

INTRODUCCIÓN

El presente informe tiene como finalidad responder al requerimiento del punto 5.6 "Hidrología" del Estudio de Impacto Ambiental (EIA – Cat. I), indicando cómo se manejarán las aguas pluviales generadas por el proyecto. El diseño considera las condiciones climáticas de la región de Boquete, Chiriquí, y busca garantizar que no existan afectaciones a terceras aguas abajo, cumpliendo con los principios de diseño hidrológico sostenible.

- Proyecto: Valle Escondido
- Ubicación: Boquete, Chiriquí – Panamá
- Área del Techo: 1,530.30 m²
- Material de Cubierta: Teja
- Destino del Agua Pluvial: Sistema de recolección con cámaras de inspección → Lago artificial existente
- Responsable Técnico: Ingeniero Arfaxad Ulate

1. Estimación de Aguas Pluviales Generadas

Se aplicó el método racional para estimar el caudal máximo de escorrentía generado por la cubierta del techo.

Fórmula usada:

$$Q = C \times I \times A$$

- C (Coeficiente de escorrentía): 0.85 (para techo de teja)
- I (Intensidad de lluvia): 120 mm/h = 0.0333 L/s·m²
- A (Área): 1,530.30 m²

$$Q = 0.85 \times 0.0333 \times 1,530.30 = 43.31 \text{ L/s}$$

2. Diseño Hidráulico de Canaletas y Bajantes

a. Cantidad y Tamaño de Bajantes (Instalados):

El sistema de manejo pluvial ha sido diseñado para **garantizar la contención, conducción y disposición segura de las aguas lluvias** generadas en el área

5. Medidas para Prevenir Afectaciones a Terceros

El agua pluvial es conducida desde los bajantes hacia un sistema cerrado de tuberías con cámaras de inspección, lo cual facilita el monitoreo y mantenimiento. Posteriormente, se dirige hacia un lago artificial, lo que contribuye a la infiltración y almacenamiento controlado con derrame a la quebrada Bajo Grande.

4. Sistema de Recolección y Medidas de Control

- Bajantes deben contar con rejillas o filtros tipo "hoja atrapadora" para evitar obstrucciones.
- Las canaletas deben colocarse con soportes cada 60–90 cm.
- Material del techo: Teja de barro → rugosidad intermedia. Se considera coeficiente de escurrimiento $C = 0.85$.

3. Recomendaciones de Diseño y Rugosidad

- Material sugerido: PVC o metálicas, resistentes a la intemperie.
- Recomendación: Canaletas rectangulares de mínimo 6" x 6", con pendiente $\geq 1\%$.

b. Canaletas

Además, la distribución actual permite una evacuación uniforme y minimiza el riesgo de acumulación localizada.

Esto es suficiente para manejar el caudal máximo estimado de 43.31 L/s generado por el techo de 1,530.30 m², incluso bajo condiciones de lluvia intensa en Boquete.

24 bajantes x 4 L/s = 96 L/s de capacidad total

Multiplicando la capacidad por bajante:

Según tablas de diseño hidráulico, una bajante de 4" tiene una capacidad promedio aproximada de **4–5 litros por segundo (L/s)**, dependiendo de la pendiente y el tipo de conexión.

Actualmente, el proyecto se diseña con **24 bajantes pluviales de 4 pulgadas de diámetro (Ø4")**.

105
424

techada del proyecto, minimizando cualquier riesgo de afectación hacia propiedades vecinas, cauces naturales o infraestructuras cercanas.

Las medidas consideradas incluyen:

- **Diseño hidráulico basado en intensidades de lluvia locales:** Se utilizó una intensidad de diseño de **120 mm/h**, correspondiente a eventos de precipitación frecuentes en la zona de Boquete, lo que asegura una capacidad suficiente del sistema de captación y descarga.

- **Distribución y dimensionamiento adecuado de bajantes y canales:** Se cuenta con **24 bajantes de 4"**, cuya capacidad combinada (≈ 80 L/s) **supera ampliamente** el caudal estimado (≈ 42.46 L/s), proporcionando un margen de seguridad ante eventos extremos.

- **Sistema cerrado de recolección:** El agua es canalizada a través de tuberías conectadas a un sistema cerrado con **cámaras de inspección**. Estas cámaras permiten el acceso para mantenimiento y monitoreo continuo, reduciendo riesgos de obstrucciones o fugas.

- **Descarga controlada hacia el lago artificial existente :** Toda el agua recolectada es conducida hacia un cuerpo de agua receptor (lago artificial) dentro del mismo predio, y el cual tiene su desembocadura controlada en la **Quebrada Bajo Grande**, lo que elimina el riesgo de que la escorrentía fluya hacia terrenos de terceros. Además, se evita la sobrecarga de cauces públicos o naturales.

- **Prevención de erosión y arrastre de sedimentos:** El sistema puede complementarse con rejillas, trampas de sedimentos o filtros si se identifican zonas críticas. Esto protege tanto la infraestructura propia como el entorno receptor.

- **Evita la generación de escorrentía superficial descontrolada:** No se permitirá el vertido directo de agua de lluvia sobre servidumbres, calles, o áreas colindantes, cumpliendo con la normativa vigente sobre descargas pluviales.

6. Promedio de Precipitación Anual en Boquete (2015–2024)

Año	Precipitación Estimada (mm)	Observaciones
2015	1900	Sequía por El Niño

706
325

Tipo de Techo	Coefficiente C
Teja de barro (no esmaltada)	0.75 – 0.85
Teja esmaltada o vitrificada	0.85 – 0.95
Lámina galvanizada o metálica	0.90 – 0.95
Concreto impermeabilizado	0.85 – 0.95
Techo verde (vegetación)	0.20 – 0.50

A continuación, se presentan valores de referencia para distintos tipos de superficies de techo, según normas de ingeniería hidráulica urbana:

zonas rurales.

El valor del coeficiente de escorrentía utilizado en este cálculo fue $C = 0.85$, correspondiente a una superficie techada con teja tradicional de barro. Este valor representa la proporción de lluvia que se convierte en escorrentía directa, considerando una rugosidad media, baja absorción y pendientes típicas de techos inclinados en

Selección del Coeficiente de Escorrentía (C):

2016	2300	Recuperación parcial
2017	2270	Cercano a lo normal
2018	2360	Sobre lo normal
2019	2150	Fuerte sequía
2020	2600	Influenciado por La Niña
2021	2500	Condiciones húmedas
2022	2450	Dentro de rangos típicos
2023	2200	Año seco por El Niño
2024	2350	Estimado general (preliminar)

107
226

Nota sobre la intensidad de lluvia utilizada:

Boquete recibe una cantidad muy alta de lluvia durante el año—incluso más de 2,500 mm anuales en promedio, dependiendo del sector. En eventos de lluvia fuerte, puede caer más de 30 mm en solo 15 o 20 minutos. Por eso, es importante diseñar con un valor que represente bien ese comportamiento intenso.

El valor de **120 mm/h** utilizado como intensidad de diseño fue seleccionado con base en datos históricos de precipitación registrados en la región de **Boquete, Chiriquí**, una de las zonas con mayores niveles de pluviosidad del país. Este valor corresponde a un escenario conservador, adecuado para un **período de retorno de 5 a 10 años**, comúnmente adoptado en proyectos de infraestructura menor como cubiertas de edificaciones.

Aunque las curvas IDF (intensidad–Duración–Frecuencia) específicas del sitio pueden variar según la estación meteorológica más cercana, para techos y superficies pequeñas se suelen usar intensidades entre 100 y 150 mm/h en zonas tropicales húmedas, el uso de 120 mm/h se justifica como un **promedio técnico aceptado** para zonas de alta montaña en Panamá, y está alineado con las recomendaciones del Ministerio de Ambiente (MiAmbiente), ETESA y prácticas estándar en ingeniería hidráulica urbana.

Conclusión

El sistema propuesto garantiza un manejo responsable de las aguas pluviales, minimizando el impacto ambiental y evitando afectaciones a terceros. Cumple con principios técnicos de hidrología urbana y criterios exigidos por el Ministerio de Ambiente.

7. Referencias Bibliográficas

- **ETESA - Dirección de Hidrometeorología.** (2023). *Datos históricos de precipitación y climatología nacional.*
- **Ministerio de Obras Públicas (MOP).** (2002). *Manual para el diseño de drenajes pluviales urbanos y rurales.* Dirección de Normas y Tecnología.
- **MiAmbiente.** (2023). *Guía para la elaboración de Estudios de Impacto Ambiental – Categoría I.* Dirección Nacional de Verificación del Desempeño Ambiental.
- **ASCE (American Society of Civil Engineers).** (2015). *Manual of Practice No. 77: Design and Construction of Urban Stormwater Management Systems.*

Firma e Idoneidad Profesional
Boquete, Chiriquí, 5 de abril de 2025.
Ing. Arfaxad Ulate
Ingeniero Electromecánico
IDONEIDAD: No. 2023-024-134

231006044502



ARFAXAD A. ULATE MONTENEGRO
Cedula: 4-809-2437
Idoneidad: 2023-024-134
INGENIERO ELECTROMECANICO
PIN: WjrhT-gxoxD-YACSD

Emisión JUN. 2024
Vence JUN. 2029



LEY 15 DE 26 DE ENERO DE 1959
REGISTRADO EN EL MINISTERIO DE EDUCACIÓN



ARFAXAD ASHKEYAZ ULATE MONTENEGRO
INGENIERO ELECTROMECANICO
LICENCIA No. 2023-024-134



FIRMA
LEY 15 DEL 26 DE ENERO DE 1959
JUNTA TÉCNICA DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

ESTUDIO HIDROLÓGICO E HIDRÁULICO

UBICACIÓN

VALLE ESCONDIDO, CORREGIMIENTO DE BAJO BOQUETE,
DISTRITO DE BOQUETE, PROVINCIA DE CHIRIQUÍ

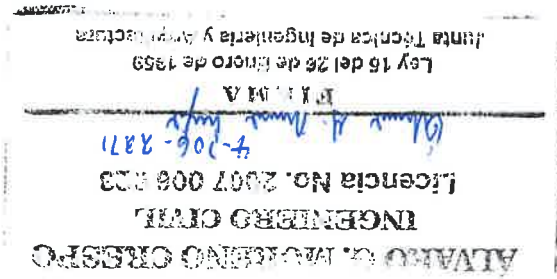
FUENTE HÍDRICA DE ESTUDIO

QUEBRADA GRANDE

FECHA DE EJECUCIÓN
10 DE ABRIL DE 2025

REALIZADO POR:

Alvaro G. Moreno Crespo
4-206-2271
RESPONSABLE TÉCNICO:
Alvaro G. Moreno Crespo
Ingeniero Civil
Licencia No. 2007 006 023



CONTENIDO

1.	INTRODUCCIÓN.....	3
2.	LOCALIZACIÓN DEL PROYECTO Y DESCRIPCIÓN	4
3.	HIDROLOGÍA	4
3.1.	Caracterización de la fuente hídrica	4
4.	IDENTIFICAR SI EL PROYECTO O ALGUNA INFRAESTRUCTURA ESTÁN DENTRO DE ALGUNA ÁREA PROTEGIDA.....	6
5.	GEOLOGÍA.....	6
6.	CAPACIDAD AGROLÓGICA DE LOS SUELOS	7
7.	ESTACIONES HIDROLÓGICAS Y METEOROLÓGICAS MÁS CERCANAS AL PROYECTO	8
8.	PARÁMETROS FÍSICOS DE LA CUENCA.....	11
8.1.	Perímetro de la cuenca en estudio.....	11
8.2.	Área de la cuenca.....	11
8.3.	Longitud del cauce de la quebrada.....	12
9.	PARÁMETROS DE FORMA DE LA CUENCA.....	12
9.1.	Índice de compacidad o índice de Gravelius	12
9.2.	Índice de alargamiento	14
10.	CARACTERÍSTICA DE RELIEVE DE LA CUENCA	14
10.1.	Pendiente media de la cuenca.....	15
10.2.	Curva Hipsométrica.....	16
11.	CARACTERÍSTICA DEL SISTEMA DE DRENAJE.....	17
11.1.	Longitud del cauce (L).....	17
11.2.	Tiempo de concentración de la cuenca	18
12.	CRITERIOS PARA EL CÁLCULO DEL CAUDAL:	18
12.1.	Definición de regiones de crecidas máximas:	18
12.2.	Período de retornos:	19
13.	SIMULACIÓN DE CRECIDA DE UNA QUEBRADA UTILIZANDO HEC-RAS PARA UN PERFIL DE 50 AÑOS. LOS PRINCIPALES PARÁMETROS INCLUIDOS SON: ¹	
14.	CONCLUSIÓN Y RECOMENDACIONES DEL ANÁLISIS DE CRECIDA EN LA QUEBRADA GRANDE	3
15.	BIBLIOGRAFÍA.....	4

1. INTRODUCCIÓN

El presente estudio aborda la evaluación hidrológica y geomorfológica de la **cuenca 108**, con foco en el **área de drenaje de 6,54 km²** que alimenta directamente el Proyecto Valle Escondido. El objetivo principal es determinar el alcance de la lámina de inundación asociada a la crecida de diseño ($T = 50$ años, $Q = 158.99 \text{ m}^3/\text{s}$) y verificar la viabilidad de la infraestructura en la cota (1134 m s.n.m.).

Para ello se emplearon las siguientes herramientas y datos:

- Un **Modelo Digital de Elevaciones** recortado (SRTM 1", resolución $\approx 30 \text{ m}$) y SIG para delimitar el área de drenaje.
- Cálculo de **índices morfométricos** (hipsométrico, circularidad, compactidad, factor de forma y alargamiento) y análisis de pendientes.
- **Simulación hidráulica** steady en HEC-RAS con 19 secciones transversales, asignación de coeficientes de Manning y condiciones de contorno.
- Extracción de **niveles de superficie de agua (W.S. Elev)** y definición de **niveles de terracería seguros** añadiendo $1,50 \text{ m}$ de margen de seguridad.

Adicionalmente, en el área de estudio existe un lago artificial gestionado por Valle Escondido que, al operar de forma controlada, no aporta caudal adicional en eventos extremos y por tanto no incrementa los niveles de inundación previstos. Este enfoque integrado proporciona la base técnica para dimensionar las elevaciones, muros y sistemas de drenaje necesarios, asegurando que el Proyecto Valle Escondido permanezca libre de riesgo hidráulico incluso en las peores condiciones de crecida.

2. LOCALIZACIÓN DEL PROYECTO Y DESCRIPCIÓN

El proyecto se ubica en Valle Escondido, Corregimiento De Bajo Boquete, Distrito De Boquete, Provincia De Chiriquí

3. HIDROLOGÍA

Los estudios hidrológicos analizan la información recopilada de las cuencas, como son el comportamiento climático de las cuencas, caudales promedios mensuales, caudales mínimos mensuales, definición de áreas de aportes, periodo de retorno, intensidad y el caudal que se definirá para el estudio.

3.1. Caracterización de la fuente hídrica

La Cuenca 108 es una cuenca hidrográfica del río Chiriquí, en Panamá. Es una de las cuencas más importantes del país desde el punto de vista político, administrativo y económico.

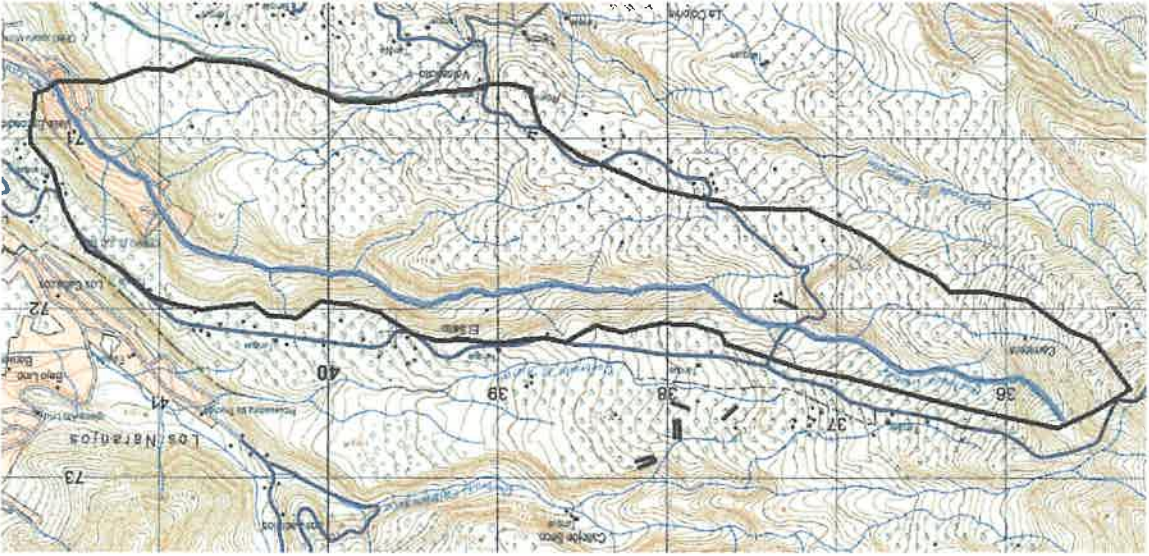
Características

- Número de la cuenca: 108
- Superficie total de la cuenca: 1,925.11 km²
- Ubicación geográfica (centroide): 82.3E, 8.6N (UTM 349154, 951390)
- Ubicación político-administrativa: Provincia de Chiriquí, entre los distritos de Boquete, Gualaca, David y Dolega
- Nombre del río principal: Río Chiriquí
- Longitud del río principal: 130 km
- Caudal medio de la cuenca: 25.50 m³/s

Delimitación

- La delimitación de las partes alta, media y baja de la cuenca se basa en criterios geomorfológicos, topográficos e hidrológicos
- Se interpreta la forma del relieve, la elevación topográfica y se sigue el parteaguas

Ilustración 2. Delimitación de la quebrada Grande. Fuente elaboración propia en ArcGIS



Perímetro del área de drenaje: 14,834 km.

Para la delimitación de la cuenca se utilizó la topografía levantada en campo, como también, el mapa topográfico de Panamá del IGN-TN-ANATI. El **área de drenaje** que aporta escorrentía directamente al emplazamiento del Salón de Eventos Valle Escondido es de **6.54 km²** (equivalente a **654 ha**). Este polígono de drenaje fue definido aguas arriba del punto de interés y corresponde a la porción de la **cuenca 108** que efectivamente alimenta el cauce principal en el lugar del proyecto.

- **Área de drenaje de la quebrada el Grande.**

Ilustración 1. Delimitación de la cuenca 108. Fuente ArcGIS



4. IDENTIFICAR SI EL PROYECTO O ALGUNA INFRAESTRUCTURA ESTÁN DENTRO DE ALGUNA ÁREA PROTEGIDA.

Un área protegida es "un espacio geográfico claramente definido, reconocido, dedicado y gestionado, mediante medios legales u otros tipos de medios eficaces para conseguir la conservación a largo plazo de la naturaleza y de sus servicios ecosistémicos y sus valores culturales asociados" (UICN, 2008).

La parte alta de la cuenca se encuentra dentro del Parque Nacional Volcán Barú, sin embargo, el área de influencia del proyecto no se encuentra dentro ningún área protegida.

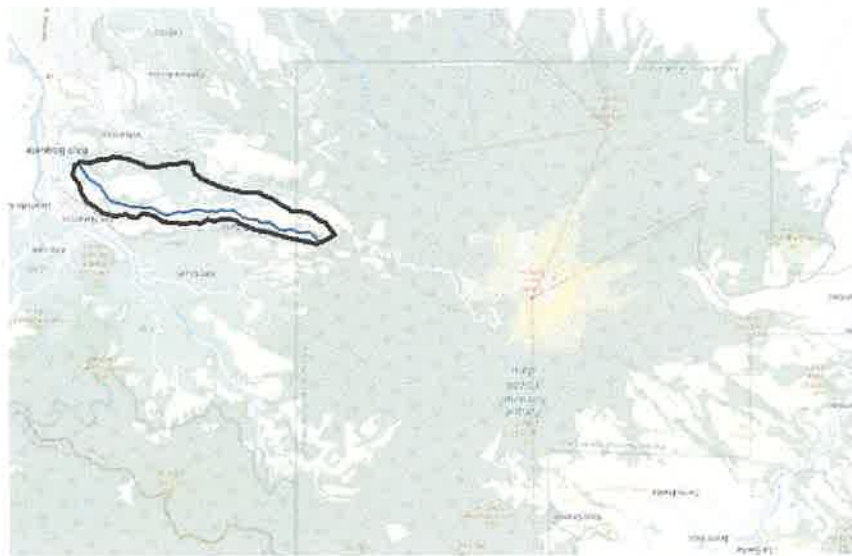


Ilustración 3. El área de influencia del proyecto no se encuentra dentro de ningún área protegida. Fuente elaboración propia en ArcGIS

5. GEOLOGÍA.

El área de drenaje se encuentra en la categoría de QPS-EBA: Depósitos Superficiales Cuaternario-Pleistoceno (Abanicos Aluviales)

• Período y Grupo (QPS):

- Cuaternario-Pleistoceno Superiores – corresponde a sedimentos de la más reciente época geológica (últimos ≈2,6 Ma).
- Son depósitos **no consolidados** que afloran en la superficie, resultado de la acción actual o muy reciente de los procesos de denudación y transporte.

• Formación (EBA):

116
834

- *Abanicos Aluviales* – conos de deyección situados en el pie de ladera.
 - Compuestos por **gravas, arenas, limos y arcillas**, con estratificación cruzada y potencias que varían típicamente entre 1 y 10 m.
 - Reflejan eventos intermitentes de crecidas o escorrentía concentrada que acumulan sedimento al pie del relieve.
 - Su permeabilidad es moderada a alta, favoreciendo la infiltración y el control natural de escorrentías moderadas.
- Fuente:** Ministerio de Comercio e Industrias, Dirección General de Recursos Minerales (1990). Geología de la República de Panamá, mapa geológico 1:250 000.

6. CAPACIDAD AGROLÓGICA DE LOS SUELOS

Según el **Mapa de Capacidad Agrológica de Panamá** (1:250 000), el área de drenaje del proyecto abarca tres clases de suelo:

Clase Descripción simplificada

- | | |
|------------|---|
| II | Ligera restricción: suelos con buena fertilidad natural y pendientes moderadas ($\leq 8\%$). Aptos para uso agrícola sin necesidad de drenaje o terraceo importantes. |
| IV | Moderada restricción: pendientes entre 8% y 15% o drenaje natural limitado. Requieren prácticas de conservación (terrazas, canales de contorno) para evitar erosión. |
| VII | Severa restricción: pendientes $> 25\%$ o muy rocosos. No aptos para cultivos ni construcción pesada. Deben mantenerse con cubierta vegetal o como zonas de protección. |

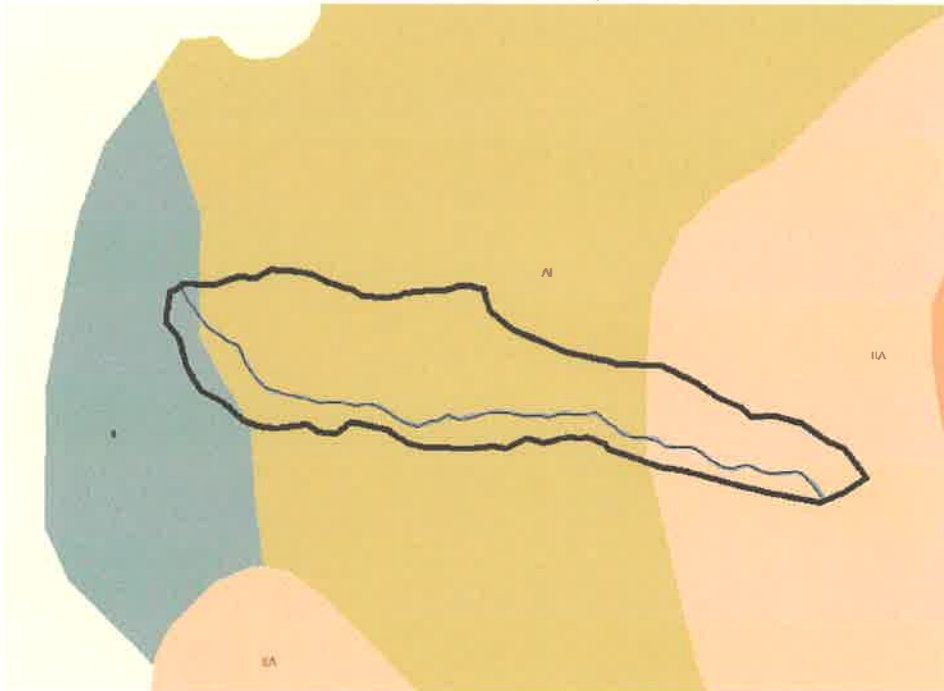


Ilustración 4. Vista general del área de drenaje en el mapa de capacidad agrologica. Fuente. ArcGIS – Mapa de Capacidad Agrologica de Panamá-elaboración propia.

7. ESTACIONES HIDROLÓGICAS Y METEOROLÓGICAS MÁS CERCANAS AL PROYECTO

Historico de Precipitación – Estación Los Naranjos (108-017)

- **Precipitación anual total promedio:** 2 405 mm
- **Mes más seco:** febrero (20 mm promedio)
- **Mes más húmedo:** octubre (410 mm promedio)
- **Precipitación máxima registrada en un mes:** agosto (820 mm)
- **Patrón estacional:**

- De enero a abril, precipitaciones bajas (<100 mm).
- Incremento marcado entre mayo y noviembre (280–410 mm).
- Mínimos nuevamente en diciembre (100 mm).

Estos datos confirman un clima muy húmedo, con alta concentración de escorrentía en la temporada húmeda (mayo–noviembre), información clave para dimensionar drenes y evaluar riesgos de inundación en el Salón de Eventos.

Mes	Caudal Mínimo (m³/s)	Caudal Promedio (m³/s)	Caudal Máximo (m³/s)
Enero	5,2	9,4	14,2
Febrero	3,4	7,0	9,5
Marzo	3,5	5,0	7,2
Abril	3,1	5,3	7,6
Mayo	4,5	6,2	8,0
Junio	4,7	8,2	11,3
Julio	4,0	6,3	8,5
Agosto	4,1	7,0	11,6
Septiembre	6,0	7,7	9,8
Octubre	7,8	9,0	9,9
Noviembre	7,9	9,4	11,3

Tabla 1. Caudales históricos río Majagua (108-04-01)

Para obtener las estaciones hidrológicas mas cercanas se busco la información en la página Web del Instituto de Meteorología E Hidrología de Panamá (IMHPA), que para este caso la estación mas cercana con caudales históricos es la del Río Caldera (108-02-01).

históricos de caudales Río Caldera (108-02-01)

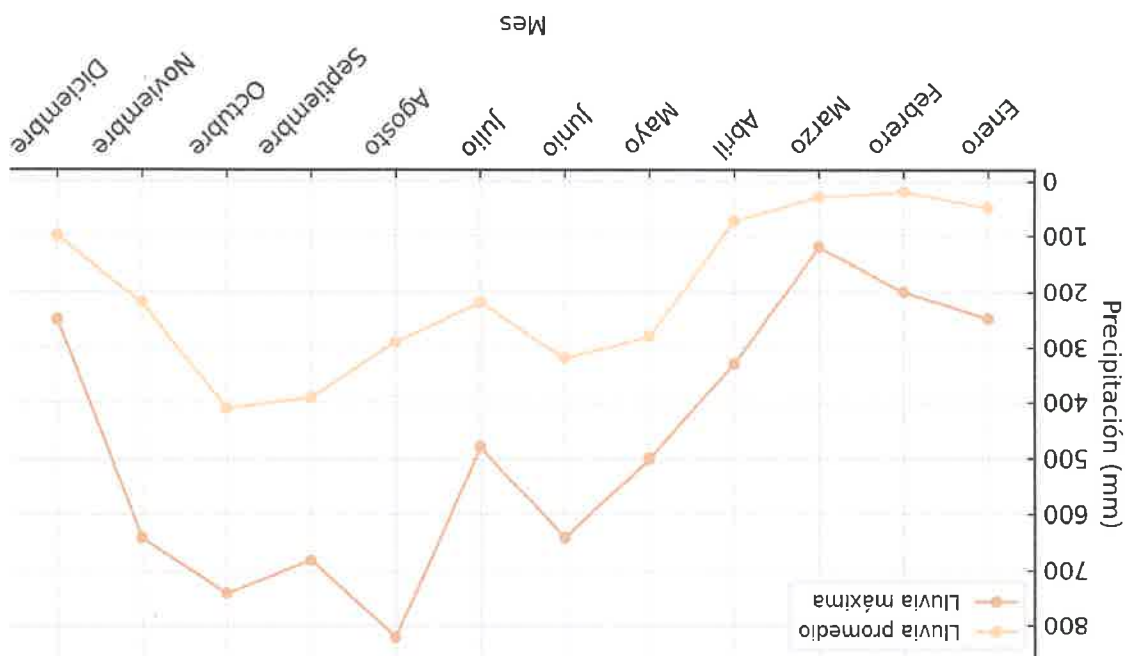


Gráfico No. 1. Histórico de Precipitación - Estación Los Naranjos (108-017)

Gráfico No. 1. Histórico de Precipitación - Estación Los Naranjos (108-017)

232

611

Mes	Caudal Mínimo (m³/s)	Caudal Promedio (m³/s)	Caudal Máximo (m³/s)
Diciembre	6,5	9,6	16,0
Total/Promedio anual	—	7,5	—

Fuente: <https://www.imhpa.gob.pa/es/hidrologicos-historicos>

El **caudal medio anual** es de **7.5 m³/s**, con un marcado régimen pluvial-afluente que alcanza picos de **16 m³/s** en diciembre.

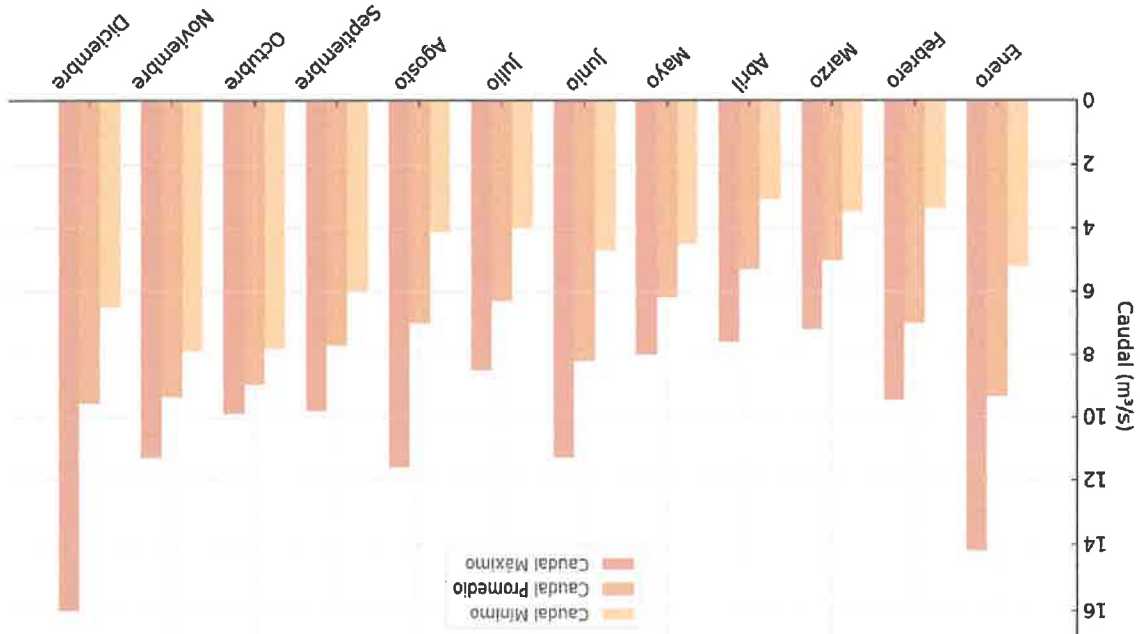
Máximos estacionales:

- (junio): $Q_{\text{max}} \approx 11,3 \text{ m}^3/\text{s}$
- diciembre): $Q_{\text{max}} \approx 16,0 \text{ m}^3/\text{s}$
- Final (febrero): $Q_{\text{min}} \approx 3,4 \text{ m}^3/\text{s}$

Mínimos estacionales:

Gráfica 2. Caudales históricos estación Río Chiriquí (108-02-01)

Histórico de Caudales - Estación Río Chiriquí (108-02-01)



Fuente: <https://www.imhpa.gob.pa/es/hidrologicos-historicos>

8. PARÁMETROS FÍSICOS DE LA CUENCA

El drenaje de una cuenca es el sistema de canales que recolectan y desaguan el agua de una cuenca hidrográfica. El área de drenaje es el total de terreno que fluye hacia un punto de salida.



Ilustración 5. Vista de drenaje de una cuenca. Fuente: <https://agua.org.mx/biblioteca/la-cuenca-infografia/fi31aaa/>

8.1. Perímetro de la cuenca en estudio

Es la dimensión de la línea que limita la cuenca hidrográfica, a lo largo de la divisoria topográfica de aguas. Usualmente este parámetro físico es simbolizado por la mayúscula P.

Cuenca	Quebrada Grande
Perímetro	14.83 km

Si bien el perímetro es una medida o parámetro que no indica nada por sí solo, se convierte en un insumo fundamental para el cálculo de los parámetros de forma de la cuenca.

8.2. Área de la cuenca.

Es un parámetro que tiene una relación directa con el caudal de descarga. Se utiliza la clasificación de Campos Aranda (1992), basada en la dimensión de la cuenca.

Cuenca	Área de la cuenca Km ²	Clasificación de la cuenca
Quebrada Grande	6.54 km ²	Microcuenca

134
239

- Clase Kc1: Entre 1 y 1.25, forma redonda a oval redonda
- Clase Kc2: Entre 1.25 y 1.5, forma oval redonda a oval oblonga
- Clase Kc3: Entre 1.5 y 1.75, forma oval oblonga a rectangular oblonga
- Clase Kc4: Mayor a 1.75, forma rectangular oblonga

Clases de índice de Gravelius

El índice de Gravelius, también conocido como índice de compacidad, es un parámetro que describe la forma de una cuenca. Se calcula dividiendo el perímetro de la cuenca entre el perímetro de un círculo que tenga el misma área.

9.1. Índice de compacidad o índice de Gravelius

Para explicar cuantitativamente la forma de la cuenca, se compara la cuenca con figuras geométricas conocidas como lo son: el círculo, el óvalo, el cuadrado y el rectángulo, principalmente.

Los factores geológicos, principalmente, son los encargados de moldear la fisiografía de una región y particularmente la forma que tiene las cuencas hidrográficas.

9. PARÁMETROS DE FORMA DE LA CUENCA

Cuenca	Quebrada Grande
Longitud del cauce de la quebrada	6.834 km

Es la longitud de una línea recta con dirección paralela al cauce principal.

8.3. Longitud del cauce de la quebrada

Ilustración 6. Clasificación de tamaños de cuencas. **Fuente:** Campos Aranda (1992).

Rangos de áreas (km ²)	Clasificación
≤ 25	Microcuenca
25 a 250	Pequeña
250 a 500	Intermedia- pequeña
500 a 2500	Intermedia- grande
2500 a 5000	Grande
≥ 5000	Muy grande

Importancia del índice de Gravelius

El índice de Gravelius es un parámetro que se utiliza para analizar la forma de una cuenca y su relación con el tiempo de concentración del sistema hidrológico.

Formula a utilizar

$$K_c = 0.28 \frac{\sqrt{A}}{P}$$

$$P = \text{perímetro} = 14.83 \text{ km}$$

$$A = \text{área} = 6.543 \text{ km}^2$$

$$K_c = 1.64$$

Con el resultado de $K_c = 1.64$ confirma la forma alargada e irregular del área de drenaje.

Factor de Forma (K_f)

Índice propuesto por Gravelius. Es la relación entre el área (A) de la cuenca y el cuadrado del máximo recorrido (L). Este parámetro mide la tendencia de la cuenca hacia las crecidas, rápidas y muy intensas o lentas y sostenidas, según que su factor de forma tienda hacia valores extremos grandes o pequeños.

Fórmula utilizada:

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

Dónde:

L: largo del cauce principal (km) = 6.834 km

A: área de la cuenca (km²) = 6.54 km²

$$K_f = \frac{6.54 \text{ km}^2}{(6.834 \text{ km})^2}$$

$$K_f = 0.14$$

Con el resultado de $K_f 0.14$ podemos decir que la microcuenca es **muy alargada**, lo que tiende a concentrar el escurrimiento de manera rápida y uniforme a lo largo del eje principal.

Son de gran importancia puesto que el relieve de una cuenca tiene más influencia sobre la respuesta hidrológica que su forma; con carácter general se puede decir que a mayor relieve o pendiente la generación de escorrentía se produce en lapsos de tiempo menores.

10. CARACTERÍSTICA DE RELIEVE DE LA CUENCA

Kr	Características
Ia Mayor a 1	Cuenca alargada
Ia Menor a 1	Cuenca achatada y por lo tanto el cauce principal es corto

Tabla 3. Índice de alargamiento

Con el resultado obtenido, tenemos una cuenca alargada, según la siguiente tabla

$$Ia = \frac{6.834 \text{ km}}{6.543 \text{ km}^2} = 2.886$$

An: ancho de la cuenca.

L: longitud del cauce de la cuenca

Donde:

$$Ia = \frac{An}{L}$$

Relaciona la longitud del cauce encontrada en la cuenca, medida en el sentido principal, y el ancho máximo de ella. Este define si la cuenca es alargada, cuando su valor es mucho mayor a la unidad, o si es muy achatada, cuando son valores menores a la unidad.

9.2. Índice de alargamiento

Fuente: Pérez, 1979

Factor de forma (valores aproximados)	Forma de la cuenca
<0.22	Muy alargada
0.22 a 0.30	Alargada
0.30 a 0.37	Ligeramente alargada
0.37 a 0.45	Ni alargada ni ensanchada
0.45 a 0.60	Ligeramente ensanchada
0.60 a 0.80	Ensanchada
0.80 a 1.20	Muy ensanchada
>1.20	Rodeando el desagüe

Tabla 2. Rangos aproximados del Factor Forma

- Morfología del relieve**
- **Crestas afiladas y pendientes empinadas** en los flancos centrales de la cuenca.
 - **Valles angostos**, con canales bien encajonados y estrechas terrazas fluviales.
 - **Abanicos aluviales** (QPS-EBA) en la parte baja, donde el relieve se suaviza y el material sedimentario se deposita.

10.1. Pendiente media de la cuenca

La pendiente es la variación de la inclinación de una cuenca; su determinación es importante para definir el comportamiento de la cuenca respecto al desplazamiento de las capas de suelo (erosión o sedimentación); puesto que, en zonas de altas pendientes, se presentan con mayor frecuencia los problemas de erosión mientras que en regiones planas aparecen principalmente problemas de drenaje y sedimentación.

La pendiente media de la cuenca se estima con base en un plano topográfico que contenga las curvas de nivel o en el modelo de elevación digital de 8 x 8 metros, empleando el método de Alvord.

De acuerdo con el uso del suelo y la red de drenaje, la pendiente influye en el comportamiento de la cuenca afectando directamente el escurrimiento de las aguas lluvias; esto es, en la magnitud y en el tiempo de formación de una crecienta en el cauce principal. En cuencas de pendientes fuertes existe la tendencia a la generación de crecientes en los ríos en tiempos relativamente cortos; estas cuencas se conocen como torrenciales, igual que los ríos que las drenan.

Tabla 4. Clasificación de las cuencas de acuerdo con la pendiente.

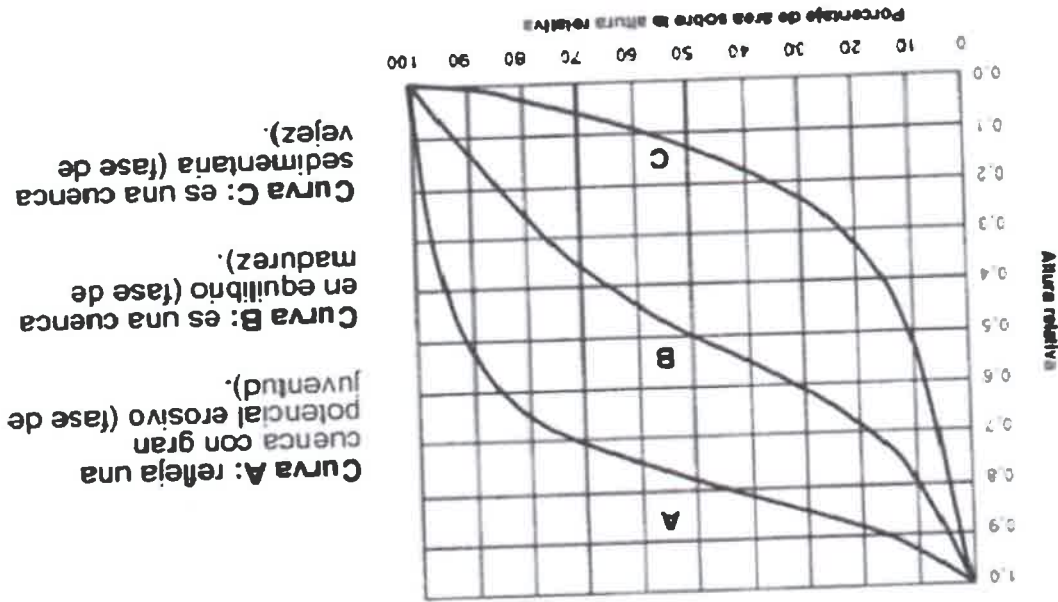
Pendiente media (%)	Tipo de relieve
>75	Muy escarpado
50-75	Escarpado
35-50	Muy fuertemente accidentado
20-35	Fuertemente accidentado
12-20	Accidentado
7-12	Medianamente accidentado
3-7	Suave
0-3	Plano

Pendiente media y distribución

- Pendiente media: 30 % ($\approx 16,7^\circ$)
- La mayor parte del área (≈ 70 %) presenta pendientes entre 10 % y 50 %, con sectores muy empinados (>100 %) en barrancos y taludes.

10.2. Curva Hipsométrica.

Constituye un criterio de la variación territorial del escurrimiento resultante de una región, lo que genera la base para caracterizar zonas climatológicas y ecológicas. Los datos de elevación son significativos, sobre todo para considerar la acción de la altitud en el comportamiento de la temperatura y la precipitación. La curva hipsométrica refleja con precisión el comportamiento global de la altitud de la cuenca y la dinámica del ciclo de erosión. Es la representación gráfica del relieve de la cuenca en función de las superficies correspondientes (Díaz et al., 1999). Para construir la curva se lleva a escalas convenientes la elevación dada en las ordenadas y la superficie de la cuenca en las abscisas, para la cual cada punto tiene cota al menos igual a esa altitud. Esta última se obtiene calculando (mediante planímetro o sistema CAD) la superficie correspondiente al área definida en la cuenca entre la curva de nivel cuya cota se ha definido en las ordenadas y los límites de la cuenca por encima de la citada cota, verificándose esta operación para todos los intervalos seleccionados en las ordenadas.



Curva A: refleja una cuenca con gran potencial erosivo (fase de juventud).

Curva B: es una cuenca en equilibrio (fase de madurez).

Curva C: es una cuenca sedimentaria (fase de vejez).

Ilustración 7. Curva hipsométrica

Según los resultados obtenidos a través de ArcGis, tenemos una cuenca que está en la fase de madurez (Curva B), con un hipsometría equilibrada entre relieves altos y valles bien desarrollados.

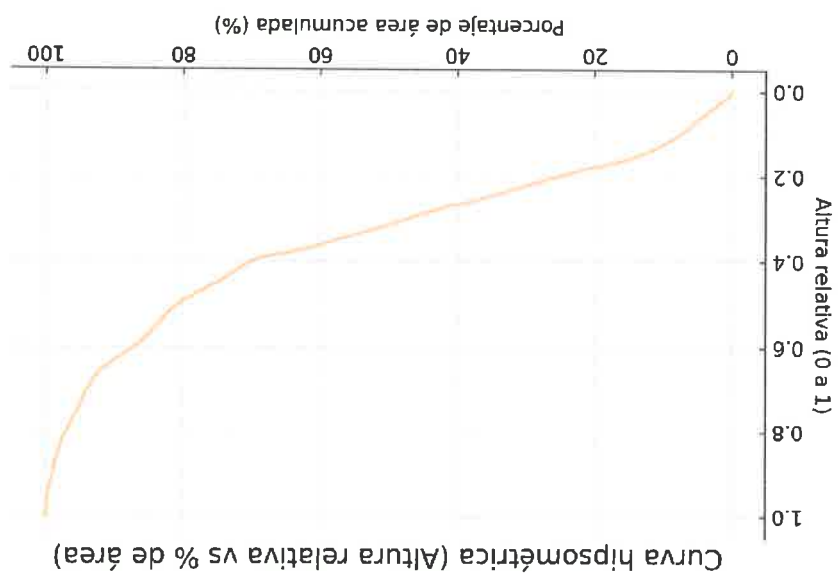
Es la longitud del cauce principal, medida desde el punto de concentración hasta el tramo de mayor longitud de este. Igualmente, los tiempos promedios de subida y las duraciones promedias totales de las crecientes torrenciales tendrán siempre una evidente relación con la longitud de los cauces.

Una longitud mayor supone mayores tiempos de desplazamiento de las crecidas y como consecuencia de esto, mayor atenuación de estas, por lo que los tiempos de subida y las duraciones totales de éstas serán evidentemente mayores.

11.1. Longitud del cauce (L).

11. CARACTERÍSTICA DEL SISTEMA DE DRENAJE

Fuente: Elaboración propia, con datos obtenidos de ArcGIS



Gráfica 1. Curva hipsométrica

127
245