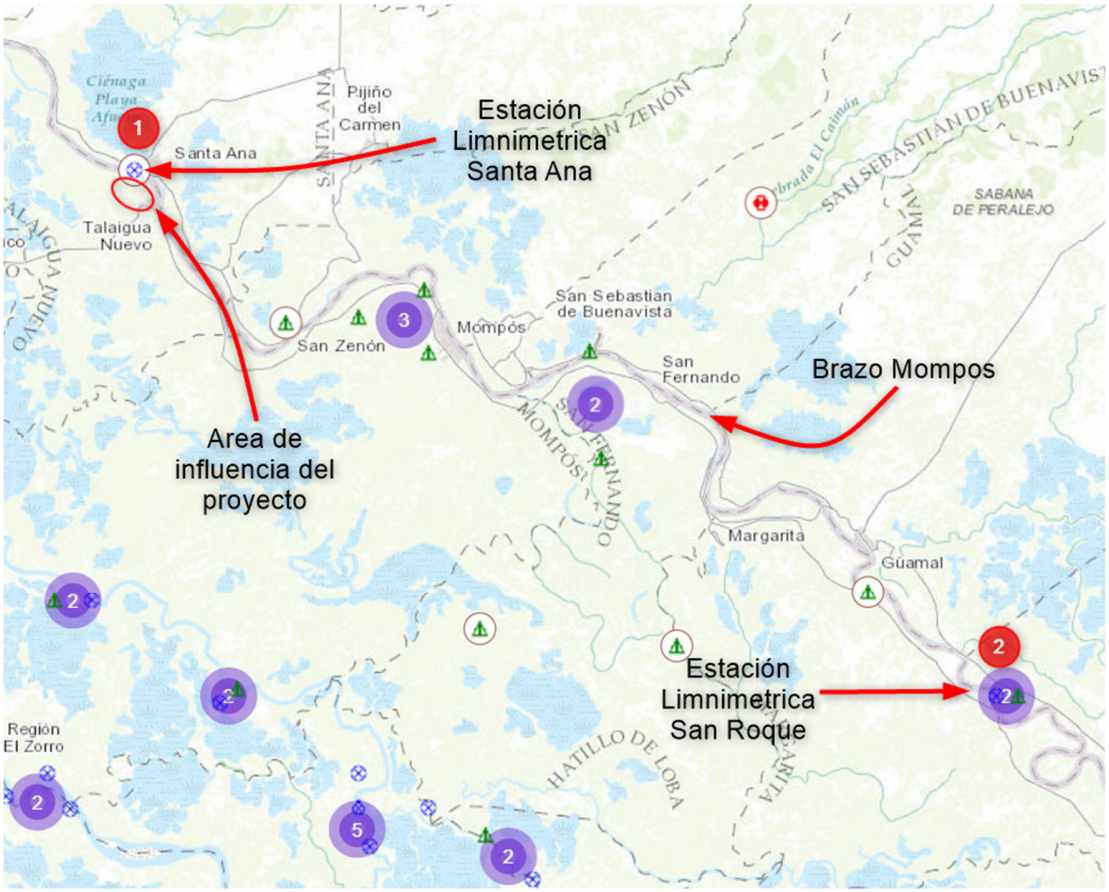
8.4 Análisis de niveles máximos

El análisis se realizará con los datos de la estación limnimétrica Santa Ana (Código 25027370), situada cerca del área del proyecto y que ofrece datos representativos desde 1975 hasta 2023. Esta estación proporciona la información requerida para establecer los niveles máximos de diseño para las estructuras viales proyectadas. Además, se han incorporado los datos de la estación limnimétrica San Roque (Código 25027320), ubicada en el municipio de Margarita en el mismo brazo Mompos, para comparar las variaciones de nivel y complementar la información faltante de la estación Santa Ana durante los meses críticos. de niveles máximos. (Se anexan datos de estaciones IDEAM)

En la siguiente ilustración se observan las estaciones y su relación con el proyecto respecto a su ubicación e influencia, razón por la cual se tomó la información de la estación Santa Ana por representar más la zona de estudio.

Oficina Cra 2 No 15-50 Celular 3043690078
Email ing.benjaminbuelvas@hotmail.com, ing.benjaminbuelvas@gmail.com
Santa Cruz de Mompox - Bolívar

Ilustración 3. Estaciones limnimetricas de la zona de estudio



Fuente: IDEAM

Los datos tomados y ajustados de la estación Santa Ana se muestran en la Tabla 1

Tabla 1. Serie histórica de niveles máximos

AÑO	ENE.	FEB.	MAR.	ABR.	MAY.	JUN.	JUL.	AGO.	SET.	OCT.	NOV.	DIC.	MÁX
1975	537,0	345,0	443,0	390,0	508,0	521,0	546,0	539,0	630,0	698,0	774,0	764,0	774,0
1976	677,0	450,0	480,0	510,0	541,0	532,0	420,0	380,0	271,0	525,0	595,0	520,0	677,0
1977	348,0	236,0	205,0	360,0	488,0	540,0	446,0	364,0	470,0	590,0	640,0	640,0	640,0

Oficina Cra 2 No 15-50 Celular 3043690078
Email ing.benjaminbuelvas@hotmail.com, ing.benjaminbuelvas@gmail.com
Santa Cruz de Mompox - Bolívar

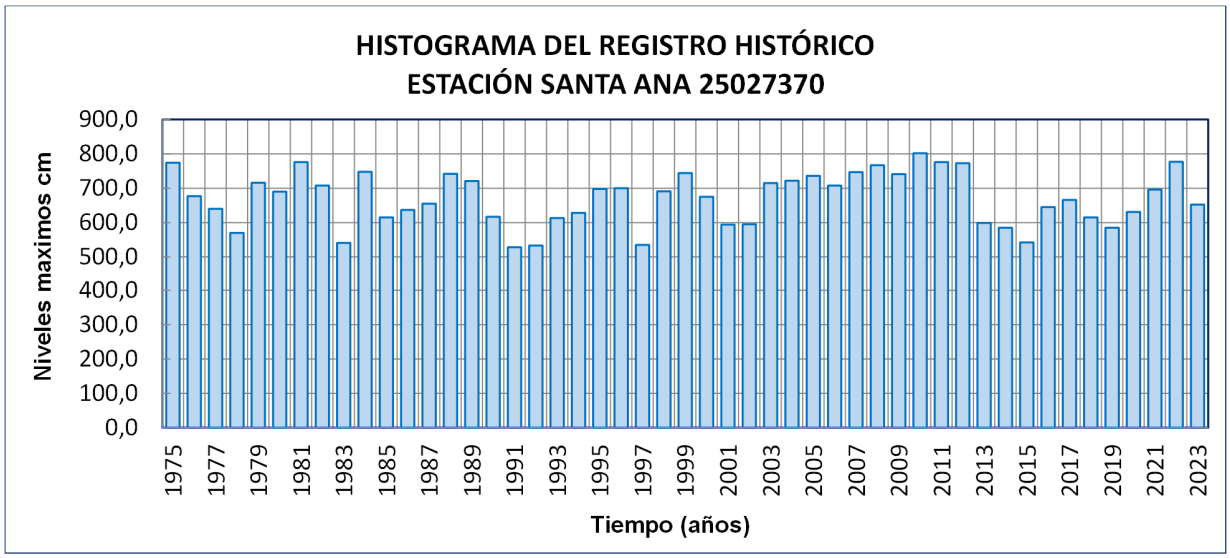
1978	380,0	250,0	243,0	498,0	542,0	552,0	498,0	395,0	443,0	516,0	570,0	564,0	570,0
1979	436,0	280,0	315,0	417,0	499,0	582,7	580,0	405,0	580,0	607,0	708,0	716,0	716,0
1980	690,0	450,0	312,0	350,0	377,0	435,0	383,0	368,0	367,0	510,0	537,0	523,0	690,0
1981	440,0	325,0	352,0	443,0	647,0	776,0	740,0	614,0	574,0	569,0	622,0	640,0	776,0
1982	524,0	431,0	393,0	541,0	673,0	708,0	672,0	508,0	492,0	708,0	553,0	507,0	708,0
1983	408,0	298,0	280,0	478,0	522,0	541,0	424,0	394,0	400,0	473,0	498,0	468,0	541,0
1984	426,0	396,0	400,0	391,0	524,0	586,0	609,0	583,0	605,0	689,0	748,0	748,0	748,0
1985	615,0	398,0	314,0	405,0	479,0	490,0	379,0	440,0	493,0	558,0	600,0	608,0	615,0
1986	430,0	374,0	395,0	505,0	512,0	561,0	521,0	399,0	431,0	608,0	637,0	598,0	637,0
1987	512,0	406,0	369,0	432,0	503,0	509,0	411,0	490,0	466,0	599,0	655,0	648,0	655,0
1988	488,0	394,0	376,0	415,0	431,0	536,0	595,0	613,0	700,0	734,0	739,0	742,0	742,0
1989	721,0	515,0	498,0	492,0	489,0	490,0	476,0	430,0	588,0	626,0	662,0	644,0	721,0
1990	476,0	411,1	394,2	456,0	525,0	503,0	429,0	400,0	400,0	570,0	613,0	617,0	617,0
1991	502,0	411,1	386,0	398,0	484,0	480,0	432,0	416,0	438,0	486,0	528,0	527,0	528,0
1992	400,0	411,1	394,2	468,6	405,0	433,0	364,0	387,0	430,0	533,0	454,0	508,0	533,0
1993	378,0	310,0	370,0	468,6	568,0	585,0	544,5	499,8	500,0	502,0	577,0	613,0	613,0
1994	470,0	411,1	394,2	533,0	607,0	611,0	540,0	435,0	472,0	538,0	612,0	628,0	628,0
1995	590,0	411,1	394,2	456,0	515,0	584,0	565,0	684,0	656,0	666,0	698,0	687,0	698,0
1996	542,1	411,1	394,2	518,0	592,0	665,0	700,0	679,0	605,0	661,0	682,0	672,0	700,0
1997	535,0	411,1	386,0	442,0	450,0	475,0	469,0	400,0	366,0	400,0	480,0	465,0	535,0
1998	341,0	321,0	310,0	480,0	555,0	560,0	530,0	510,0	571,0	606,0	659,0	691,0	691,0
1999	674,0	601,0	510,0	606,0	659,0	673,0	692,0	686,0	677,0	730,0	744,0	741,0	744,0
2000	665,0	404,0	431,0	437,0	490,0	582,7	624,0	623,0	598,0	622,0	675,0	657,0	675,0
2001	594,0	560,0	394,2	468,6	538,1	582,7	544,5	499,8	428,0	501,0	562,0	567,0	594,0
2002	546,0	355,0	384,0	509,0	520,0	595,0	540,0	400,0	400,0	469,0	560,0	498,0	595,0
2003	420,0	280,0	354,0	353,0	385,0	562,0	548,0	474,0	479,0	577,0	645,0	715,0	715,0
2004	620,0	415,0	394,2	464,0	537,0	537,0	445,0	463,0	523,0	609,0	707,0	722,0	722,0
2005	542,1	411,1	394,2	469,0	534,0	582,0	547,0	460,0	486,0	592,0	730,0	736,0	736,0
2006	698,0	537,0	470,0	548,0	660,0	708,0	679,0	550,0	687,0	536,0	571,0	626,8	708,0
2007	542,1	411,1	394,2	550,0	662,0	716,0	710,0	634,0	656,0	664,0	747,0	744,0	747,0
2008	640,0	487,0	482,0	516,0	600,0	654,0	672,0	674,0	709,0	715,0	752,0	767,0	767,0
2009	741,0	572,0	549,0	584,0	603,0	583,0	583,0	500,0	495,0	476,0	556,0	506,0	741,0
2010	426,0	411,1	390,0	483,0	582,0	638,0	708,0	741,0	746,0	766,0	784,0	802,0	802,0
2011	762,0	566,0	562,0	661,0	764,0	765,0	734,0	674,0	640,0	723,0	755,0	776,0	776,0
2012	773,0	604,0	483,0	599,0	679,0	679,0	515,0	490,0	486,0	551,0	570,0	542,0	773,0
2013	542,1	411,1	394,2	468,6	564,0	576,0	507,0	482,0	515,0	598,0	599,0	591,0	599,0
2014	532,0	411,1	456,0	455,0	529,0	514,0	544,5	499,8	513,6	584,9	577,0	576,0	584,9

Oficina Cra 2 No 15-50 Celular 3043690078
Email ing.benjaminbuelvas@hotmail.com, ing.benjaminbuelvas@gmail.com
Santa Cruz de Mompox - Bolívar

2015	542,1	403,0	376,0	472,0	452,0	457,0	395,0	310,0	270,0	257,0	416,0	412,0	542,1
2016	542,1	411,1	394,2	381,0	538,1	582,7	387,0	375,0	439,0	584,9	628,6	645,0	645,0
2017	605,5	458,0	394,2	468,6	626,0	666,0	654,0	549,0	536,0	557,0	597,0	597,0	666,0
2018	533,5	474,0	335,0	424,0	538,1	506,0	472,0	393,0	459,0	584,9	615,0	606,0	615,0
2019	505,5	324,0	394,2	468,6	505,0	570,0	550,0	408,0	314,5	584,9	533,0	522,5	584,9
2020	393,5	286,0	263,0	298,0	336,0	398,0	468,0	469,0	524,0	545,0	628,6	631,0	631,0
2021	574,5	411,1	455,0	462,0	553,0	614,0	616,0	583,0	693,0	683,0	696,0	695,0	696,0
2022	630,0	411,1	394,2	468,6	538,1	700,0	728,0	722,0	513,6	737,0	752,0	777,0	777,0
2023	652,5	474,0	470,0	499,0	538,1	582,7	544,5	499,8	432,0	439,0	561,0	524,0	652,5
PROM.	542,1	411,1	394,2	468,6	538,1	577,1	544,5	499,8	513,6	584,9	628,6	626,8	670,2
DESV. EST.	112,3	85,9	71,7	69,2	82,7	84,9	106,6	109,8	114,0	97,7	88,2	97,3	76,3
MÁX	773,0	604,0	562,0	661,0	764,0	776,0	740,0	741,0	746,0	766,0	784,0	802,0	802,0
MÍN	341,0	236,0	205,0	298,0	336,0	398,0	364,0	310,0	270,0	257,0	416,0	412,0	528,0
Nº Datos	49	49	49	49	49	49	49	49	49	49	49	49	49

Fuente: IDEAM, modificado por el autor

Ilustración 4. Histograma de niveles máximos anuales



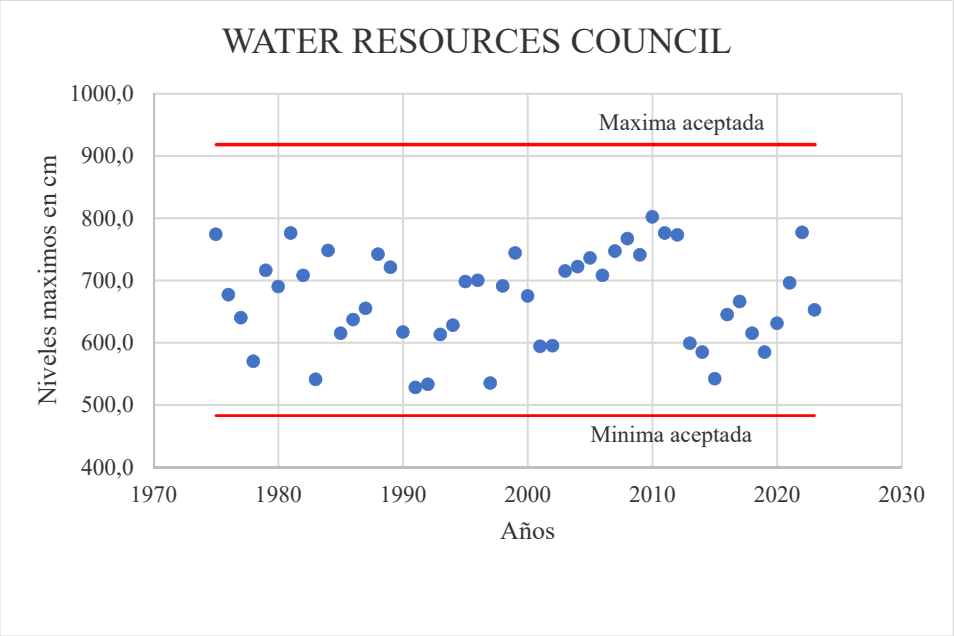
Oficina Cra 2 No 15-50 Celular 3043690078
Email ing.benjaminbuelvas@hotmail.com, ing.benjaminbuelvas@gmail.com
Santa Cruz de Mompox - Bolívar

8.5 Prueba de datos dudosos

Para garantizar la integridad y precisión de los datos hidrológicos utilizados en el estudio, se aplicó la prueba de datos dudosos utilizando el método del Water Resources Council. Este método es una herramienta estadística utilizada para identificar y eliminar datos atípicos o anómalos que podrían detectar los resultados del análisis hidrológico. Mediante la aplicación de esta prueba, se busca asegurar que la serie de datos analizada sea representativa y confiable, permitiendo obtener estimaciones más precisas de los caudales y niveles máximos de agua, fundamentales para el diseño y la evaluación de las estructuras de drenaje y mitigación de inundaciones en el proyecto.

Los resultados de la prueba a estos datos arrojaron que no existen datos dudosos en la serie y que los valores de niveles estarían comprendidos en un rango aceptable entre 482.8 cm y 918.3 cm, lo cual se observa gráficamente para todos los datos en la siguiente gráfica:

Ilustración 5. Prueba de datos dudosos WRC



Oficina Cra 2 No 15-50 Celular 3043690078
Email ing.benjaminbuelvas@hotmail.com, ing.benjaminbuelvas@gmail.com
Santa Cruz de Mompox - Bolívar

8.6 Estudio de probabilidades con el método de Chow

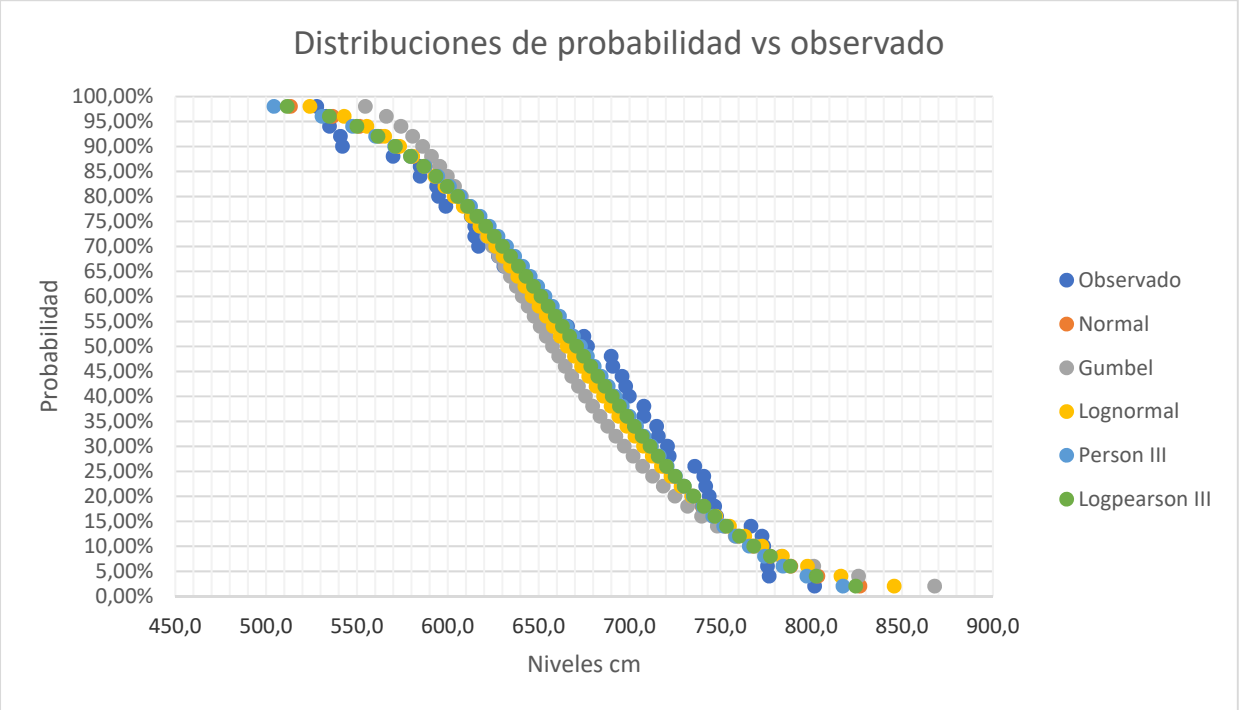
El método de Chow es una técnica estadística utilizada para el cálculo de valores de variables hidrológicas, como alturas máximas anuales en 24 horas, caudales máximos y precipitación máxima anual, así como caudales medios anuales, a partir de una muestra estadística finita. Este método se emplea para determinar la recta de mejor ajuste de los datos históricos, permitiendo la extrapolación de estos datos para estimar valores futuros.

El procedimiento del método de Chow comienza con la recopilación de datos históricos de la variable hidrológica en estudio. Posteriormente, se analizan las características estadísticas de esta muestra, como la media, la desviación estándar y el coeficiente de asimetría. Basándose en estos parámetros, el método aplica diversas distribuciones probabilísticas para encontrar la que mejor se ajusta a los datos. Las distribuciones utilizadas en este método incluyen Gumbel Tipo I, Pearson Tipo III, Normal y Log-normal. (Se anexan los reportes de cálculo de estas distribuciones de probabilidad)

Una vez seleccionada la distribución adecuada, se define una recta de mejor ajuste que representa la relación entre los valores observados y las probabilidades de excedencia. Esta recta permite extrapolar los datos históricos para estimar las probabilidades de ocurrencia de eventos extremos, como niveles máximos y mínimos anuales. Para los datos del proyecto se representan gráficamente las distribuciones de probabilidad en la siguiente gráfica:

Oficina Cra 2 No 15-50 Celular 3043690078
Email ing.benjaminbuelvas@hotmail.com, ing.benjaminbuelvas@gmail.com
Santa Cruz de Mompox - Bolívar

Ilustración 6. Graficas de distribuciones de probabilidad y niveles máximos



8.7 Prueba de bondad de ajuste

En el proyecto de mejoramiento de la vía que comunica la cabecera municipal con el corregimiento de Talaigua Viejo en el municipio de Talaigua Nuevo, departamento de Bolívar, se realizó una evaluación de las distribuciones de probabilidad aplicando la Prueba de Bondad de Ajuste de Kolmogorov-Smirnov (K-S). Este análisis se efectuó con una muestra de n: 49 datos hidrológicos.

La Prueba de K-S es una herramienta estadística que permite comparar una muestra empírica con una distribución teórica, determinando qué tan bien la muestra se ajusta a la distribución propuesta. En este caso, la prueba se aplicó a varias distribuciones de probabilidad para identificar cuál proporciona el mejor ajuste a los datos recolectados.

Oficina Cra 2 No 15-50 Celular 3043690078
Email ing.benjaminbuelvas@hotmail.com, ing.benjaminbuelvas@gmail.com
Santa Cruz de Mompox - Bolívar

Al realizar la prueba con un nivel de confianza del 95%, se determinó que la distribución de Pearson III presenta el mejor ajuste entre las distribuciones evaluadas. Esto significa que, con un alto grado de confianza, se puede afirmar que los datos hidrológicos del proyecto se ajustan mejor a la distribución de Pearson III en comparación con otras distribuciones analizadas.

Tabla 2. Prueba de bondad de ajuste K-S

m	x_m	$F_o(x_m)$	$F(x_m)$ Normal	$\|F_o(x_m)-F(x_m)\|$ Normal	$F(y_m)$ Log - Normal	$\|F_o(y_m)-F(y_m)\|$ Log - Normal	$F(y_m)$ Pearson III	$\|F_o(y_m)-F(y_m)\|$ Pearson III	$F(y_m)$ Log Pearson III	$\|F_o(y_m)-F(y_m)\|$ Log Pearson III	$F(x_m)$ EV I	$\|F_o(x_m)-F(x_m)\|$ EV I
1	802,00	0,980	0,958	0,022	0,945	0,035	0,965	0,015	0,959	0,021	0,941	0,039
2	777,00	0,960	0,919	0,041	0,907	0,053	0,925	0,035	0,919	0,041	0,911	0,049
3	776,00	0,940	0,917	0,023	0,906	0,034	0,923	0,017	0,916	0,024	0,909	0,031
4	776,00	0,920	0,917	0,003	0,906	0,014	0,923	0,003	0,916	0,004	0,909	0,011
5	774,00	0,900	0,913	0,013	0,902	0,002	0,919	0,019	0,912	0,012	0,907	0,007
6	773,00	0,880	0,911	0,031	0,900	0,020	0,917	0,037	0,910	0,030	0,905	0,025
7	767,00	0,860	0,898	0,038	0,888	0,028	0,903	0,043	0,896	0,036	0,895	0,035
8	748,00	0,840	0,846	0,006	0,841	0,001	0,847	0,007	0,843	0,003	0,859	0,019
9	747,00	0,820	0,843	0,023	0,838	0,018	0,843	0,023	0,840	0,020	0,857	0,037
10	744,00	0,800	0,833	0,033	0,830	0,030	0,833	0,033	0,830	0,030	0,850	0,050
11	742,00	0,780	0,827	0,047	0,824	0,044	0,826	0,046	0,823	0,043	0,845	0,065
12	741,00	0,760	0,823	0,063	0,821	0,061	0,822	0,062	0,820	0,060	0,843	0,083
13	736,00	0,740	0,806	0,066	0,805	0,065	0,803	0,063	0,802	0,062	0,830	0,090
14	722,00	0,720	0,751	0,031	0,756	0,036	0,745	0,025	0,746	0,026	0,790	0,070
15	721,00	0,700	0,747	0,047	0,753	0,053	0,741	0,041	0,742	0,042	0,787	0,087
16	716,00	0,680	0,726	0,046	0,733	0,053	0,718	0,038	0,721	0,041	0,771	0,091
17	715,00	0,660	0,721	0,061	0,730	0,070	0,713	0,053	0,716	0,056	0,768	0,108
18	708,00	0,640	0,690	0,050	0,701	0,061	0,680	0,040	0,685	0,045	0,743	0,103
19	708,00	0,620	0,690	0,070	0,701	0,081	0,680	0,060	0,685	0,065	0,743	0,123
20	700,00	0,600	0,652	0,052	0,666	0,066	0,640	0,040	0,647	0,047	0,711	0,111
21	698,00	0,580	0,642	0,062	0,657	0,077	0,630	0,050	0,637	0,057	0,703	0,123
22	696,00	0,560	0,632	0,072	0,648	0,088	0,620	0,060	0,627	0,067	0,695	0,135
23	691,00	0,540	0,607	0,067	0,625	0,085	0,594	0,054	0,602	0,062	0,673	0,133
24	690,00	0,520	0,602	0,082	0,620	0,100	0,589	0,069	0,597	0,077	0,668	0,148
25	677,00	0,500	0,535	0,035	0,557	0,057	0,521	0,021	0,531	0,031	0,606	0,106
26	675,00	0,480	0,525	0,045	0,547	0,067	0,510	0,030	0,521	0,041	0,596	0,116
27	666,00	0,460	0,478	0,018	0,501	0,041	0,463	0,003	0,474	0,014	0,547	0,087

Oficina Cra 2 No 15-50 Celular 3043690078
Email ing.benjaminbuelvas@hotmail.com, ing.benjaminbuelvas@gmail.com
Santa Cruz de Mompox - Bolívar

28	655,00	0,440	0,421	0,019	0,444	0,004	0,406	0,034	0,418	0,022	0,484	0,044
29	652,50	0,420	0,408	0,012	0,431	0,011	0,394	0,026	0,405	0,015	0,469	0,049
30	645,00	0,400	0,370	0,030	0,392	0,008	0,357	0,043	0,368	0,032	0,424	0,024
31	640,00	0,380	0,346	0,034	0,367	0,013	0,333	0,047	0,344	0,036	0,393	0,013
32	637,00	0,360	0,332	0,028	0,352	0,008	0,319	0,041	0,330	0,030	0,375	0,015
33	631,00	0,340	0,304	0,036	0,322	0,018	0,292	0,048	0,302	0,038	0,338	0,002
34	628,00	0,320	0,290	0,030	0,308	0,012	0,279	0,041	0,288	0,032	0,319	0,001
35	617,00	0,300	0,243	0,057	0,256	0,044	0,234	0,066	0,241	0,059	0,253	0,047
36	615,00	0,280	0,235	0,045	0,248	0,032	0,226	0,054	0,233	0,047	0,242	0,038
37	615,00	0,260	0,235	0,025	0,248	0,012	0,226	0,034	0,233	0,027	0,242	0,018
38	613,00	0,240	0,227	0,013	0,239	0,001	0,218	0,022	0,225	0,015	0,230	0,010
39	599,00	0,220	0,175	0,045	0,182	0,038	0,169	0,051	0,173	0,047	0,156	0,064
40	595,00	0,200	0,162	0,038	0,167	0,033	0,156	0,044	0,160	0,040	0,137	0,063
41	594,00	0,180	0,159	0,021	0,163	0,017	0,153	0,027	0,156	0,024	0,132	0,048
42	584,87	0,160	0,132	0,028	0,133	0,027	0,127	0,033	0,128	0,032	0,095	0,065
43	584,87	0,140	0,132	0,008	0,133	0,007	0,127	0,013	0,128	0,012	0,095	0,045
44	570,00	0,120	0,095	0,025	0,091	0,029	0,091	0,029	0,089	0,031	0,048	0,072
45	542,09	0,100	0,047	0,053	0,039	0,061	0,042	0,058	0,038	0,062	0,008	0,092
46	541,00	0,080	0,045	0,035	0,037	0,043	0,041	0,039	0,037	0,043	0,007	0,073
47	535,00	0,060	0,038	0,022	0,030	0,030	0,034	0,026	0,029	0,031	0,004	0,056
48	533,00	0,040	0,036	0,004	0,028	0,012	0,031	0,009	0,027	0,013	0,004	0,036
49	528,00	0,020	0,031	0,011	0,023	0,003	0,026	0,006	0,022	0,002	0,002	0,018
X	670,23											
S	76,31											
CS	-0,226											
n	49	Dmáx		0,082		0,100		0,069		0,077		0,148
a	0,05	Dcritico > Dmax		Si se ajusta		Si se ajusta		Si se ajusta		Si se ajusta		Si se ajusta
Dcritico	0,191	Mejor Ajuste		3		4		1		2		5

Oficina Cra 2 No 15-50 Celular 3043690078
Email ing.benjaminbuelvas@hotmail.com, ing.benjaminbuelvas@gmail.com
Santa Cruz de Mompox - Bolívar

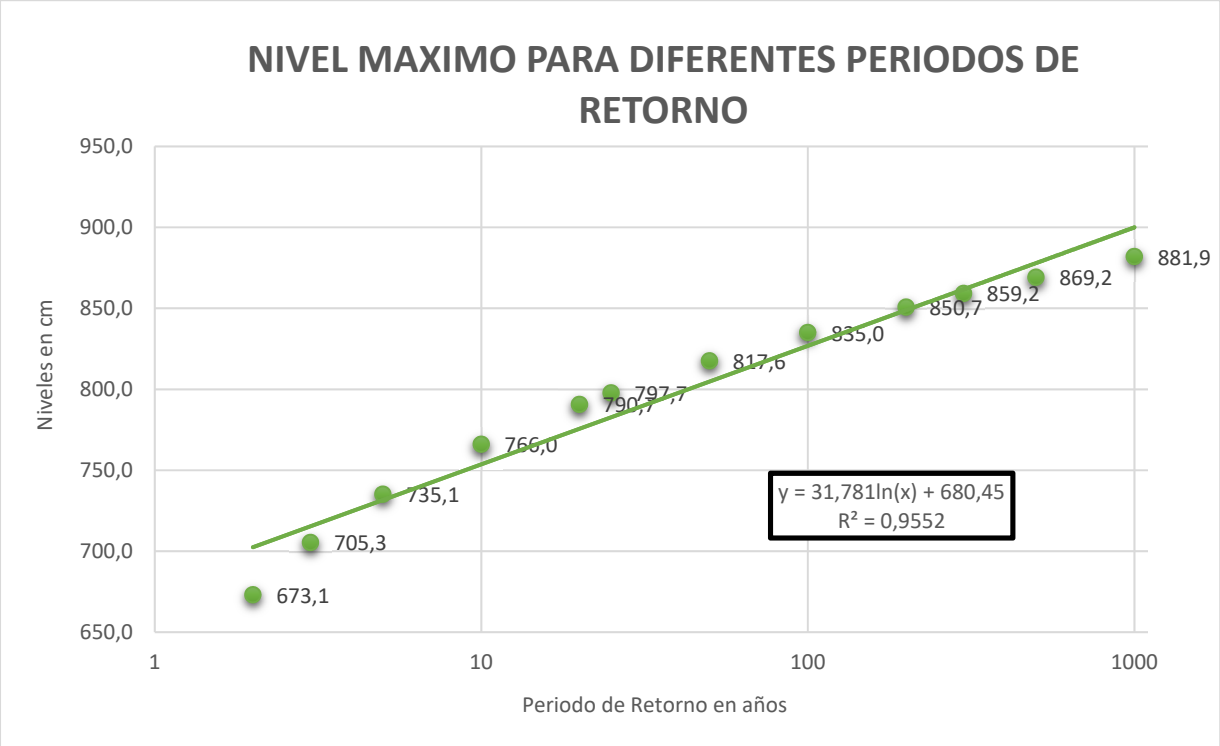
8.8 Niveles máximos para distintos periodos de retorno.

Tabla 3. Determinación de niveles para distintos periodos de retorno y distribuciones de probabilidad

T (años)	P(X≤x T)	DISTRIB. NORMAL		DISTRIB. GUMBELL		DISTRIB. LOGNORMAL			DISTRIB. PEARSON III		DISTRIB. LOG PEARSON III			Nivel Max cm
		K_T	x_T	K_T	x_T	K_T	x_T	10^{x_T}	K_T	x_T	K_T	Xt	10^{x_T}	
2	0,50	0,00	670,23	-0,16	657,70	0,00	2,82	665,86	0,04	673,10	0,07	2,83	671,0	**673,1**
3	0,67	0,43	703,10	0,25	689,60	0,43	2,85	700,12	0,46	705,35	0,48	2,85	704,2	**705,3**
5	0,80	0,84	734,45	0,72	725,13	0,84	2,87	734,44	0,85	735,13	0,85	2,87	735,5	**735,1**
10	0,90	1,28	768,02	1,30	769,78	1,28	2,89	773,05	1,25	765,98	1,23	2,89	768,5	**766,0**
20	0,95	1,64	795,75	1,87	812,61	1,64	2,91	806,47	1,58	790,66	1,52	2,90	795,2	**790,7**
25	0,96	1,75	803,82	2,04	826,19	1,75	2,91	816,47	1,67	797,72	1,61	2,90	802,9	**797,7**
50	0,98	2,05	826,95	2,59	868,05	2,05	2,93	845,80	1,93	817,59	1,84	2,92	824,6	**817,6**
100	0,99	2,33	847,75	3,14	909,59	2,33	2,94	873,09	2,16	835,05	2,03	2,93	843,8	**835,0**
200	1,00	2,58	866,79	3,68	950,98	2,58	2,95	898,83	2,36	850,69	2,21	2,93	860,9	**850,7**
300	1,00	2,71	877,26	4,00	975,15	2,71	2,96	913,31	2,48	859,15	2,30	2,94	870,2	**859,2**
500	1,00	2,88	889,86	4,39	1005,58	2,88	2,97	931,05	2,61	869,21	2,41	2,95	881,3	**869,2**
1000	1,00	3,09	906,04	4,94	1046,86	3,09	2,98	954,33	2,77	881,92	2,54	2,95	895,3	**881,9**

Oficina Cra 2 No 15-50 Celular 3043690078
Email ing.benjaminbuelvas@hotmail.com, ing.benjaminbuelvas@gmail.com
Santa Cruz de Mompox - Bolívar

Ilustración 7. Representación gráfica del mejor ajuste K-S para distintos T



8.8 Periodo de retorno

Para el proyecto de mejoramiento de la vía que comunica la cabecera municipal con el corregimiento de Talaigua Viejo en el municipio de Talaigua Nuevo, departamento de Bolívar, la probabilidad de que ocurra una inundación superior al máximo evento registrado en el año 2010 se calcula utilizando la fórmula de distribución de probabilidad de Weibull. Este método es adecuado para analizar eventos extremos, como inundaciones, a partir de una serie de datos históricos.

En este caso, se cuenta con 49 años de registros históricos de niveles máximos anuales de inundación. La fórmula de Weibull para calcular la probabilidad de excedencia es:

Oficina Cra 2 No 15-50 Celular 3043690078
Email ing.benjaminbuelvas@hotmail.com, ing.benjaminbuelvas@gmail.com
Santa Cruz de Mompox - Bolívar

$$p = \frac{1}{49+1} = 2\%$$

Esto significa que, con base en los datos históricos, la probabilidad de que ocurra una inundación superior al máximo evento registrado en el año 2010 es del 2% en cualquier año dado.

Por lo tanto, se estima que el periodo de retorno es de:

$$T = \frac{1}{p} = \frac{1}{2\%} = 50\ años$$

Sin embargo, para este periodo de retorno la probabilidad de ocurrencia es muy baja, apenas del 2% de probabilidad.

Para la selección del periodo de retorno, se deben considerar varios factores:

1. En primer lugar, se toma en cuenta el impacto del proyecto y el ciclo de vida económico del pavimento, cuyo periodo de diseño es de 20 años.

2. El nivel de riesgo establecido en la matriz de riesgo es medio, en función de la frecuencia y magnitud de los eventos.

3. Se debe considerar el nivel de las viviendas en el corregimiento de Talaigua Viejo, para evitar que queden enterradas con el aumento del terraplén.

4. Un aumento excesivo del terraplén no garantiza una obra efectiva contra las inundaciones, ya que el agua durante las crecidas no proviene de una sola dirección o del desbordamiento del brazo Mompos, que el dique o terraplén pueda mitigar, sino de sus alrededores, debido a la inundación de la región de la Mojana, lo cual escapa del alcance de este proyecto.

Por estos motivos, se define un **periodo de retorno de 20 años**, que equilibra adecuadamente la protección contra eventos de inundación, el nivel de riesgo, la economía del proyecto y la preservación del entorno local.

8.9 Niveles máximos

Oficina Cra 2 No 15-50 Celular 3043690078
Email ing.benjaminbuelvas@hotmail.com, ing.benjaminbuelvas@gmail.com
Santa Cruz de Mompox - Bolívar

Para establecer los niveles máximos, se toma como referencia la cota cero de la estación limnimétrica utilizada para la recopilación de datos. En este caso, la estación limnimétrica Santa Ana tiene una cota cero de 9.72 metros sobre el nivel del mar (m.s.n.m), como se muestra en la ilustración siguiente. Usando esta referencia y considerando un periodo de retorno de 50 años, se determina que la cota máxima de inundación se calcula sumando la altura máxima registrada a la cota cero de la estación.

Ilustración 8. Cota cero de la estación limnimetrica Santa Ana

ESTACION HIDROLOGICA
STA ANA [25027370]

Categoria	Limnigrafica
Coordenadas	Latitud: 9° 19' 12.91" N, Longitud:74° 34' 28.41" W
Altitud	17.995 m.s.n.m
Cota Cero	9.72 m.s.n.m
Zona Hidrografica	Bajo Magdalena
Subzona Hidrografica	Directos Bajo Magdalena entre El Banco y El Plato (md)
Corriente	MAGDALENA(MOMPOX)
Centro Poblado	SANTA ANA
Municipio	SANTA ANA
Departamento	MAGDALENA
Estado	▼ Normal

Fuente: IDEAM

Por lo tanto, el cálculo es:

Nivel máximo para T (20) = 9.72 m + 7.91 m = 17.63 m.s.n.m

Esta cota máxima indica el nivel más alto que el agua podría alcanzar en un evento que ocurriría, en promedio, una vez cada 20 años.

En consecuencia, se recomienda que el terraplén de la vía no se encuentre por debajo de esta cota máxima para prevenir inundaciones que podrían dañar la infraestructura. Además, se sugiere que la estructura del pavimento no debe quedar sumergida ante la materialización del evento, lo cual es una medida preventiva para evitar problemas de erosión y daños en el pavimento rígido, asegurando así su durabilidad y funcionalidad a lo largo su puesta en servicio.

Oficina Cra 2 No 15-50 Celular 3043690078
Email ing.benjaminbuelvas@hotmail.com, ing.benjaminbuelvas@gmail.com
Santa Cruz de Mompox - Bolívar

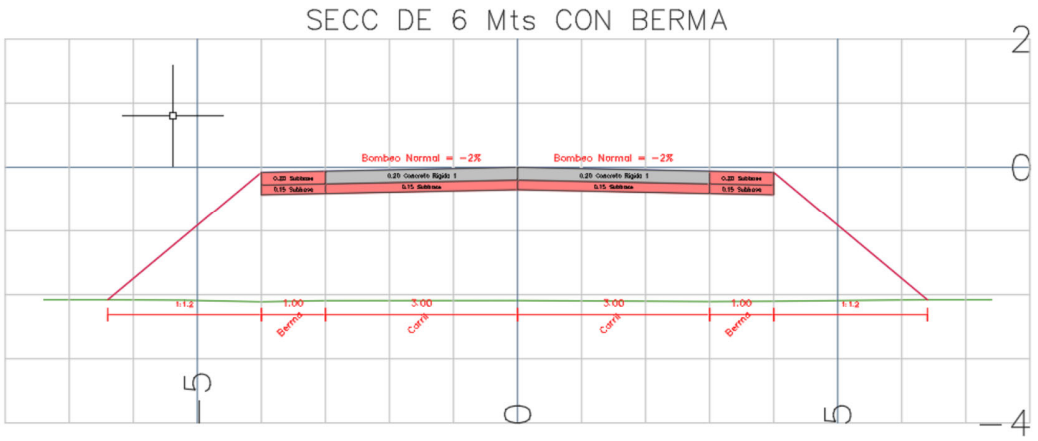
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

La falta de mantenimiento periódico que realiza el Municipio de Talaigua Nuevo - Bolívar a las vías terciarias que conforman la malla vial rural, genera desgaste en la banca, dejando al descubierto y deteriorada la banca existente, presentando baches imposibilitando la transitividad y estancamientos de las aguas de superficiales.

- Para el diseño hidráulico del pavimento de la vía, se tomó los datos de la estación pluviométrica CODIGO: 2502509 Estación Pluviométrica 25021350 Mompóx, ubicada Latitud 9°15'46.0"N; Longitud 74°26'8.0"W.

- Las aguas superficiales de escorrentías y superficiales del pavimento en concreto rígido con pendiente transversal del 2%, son evacuadas a los lados de la vía.

La sección hidráulica de la vía canal es:



- El talud de la vía se protegerá aplicando empradización con hiervas nativas con el fin de evitar la erosión que pueda causar las aguas superficiales y de escorrentías evacuadas por los lados de la vía.

- La determinación de las áreas aferentes de las estructuras existentes se realizó manualmente durante la visita de campo debido a la topografía relativamente plana de la zona y las limitaciones de los Modelos Digitales de Elevación (DEM) disponibles, que no ofrecen suficiente resolución para capturar con precisión las características del terreno.

Oficina Cra 2 No 15-50 Celular 3043690078
Email ing.benjaminbuelvas@hotmail.com, ing.benjaminbuelvas@gmail.com
Santa Cruz de Mompox - Bolívar

- La Vía Talaigua Nuevo – Talaigua Viejo presenta nueve obras de artes a las cuales se le realizó el chequeo hidráulico y cumplieron, pero por presentar deterioro estructural esta consultoría determinó remplazarlas por nuevas estructuras de drenajes con sección hidráulica igual a las existentes, ya que el chequeo hidráulico realizado a las obras de drenajes existentes (Box – culvert de sección hidráulica de 1 m x 1 m) cumplen con el requerimiento y son eficientes en la evacuación de los caudales transversales a la vía, ofreciendo un ancho útil y más cómodo para las labores de limpieza.

- Se propone la instalación de box culverts de sección cuadrada de 1x1 metro en concreto reforzado en lugar de alcantarillas o tuberías debido a varias razones técnicas. Los boxes culverts proporcionan una estructura robusta y resistente que no requiere encajonamientos adicionales para proteger la integridad de las tuberías cilíndricas. Dado que el relleno por encima de la cota clave es inferior a 50 cm, las tuberías podrían verse comprometidas por el peso del tráfico vehicular, especialmente de camiones pesados. Los boxes culverts, por su diseño y materiales, ofrecen una mayor capacidad de carga y durabilidad, asegurando que la infraestructura vial no se vea afectada por las cargas dinámicas y estáticas, y garantizando así una mayor vida útil y seguridad del proyecto.

- Las Obras de drenajes proyectadas se diseñaron con sección hidráulica de 1 m x 1 m (Box – Culvert) quedando en las siguientes abscisas de la vía.

Georreferenciación de las Obras de Drenajes Proyectadas
Vía Talaigua Nuevo – Talaigua Viejo

N	Nombre	Progresiva (km)	Cota Absoluta (m.s.n.m.)	Norte	Este
1	INICIO DE TRAMO -TRAMO DE CON BERMA (MD)	0+000.000	19.424	1521394.973	945863.447
2	BOX PROYECTADO (MD)	0+095.507	17.413	1521432.817	945775.925
3	BOX PROYECTADO (MI)	0+751.207	17.417	1521676.072	945181.688
4	BOX PROYECTADO (MD)	1+021.804	16.850	1521655.164	944912.086
5	BOX PROYECTADO (MD)	1+241.142	17.769	1521631.900	944694.524
6	FIN DE TRAMO DE 6 Mts - INICIO TRAMO DE 5.00 Mts (MD)	1+267.623	17.393	1521627.696	944668.379
7	BOX PROYECTADO (MI)	1+649.038	17.005	1521631.217	944289.804
8	BOX PROYECTADO (MD)	1+712.025	16.666	1521639.909	944227.419
9	BOX PROYECTADO(MD)	1+775.866	17.024	1521649.239	944164.263
10	BOX PROYECTADO (MI)	1+943.509	17.340	1521671.089	943998.060
11	BOX PROYECTADO (MD)	2+009.647	16.927	1521679.157	943932.416
12	FIN DE TRAMO A INTERVENIR (MD)	2+500.030	17.300	1521735.422	943445.308

Oficina Cra 2 No 15-50 Celular 3043690078
Email ing.benjaminbuelvas@hotmail.com, ing.benjaminbuelvas@gmail.com
Santa Cruz de Mompox - Bolívar

- El análisis hidrológico e hidráulico para la determinación del nivel máximo de inundación se basó en una serie de datos históricos que abarcan desde 1975 hasta 2023 de la estación Santa Ana y como complemento la estación San Roque en la misma corriente hídrica, incluyendo datos de los años críticos de 2010, 2011 y 2012 cuando se registraron grandes inundaciones.

- Se aplicaron métodos estadísticos, como la prueba de bondad de ajuste Kolmogorov-Smirnov, para evaluar las distribuciones de probabilidad. Con un 95% de confianza, se determinó que la distribución de Pearson III proporciona el mejor ajuste para los datos analizados.

- La probabilidad de que ocurra una inundación superior al máximo evento registrado en 2010 se calculó utilizando la fórmula de distribución de probabilidad de Weibull. Con una serie de 49 años de datos históricos, se determinó que la probabilidad de excedencia es del 2%, lo que corresponde a un periodo de retorno de 50 años.

- Utilizando los datos de la estación limnimétrica Santa Ana, que tiene una cota cero de 9.72 m.s.n.m, se estableció que el nivel máximo de agua para un periodo de retorno de 20 años es de 17.63 m.s.n.m, por lo cual se debe asegurar que la corona del terraplén no se encuentre por debajo de esta cota.

- La zona del proyecto se encuentra en una planicie influenciada por las cuencas del río Magdalena y sus sistemas conexos, incluyendo el brazo Mompos. La geomorfología de la región, caracterizada por su naturaleza sedimentaria y su susceptibilidad a inundaciones, fue considerada en el diseño de las soluciones de ingeniería.

ING. BENJAMIN BUELVAS LIDUEÑAS.
M.P. N. 1320277720 BLV

Oficina Cra 2 No 15-50 Celular 3043690078
Email ing.benjaminbuelvas@hotmail.com, ing.benjaminbuelvas@gmail.com
Santa Cruz de Mompox - Bolívar

ANEXOS

Oficina Cra 2 No 15-50 Celular 3043690078
Email ing.benjaminbuelvas@hotmail.com, ing.benjaminbuelvas@gmail.com
Santa Cruz de Mompox - Bolívar