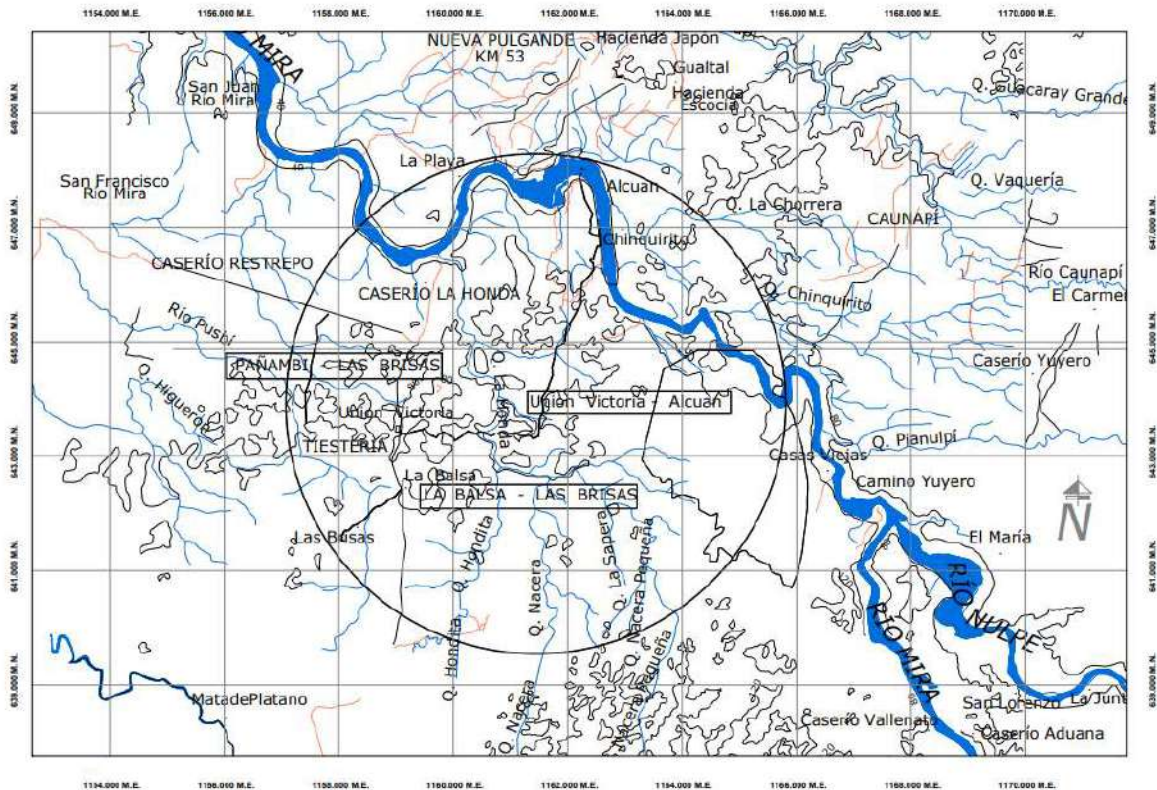


## DISEÑO DEL PUENTE VIA A LA VEREDA ALCUAN PERTENECIENTE AL CONSEJO COMUNITARIO ALTO MIRA Y FRONTERA MUNICIPIO DE TUMACO DEPARTAMENTO DE NARIÑO.

### ESTUDIO HIDROLOGICO QUEBRADA LA HONDA

#### 1. Localización General



Mapa 1. Localización General del Proyecto

La quebrada La Honda, en el sitio de ubicación del puente a Alcuán, forma parte del Consejo Comunitario Alto Mira y Frontera, del Municipio de Tumaco. Este consejo está ubicado en el sur este del municipio de Tumaco, limitando con frontera del Ecuador desde el Río Mataje hasta el Río Mira. En la actualidad existen zonas de bosque con una gran biodiversidad y zonas intervenidas por colonos y nativos que destruyen el medio ambiente para la siembra de cultivos de pan coger y en su mayoría cultivos ilícitos como la coca. Es un territorio colectivo en su mayoría conformado por población afrocolombiana y con una presencia alta de colonos (aproximadamente 30% de población), dentro de su territorio que han llegado detrás de la explotación de cultivos de uso ilícito.

El puente este centro poblado, se encuentra entre las coordenadas:

Latitud 643390 -643370 N, Longitud 1161080 – 1161100 E

Su acceso es por vía terrestre, por la vía principal Pasto-Tumaco. Hasta la altura de Candelillas, donde se toma la vía binacional, hasta el poblado de Restrepo y por vía secundaria, por unos 25 minutos hasta el centro poblado la Honda y de allí por vía fluvial (Q. La Honda), hasta la Vereda Alcuán.



**Imagen 1.** Localización puente sobre Q. La Honda

**Fuente:** Google Earth pro







Imagen 2,3 y 4. Sitio de ubicación del puente sobre Q.La Honda



Imagen 5. Trazado vía La Victoria -Alcuan

## **2. Objetivos del estudio**

El propósito del presente estudio, es desde la perspectiva de la hidrología, con información de la estación Mataje y haciendo uso de las herramientas informáticas HEC-HMS y HEC-RAS, determinar los niveles máximos en la Q. La Honda, en la sección batimétrica, donde está ubicado el actual puente, construido por los habitantes del sector.

Así también es de especial relevancia la estimación de la altura de socavación en esta sección. Con estos dos elementos y junto con información tomada en el sitio, se determinará los elementos geométricos y estructurales del puente, que sirve de acceso a la vereda Brisas.

## **3. Aspectos socioeconómicos**

Desde la época en que los primeros pobladores negros llegaron a estas inhóspitas tierras, se fueron gestando procesos organizativos a través de la conformación de juntas para la realización de actividades productivas mediante mingas y cambio de mano como manifestaciones de organización social que se fortaleció con la expedición y posterior divulgación y aplicación de la Ley 70 de 1993. El Consejo Comunitario del Alto Mira y Frontera (CCAMF) comprende 43 veredas, aproximadamente 1700 familias con una extensión de 24 mil hectáreas de las cuales entre 800 a 1500 están en conflicto.

La pérdida de territorio que se ha venido dando en el Consejo Comunitario, se debe a varios factores, como cultivos de coca, el desplazamiento a causa del conflicto armado que ha obligado a muchas personas a abandonar sus lugares de origen, la débil presencia del Estado y la presión por la tierra de actores legales que están desconociendo la Ley 70 de 1993.

## **4. Zonificación y codificación de la cuenca**

El río La Honda, en la zonificación y codificación de las cuencas en el Departamento de Nariño, se encuentra ubicada en el Área Hidrográfica del Pacífico, es una corriente superficial, tributaria del Río Mira, perteneciente a la Cuenca Corrientes Dir. Río Mira Bajo y una corriente de 4 orden. En el plano de IDEAM, se encuentra definido su cauce y su desembocadura en el Río Mira.

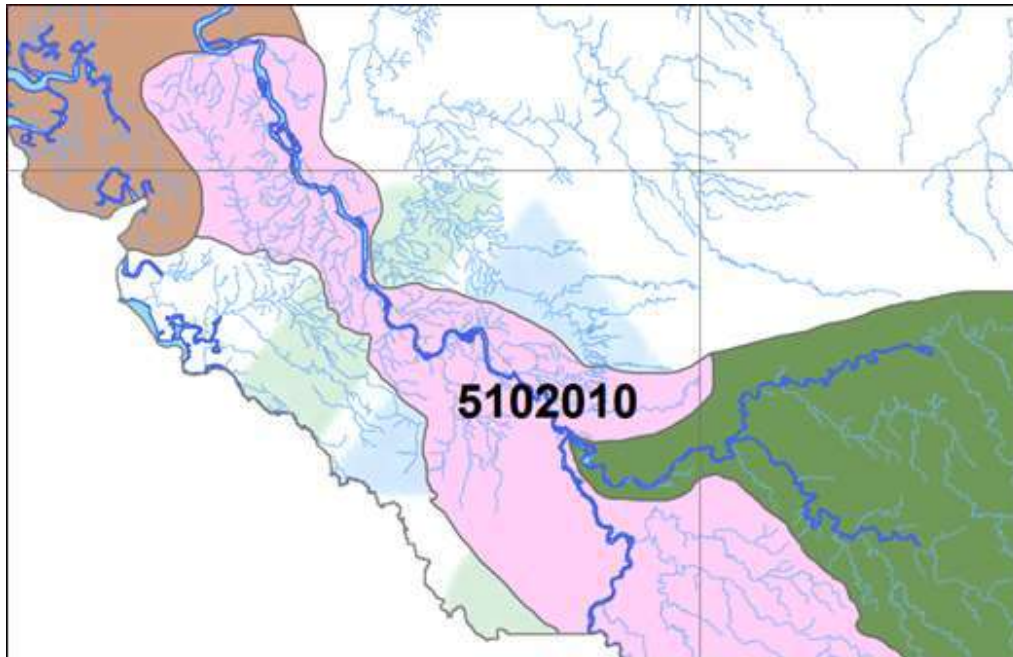
En la tabla siguiente se puede ver la zonificación y codificación del Área Hidrográfica del Pacífico.

**Tabla 1.** Zonificación y Codificación de cuencas en el departamento de Nariño

CODIGO		Área Hidro	CORRIENTE					
LLAVE			ORDEN					
PRIMARIA	FORANEA	0	1	2	3	4	5	6
abcc	ddd							
5100	000							
5101	000			Rio Mataje				
5102	000			Rio Mira				
5102	001			Sistema de Esteros Rio Mira				
5102	002					Brazo El Cobao		
5102	003					Estero Arrastradero		
5102	004					Estero Lagartera		
5102	005					Brazo Rio Mira		
5102	006					Estero Aguaclara		
5102	007					Estero San Luis		
5102	008					Brazo El Chontal		
5102	009					Estero El Guabal		
5102	010			Corr. Dir. Rio Mira Bajo				
5102	011					Quebrada Chiquito		
5102	012					Quebrada Planupi		
5102	013					Rin Queuambi		
5102	014					Quebrada La Honda		
5102	015					Quebrada El Podrido		
5102	016					Quebrada Cuespi		

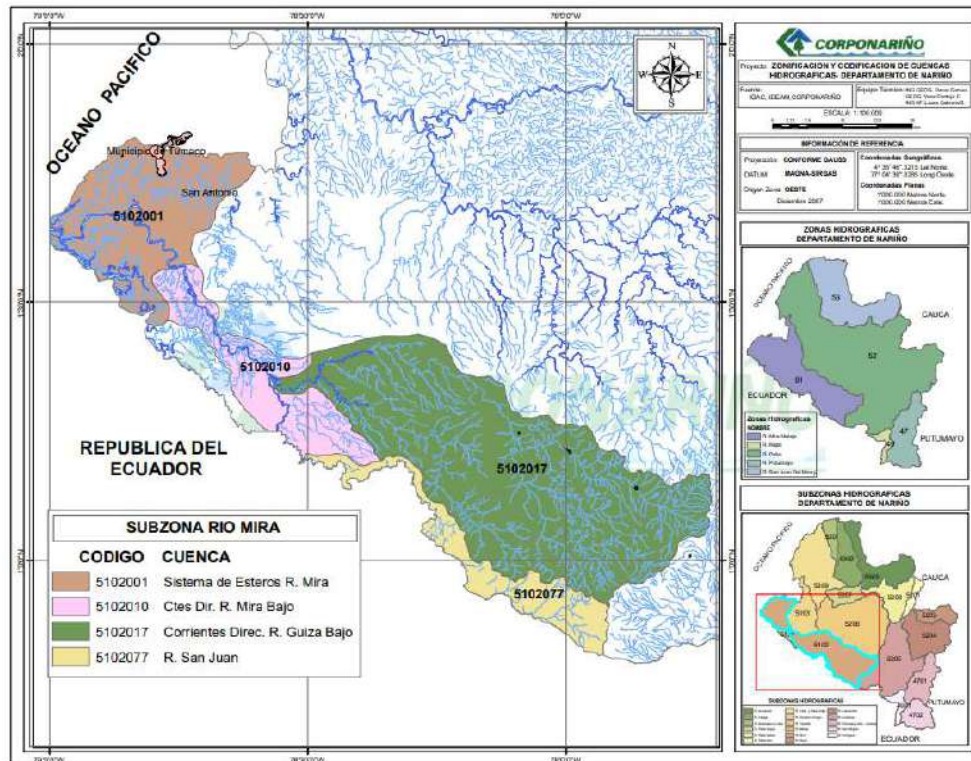
Fuente: CORPONARIÑO

En los mapas 2 y 3, se puede observar la extensión de la Subzona Río Mira y la Cuenca a la cual pertenece la Corriente Q. La Honda.



Mapa 2. Cuenca Ctes. Dir. R. Mira Bajo, incluida la Q. La Honda

Fuente: CORPONARIÑO. Zonificación y codificación de cuencas en el Departamento de Nariño 2007



Mapa 3. Subzona Rio Mira

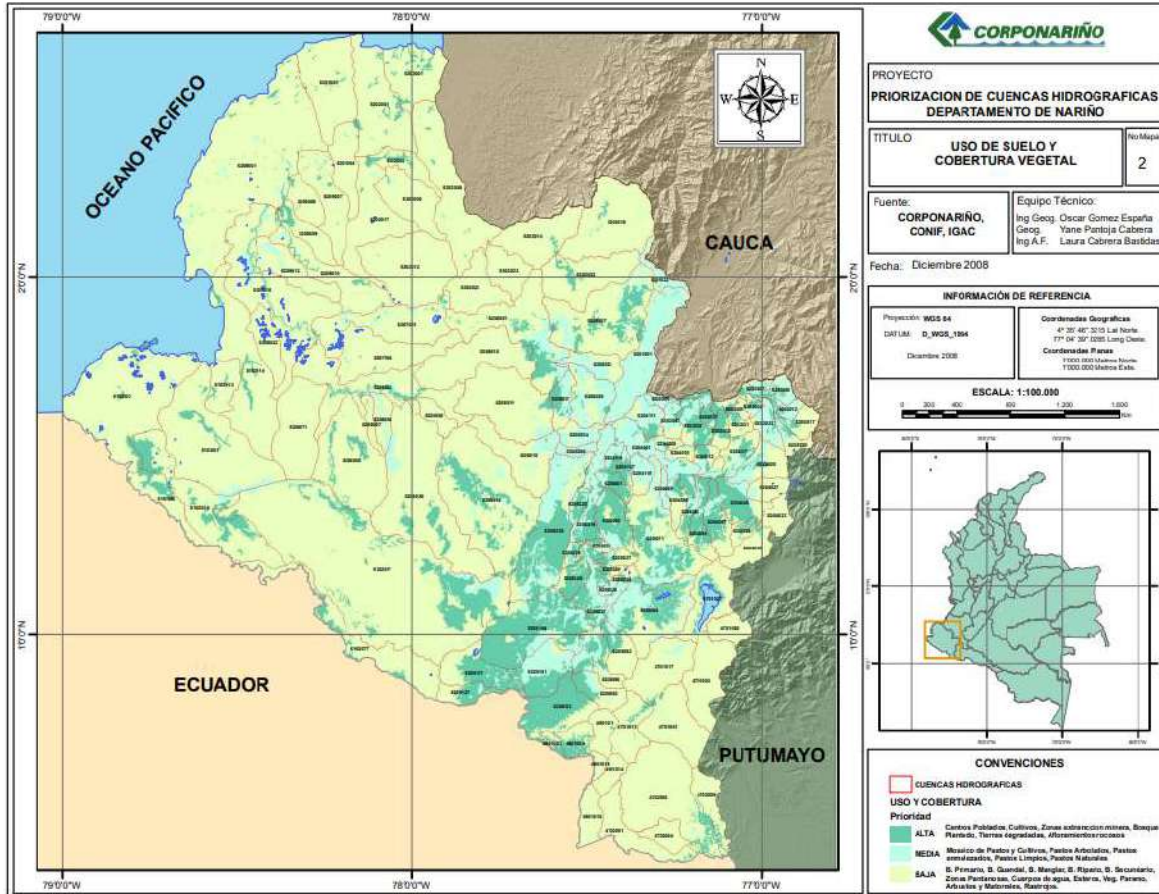
Fuente: CORPONARIÑO. Zonificación y codificación de cuencas en el Departamento de Nariño 2007

## 5. Generalidades de la Región



### 5.1. Uso del suelo y cobertura vegetal

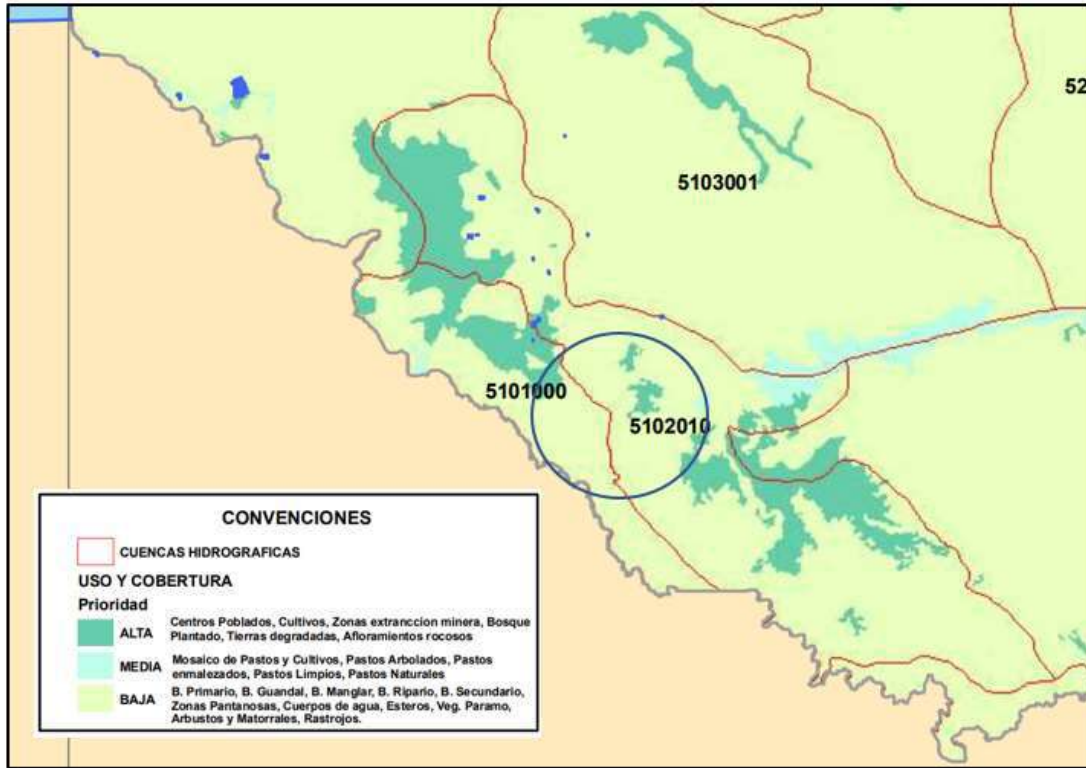
En el Mapa 4, se puede observar una panorámica general del uso del suelo y cobertura vegetal dentro del estudio de priorización de cuencas hidrográficas, realizados pro CORPONARIÑO.



Mapa 4. Uso del Suelo y Cobertura Vegetal por Cuencas Hidrográficas

Fuente: CORPONARIÑO. Clasificación y priorización cuencas hidrográficas Departamento de Nariño 2008

En al Mapa 5, que corresponde a un acercamiento de la zona en estudio, se puede observar que la cuenca, cuenta con uso y cobertura de prioridad ALTA en muy baja proporción y su gran mayoría tiene prioridad BAJA.



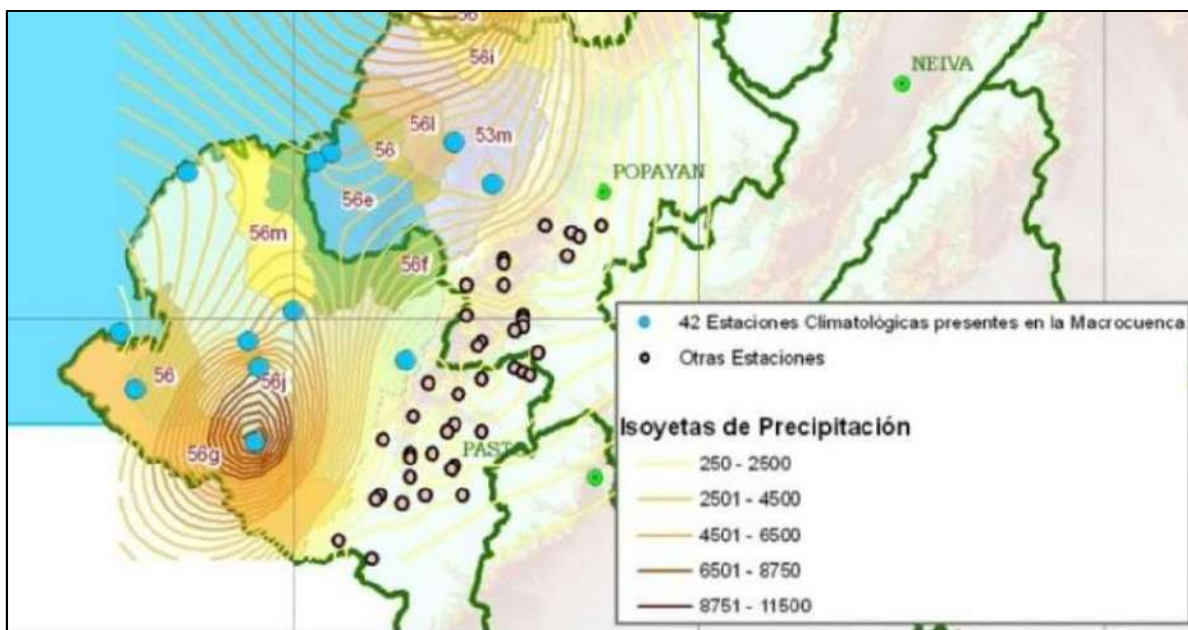
**Mapa 5.** Uso del Suelo y Cobertura Vegetal por Cuencas Hidrográficas Subcuenca La Honda

**Fuente:** CORPONARIÑO. Clasificación y priorización cuencas hidrográficas Departamento de Nariño 2008

## 5.2. Isoyetas de precipitación

El Instituto de Investigaciones Ambientales del Pacífico, desarrolló en el año 2007 indicadores ambientales en la que generó las Isoyetas de precipitación presentes en la zona de estudio. Se utilizó la Información neta para la región del pacífico colombiano, debido a que hidrológicamente hablando estas estaciones pueden ayudar a realizar regresiones para la generación de datos faltantes en la zona de estudio, sin embargo, para el diagnóstico se realizará el cruce estación y análisis hidrológico netamente para la zona de estudio. La gráfica de las Isoyetas de precipitación presenta un degradado de color amarillo – y café, las estaciones presentes en la macrocuenca presentan un Color azul y las estaciones restantes que no están presentes en la Macrocuena del Pacífico están de color rosado claro. Las Isoyetas de precipitación muestran que hidrográficamente existen las zonas del Alto San Juan como la zona con altas precipitaciones seguido con la zona del Medio San Juan, otras zonas en el Centro Occidente del Departamento del Valle del Cauca y en la zona Sur del departamento de Nariño. Ver Mapa 6.





Mapa 6. Isoyetas de Precipitación

Fuente: Instituto de Investigaciones Ambientales del Pacífico

La plancha 383 Tumaco presenta dos sectores diferentes separados por la rada o bahía de Tumaco. El primero, al sur, corresponde a la llanura deltaica del río Mira, e incluye la línea de costa y el frente del delta, en el cual se pueden separar, de acuerdo con los fenómenos de sedimentación predominantes, la llanura deltaica mareal y la llanura deltaica fluvial; y el segundo, al noreste, corresponde a una costa de acantilados, que condiciona la distribución hacia el sur de los sedimentos depositados por el sistema de distributarios del delta del Patía.

Las llanuras deltaicas, tanto la mareal como fluvial, son rasgos fisiográficos muy dinámicos, sometidos a cambios constantes y muy rápidos, debido a la interacción de varios agentes hidrográficos de influencia continental y marítima como son el flujo de los distributarios del delta, la variación de las mareas, la acción modeladora de las olas y corrientes litorales. La red de distributarios está constituida por las desembocaduras de los ríos Caunapí y Mejicano y por el Brazo Mira, por donde desemboca parte del caudal del río del mismo nombre; también por canales de mareas con sus característicos cursos meandriforme, tales como los denominados esteros Guadarajo, Natal, Aguaclara, Guayabillo, Resurrección, Trapiche y Rosario en el delta del Mira. En el sector noreste desemboca el Brazo Largo, el más meridional de los distributarios del sistema del Patía. Tanto los distributarios como los canales de mareas tienen desembocaduras anchas, bordeados por llanuras intermareales descubiertas parcialmente en marea baja. Numerosos esteros, por donde se produce el flujo y el reflujos, de las mareas, intercomunican toda la red hidrográfica. Estos rasgos son característicos de aquellos deltas donde las mareas constituyen el factor morfogenético de mayor influencia e ilustran claramente el carácter estuarino de los deltas del Mira y el Patía.

Para la Variable de Índice de Aridez en términos generales, se puede decir que para la Macrocuenca del Pacífico presenta valores Menores a 0.15 altos excedentes de agua, es decir se presenta los

índices más bajos a nivel nacional, demostrando la fortaleza hídrica de la zona y la posibilidad de no sufrir por el preciado líquido. De un comportamiento favorable es la variable de índice de retención y regulación hídrico presentando en el rango segundo más alto con valores de 0,75 a 0,85 para la Macrocuena del Pacífico.

### **5.3. Aspectos físicos, biofísicos y medio ambiente del litoral Pacífico**

#### **5.3.1. Ubicación del litoral pacífico**

Posee una longitud de 1.300 kilómetros entre sus puntos extremos: los límites con Panamá al norte y con Ecuador en el río Mataje, al sur. Es cóncava hacia el océano; el cabo Corrientes divide esta costa en dos sectores diferentes: el norte, alto, escarpado, menos húmedo y más sano que el sur, que es un sector bajo, húmedo, anegadizo y malsano, formado por los sedimentos que los ríos arrastran hasta el océano.

La llamada cuenca del Pacífico o zona costera del Pacífico colombiano, se localiza en el occidente del país, tiene una superficie de 80.000 km<sup>2</sup>.

Sus límites geográficos son: al norte la hoya del río Juradó (7°28" N), limitando con la hoya del río Atrato (408 km); al sur se encuentra el río Guáitara (0°14" N) y el límite fronterizo con la República del Ecuador (168 Km); al oriente se encuentra el nacimiento del río San Juan (75°51" W) y los límites con las cuencas de los ríos Magdalena-Cauca (512 Km) y por el área andina la cuenca del Amazonas (232 Km); finalmente, al occidente está la desembocadura del río Mira en Cabo Manglares (79°02" W), la línea costera del Océano Pacífico (1.300 Km) y la frontera con la República de Panamá (30 Km) (Cantera, 1993). Según el diagnóstico del departamento de Nariño a la costa Pacífica le corresponde el 52% del área del departamento.

#### **5.3.2. Climas**

Esta zona se caracteriza por presentar vientos variables y débiles (zona de calmas ecuatoriales) y por tener una alta pluviosidad. Esto se debe a que las aguas marinas del Pacífico colombiano, ubicadas en la ensenada de Panamá, se encuentran dentro de la región de bajas presiones atmosféricas, conocida como "concavidad ecuatorial" en donde convergen los vientos alisios de ambos hemisferios, que forman la denominada 12 Zona de Convergencia Intertropical (ZCIT). Por esta razón se presenta una banda nubosa, generada por el choque de las masas de aire ascendentes con diferencias térmicas y gradientes de humedad (Cantera, 1993). En términos generales, se puede decir que la época lluviosa se presenta a principios del año en el sur del país y que este frente ciclónico avanza hacia el norte gradualmente, empujado por los vientos. Al llegar a los 8° N, retorna de norte a sur a partir de septiembre y octubre (Cantera & Contreras, 1991). Citando a Trojer (1958), Cantera & Contreras aseguran que, en las zonas montañosas de la vertiente occidental de la Cordillera Occidental, la intensidad de la radiación y las diferencias térmicas generan distintas circulaciones regionales. Esto facilita el intercambio de masas de aire en sistemas verticales cerrados, cuya extensión depende de la topografía y la estructura vertical del aire. Jaime Cantera afirma que según varios autores (West,

1957; Prah, et al., 1990 y Trojer, 1958), la costa pacífica colombiana es una de las regiones de tierras bajas más pluviosas del continente americano con precipitaciones de más de 3.000 mm que alcanzan a superar los 5.000 mm por año. No existe un verdadero periodo de tiempo seco en la cuenca del Pacífico colombiano. No obstante, se pueden encontrar diferencias en la pluviosidad entre las zonas norte central y meridional, que marcan dos periodos dependiendo de las áreas geográficas consideradas. Al sur los periodos de lluvias van de enero a marzo, cuando la ZCIT está sobre la región, luego al desplazarse hacia el norte las lluvias disminuyen a mitad de año para tener un nuevo aumento a partir de octubre cuando el cinturón vuelve al sur (Cantera, 1993). Al norte la época de lluvias va de abril a septiembre y la estación con menos lluvias corresponden a los meses de septiembre a marzo. En esta zona se registran precipitaciones anuales de 8.000 mm, lo que la convierte en la región más pluviosa del Pacífico colombiano. En la zona media, los periodos de abundantes lluvias son los meses de abril a mayo y de octubre a diciembre y los meses de menos lluvias son de enero a marzo y julio a agosto (Cantera, 1993).

Los alisios son los vientos dominantes, afectan las masas nubosas hacia la Cordillera Occidental y tienen direcciones SW-NE y NW-SE con una velocidad promedio de 2.5 m/s. Son más fuertes en las horas de la tarde, la mayor parte de las precipitaciones caen en las horas de la noche y la humedad relativa del aire es saturada, superando valores del 80% (Cantera, 1993). Las temperaturas del aire en la zona costera presentan oscilaciones entre 25 y 27° C al nivel del mar. Sin embargo, Tumaco, Buenaventura y los valles medios del San Juan y el Patía presentan ligeros aumentos de 26 a 28° C debido al leve incremento de la insolación que afecta estas localidades. Las diferencias de temperatura entre el día y la noche son de 12° C (Cantera, 1993). Como consecuencia de las altas precipitaciones existe una gran cantidad de ríos de trayectos cortos, a excepción de los caudalosos San Juan y Patía, que arrastran sedimentos, que normalmente se depositan frente a las costas, y forman un complejo sistema de barras y bajos sumergidos e intermareales, planos de lodo, playas arenosas y fango-arenosas (Cantera, 1993).

### 5.3.3. Mareas

Citando a Gidhagen (1992) Jaime Cantera asegura que las mareas son semiduras regulares, con dos mareas altas y dos bajas por día con periodos de aproximadamente 12.5 horas. El rango mareal puede alcanzar un poco más de 4 m. Se presentan dos tipos de mareas alternados cada 15 días, de acuerdo con los periodos lunares. El primer tipo tiene un rango más estrecho, presenta mareas menos altas y menos bajas. Se conoce localmente como “quebra” y corresponde a los cuartos lunares. El otro periodo mareal presenta rangos mareales más amplios donde las mareas suben y bajan más correspondiendo con los periodos de Luna llena y Luna nueva. Reciben el nombre de “pujas” (Cantera, 1993). La existencia de variaciones mareales genera corrientes de mareas, en especial, en el interior de bahías y estuarios, corrientes con altas velocidades de hasta 2 m/s en épocas 14 de pujas, donde se depositan o remueven sedimentos, que causan a menudo destrozos en las costas. Las corrientes se presentan principalmente en las zonas centrales hasta una línea de convergencia, fácilmente reconocible por la acumulación de desechos. En el Pacífico se conoce como “hilero” (Cantera, 1993).



#### 5.3.4. Geología

Los fondos marinos del Pacífico colombiano presentan una gran actividad tectónica, la costa se deriva de la cuenca oriental de Panamá y presenta una topografía muy accidentada por estar en una zona de colisión de placas litosféricas, la placa de Nazca que se desplaza hacia el oriente, chocándose y hundiéndose bajo la placa de América del Sur que junto con la placa del Caribe se desplazan hacia el occidente-noroccidente. El choque ha generado fricciones, elevaciones geológicas y subducciones que han venido formando un sistema muy activo de bandas sedimentarias costeras y se han formado también dos dorsales o cordilleras submarinas, Malpelo y Coiba, y el graben de Yáquina que es una dorsal de expansión reciente (Cantera, 1993). En la actualidad, las placas se separan de la dorsal del Pacífico Oriental con velocidades cercanas a 6 cm/año (Cantera cita a Prah & Cantera, 1987).

#### 5.3.5. Geomorfología

El aspecto actual de la costa del Pacífico colombiano es el resultado de la deposición de sedimentos aluviales durante el último millón de años en una antigua fosa, el Geosinclinal de Bolívar, que se extiende desde los límites con Panamá hasta cerca de Guayaquil, Ecuador (Cantera & Contreras, 1993). Las condiciones geológicas han generado una costa con topografía muy accidentada, vulcanismo reciente y modificaciones geomorfológicas. La costa estuvo formada por elevaciones rocosas de mediana altura, rodeadas por el Geosinclinal de Bolívar en el periodo terciario. La colmatación de la fosa, con sedimentos aluviales, en el sur, ha dado la apariencia actual que se puede dividir en dos regiones fisiográficas separadas por Cabo Corrientes (5° 30" N) (Cantera & Contreras, 1993)

Siguiendo a Galvis (1985), Cantera & Contreras afirman que, al norte de Cabo Corrientes, la costa está constituida por acantilados volcánicos de roca principalmente básica y ultrabásica. Esta área forma un arco terciario en los bordes de los ríos Atrato y San Juan que se ha rellenado con sedimentos aluviales. Los sedimentos marinos de esta franja costera son principalmente lodos terrígenos. Al sur de Cabo Corrientes existe la planicie costera formada por sedimentos aluviales cuaternarios, sumergida periódicamente por las mareas y las crecientes de los ríos en los meses de invierno. Está interrumpida en algunos sectores por acantilados terciarios y posee una plataforma continental más ancha que al Norte. El fondo marino está cubierto principalmente por lodos arenosos terrígenos aportados por los ríos. En esta zona se presenta la falla de la bahía de Buenaventura que separa la costa en dos regiones, al norte de ella, la costa está emergiendo y al sur se está hundiendo (Cantera & Contreras citando a Galvis, 1985). La marcada actividad geológica, la presencia de anticlinales terciarios, las condiciones climáticas y los aportes sedimentarios de los ríos generan una gran cantidad de ecosistemas costeros. Algunos de estos se basan en acumulaciones de naturaleza inorgánica o en organismos vegetales o animales. En el primer grupo se encuentran los acantilados, las playas arenosas y rocosas (bloques rocosos y de lodolita, cantos y gravas), los planos de lodo y los fondos permanentemente sumergidos, tanto rocosos como de arena y lodos. Del segundo grupo, los principales son los manglares y los arrecifes coralinos. La costa de playas arenosas: son originadas por procesos de erosión y arrastre de los ríos, con un aporte principal de material silíceo de origen continental que se encuentra comúnmente en costas abiertas o aberturas, "bocanas" de los estuarios,

bahías, golfos y desembocaduras. La costa rocosa: acantilados y playas rocosas. Los principales accidentes de esta costa son de norte a sur: Punta Ardita; la bahía de Humboldt; las puntas Cabo Marzo y Cruces; el golfo de Cupica; bahía Solano, profunda y amplia; la punta San Francisco Solano; el golfo de Tribugá; el Cabo Corrientes; la Bahía de Buenaventura, que comprende a la bahía de Málaga. En esta y sobre la isla de 1 Cascajal se ubica el puerto de Buenaventura, que se extiende también al continente y es el más importante de este litoral. En el golfo de Tumaco se localiza el puerto de su nombre, segundo en importancia en esta costa. También se encuentran el Cabo Manglares y la Bahía de Ancón de Sardinas.

### 5.3.6. Manglares

Son ciertas asociaciones vegetales costeras de los trópicos y subtropicos, que tienen determinadas características comunes a pesar de pertenecer a diferentes grupos taxonómicos (Prhal, 1989). Estas características son: \ Una marcada tolerancia al agua salada y salobre, sin ser plantas halófilas obligadas. \ Diferentes adaptaciones para ocupar sustratos inestables. El mangle rojo (género *Rhizophora*) por ejemplo, se sustenta sobre raíces en zanco. \ Adaptación para intercambiar gases en sustratos anaeróbicos (sin oxígeno). \ Reproducción por embriones capaces de flotar, que se pueden dispersar transportados por el agua. Las especies que forman los manglares del Pacífico colombiano pertenecen a cinco familias *Rhizophoraceae* (*R. mangle*, *R. harrisonii* y *R. racemosa*), *Aviceniaceae* (*Avicenia germinans*, *A. tonduzii*), *Combretaceae* (*Laguncularia racemosa*, *Connocarpus erectus*), *Theaceae* (*Pelliciera rhizophorae*) y *Caesalpinaceae* (*Mora magistosperma*). Estas especies se distribuyen dependiendo de las características medioambientales, como amplitud y rango de protección de las mareas, composición del suelo, oferta de agua dulce, protección de la acción directa del oleaje y del acarreo de arena, flujo de nutrientes, microtopografía y clima, entre otros. De acuerdo con estas condiciones se agrupan en: \ Manglares de barras \ Manglares ribereños \ Manglares de borde Existen otros tres tipos de manglares en el Pacífico, pero en realidad son solamente diferentes estados de los citados anteriormente. \ Manglares invertidos \ Manglares enanos \ Manglares de islotes (Cantera & Contreras, 1993).

### 5.3.7. Arrecifes coralinos

Son ecosistemas costeros que se encuentran en zonas tropicales, donde la temperatura media anual no baja de los 20 °C. Por sus características de vida, los corales ocupan áreas donde las aguas son someras, las salinidades relativamente elevadas y de baja turbiedad. Por estas razones, los arrecifes coralinos son ecosistemas poco abundantes en el Pacífico. Estos arrecifes pueden estar formados por dos grandes tipos morfológicos de corales: los de crecimiento ramificado y los de crecimiento masivo. Este ecosistema tiene su base en la existencia de los pólipos coralinos capaces de secretar un esqueleto calcáreo y de formar colonias que pueden llegar a ser muy grandes hasta formar arrecifes.

### 5.3.8. Suelos

Según la clasificación de suelos elaborado por el Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC), (Instituto A. v. H. & Fondo FEN, 1993), las zonas del litoral pacífico nariñense presentan la siguiente caracterización: \ Suelos de las formas litorales. \ Suelos desarrollados en playas, marismas y barras

marinas. } Suelos de las formas aluviales y/o lacustres. } Suelos desarrollados en áreas depresionables e inundables de todos los climas. } Suelos de climas seco y húmedo desarrollados en planicies aluviales, terrazas y diques bien drenados. } Suelos de la planicie aluvial de piedemonte. 18 } Suelos de climas cálido, seco, en relieve ligeramente inclinado. } Suelos desarrollados a partir de materiales volcánicos en relieves ondulado y fuertemente ondulado. } Suelos de clima cálido, muy húmedo y pluvial. } Suelos de colina. } Suelos de clima seco, en relieve ondulado a quebrado, con alta saturación de bases. } Suelos de climas medio, seco y muy húmedo, en relieves fuertemente ondulado a fuertemente quebrado. } Suelos de clima cálido, pluvial, en relieves ondulado a quebrado y desaturados.

### **5.3.9. Pluviosidad**

La precipitación en el Pacífico sur colombiano, tomando como base los registros de la ciudad de Tumaco (1991), muestran un régimen bimodal que tiene su nivel más elevado durante julio y junio (400 m y 381 m, respectivamente), las más bajas en septiembre y octubre (72 m y 88m). La precipitación media tiene su punto más elevado durante abril y mayo (288 m y 282 m) y las más bajas durante los meses de octubre y noviembre (75 m y 89 m). Durante el año se presentan un total de 168 días de lluvia, una temperatura media de 26. 0° C., una humedad relativa promedio de 83,9% y una insolación media de 1.031 horas (Loboguerrero, 1991).

### **5.3.10. Coberturas vegetales**

Tipo de bosque o bioma: biorregión del Pacífico colombiano cuya cobertura boscosa pertenece a diferentes subtipos del bosque húmedo tropical. Los bosques de esta biorregión son considerados los de mayor biodiversidad del planeta con un alto grado de especies endémicas. Esta zona, (conocida también como Chocó biogeográfico) comprende la franja más occidental del país, con cerca de 1.300 km de largo (extendida desde la frontera con Panamá en el Norte hasta la del Ecuador en el Sur) y un área aproximada de 71.000 km<sup>2</sup> entre el Océano Pacífico y la cordillera occidental. Está formado por un sistema de llanuras aluviales, adonde irrumpen algunas pequeñas 19 colinas, y, más abruptamente, por la serranía del Baudó. La cuenca del Atrato drena hacia el Océano Atlántico, mientras que en las restantes desembocan al Océano Pacífico. Predomina, entonces, una orientación Oriente-Occidente en el discurrir de la mayoría de los ríos.

A la cuenca del Atrato en la zona baja se asocia un sistema de ciénagas. La serranía del Baudó hace que en el Norte la línea costera sea angosta y ancantilada, mientras que en el Sur las ensenadas, esteros y manglares dominan el paisaje. Además de que la biorregión del Pacífico colombiano es uno de los lugares más húmedos del mundo; la densidad y variedad de la vegetación y fauna lo han perfilado como una de las regiones de mayor biodiversidad del planeta.

Los bosques húmedos del Pacífico contienen una gran riqueza de especies endémicas y una alta diversidad biológica. En la biorregión del Pacífico colombiano se pueden distinguir diferentes tipos de bosques de acuerdo con la variación de los suelos, la altitud, la influencia de aguas salinas, la humedad relativa, el nivel de precipitación y el grado de intervención, entre otros factores. Según el tipo de asociaciones, los bosques del Pacífico se dividen en dos grandes grupos: homogéneos y



heterogéneos. En los primeros predomina una o unas pocas especies sobre la asociación boscosa; de ahí que generalmente reciban su nombre de la especie dominante, como en el caso del catival, el manglar y el naidizal, en los que se encuentran en abundancia el cativo, los mangles o la palma naidí, respectivamente. Los bosques heterogéneos, por su parte, se caracterizan por ser asociaciones boscosas donde la diversidad en su composición no permite definirlos por el dominio de ninguna especie. En este caso se puede hablar de bosques de colinas bajas o altas y de montaña, ya que, de acuerdo con la altitud, al igual que con el cambio en la humedad y precipitación, se evidencian diferencias significativas en su composición (Restrepo).

#### **5.4. El litoral pacífico nariñense**

Al cruzar de Sur a Norte el territorio departamental y por su posición geográfica y la presencia de los Andes, Nariño incide en la formación de grandes unidades fisiconaturales: la costa pacífica 52%, la andina 46% y la amazónica 2%, que permiten definir una gran región territorial. Posee espléndidas riquezas naturales caracterizadas por su gran diversidad y complejidad biológica y sociocultural. La existencia de varias formaciones vegetales, como tres zonobiotomas de tierras bajas (subxerofítico tropical, húmedo ecuatorial tropical alternohigróico), cinco orobiotomas de alta montaña (selva húmeda, selva nublada, páramo, subpáramo y nival), sumados a la variedad topográfica y climática contribuyen a la caracterización de una gran diversidad y riqueza florística y faunística.

##### **5.4.1. Suelos**

Para el sector denominado litoral pacífico nariñense, la clasificación de suelos es igual a la de la región sur del litoral de la presente caracterización. Sector urbano de Tumaco 22

##### **5.4.2. Pluviosidad**

En la parte sur del andén pacífico, el régimen de lluvias es moderado y presenta precipitación anual hasta de 2.531mm.

##### **5.4.3. Hidrología**

Los principales ríos del litoral pacífico nariñense son: Patía, Telembí, Magüí, Tapaje, Iscuandé, Satinga, Sanguiana, Curay, Chagüí, Mejicano, Gualajo, Rosario, Caunapí, Mira y Mataje, navegables todos ellos en gran parte de su extensión. Además, constituyen la principal vía de comunicación.

##### **5.4.4. Zonificación ecológica, paisajes y medio ambiente**

Los ecosistemas estratégicos y abiertos del litoral Pacífico nariñense identificados son los siguientes: dos sistemas estuarinos en la desembocadura de los ríos Mira y Patía, donde se localizan las

formaciones de mangle y se conocen las seis especies reportadas en el mundo (*Avicennia*, *Conocarpus*, *Laguncularia*, *Mora Megistosperma*, *Pelliciera* y *Rhizophorae*). Su extensión aproximada es de 135,000 has, que constituye el 40% de la superficie establecida en el país y el 47% de la costa pacífica; ecosistema guandal, con una extensión aproximada de 130.000 has. Degradación de suelos El proceso de deterioro ambiental es causado por la acelerada pérdida de la cobertura vegetal boscosa, para transformar el paisaje en potreros y cultivos de palma africana. Como paso posterior a la tala de maderas de uso comercial se incrementó el área de la carretera Pasto-Tumaco (sector Llorente, la Guayacana y Ricaurte), con cultivos de uso ilícito que se han convertido en un flagelo para el departamento de Nariño, hoy 23 convertido en el mayor productor de hoja de coca del país.

En cuanto al seguimiento, control y prevención de riesgos naturales, en la actualidad no se tiene estudios específicos para la región. Las zonas costeras marinas presentan una serie de factores naturales como erosión fluvial, maremotos, presión antrópica y riesgos hidráulicos como el Canal Naranjo, un caso típico y único que amerita especial interés, porque influye en la alteración de los procesos y crea situaciones destructivas sobre el mismo ambiente. Como consecuencia se presenta una vulnerabilidad socioeconómica y cultural en la atención y prevención de los desastres ante los diferentes eventos geológicos (sismos, terremotos, tsunamis), geomorfológicos, climatológicos, hidrológicos que se presentan en el departamento de Nariño como derivación de la apropiación acelerada e inadecuada del espacio, debido a una débil educación ambiental donde el medio natural se concibe como una gran reserva de materias primas no terminables. Imagen satelital del sector de La Guayacana- 2008 24

#### **5.4.5. Desertificación**

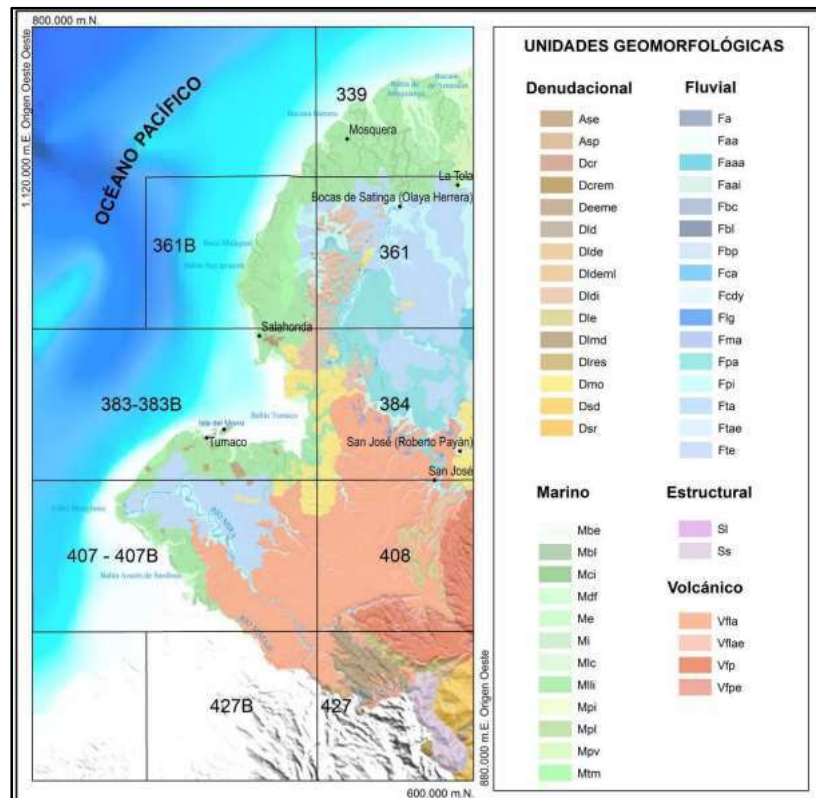
Aunque la región no tiene procesos avanzados de erosión, la pérdida de la cobertura boscosa por cultivos comerciales y el establecimiento de áreas con pasturas para la cría de ganado, hace previsible la presencia en corto tiempo de este fenómeno. En algunos sectores se nota ya la ausencia de capa vegetal causada por la escorrentía y el mal manejo de los suelos.

#### **5.4.6. Deforestación**

Las actividades industriales que han generado mayor impacto en los procesos de deforestación y degradación del bosque son la extracción maderera y minera, la ampliación de la frontera agrícola y su preparación como las quemadas y la tala indiscriminada. El resultado de este proceso es más de 10.000 hectáreas anuales, aproximadamente, para la costa pacífica nariñense. Crecientes e intensos procesos de deforestación y alta intervención en los ecosistemas estratégicos; se talan entre 8.000 y 10.000 hectáreas/año, mientras la reforestación es de apenas el 5%; la producción maderera en bruto es de 450.000 metros cúbicos/año de los cuales el 80% se extrae de la costa pacífica; el área deforestada corresponde a más del 70% del territorio departamental (Visión Nariño 2030- PGAR, Corponariño). El Estado colombiano considera a los bosques del Pacífico "baldíos" (desconociendo la ancestral ocupación de las comunidades negras). Por ello, ha entregado grandes concesiones y permisos a las empresas extranjeras o nacionales, para que extraigan los recursos naturales renovables o no renovables.

Proceso avanzado de deforestación y establecimiento de palma africana y potreros sobre la vía Pasto-Tumaco, 2008 Además de la deforestación y pérdida de la biodiversidad de los bosques de esta región, para las comunidades negras que han habitado y manejado tradicionalmente estos bosques, la industria maderera ha implicado transformaciones territoriales, económicas, culturales y políticas. Por tanto, se han presentado innumerables conflictos entre las comunidades y el capital industrial apuntalado por los intereses del Estado. En los últimos años, sin embargo, con la nueva Constitución Política de 1991, que reconoce la pluriculturalidad y multiétnicidad de la nación colombiana, se han adecuado las normas (Ley 70 de 1993) que han permitido al movimiento social de comunidades negras una nueva correlación de fuerzas para concertar con el Estado lo que debe ser el manejo de los recursos naturales renovables y no renovables de la biorregión en tanto territorio-región de las comunidades negras. Surgen nuevas alternativas de manejo del bosque húmedo tropical desde las perspectivas de las comunidades organizadas con base en el reconocimiento y protección de sus territorios y prácticas ancestrales de producción.

#### 5.4.7. Geología y geomorfología



Mapa 8. Unidades Geomorfológicas

Fuente: Memoria Explicativa De Los Mapas De Geomorfología Del Bloque Litoral Nariño: Planchas 339, 361, 361bis, 383, 384, 407, 408, 427bis, 427. Versión 2

Como se puede observar en el Mapa 8., la zona en estudio, tiene una morfología de origen volcánico, cuya descripción es la siguiente:



**Geoformas de Origen Volcánico:** Geoformas originadas como resultado de la actividad volcánica, la cual incluye erupciones explosivas y/o efusivas, además de aquellas geoformas generadas por acumulación de la remoción de productos volcánicos. La actividad volcánica se debe a la acción de procesos endógenos, los cuales ocurren en el interior de la corteza terrestre y dependen de las fuerzas internas de La Tierra. Este ambiente predomina en el margen Oriental de la zona de estudio por resultado de erupciones de los volcanes Galeras, Cumbal, Azufral, Chiles, Doña Juana, Morazurco y Patascoy y su influencia se extiende a toda la zona de estudio y en general a los modelados actuales del relieve piedemontano y de montaña.

Dentro de esta clasificación, tiene una clasificación específica que es:

**Flujo lahárico aterrazado (Vfla):** Lóbulo alomado de aspecto tabular y aterrazado suavemente inclinado ( $2^{\circ}$ - $3^{\circ}$ ), con escarpes de diferente altura. Localmente se localiza paralelo a los ríos a los cuales limita. Su génesis está asociada a la acumulación de productos volcánicos previamente depositados o generados durante la erupción, que han sido mezclados o removidos por cuerpos de aguas superficiales (lagos, ríos, lagunas o provenientes del derretimiento de hielo o nieve durante una erupción). Estos depósitos así acumulados van quedando elevados conforme la corriente hídrica va erosionando y recobrando su cauce. Se encuentra distribuido en las planchas 383, 384, 407, 408, 427B y 427 como resultado de la actividad volcánica proveniente del margen Oriental del Bloque Litoral; se encuentran disectado por ríos Pusbí, Pañanbí, Caunapí, Sabaleta, Guiza, Rosario, Palai, Ispí, Saundé, algunos tributarios a los ríos Mira y Patía.

### **Zona Aluvial O Llanura Deltaica Fluvial**

La llanura deltaica mareal descrita cambia de manera gradual y natural a medida que los procesos modeladores del paisaje pasan de costeros a aluviales, a la llanura deltaica fluvial asociada al desarrollo de los ríos que han contribuido a la formación del delta: Mira, Rosario y Mejicano en el delta del Mira y Patía en el delta del mismo nombre en la esquina nororiental de la plancha. Uno de los rasgos geomorfológicos más sobresalientes de esta región es la presencia de madre viejas y otros tipos de cauces abandonados (ver Nivia & Pérez, 2003; Pérez & Nivia, 2003a, 2003b), de fácil separación sobre las imágenes de sensores remotos (radar y fotografías aéreas), que, desde el punto de vista evolutivo, permite comprobar que la avulsión o cambio de curso de los ríos es un fenómeno que caracteriza el ambiente deltaico. La característica hidrodinámica principal de este sector de tributarios del delta es el cambio en la dirección de flujo de la corriente que le imparte la variación semidiurna de las mareas. Esta condición de flujo y reflujos y la inundación periódica adicional de las llanuras de inundación de mareas favorece la sedimentación de lodos de la carga aluvial.

La hoya hidrográfica del río Mira transcurre por regiones selváticas, y muy poco pobladas. Los cultivos de banano y palma africana se destacan entre los más importantes en esta cuenca.

## **6. Parámetros Generales Área de Drenaje**

## 6.1. Área de Drenaje

Corresponde a la superficie encerrada por la divisoria de aguas (línea que separa las precipitaciones que caen en hoyas vecinas, y que dirigen la escorrentía resultante para uno u otro sistema fluvial). Se convierte la cuenca en un polígono para poder calcular su área y perímetro, así mismo se obtuvo el mapa de pendientes para conocer las pendientes mínima y máxima de la cuenca.

El área de la subcuenca de la Quebrada La Honda, hasta el punto de interés o sea hasta donde es necesario el puente es de  $A = 53.00 \text{ Km}^2$ .

Según la clasificación de las áreas de drenaje de acuerdo a la extensión Movimiento Conservacionista Americano (TVA) y la FAO corresponde a una **subcuenca**, como se puede observar en la siguiente tabla:

Tabla 2. Clasificación de las áreas de drenaje

Nombre	Área Km <sup>2</sup>
Microcuenca	<30
Subcuenca	30-100
Cuenca	>100

## 6.2. Características Morfo métricas de la Subcuenca Q. La Honda

Para la delimitación de la subcuenca, se hizo acopio de la información disponible en los mapas globales donde se tiene idea de las cotas, para identificar la divisoria de aguas, hasta el punto de interés, que es el sitio de ubicación del puente, en la cota 60 m.s.n.m., con coordenadas N643390 y E1161080.

La siguiente imagen muestra, de manera esquemática, la delimitación e identificación de la subcuenca de la Quebrada La Honda.



**Mapa 3.** Delimitación de la Subcuenca Q. La Honda hasta sitio del Puente

Una vez obtenidos los datos geográficos de la subcuenca que conforma el área de estudio, se realizó el análisis morfométrico, lo cual es determinante en su comportamiento hidrológico, los parámetros de forma principales son: identificación del área de influencia, perímetro, longitud del cauce principal, cotas del cauce (inicio-fin), longitud axial y tiempos de concentración.

Los datos morfométricos obtenidos de la cuenca son:

**Tabla 3.** Resumen parámetros Morfo métricos de la Subcuenca Quebrada La Honda

PARAMETROS BASICOS	Valor	Unidad
Área de una cuenca(A):	53	km <sup>2</sup>
Perímetro de la cuenca (P):	30.05	km
Longitud de la cuenca (L):	11.41	km
Longitud del Cauce Principal (L <sub>p</sub> )	11.24	km
Cota Inicial Cauce Principal	152	m.s.n.m.
Cota Final Cauce Principal	60	m.s.n.m.
Longitud Total de Cauces (L <sub>t</sub> )	50.112	km
Ancho de cuenca (W) = A/L	7.22	km

CARACTERÍSTICAS ALTITUDES	Valor	Unidad
Altitud media de la Cuenca:	92	m.s.n.m.
Altitud más frecuente:	93	m.s.n.m.
Altitud de Frecuencia media (Em):	97	m.s.n.m.

PARÁMETROS DE RELIEVE	Valor	Unidad
Pendiente media de la Cuenca: P med	2.98	%
	Plano	
Pendiente media del cauce principal (S):	0.82	%
	Plano	

PARÁMETROS GEOMORFOLICOS DE LA MICROCUENCA	Formula	Valor	Observaciones
Relación de elongación (R):	$Re = 1.128 \sqrt{A} / Lm$	0.73	La cuenca tiene un relieve peronunciado
Relación de circularidad (Rc):	$R = 4 \pi A / P^2$	0.74	La forma de la cuenca se acerca a un cuadrado
Índice de Compacidad o Índice de Gravelious (K):	$K = 0.28 \frac{P}{\sqrt{a}}$	1.16	La cuenca en estudio, tiende a ser oval redonda. Crecidas tipo medio
Factor de forma de una Cuenca de Horton (F):	$F = \frac{A}{L^2}$	0.41	F < 1, la forma de la cuenca es Alargada, por lo tanto no existe riesgo de concentración de escorrentía, inundaciones o erosión por escorrentía superficial.

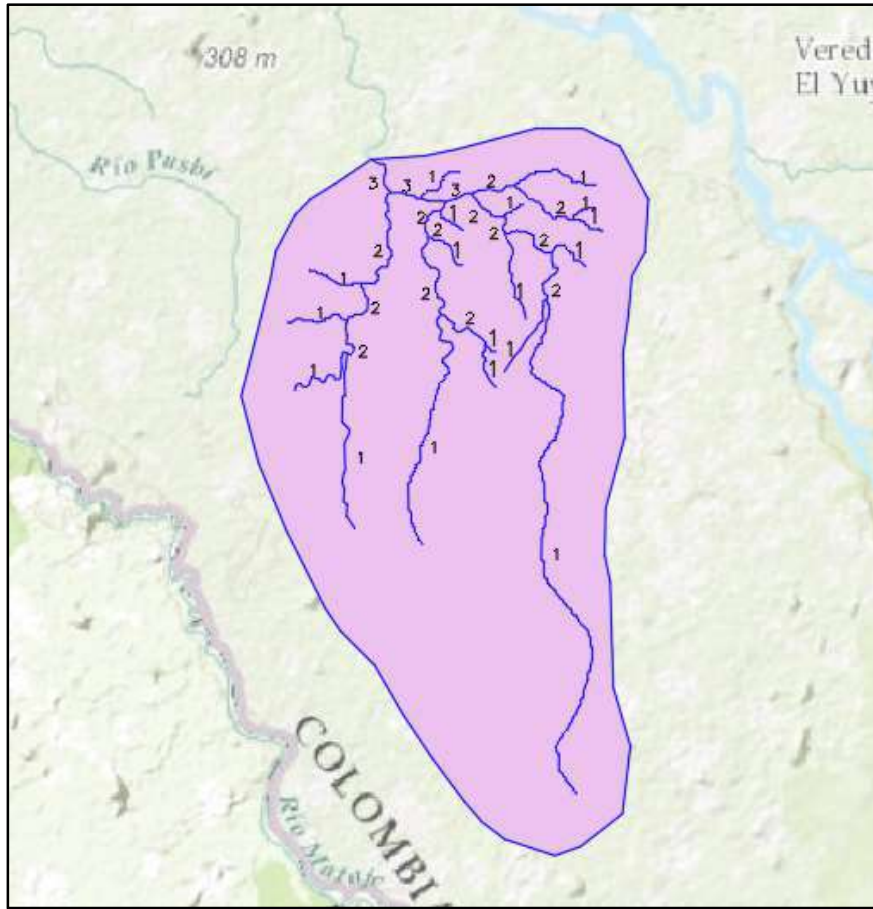
PARÁMETROS DE LA RED HIDROGRÁFICA	Formula	Valor
Densidad de drenaje (Dd):	$D = \frac{L}{A}$	1.06
Constantes de estabilidad del Río (C):	$C = \frac{A}{L}$	4.65
Densidad de corriente (Dc) o Densidad Hidrografica (Dh):	$D_h = \delta D_d^2$ $\delta$ : Coeficiente Adimensional = 0,694	0.78
Tiempo de Concentración en horas (Tc):	<b>Formula</b>	<b>Valor Tc (horas)</b>
	Kirpich	2.72
	Temez	4.70
	Williams	15.21
	Johnstone y Cross	5.15
	SCS -Ranser	2.72
	Ventura-Heras	4.53
	V.T.Chow	5.98
	Cuerpo EjerEU	4.39
	Hathaway	5.20
<b>Promedio</b>	<b>4.42</b>	
		Se calcula este parametro haciendo uso de formulas de varios autores, se toma un promedio de los valores obtenidos, esceptuando el de Williams, por estar fuera de rango. Tc = 4.42 hr
Indice de Torrencialidad Ct	$C_t = \frac{\#Cauces\ orden\ 1}{Area\ cuenca\ (km^2)}$	0.34

### 6.3. Orden de la Subcuenca

Es un número que refleja el grado de ramificación del Sistema de Drenaje. La clasificación de los cauces de una cuenca se realiza a través de las siguientes premisas: Los cauces de primer orden son los que no tienen tributarios.

En este caso la subcuenca Q. La Honda, en el punto de interese es del orden 3, significa que tine un buen numero de ramificaciones.





Mapa 4. Orden de la Subcuenca La Honda

Tabla 4. Tabla 2.8. Periodos de retorno de diseño en obras de drenaje vial

TIPO DE OBRA	PERIODO DE RETORNO (AÑOS) <sup>1</sup>
Cunetas	5
Zanjas de Coronación <sup>2</sup>	10
Estructuras de Caída <sup>2</sup>	10
Alcantarillas de 0.90 m de diámetro	10
Alcantarillas mayores a 0.90 m de diámetro	20
Puentes menores (luz menor a 10 m)	25
Puentes de luz mayor o igual a 10 m y menor a 50 m	50
Puentes de luz mayor o igual a 50 m	100
Drenaje subsuperficial	2

Fuente: Manual de drenaje de carretera INVIAS

## 7. Análisis Morfométrico Subcuenca La Honda

### 7.1. Parámetros de Forma

Factor de forma HORTON (F)

Expresa la relación entre el ancho promedio de la cuenca (A) y la longitud (L)

$$F = \frac{A}{L^2} = 0.41 \text{ (factor forma Quebrada La Honda)}$$

Intenta medir cuan cuadrada (alargada) puede ser la cuenca. Una cuenca con un factor de forma bajo, esta menos sujeta a crecientes que una de la misma área y mayor factor de forma. Principalmente, los factores geológicos son los encargados de moldear la fisiografía de una región y la forma que tienen las cuencas hidrográficas. Un valor de F superior a la unidad proporciona el grado de achatamiento de ella o de un río principal corto y por consecuencia con tendencia a concentrar el escurrimiento de una lluvia intensa formando fácilmente grandes crecidas. (Horton R. E., 1932)

Este índice de Horton ha sido usado frecuentemente como indicador de la forma del Hidrograma Unitario.

**Tabla 5.** Forma de la cuenca en función al factor de forma

Factor de Forma	Forma de la cuenca	Ilustración	Comportamiento Hidrograma Unitario
F > 1	Redonda		
F < 1	Alargada		

Fuente: (Horton R. E., 1932)

*En este caso como la forma de la Subcuenca Quebrada La Honda, tiene un valor de  $F < 1$ , la forma de la cuenca es Alargada, por lo tanto no existe riesgo de concentración de escorrentía, inundaciones o erosión por escorrentía superficial.*

### 7.2. Coeficiente de Gravelius (K)

También conocido por el nombre de Coeficiente de Compacidad. Este coeficiente adimensional, independiente del área estudiada tiene por definición un valor de uno para cuencas imaginarias de forma exactamente circular.

$$K = 0.28 * \frac{P}{\sqrt{A}} = 1.16$$

**Tabla 6.** Formas de sistema hidrológico con base en el coeficiente de Gravelius

Formas de sistemas hidrológicos con base en el coeficiente de Gravelius		
Clase de geometría	Rango de clase	Forma de cuenca
$K_1$	$1 < K < 1.25$	Oval redonda
$K_2$	$1.25 < K < 1.50$	Oval oblonga
$K_3$	$1.50 < K < 1.75$	Oblonga alargada

**Tabla 7.** Características de la cuenca según la forma

<b>Kc</b>	<b>Tipo de forma de la cuenca</b>	<b>Tipo de crecidas</b>
1,00 – 1,25	Redonda - Oval Redonda	Crecidas altas
1,25 – 1,50	Oval Redonda - Oval Oblonga	Crecidas tipo medio
1,50 – 1,75	Oval Oblonga - Alargada	Crecidas tipo baja

La razón para usar la relación del área equivalente a la ocupada por un círculo es porque la cuenca circular tiene mayores posibilidades de producir avenidas superiores dadas su simetría. Sin embargo, para la Subcuenca Quebrada La Honda, su valor de compacidad indica un tiempo de concentración medio sin riesgos a concentrar grandes volúmenes de agua e inundaciones.

### 7.3. Parámetros relativos al relieve

#### 7.3.1. Pendiente de la cuenca hidrográfica (S)

La pendiente de la cuenca, es un parámetro muy importante en el estudio de toda la cuenca, tiene una relación importante y compleja con la infiltración del suelo, y la contribución del agua subterránea a la escorrentía.

Es uno de los factores que controla el tiempo de escurrimiento y concentración de la lluvia en los canales de drenaje, y tiene una importancia directa en relación a las crecidas. La pendiente de la cuenca es la relación del desnivel que existe entre los extremos de la cuenca, siendo la cota mayor y la cota menor, y la proyección horizontal de su longitud, siendo el lado más largo de la cuenca (VILLON ,2002).

La pendiente media de la Subcuenca Quebrada La Honda, tiene un valor de 2.98% de tipo plano que minimiza la erosión en los procesos naturales.

### 7.3.2. Pendiente del cauce principal (So)

El conocimiento de la pendiente del cauce principal de una cuenca, es un parámetro importante, en el estudio del comportamiento de recurso hídrico, como, por ejemplo, para la determinación de las características óptimas de su aprovechamiento hidroeléctrico, o en la solución de problemas de inundaciones. Se determina según la relación entre el desnivel que hay entre los extremos el cauce y la proyección horizontal de su longitud (VILLON, 2002).

La pendiente media del cauce principal Quebrada La Honda tiene un valor a 0.82% de tipo plano que no presentan elevaciones o depresiones importantes con relación a la superficie llana.

**Tabla 8.** Clasificación de pendientes

Porcentaje %	Tipo	Semaforización
<5	Plano	
5 - 12	Ligeramente ondulado	
12 - 18	Ondulado	
18 - 24	Fuertemente Ondulado	
21 - 32	Escarpado	
32 - 44	Fuertemente escarpado	
> 44	Montañoso	

Fuente: PEREZ J. 1979

## 7.4. Parámetros de la red Hidrográfica

### 7.4.1. Densidad de drenaje Dd

La densidad de drenaje, es un parámetro que indica la posible naturaleza de los suelos, que se encuentran en la cuenca. También da una idea sobre el grado de cobertura que existe en la cuenca. Valores altos de drenaje, representan zonas con poca cobertura vegetal, suelos fácilmente erosionables o impermeables. Por el contrario, valores bajos, indican suelos duros, poco erosionables o muy permeables y coberturas vegetales densa (VILLON, 2002).

La densidad de drenaje para la Subcuenca Quebrada La Honda es de 1.06 Km/Km<sup>2</sup> correspondiente a una densidad de categoría Moderada.

$$D = \frac{L}{A} = 1.06$$

**Tabla 9.** Valores Interpreticos de la densidad de drenaje

Densidad de Drenaje (Km/Km <sup>2</sup> )	Categoría
<1	Baja
1 a 2	Moderada
2 a 3	Alta
>3	Muy Alta

Fuente: Delgadillo y Paez (2008)

Para la cuenca de estudio la densidad de drenaje moderada se asocia con relieve plano, materiales franco arenosos, vegetación medianamente densa, cultivos, además de ello indica que la cuenca posee moderado drenaje para cuando se presentan las tormentas.

#### 7.4.2. Tiempo de concentración de la cuenca:

Es el tiempo mínimo necesario para que todos los puntos de una cuenca estén aportando agua de escorrentía de forma simultánea al punto de salida. Está determinado por el tiempo que tarda en llegar a la salida de la cuenca el agua que procede del punto hidrológicamente más alejado.

Se calcula este parámetro haciendo uso de fórmulas de varios autores, se toma un promedio de los valores obtenidos, exceptuando el de Williams, que pudiera distorsionar la estimación de este parámetro.

**Tabla 10.** Calculo Tiempo de concentración

Formula	Valor Tc (horas)
Kirpich	2.72
Temez	4.70
Williams	15.21
Johnstone y Cross	5.15
SCS -Ranser	2.72
Ventura-Heras	4.53
V.T.Chow	5.98
Cuerpo EjerEU	4.39
Hathaway	5.20
<b>Promedio</b>	<b>4.42</b>

Para el caso de la cuenca de estudio corresponde a una duración de la lluvia de Tc = 4.42 horas.

Hay que destacar que a medida que, los parámetros asociados al sistema de drenaje de la cuenca hidrográfica son de mayor magnitud, es de esperarse que el tiempo de concentración tienda a ser



menor, por lo consiguiente una mayor capacidad de producción de caudal superficial por parte de la cuenca.

### 7.4.3. Curvas IDF

Las curvas Intensidad-Duración-Frecuencia (IDF) permiten la estimación de volúmenes de drenaje superficial mediante modelos lluvia-escorrentía en cuencas para las cuales no existen registros de caudal o su tiempo de concentración es relativamente corto (Usualmente las duraciones de estos eventos son menores a 24 horas).

En estas curvas se puede conocer la intensidad máxima de precipitación que se espera tener durante determinada duración de lluvia, en un evento que en promedio ocurriría cada cierto número de años.

Su importancia radica en la adecuación de estructuras de captación de agua, las cuales es indispensable conocer el comportamiento hidrológico del área mediante modelos hidrológicos lluvia-escorrentía. Al analizar esta información se puede obtener los volúmenes de agua que debe ser evacuado en un cierto lapso de tiempo. De ahí se obtiene el caudal de diseño de la obra, el cual establece el tamaño de la misma y afecta directamente los costos de construcción y/o adecuación<sup>1</sup>.

Para este caso específico se dispone de información pluviométrica de la estación MATAJE. ubicada a 9.19 Km, al sitio de ubicación de la ubicación del puente sobre la Quebrada La Honda.

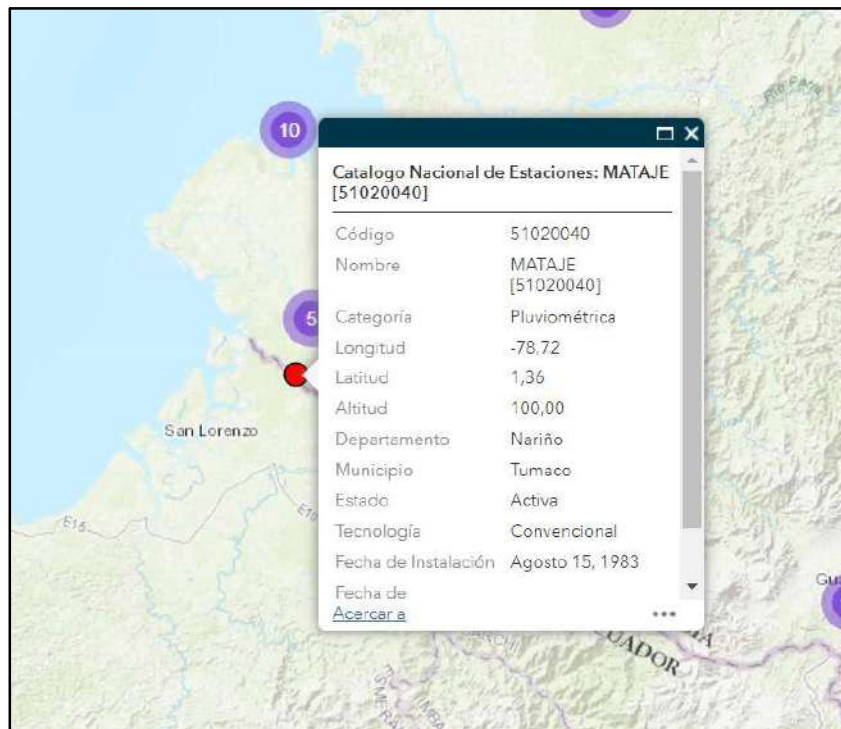


Imagen 6. Localización geográfica de la Estación Pluviométrica MATAJE



Por medio de análisis estadístico, a partir de datos históricos de precipitación máxima 24 horas, se determinó la lámina de agua que se puede acumular en la zona de emplazamiento del proyecto. Esto con la finalidad de obtener datos veraces que permitan un adecuado emplazamiento del puente.

### Calculo Curvas IDF (con distribución Gumbel)

Tabla 12. Datos de entrada

DATOS ESTACIÓN PLUVIOMÉTRICA														
Estación:	51020040	Coordenadas		Longitud	-78.72	Altitud =	100							
Denominación:	MATAJE			Latitud	1.36									
DATOS MENSUALES DE PRECIPITACIÓN MÁXIMA EN 24 Hrs. (mm)														
Año	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Mes Máximo	Máximo
1991	15.40	96.80	110.40	102.50	126.20	60.20	105.20	28.80	13.90	44.20	55.50	53.10	Mayo	126.20
1992	25.60	35.50	90.40	82.70	141.50	141.60	140.30	20.40	30.20	21.50	13.20	68.60	Junio	141.60
1993	102.50	116.50	84.90	94.30	57.80	57.30	41.30	18.20	82.90	40.10	19.70	46.60	Febrero	116.50
1994	114.20	42.30	68.20	88.80	92.30	62.80	6.40	25.30	7.50	43.80	10.50	103.50	Enero	114.20
1995	36.60	45.70	22.50	160.70	121.50	54.60	51.70	25.20	27.50	82.30	58.60	42.10	Abril	160.70
1996	107.90	46.50	130.50	100.50	74.80	25.70	18.90	22.40	16.40	30.50	12.30	82.60	Marzo	130.50
1997	110.40	59.40	65.50	52.50	43.60	90.50	58.70	73.80	151.80	83.20	97.40	130.20	Septiembre	151.80
1998	72.60	122.20	101.20	122.30	93.90	126.90	95.60	42.60	56.50	28.10	24.80	63.70	Junio	126.90
1999	108.50	98.20	100.30	121.30	123.60	61.50	35.30	9.80	46.40	23.40	30.40	65.30	Mayo	123.60
2000	28.30	62.40	46.30	43.90	113.80	39.30	22.50	68.50	30.40	61.40	8.30	76.50	Mayo	113.80
2001	58.80	20.50	87.40	42.50	102.90	31.50	20.20	8.30	8.50	27.80	23.80	33.20	Mayo	102.90
2002	95.30	71.50	36.50	109.60	130.50	125.50	73.70	8.80	26.60	71.40	70.10	90.70	Mayo	130.50
2003	66.30	35.50	125.30	125.30	135.20	40.30	46.30	100.20	111.50	30.10	32.30	32.40	Mayo	135.20
2004	117.30	113.30	62.60	34.50	95.20	35.30	26.30	11.50	43.20	32.50	27.40	39.20	Enero	117.30
2005	135.80	44.50	75.50	110.40	85.30	17.50	7.20	14.50	14.50	8.30	35.50	62.30	Marzo	75.50
2006	103.50	50.10	125.60	32.30	55.50	112.60	12.50	76.00	65.50	8.30	134.30	85.40	Marzo	125.60
2007	83.60	51.05	87.80	4.30	86.30	72.70	15.50	54.50	11.30	20.15	77.15	74.70	Diciembre	74.70
2009	72.00	51.53	68.90	60.00	50.15	12.00	35.00	33.00	2.00	32.00	20.00	64.00	Marzo	68.90
2010	52.00	52.00	50.00	52.00	14.00	33.00	14.00	33.00	25.00	10.00	30.00	36.00	Noviembre	30.00
2011	7.00	70.00	80.00	135.00	30.00	60.00	56.00	50.00	26.00	70.00	60.00	50.00	Noviembre	60.00
2012	106.00	100.00	60.00	130.00	100.00	90.00	90.00	70.00	30.00	75.00	55.00	40.00	Diciembre	40.00
2013	80.00	130.00	80.00	120.00	70.00	50.00	40.00	46.00	70.00	30.00	30.00	80.00	Abril	120.00
2014	80.00	70.00	80.00	75.00	130.00	71.50	66.50	61.50	50.00	49.00	29.00	113.00	Mayo	130.00
2015	86.00	40.00	40.00	75.00	140.00	93.00	93.00	77.00	40.00	55.00	60.00	68.00	Enero	86.00
2016	101.00	60.00	80.00	50.00	82.00	134.00	26.00	25.00	79.00	35.00	41.00	69.00	Julio	26.00
2017	135.00	29.00	115.00	63.00	58.00	145.00	105.00	30.00	117.00	21.00	31.50	69.50	Diciembre	69.50
2018	74.00	79.50	81.00	90.00	70.00	43.00	26.00	25.00	74.00	7.00	22.00	70.00	Noviembre	22.00
2019	72.00	130.00	78.00	71.00	55.00	100.00	38.00	10.00	95.50	14.00	26.75	69.75	Noviembre	26.75

### Distribución de probabilidades pluviométricas

Con base en la información de las máximas precipitaciones, se calcula la distribución de probabilidades pluviométricas por las fórmulas de Gumbel, como se consigan en el siguiente cuadro:

Tabla 13. Distribución de probabilidades pluviométricas

Nº	Año	Mes Max. Precip.	Precipitación (mm)	
			$x_i$	$(x_i - \bar{x})^2$
1	1991	Mayo	126.20	789.91
2	1992	Junio	141.60	1892.72
3	1993	Febrero	116.50	338.76
4	1994	Enero	114.20	259.38
5	1995	Abril	160.70	3919.43
6	1996	Marzo	130.50	1050.11
7	1997	Septiembre	151.80	2884.27
8	1998	Junio	126.90	829.75
9	1999	Mayo	123.60	650.52
10	2000	Mayo	113.80	246.66
11	2001	Mayo	102.90	23.09
12	2002	Mayo	130.50	1050.11
13	2003	Mayo	135.20	1376.81
14	2004	Enero	117.30	368.85
15	2005	Marzo	75.50	510.52
16	2006	Marzo	125.60	756.54
17	2007	Diciembre	74.70	547.31
18	2009	Marzo	68.90	852.33
19	2010	Noviembre	30.00	4636.88
20	2011	Noviembre	60.00	1451.20
21	2012	Diciembre	40.00	3374.99
22	2013	Abril	120.00	479.84
23	2014	Mayo	130.00	1017.95
24	2015	Enero	86.00	146.28
25	2016	Julio	26.00	5197.64
26	2017	Diciembre	69.50	817.65
27	2018	Noviembre	22.00	5790.39
28	2019	Noviembre	26.75	5090.06
<b>28</b>		<b>Suma</b>	<b>2746.7</b>	<b>46349.9</b>

### Precipitaciones máximas para diferentes tiempos de duración de lluvias

Para el cálculo de las precipitaciones máximas para diferentes tiempos de duración y de retorno, se hace uso de los Coeficientes para las relaciones a la lluvia de duración 24 horas

**Tabla 14.** Coeficientes para las relaciones a la lluvia de duración 24 horas D.F.Campos.

Coeficientes para las relaciones a la lluvia de duración 24 horas										Fuente: D. F. Campos A., 1978	
Duraciones, en horas											
1	2	3	4	5	6	8	12	18	24		
0.30	0.39	0.46	0.52	0.57	0.61	0.68	0.80	0.91	1.00		

**Tabla 15.** Precipitaciones máximas para diferentes tiempos de duración de lluvias

Precipitaciones máximas para diferentes tiempos de duración de lluvias											
Tiempo de Duración	Cociente	Precipitación máxima Pd (mm) por tiempos de duración									
		2 años	3 años	5 años	10 años	20 años	25 años	40 años	50 años	75 años	100 años
24 hr	X24	103.1559	122.7299	144.5311	171.9252	198.2021	206.5376	223.9762	232.2150	247.1397	257.7029
18 hr	X18 = 91%	93.8719	111.6842	131.5233	156.4519	180.3640	187.9492	203.8184	211.3157	224.8972	234.5096
12 hr	X12 = 80%	82.5247	98.1839	115.6249	137.5401	158.5617	165.2300	179.1810	185.7720	197.7118	206.1623
8 hr	X8 = 68%	70.1460	83.4563	98.2812	116.9091	134.7775	140.4455	152.3038	157.9062	168.0550	175.2379
6 hr	X6 = 61%	62.9251	74.8653	88.1640	104.8743	120.9033	125.9879	136.6255	141.6512	150.7552	157.1987
5 hr	X5 = 57%	58.7989	69.9561	82.3828	97.9973	112.9752	117.7264	127.6665	132.3626	140.8696	146.8906
4 hr	X4 = 52%	53.6411	63.8196	75.1562	89.4011	103.0651	107.3995	116.4676	120.7518	128.5127	134.0055
3 hr	X3 = 46%	47.4517	56.4558	66.4843	79.0856	91.1730	95.0073	103.0291	106.8189	113.6843	118.5433
2 hr	X2 = 39%	40.2308	47.8647	56.3671	67.0508	77.2988	80.5496	87.3507	90.5639	96.3845	100.5041
1 hr	X1 = 30%	30.9468	36.8190	43.3593	51.5775	59.4606	61.9613	67.1929	69.6645	74.1419	77.3109

### Intensidades de lluvias

A partir de las precipitaciones máximas Pd, calculadas, y haciendo uso de la siguiente ecuación, se calcula la Intensidad de la lluvia según el periodo de retorno.

$$I = \frac{P \text{ [mm]}}{t_{\text{duración}} \text{ [hr.]}}$$



**Tabla 16.** Intensidad de la lluvia según periodo de retorno

Tiempo de duración		Intensidad de la lluvia (mm /hr) según el Periodo de Retorno									
Hr	min	2 años	3 años	5 años	10 años	20 años	25 años	40 años	50 años	75 años	100 años
24 hr	1440	4.2982	5.1137	6.0221	7.1635	8.2584	8.6057	9.3323	9.6756	10.2975	10.7376
18 hr	1080	5.2151	6.2047	7.3069	8.6918	10.0202	10.4416	11.3232	11.7398	12.4943	13.0283
12 hr	720	6.8771	8.1820	9.6354	11.4617	13.2135	13.7692	14.9317	15.4810	16.4760	17.1802
8 hr	480	8.7683	10.4320	12.2851	14.6136	16.8472	17.5557	19.0380	19.7383	21.0069	21.9047
6 hr	360	10.4875	12.4775	14.6940	17.4791	20.1506	20.9980	22.7709	23.6085	25.1259	26.1998
5 hr	300	11.7598	13.9912	16.4766	19.5995	22.5950	23.5453	25.5333	26.4725	28.1739	29.3781
4 hr	240	13.4103	15.9549	18.7890	22.3503	25.7663	26.8499	29.1169	30.1880	32.1282	33.5014
3 hr	180	15.8172	18.8186	22.1614	26.3619	30.3910	31.6691	34.3430	35.6063	37.8948	39.5144
2 hr	120	20.1154	23.9323	28.1836	33.5254	38.6494	40.2748	43.6754	45.2819	48.1922	50.2521
1 hr	60	30.9468	36.8190	43.3593	51.5775	59.4606	61.9613	67.1929	69.6645	74.1419	77.3109

### Representación matemática de las curvas Intensidad - Duración - Período de retorno

Con la información anterior y con la ayuda de la ecuación genérica de la Intensidad, se realiza las regresiones, calculando en cada caso las variables de ajuste.

$$I = \frac{K \cdot T^m}{t^n}$$

en la cual:

- I = Intensidad (mm/hr)
- t = Duración de la lluvia (min)
- T = Período de retorno (años)
- K, m, n = Parámetros de ajuste

Realizando un cambio de variable:

$$d = K \cdot T^m$$

Con lo que de la anterior expresión se obtiene:

$$I = \frac{d}{t^n} \Rightarrow I = d \cdot t^{-n}$$

**Tabla 17.** Regresión Tr = 2 años

<b>Periodo de retorno para T = 2 años</b>						
Nº	x	y	ln x	ln y	ln x*ln y	(lnx)^2
1	1440	4.2982	7.2724	1.4582	10.6045	52.8878
2	1080	5.2151	6.9847	1.6516	11.5357	48.7863
3	720	6.8771	6.5793	1.9282	12.6861	43.2865
4	480	8.7683	6.1738	2.1711	13.4041	38.1156
5	360	10.4875	5.8861	2.3502	13.8334	34.6462
6	300	11.7598	5.7038	2.4647	14.0580	32.5331
7	240	13.4103	5.4806	2.5960	14.2279	30.0374
8	180	15.8172	5.1930	2.7611	14.3383	26.9668
9	120	20.1154	4.7875	3.0015	14.3696	22.9201
10	60	30.9468	4.0943	3.4323	14.0529	16.7637
10	4980	127.6956	58.1555	23.8148	133.1105	346.9435
<b>Ln (d) =</b>	<b>5.9661</b>		<b>d =</b>	<b>389.9835</b>	<b>n =</b>	<b>-0.6164</b>

Gráfico 1. Regresión Tr = 2 años

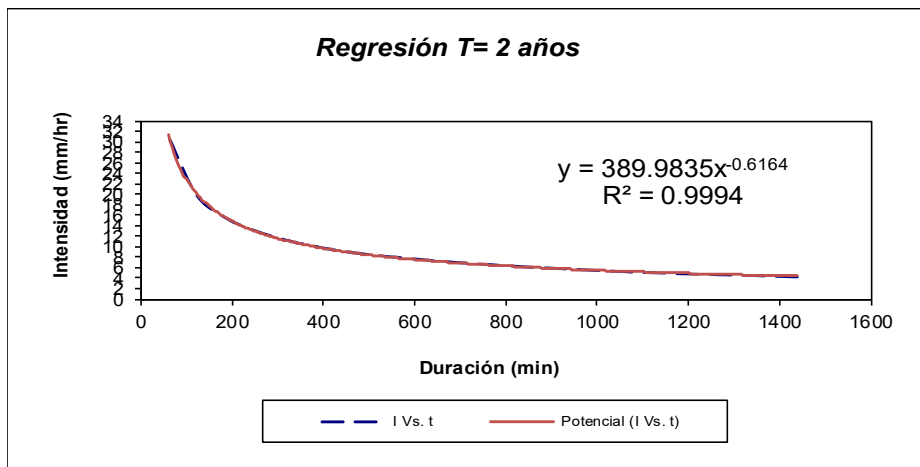


Tabla 18. Regresión Tr = 3 años

<b>Periodo de retorno para T = 3 años</b>						
Nº	x	y	ln x	ln y	ln x*ln y	(lnx)^2
1	1440	5.1137	7.2724	1.6319	11.8681	52.8878
2	1080	6.2047	6.9847	1.8253	12.7492	48.7863
3	720	8.1820	6.5793	2.1019	13.8292	43.2865
4	480	10.4320	6.1738	2.3449	14.4768	38.1156
5	360	12.4775	5.8861	2.5239	14.8561	34.6462
6	300	13.9912	5.7038	2.6384	15.0490	32.5331
7	240	15.9549	5.4806	2.7698	15.1801	30.0374
8	180	18.8186	5.1930	2.9348	15.2405	26.9668
9	120	23.9323	4.7875	3.1752	15.2014	22.9201
10	60	36.8190	4.0943	3.6060	14.7643	16.7637
10	4980	151.9260	58.1555	25.5523	143.2147	346.9435
<b>Ln (d) =</b>	<b>6.1398</b>		<b>d =</b>	<b>463.9836</b>	<b>n =</b>	<b>-0.6164</b>

Gráfico 2. Regresión Tr = 3 años

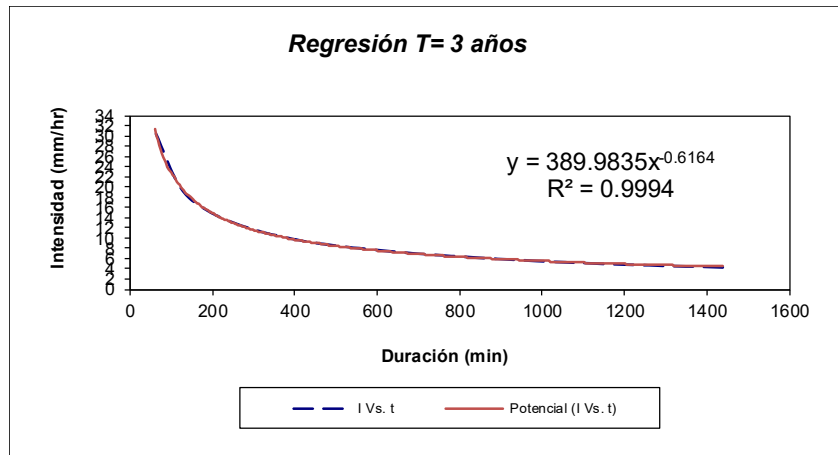


Tabla 19. Regresión Tr = 5 años

Periodo de retorno para T = 5 años								
Nº	x	y	ln x	ln y	ln x*ln y	(lnx)^2		
1	1440	6.0221	7.2724	1.7954	13.0572	52.8878		
2	1080	7.3069	6.9847	1.9888	13.8913	48.7863		
3	720	9.6354	6.5793	2.2654	14.9049	43.2865		
4	480	12.2851	6.1738	2.5084	15.4863	38.1156		
5	360	14.6940	5.8861	2.6874	15.8185	34.6462		
6	300	16.4766	5.7038	2.8019	15.9816	32.5331		
7	240	18.7890	5.4806	2.9333	16.0762	30.0374		
8	180	22.1614	5.1930	3.0984	16.0896	26.9668		
9	120	28.1836	4.7875	3.3387	15.9842	22.9201		
10	60	43.3593	4.0943	3.7695	15.4337	16.7637		
10	4980	178.9135	58.1555	27.1874	152.7236	346.9435		
<b>Ln (d) =</b>		<b>6.3034</b>	<b>d =</b>		<b>546.4036</b>	<b>n =</b>		<b>-0.6164</b>

Gráfico 3. Regresión Tr = 5 años

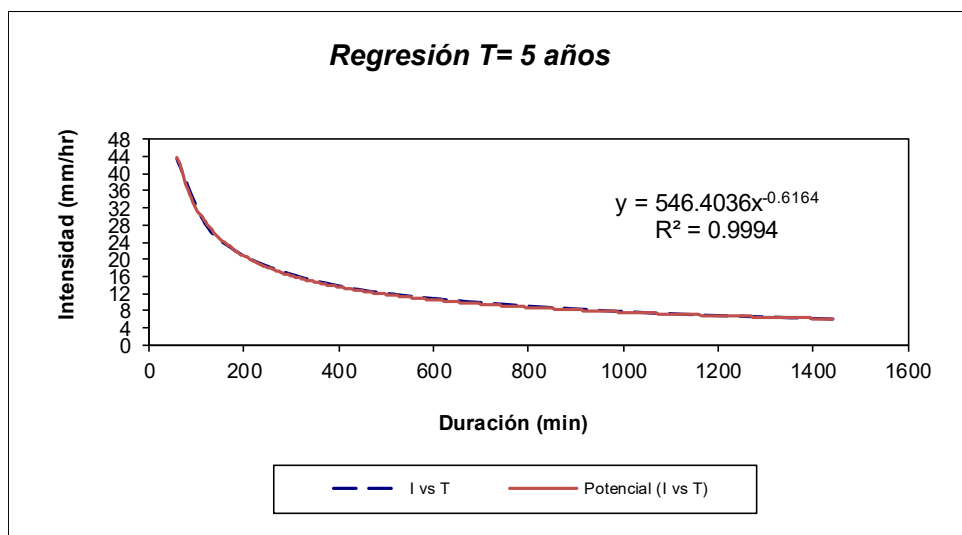


Tabla 20. Regresión Tr = 10 años

Periodo de retorno para T = 10 años						
Nº	x	y	ln x	ln y	ln x*ln y	(lnx)^2
1	1440	7.1635	7.2724	1.9690	14.3194	52.8878
2	1080	8.6918	6.9847	2.1624	15.1036	48.7863
3	720	11.4617	6.5793	2.4390	16.0469	43.2865
4	480	14.6136	6.1738	2.6820	16.5578	38.1156
5	360	17.4791	5.8861	2.8610	16.8402	34.6462
6	300	19.5995	5.7038	2.9755	16.9716	32.5331
7	240	22.3503	5.4806	3.1068	17.0275	30.0374
8	180	26.3619	5.1930	3.2719	16.9909	26.9668
9	120	33.5254	4.7875	3.5123	16.8151	22.9201
10	60	51.5775	4.0943	3.9431	16.1444	16.7637
10	4980	212.8242	58.1555	28.9230	162.8173	346.9435
$Ln(d) =$	6.4769	$d =$	649.9674	$n =$	-0.6164	

Gráfico 4. Regresión Tr = 10 años

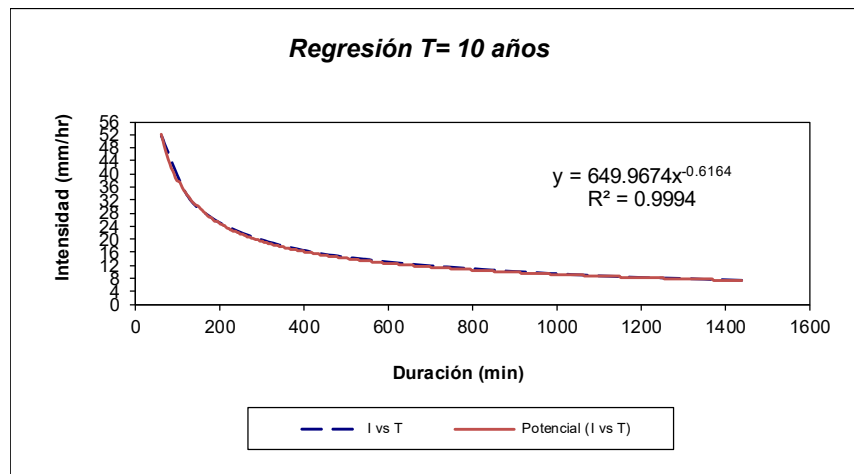


Tabla 21. Regresión Tr = 15 años

Periodo de retorno para T = 15 años						
Nº	x	y	ln x	ln y	ln x*ln y	(lnx)^2
1	1440	8.2584	7.2724	2.1112	15.3537	52.8878
2	1080	10.0202	6.9847	2.3046	16.0970	48.7863
3	720	13.2135	6.5793	2.5812	16.9826	43.2865
4	480	16.8472	6.1738	2.8242	17.4359	38.1156
5	360	20.1506	5.8861	3.0032	17.6773	34.6462
6	300	22.5950	5.7038	3.1177	17.7829	32.5331
7	240	25.7663	5.4806	3.2491	17.8070	30.0374
8	180	30.3910	5.1930	3.4141	17.7295	26.9668
9	120	38.6494	4.7875	3.6545	17.4960	22.9201
10	60	59.4606	4.0943	4.0853	16.7267	16.7637
10	4980	245.3522	58.1555	30.3453	171.0886	346.9435
$Ln(d) =$	6.6192	$d =$	749.3082	$n =$	-0.6164	

Gráfico 5. Regresión Tr = 15 años

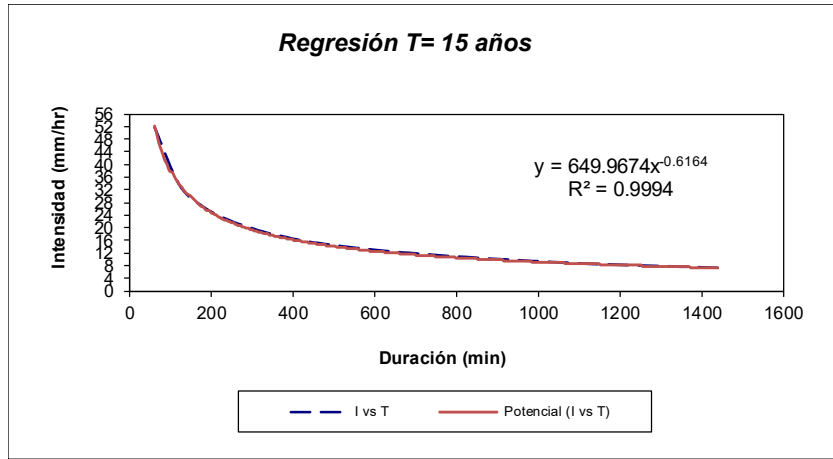


Tabla 22. Regresión Tr = 50 años

Periodo de retorno para T = 50 años						
Nº	x	y	ln x	ln y	ln x*ln y	(lnx)^2
1	1440	9.6756	7.2724	2.2696	16.5055	52.8878
2	1080	11.7398	6.9847	2.4630	17.2032	48.7863
3	720	15.4810	6.5793	2.7396	18.0246	43.2865
4	480	19.7383	6.1738	2.9826	18.4137	38.1156
5	360	23.6085	5.8861	3.1616	18.6096	34.6462
6	300	26.4725	5.7038	3.2761	18.6862	32.5331
7	240	30.1880	5.4806	3.4074	18.6750	30.0374
8	180	35.6063	5.1930	3.5725	18.5520	26.9668
9	120	45.2819	4.7875	3.8129	18.2543	22.9201
10	60	69.6645	4.0943	4.2437	17.3751	16.7637
10	4980	287.4564	58.1555	31.9290	180.2991	346.9435
<b>Ln (d) =</b>		<b>6.7775</b>	<b>d =</b>	<b>877.8947</b>	<b>n =</b>	<b>-0.6164</b>

Gráfico 6. Regresión Tr = 50 años

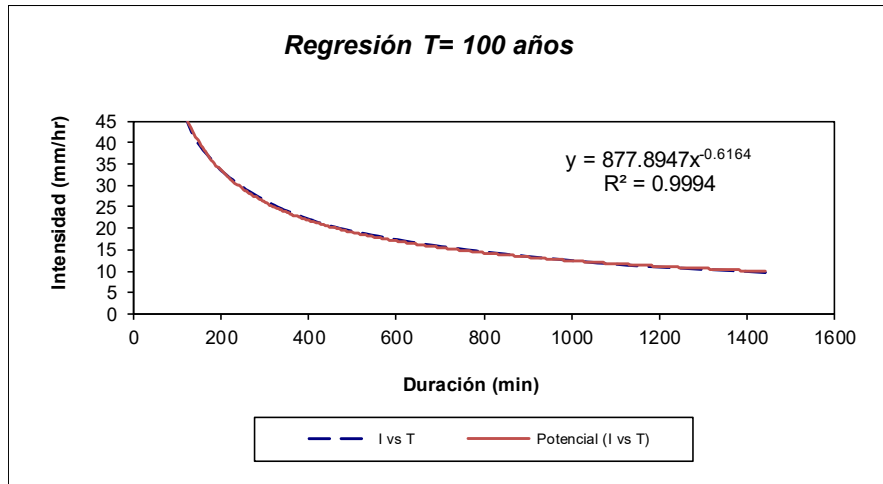
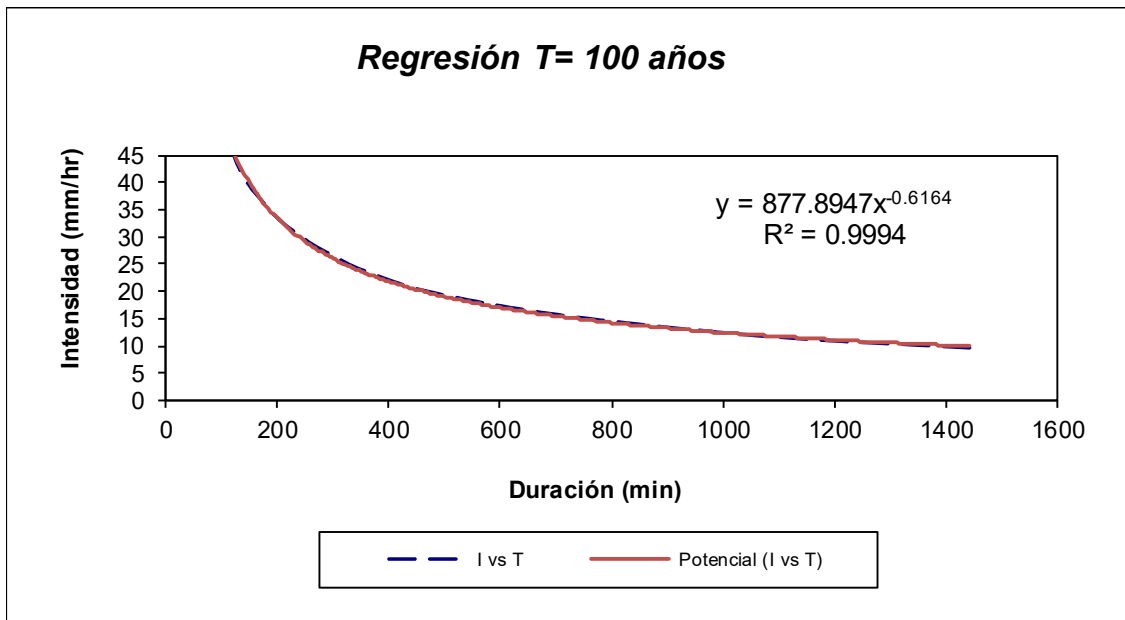




Tabla 23. Regresión Tr = 100 años

<b>Periodo de retorno para T = 100 años</b>						
Nº	x	y	ln x	ln y	ln x*ln y	(lnx)^2
1	1440	10.7376	7.2724	2.3738	17.2629	52.8878
2	1080	13.0283	6.9847	2.5671	17.9306	48.7863
3	720	17.1802	6.5793	2.8438	18.7098	43.2865
4	480	21.9047	6.1738	3.0867	19.0566	38.1156
5	360	26.1998	5.8861	3.2658	19.2226	34.6462
6	300	29.3781	5.7038	3.3803	19.2802	32.5331
7	240	33.5014	5.4806	3.5116	19.2457	30.0374
8	180	39.5144	5.1930	3.6767	19.0928	26.9668
9	120	50.2521	4.7875	3.9171	18.7529	22.9201
10	60	77.3109	4.0943	4.3478	17.8015	16.7637
10	4980	319.0075	58.1555	32.9705	186.3556	346.9435
<b>Ln (d) = 6.8817</b>		<b>d = 974.2522</b>		<b>n = -0.6164</b>		

Gráfico 7. Regresión Tr = 100 años



En función del cambio de variable realizado, se realiza otra regresión de potencia entre las columnas del periodo de retorno (T) y el término constante de regresión (d), para obtener valores de la ecuación:

$$d = K \cdot T^m$$

Tabla 24. Resumen aplicación regresión potencial

<b>Resumen de aplicación de regresión potencial</b>		
<b>Periodo de Retorno (años)</b>	<b>Término cte. de regresión (d)</b>	<b>Coef. de regresión [n]</b>
2	232.0485	-0.61638608809
3	299.3281	-0.61638608809
5	374.2630	-0.61638608809
10	468.4214	-0.61638608809
20	558.7404	-0.61638608809
25	587.3908	-0.61638608809
40	647.3308	-0.61638608809
50	675.6490	-0.61638608809
75	726.9481	-0.61638608809
100	763.2556	-0.61638608809
<b>Promedio =</b>	<b>533.3376</b>	<b>-0.61638608809</b>

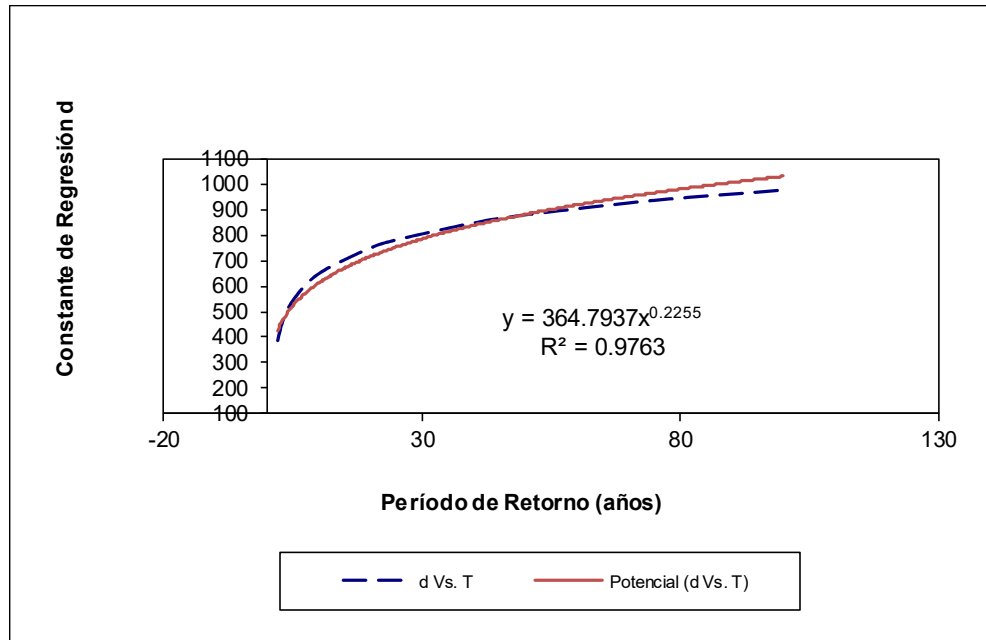
Tabla 25. Regresión Potencia

<b>Regresión potencial</b>						
<b>Nº</b>	<b>x</b>	<b>y</b>	<b>ln x</b>	<b>ln y</b>	<b>ln x*ln y</b>	<b>(lnx)^2</b>
1	2	389.9835	0.6931	5.9661	4.1354	0.4805
2	3	463.9836	1.0986	6.1398	6.7453	1.2069
3	5	546.4036	1.6094	6.3034	10.1449	2.5903
4	10	649.9674	2.3026	6.4769	14.9137	5.3019
5	20	749.3082	2.9957	6.6192	19.8292	8.9744
6	25	780.8204	3.2189	6.6603	21.4388	10.3612
7	40	846.7479	3.6889	6.7414	24.8682	13.6078
8	50	877.8947	3.9120	6.7775	26.5138	15.3039
9	75	934.3180	4.3175	6.8398	29.5308	18.6407
10	100	974.2522	4.6052	6.8817	31.6913	21.2076
10	330	7213.6795	28.4420	65.4061	189.8114	97.6752
<b>Ln (K) =</b>		<b>5.8993</b>	<b>K =</b>	<b>364.7937</b>	<b>m =</b>	<b>0.2255</b>

**Termino constante de regresión (K) = 364.7937**

**Coef. de regresión (m) = 0.225471**

**Gráfico 8.** Constante de regresión Vs Periodo de retorno



### Curva de Intensidad- Frecuencia y Duración

Con los valores de las variables, obtenidos mediante regresiones, da como resultado la siguiente ecuación de intensidad, válida para la cuenca:

$$I = \frac{364.7937 \cdot T^{0.225471}}{t^{0.61639}}$$

Donde:

I = intensidad de precipitación (mm/hr)

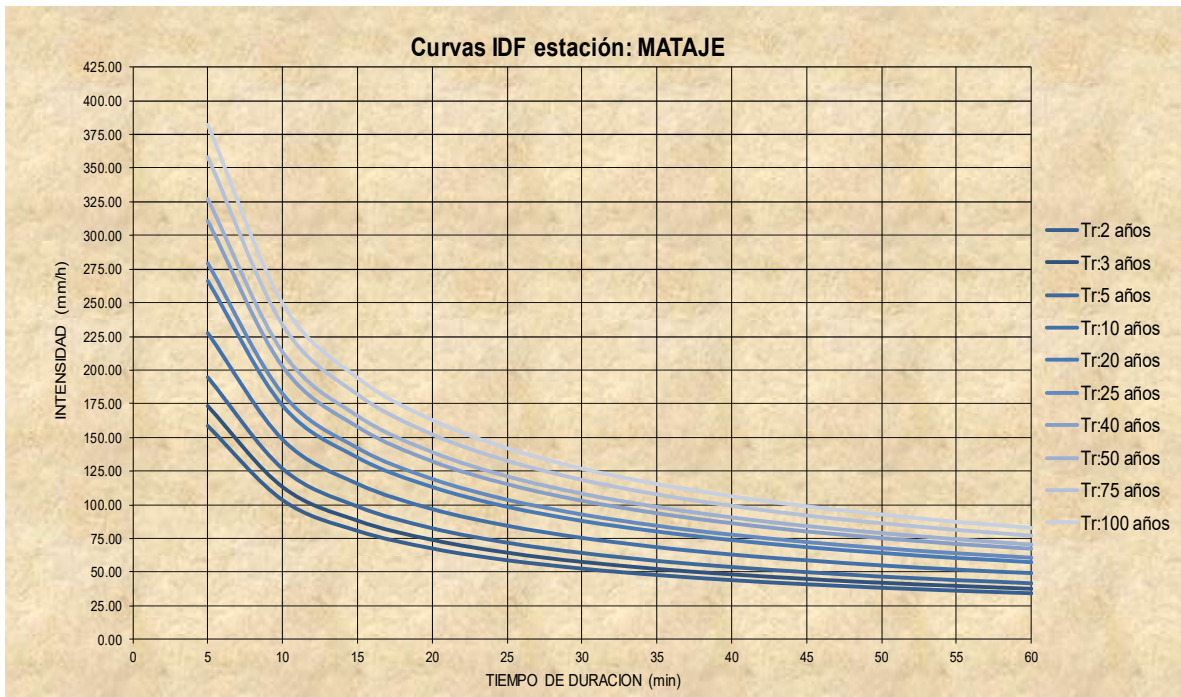
T = Periodo de Retorno (años)

t = Tiempo de duración de precipitación (min)

**Tabla 26.** Intensidades Tiempo de duración

Tabla de intensidades - Tiempo de duración												
Frecuencia años	Duración en minutos											
	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60
2	158.16	103.17	80.35	67.30	58.65	52.41	47.66	43.90	40.82	38.26	36.07	34.19
3	173.30	113.04	88.04	73.74	64.26	57.43	52.23	48.10	44.73	41.92	39.53	37.46
5	194.45	126.84	98.79	82.74	72.11	64.44	58.60	53.97	50.19	47.04	44.35	42.04
10	227.34	148.30	115.50	96.73	84.30	75.34	68.51	63.10	58.68	54.99	51.85	49.15
20	265.80	173.38	135.04	113.10	98.56	88.09	80.10	73.77	68.61	64.29	60.63	57.46
25	279.52	182.33	142.01	118.93	103.65	92.63	84.24	77.58	72.15	67.61	63.75	60.42
40	310.76	202.71	157.88	132.23	115.24	102.99	93.65	86.25	80.21	75.17	70.88	67.18
50	326.80	213.17	166.03	139.05	121.18	108.30	98.49	90.70	84.35	79.05	74.54	70.65
75	358.08	233.58	181.92	152.36	132.78	118.67	107.91	99.39	92.43	86.62	81.67	77.41
100	382.08	249.23	194.12	162.57	141.68	126.62	115.15	106.05	98.62	92.42	87.15	82.60

**Gráfico 9.** Curvas IDF diferentes tiempos de retorno



Para un tiempo de concentración calculado de 4.42 hr, 265.2min, se obtiene una precipitación máxima, para un periodo de retorno de 100 años de 26.67 mm/h.

## 8. CAUDALES

Para estimar el caudal de diseño, se usarán varios métodos, con la información disponible

### 8.1. Hidrograma unitario del United States Soil Conservation Service

Se realizó, la estimación del caudal usando la información de la curva IDF deducidas y usando la metodología aproximada del Hidrograma Unitario del United States Soil Conservation Service, SCS según el manual de drenaje para carreteras publicado en 2009, el cual se toma como referencia para poder realizar la correlación estadística como lo indica el capítulo 2 Hidrología de drenaje superficial vial, Subíndice 2.5.5.5.3. Hidrogramas unitarios sintéticos. El hidrograma unitario sintético del SCS es el hidrograma unitario adimensional desarrollado por Victor Mockus en 1950.

Este hidrograma fue estudiado con base en el análisis de un gran número de hidrogramas unitarios naturales de un amplio rango de tamaños de hoyas hidrográficas y sitios geográficos. Para calcular el tiempo de desfase de la hoya hidrográfica, el método del SCS usa el siguiente método de número de curva CN, en este el tiempo de desfase se expresa a través de la siguiente fórmula:

$$t_t = \frac{L^{0.8} (2540 - 22.86 CN)^{0.7}}{14104 CN^{0.7} S^{0.5}}$$

Donde: Tc: Tiempo de concentración, en horas (h).

CN: Número de curva del SCS.

L: Longitud del cauce principal, en metros (m).

S: Pendiente del cauce principal, en metros por metro (m/m).

La ecuación está restringida a números de curva CN en un rango de 50 a 95.

#### 8.1.1. Determinación del Numero de Curva

##### Clasificación hidrológica de los suelos

Los grupos hidrológicos en que se pueden dividir los suelos son utilizados en el planteamiento de cuencas para la estimación de la escorrentía superficial a partir de la precipitación. Los suelos han sido clasificados en cuatro grupos A, B, C y D, de acuerdo con el potencial de escurrimiento.

En este caso específico el suelo de la subcuenca se clasifica en el grupo C, cuyas características son: Moderadamente alto potencial de escorrentía. Suelos con infiltración lenta cuando están muy húmedos. Consisten en suelos con un estrato que impide el movimiento del agua hacia abajo; suelos de texturas moderadamente finas a finas; suelos con infiltración lenta debido a sales o álcalis o suelos con niveles freáticos moderados. Esos suelos pueden ser pobremente drenados o bien a

moderadamente bien drenados, con estratos de permeabilidad lenta a muy lenta a poca profundidad (50-100 cm).

$la = 0.2S$ , donde  $S = 25400 CN - 254$ , mm (USDA, 2004).

Para una descripción más detallada de los HSG remitirse al Natural Resources Conservation Service: Hydrology National Engineering Handbook, Ch. 7 (USDA, 2009).

Con la información disponible de caracterización de la composición y uso de los suelos, de la condición hidrológica, se puede establecer el Numero de Curva, haciendo usos de la Tabla 2.16. del Manual de drenaje para carreteras de INVIAS. La condición de humedad antecedente promedio (AMC II) tiene un potencial de escorrentía promedio.

**Tabla 27.** Tabla 2.16. Numero de curva de escorrentía de otras tierras agrícolas para una condición de humedad antecedente promedio AMCII e  $la=0.2S$

DESCRIPCIÓN Y TIPO DE COBERTURA	CONDICIÓN HIDROLÓGICA	NÚMERO DE CURVA PARA GRUPOS DE SUELOS HIDROLÓGICOS			
		A	B	C	D
Pastos, forraje para pastoreo <sup>1</sup>	Mala	68	79	86	89
	Regular	49	69	79	84
	Buena	39	61	74	80
Prados continuos, protegidos de pastoreo, y generalmente segados para heno	—	30	58	71	78
Maleza mezclada con pasto de semilla con la maleza como principal elemento <sup>2</sup>	Mala	48	67	77	83
	Regular	35	56	70	77
	Buena	30 <sup>3</sup>	48	65	73
Combinación de bosques y pastos (huertas o granjas con árboles) <sup>4</sup>	Mala	57	73	82	86
	Regular	43	65	76	82
	Buena	32	58	72	79
Bosques <sup>5</sup>	Mala	45	66	77	83
	Regular	36	60	73	79
	Buena	30	55	70	77
Predios de granjas, construcciones, veredas, caminos y lotes circundantes	—	59	74	82	86

Fuente: Manual de Drenaje para Carreteras. Instituto Nacional de Vias.2009



Para el caso de la subcuenca quebrada La Honda, el NC numero de curva es 70.

**Tabla 28.** Tabla 2.10. Valores del coeficiente de escorrentía en áreas rurales

VEGETACIÓN Y TOPOGRAFÍA Y	TEXTURA DEL SUELO		
	FRANCO ARENOSO	FRANCO LIMO ARCILLOSO	ARCILLOSO
<b>BOSQUES</b>			
Plano	0.10	0.30	0.40
Ondulado	0.25	0.35	0.50
Montañoso	0.30	0.50	0.60
<b>PASTOS</b>			
Plano	0.10	0.30	0.40
Ondulado	0.16	0.36	0.55
Montañoso	0.22	0.42	0.60
<b>TIERRAS CULTIVADAS</b>			
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 %.			

**Fuente:** Manual de Drenaje para Carreteras. Instituto Nacional de Vias.2009

Haciendo uso de las curvas IDF calculadas con base en la información suministrada por el IDEAM de la estación Pluviométrica MATAJE, se obtiene la intensidad para los diferentes periodos de retorno, como se puede observar en la Tabla 27.

**Tabla 29.** Información inicial para el hidrograma unitario

DATOS INICIALES	
Area	53 km <sup>2</sup>
hmax	152 msnm
hmin	60 msnm
S	0.82%
L	11240 m
CN	70
Tiempo de desfase T1	8.40 h
Tiempo al pico Tp	9.33 h
Caudal Pico	1.18 m <sup>3</sup> /s(mm)

Tabla 30. Hietograma para tiempo de retorno 50 años

$t(\text{min})$	$I(\text{mm/h})$	$P(\text{mm})$ $P = I * t$	Altura de cada bloque	P alternada
5	326.80	27.23	27.23	2.61
10	213.17	35.53	8.30	3.02
15	166.03	41.51	5.98	3.66
20	139.05	46.35	4.84	4.84
25	121.18	50.49	4.14	8.30
30	108.30	54.15	3.66	27.23
35	98.49	57.45	3.30	5.98
40	90.70	60.47	3.02	4.14
45	84.35	63.26	2.79	3.30
50	79.05	65.87	2.61	2.79
55	74.54	68.33	2.46	2.46
60	70.65	70.65	2.32	2.32

Gráfico 10. Hietograma TR 50 años

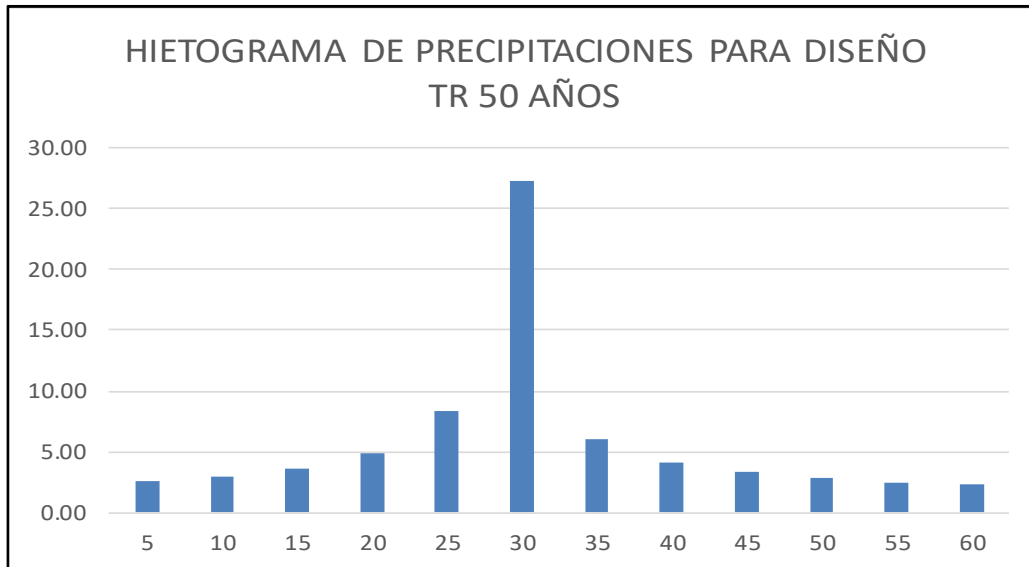
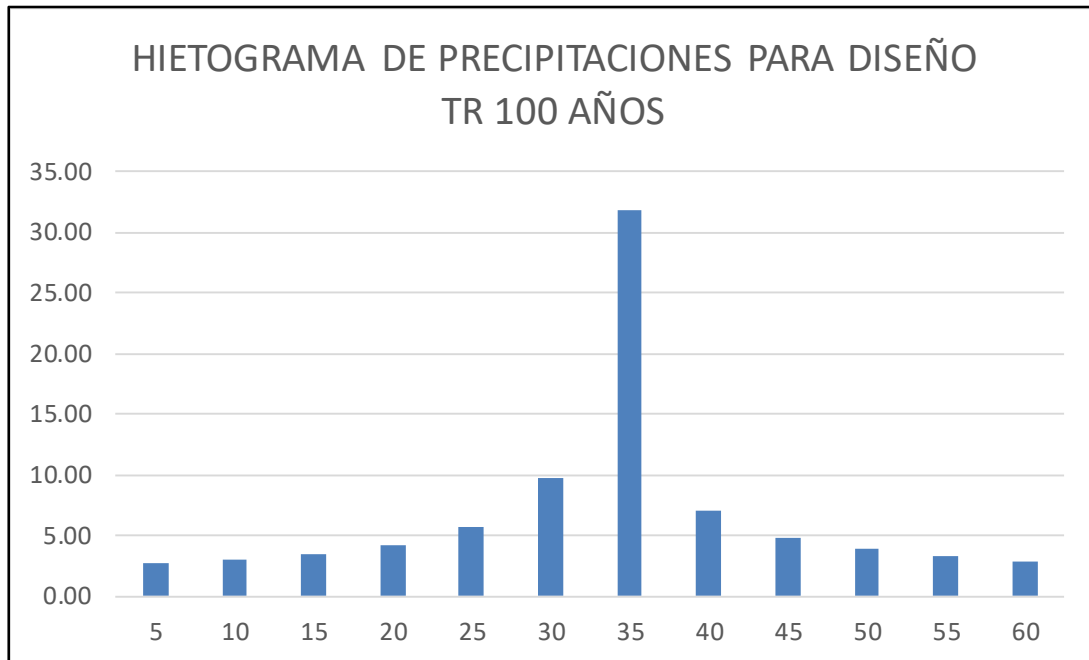


Tabla 31. Hietograma para tiempo de retorno 100 años

$t(\text{min})$	$I(\text{mm/h})$	$P(\text{mm})$ $P = I * t$	Altura de cada bloque	P alternada
5	382.08	31.84	31.84	2.72
10	249.23	41.54	9.70	3.05
15	194.12	48.53	6.99	3.53
20	162.57	54.19	5.66	4.28
25	141.68	59.03	4.84	5.66
30	126.62	63.31	4.28	9.70
35	115.15	67.17	3.86	31.84
40	106.05	70.7	3.53	6.99
45	98.62	73.97	3.27	4.84
50	92.42	77.02	3.05	3.86
55	87.15	79.88	2.86	3.27
60	82.60	82.6	2.72	2.86

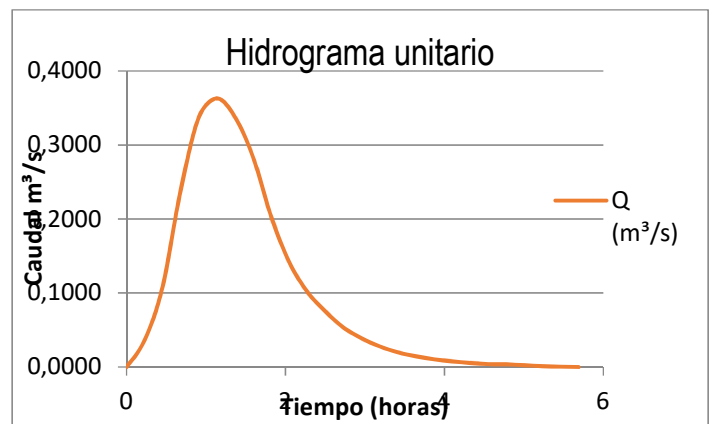
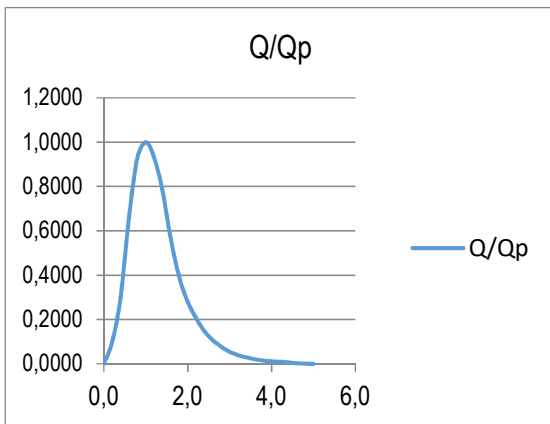
Gráfico 11. Hietograma TR 100 años



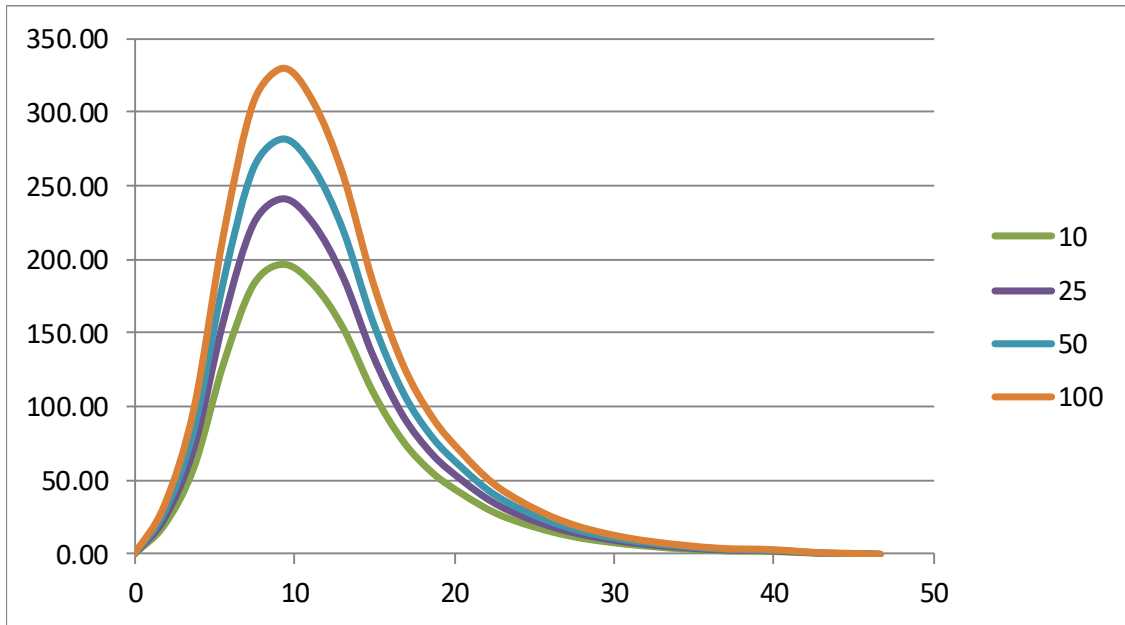
**Tabla 32.** Caudales para diferentes tiempos de retorno con base en hidrograma unitario y curvas IDF

t/tp	Q/Qp	T (horas)	Q (m <sup>3</sup> /s)	PERIODO DE RETORNO AÑOS						
				2	3	5	10	25	50	100
				115.71	126.78	142.26	166.33	204.49	239.09	279.53
0.0	0.0000	0	0.0000	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.2	0.1000	1.866825215	0.1181	13.67	14.97	16.80	19.64	24.15	28.24	33.01
0.4	0.3000	3.733650431	0.3543	41.00	44.92	50.40	58.93	72.46	84.71	99.04
0.6	0.6600	5.600475646	0.7795	90.19	98.83	110.89	129.65	159.40	186.37	217.89
0.8	0.9300	7.467300862	1.0984	127.09	139.26	156.25	182.69	224.61	262.61	307.03
1.0	1.0000	9.334126077	1.1810	136.66	149.74	168.02	196.44	241.52	282.37	330.14
1.2	0.9300	11.20095129	1.0984	127.09	139.26	156.25	182.69	224.61	262.61	307.03
1.4	0.7800	13.06777651	0.9212	106.59	116.80	131.05	153.22	188.38	220.25	257.51
1.6	0.5600	14.93460172	0.6614	76.53	83.85	94.09	110.00	135.25	158.13	184.88
1.8	0.3900	16.80142694	0.4606	53.30	58.40	65.53	76.61	94.19	110.13	128.75
2.0	0.2800	18.66825215	0.3307	38.26	41.93	47.04	55.00	67.62	79.06	92.44
2.2	0.2070	20.53507737	0.2445	28.29	31.00	34.78	40.66	49.99	58.45	68.34
2.4	0.1470	22.40190259	0.1736	20.09	22.01	24.70	28.88	35.50	41.51	48.53
2.6	0.1070	24.2687278	0.1264	14.62	16.02	17.98	21.02	25.84	30.21	35.32
2.8	0.0770	26.13555302	0.0909	10.52	11.53	12.94	15.13	18.60	21.74	25.42
3.0	0.0550	28.00237823	0.0650	7.52	8.24	9.24	10.80	13.28	15.53	18.16
3.2	0.0400	29.86920345	0.0472	5.47	5.99	6.72	7.86	9.66	11.29	13.21
3.4	0.0290	31.73602866	0.0343	3.96	4.34	4.87	5.70	7.00	8.19	9.57
3.6	0.0210	33.60285388	0.0248	2.87	3.14	3.53	4.13	5.07	5.93	6.93
3.8	0.0150	35.46967909	0.0177	2.05	2.25	2.52	2.95	3.62	4.24	4.95
4.0	0.0110	37.33650431	0.0130	1.50	1.65	1.85	2.16	2.66	3.11	3.63
4.2	0.0100	39.20332953	0.0118	1.37	1.50	1.68	1.96	2.42	2.82	3.30
4.4	0.0070	41.07015474	0.0083	0.96	1.05	1.18	1.38	1.69	1.98	2.31
4.6	0.0030	42.93697996	0.0035	0.41	0.45	0.50	0.59	0.72	0.85	0.99
4.8	0.0015	44.80380517	0.0018	0.20	0.22	0.25	0.29	0.36	0.42	0.50
5.0	0.0000	46.67063039	0.0000	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

**Gráfico 12 y 13.** Hidrograma Unitario



**Gráfico 14.** Hidrograma Unitario diferentes Tiempos de retorno



Para una lluvia con un periodo de retorno de 50 años  $282.14 \text{ m}^3$  y para 100 años se tiene un caudal pico de  $330.14 \text{ m}^3/\text{s}$ .

## 8.2. Modelación HEC-HMS

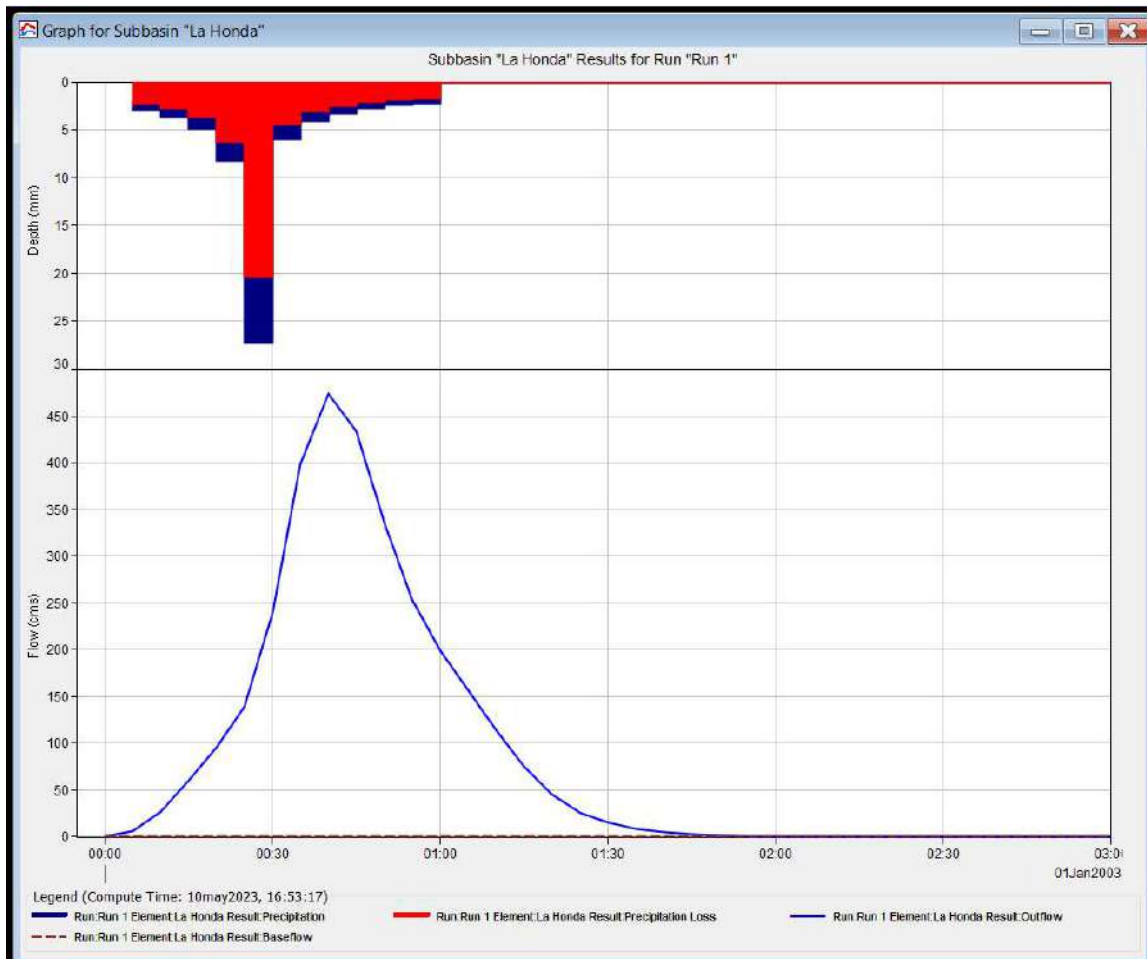
También se realiza una validación con el software HEC-HMS.

HMS es un programa que calcula el hidrograma producido por una cuenca si le facilitamos datos de la cuenca y datos de las precipitaciones, una vez modelado se obtienen los siguientes resultados:

**Tabla 33.** Resultados modelación HEC HMS TR 50 años

Summary Results for Subbasin "La Honda"			
Project: Puente Alcuán		Simulation Run: Run 1	
Subbasin: La Honda			
Start of Run:	01ene2003, 00:00	Basin Model:	Q.La Honda
End of Run:	01ene2003, 03:00	Meteorologic Model:	Met 1
Compute Time:	28abr2023, 16:25:55	Control Specifications:	Control 1
Volume Units: <input checked="" type="radio"/> MM <input type="radio"/> 1000 M3			
Computed Results			
Peak Discharge:	474.6 (M3/S)	Date/Time of Peak Discharge:	01ene2003, 00:40
Precipitation Volume:	70.65 (MM)	Direct Runoff Volume:	17.66 (MM)
Loss Volume:	52.99 (MM)	Baseflow Volume:	0.00 (MM)
Excess Volume:	17.66 (MM)	Discharge Volume:	17.66 (MM)

Gráfico 15. Hidrograma Resultante modelación





**Tabla 34.** Resultados modelación HEC HMS TR 100 años

Time-Series Results for Subbasin "La Honda"							
Project: Puente Alcuan Simulation Run: Run 1 Subbasin: La Honda							
Start of Run: 01ene2003, 00:00		Basin Model: Q.La Honda		End of Run: 01ene2003, 03:00		Meteorologic Model: Met 1	
Compute Time:10may2023, 16:53:17				Control Specifications:Control 1			
Date	Time	Precip (MM)	Loss (MM)	Excess (MM)	Direct Flow (M3/S)	Baseflow (M3/S)	Total Flow (M3/S)
01ene2003	00:00				0.0	0.0	0.0
01ene2003	00:05	2.61	1.96	0.65	6.0	0.0	6.0
01ene2003	00:10	3.02	2.26	0.75	27.5	0.0	27.5
01ene2003	00:15	3.66	2.75	0.92	60.2	0.0	60.2
01ene2003	00:20	4.84	3.63	1.21	96.5	0.0	96.5
01ene2003	00:25	8.30	6.23	2.08	139.6	0.0	139.6
01ene2003	00:30	27.23	20.42	6.81	239.9	0.0	239.9
01ene2003	00:35	5.98	4.49	1.50	399.1	0.0	399.1
01ene2003	00:40	4.14	3.11	1.03	474.6	0.0	474.6
01ene2003	00:45	3.30	2.47	0.82	434.1	0.0	434.1
01ene2003	00:50	2.79	2.09	0.70	336.0	0.0	336.0
01ene2003	00:55	2.46	1.85	0.62	253.7	0.0	253.7
01ene2003	01:00	2.32	1.74	0.58	199.9	0.0	199.9
01ene2003	01:05	0.00	0.00	0.00	157.0	0.0	157.0
01ene2003	01:10	0.00	0.00	0.00	114.6	0.0	114.6
01ene2003	01:15	0.00	0.00	0.00	75.3	0.0	75.3
01ene2003	01:20	0.00	0.00	0.00	45.1	0.0	45.1
01ene2003	01:25	0.00	0.00	0.00	26.4	0.0	26.4
01ene2003	01:30	0.00	0.00	0.00	15.7	0.0	15.7
01ene2003	01:35	0.00	0.00	0.00	9.1	0.0	9.1
01ene2003	01:40	0.00	0.00	0.00	4.9	0.0	4.9
01ene2003	01:45	0.00	0.00	0.00	2.6	0.0	2.6
01ene2003	01:50	0.00	0.00	0.00	1.4	0.0	1.4
01ene2003	01:55	0.00	0.00	0.00	0.8	0.0	0.8
01ene2003	02:00	0.00	0.00	0.00	0.4	0.0	0.4
01ene2003	02:05	0.00	0.00	0.00	0.2	0.0	0.2
01ene2003	02:10	0.00	0.00	0.00	0.0	0.0	0.0
01ene2003	02:15	0.00	0.00	0.00	0.0	0.0	0.0
01ene2003	02:20	0.00	0.00	0.00	0.0	0.0	0.0
01ene2003	02:25	0.00	0.00	0.00	0.0	0.0	0.0
01ene2003	02:30	0.00	0.00	0.00	0.0	0.0	0.0
01ene2003	02:35	0.00	0.00	0.00	0.0	0.0	0.0
01ene2003	02:40	0.00	0.00	0.00	0.0	0.0	0.0
01ene2003	02:45	0.00	0.00	0.00	0.0	0.0	0.0
01ene2003	02:50	0.00	0.00	0.00	0.0	0.0	0.0
01ene2003	02:55	0.00	0.00	0.00	0.0	0.0	0.0
01ene2003	03:00	0.00	0.00	0.00	0.0	0.0	0.0

Tabla 34. Resultados modelación HEC HMS TR 100 años

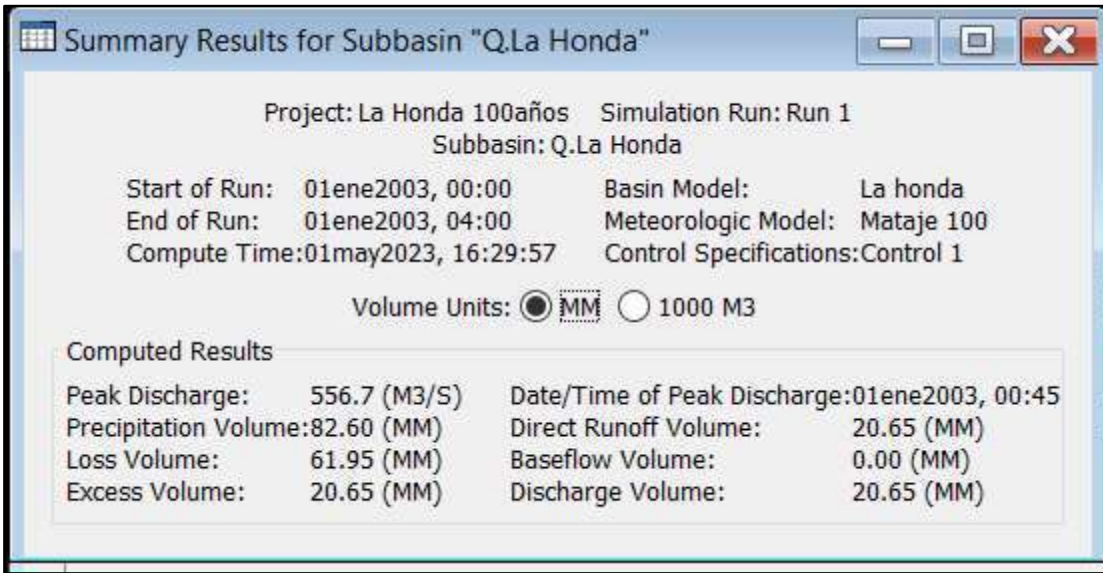
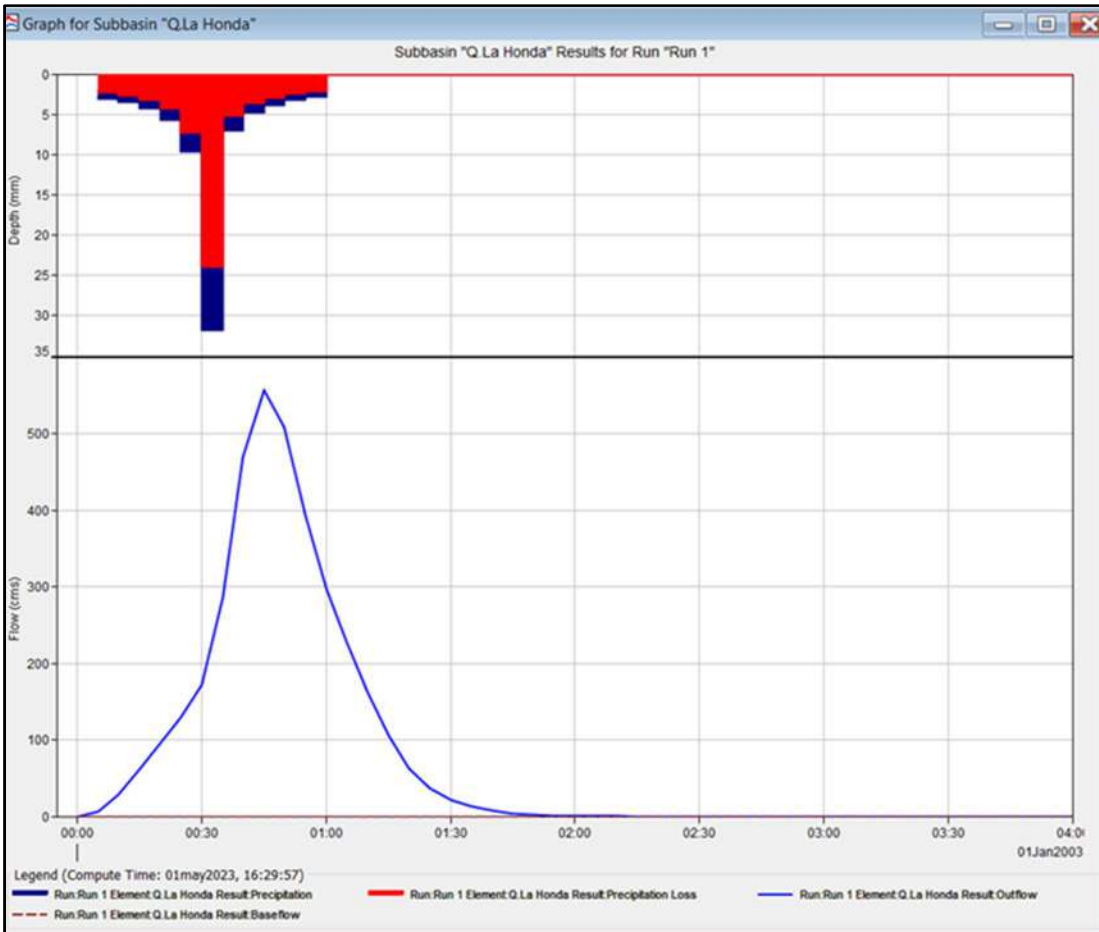


Gráfico 16. Hidrograma Resultante modelación



**Tabla 35.** Resultados modelación HEC HMS TR 100 años

Date	Time	Precip (MM)	Loss (MM)	Excess (MM)	Direct Flow (M3/S)	Baseflow (M3/S)	Total Flow (M3/S)
01ene2003	00:00				0.0	0.0	0.0
01ene2003	00:05	2.72	2.04	0.68	6.2	0.0	6.2
01ene2003	00:10	3.05	2.29	0.76	28.5	0.0	28.5
01ene2003	00:15	3.53	2.65	0.88	61.3	0.0	61.3
01ene2003	00:20	4.28	3.21	1.07	95.5	0.0	95.5
01ene2003	00:25	5.66	4.24	1.41	128.7	0.0	128.7
01ene2003	00:30	9.70	7.27	2.42	172.3	0.0	172.3
01ene2003	00:35	31.84	23.88	7.96	286.0	0.0	286.0
01ene2003	00:40	6.99	5.24	1.75	469.8	0.0	469.8
01ene2003	00:45	4.84	3.63	1.21	556.7	0.0	556.7
01ene2003	00:50	3.86	2.89	0.96	508.7	0.0	508.7
01ene2003	00:55	3.27	2.45	0.82	393.5	0.0	393.5
01ene2003	01:00	2.86	2.14	0.71	297.1	0.0	297.1
01ene2003	01:05	0.00	0.00	0.00	227.7	0.0	227.7
01ene2003	01:10	0.00	0.00	0.00	162.2	0.0	162.2
01ene2003	01:15	0.00	0.00	0.00	105.0	0.0	105.0
01ene2003	01:20	0.00	0.00	0.00	62.8	0.0	62.8
01ene2003	01:25	0.00	0.00	0.00	36.8	0.0	36.8
01ene2003	01:30	0.00	0.00	0.00	21.8	0.0	21.8
01ene2003	01:35	0.00	0.00	0.00	12.8	0.0	12.8
01ene2003	01:40	0.00	0.00	0.00	7.4	0.0	7.4
01ene2003	01:45	0.00	0.00	0.00	3.9	0.0	3.9
01ene2003	01:50	0.00	0.00	0.00	1.9	0.0	1.9
01ene2003	01:55	0.00	0.00	0.00	1.0	0.0	1.0
01ene2003	02:00	0.00	0.00	0.00	0.5	0.0	0.5
01ene2003	02:05	0.00	0.00	0.00	0.2	0.0	0.2
01ene2003	02:10	0.00	0.00	0.00	0.0	0.0	0.0
01ene2003	02:15	0.00	0.00	0.00	0.0	0.0	0.0
01ene2003	02:20	0.00	0.00	0.00	0.0	0.0	0.0
01ene2003	02:25	0.00	0.00	0.00	0.0	0.0	0.0
01ene2003	02:30	0.00	0.00	0.00	0.0	0.0	0.0
01ene2003	02:35	0.00	0.00	0.00	0.0	0.0	0.0
01ene2003	02:40	0.00	0.00	0.00	0.0	0.0	0.0
01ene2003	02:45	0.00	0.00	0.00	0.0	0.0	0.0
01ene2003	02:50	0.00	0.00	0.00	0.0	0.0	0.0
01ene2003	02:55	0.00	0.00	0.00	0.0	0.0	0.0
01ene2003	03:00	0.00	0.00	0.00	0.0	0.0	0.0
01ene2003	03:05	0.00	0.00	0.00	0.0	0.0	0.0
01ene2003	03:10	0.00	0.00	0.00	0.0	0.0	0.0
01ene2003	03:15	0.00	0.00	0.00	0.0	0.0	0.0
01ene2003	03:20	0.00	0.00	0.00	0.0	0.0	0.0
01ene2003	03:25	0.00	0.00	0.00	0.0	0.0	0.0

De la aplicación del software HEC-HMS, se obtiene que el caudal máximo esperado para TR 50 años de retorno es de 474.60 m<sup>3</sup>/seg, y para TR 100 años, el caudal máximo esperado es de 556.70 m<sup>3</sup>/seg.

### 8.3 Caudal Método Racional

Para este caso específico, es admisible calcular el caudal de crecida para la Quebrada La Honda, haciendo uso del método racional.

Entre las limitaciones destacadas por algunos autores acerca del Método Racional se pueden referir:

- Proporciona solamente un caudal pico, no el hidrograma de crecientes para el diseño



- Supone que la lluvia es uniforme en el tiempo (intensidad constante) lo cual es sólo cierto cuando la duración de la lluvia es muy corta.
- El Método Racional también supone que la lluvia es uniforme en toda el área de la cuenca en estudio, lo cual es parcialmente válido si la extensión de ésta es muy pequeña.
- Asume que la escorrentía es directamente proporcional a la precipitación (si duplica la precipitación, la escorrentía se duplica también). En la realidad, esto no es cierto, pues la escorrentía depende también de muchos otros factores, tales como precipitaciones antecedentes, condiciones de humedad antecedente del suelo, etc.
- Ignora los efectos de almacenamiento o retención temporal del agua escurrida en la superficie, cauces, conductos y otros elementos (naturales y artificiales).
- Asume que el período de retorno de la precipitación y el de la escorrentía son los mismos, lo que sería cierto en áreas impermeables, en donde las condiciones de humedad antecedente del suelo no influyen de forma significativa en la Escorrentía Superficial.

Pese a estas limitaciones, el Método Racional es usado frecuentemente, siempre teniendo en cuenta que producirá resultados aceptables en áreas pequeñas y con alto porcentaje de impermeabilidad, por ello es recomendable que su uso se limite a Cuencas con extensiones inferiores a las 200 Ha, como sucede en este caso.

El Método Racional es uno de los más utilizados para la estimación del caudal máximo asociado a determinada lluvia de diseño. Se utiliza normalmente en el diseño de obras de drenaje urbano y rural. Y tiene la ventaja de no requerir de datos hidrométricos para la Determinación de Caudales Máximos.

La expresión utilizada por el Método Racional es:

$$Q = \frac{C \cdot I \cdot A}{360}$$

Donde:

Q: Caudal máximo [m<sup>3</sup>/s]

C: Coeficiente de escorrentía, encontrarás algunos valores para cuencas Rurales y Urbanas.

I: Intensidad de la Lluvia de Diseño, con duración igual al tiempo de concentración de la cuenca y con frecuencia igual al período de retorno seleccionado para el diseño (Curvas IDF [mm/h])

A: Área de la cuenca. [Ha]

Tabla 37. Valores del coeficiente de escorrentía en áreas rurales

VEGETACIÓN Y TOPOGRAFÍA Y	TEXTURA DEL SUELO		
	FRANCO ARENOSO	FRANCO LIMO ARCILLOSO	ARCILLOSO
<b>BOSQUES</b>			
Plano	0.10	0.30	0.40
Ondulado	0.25	0.35	0.50
Montañoso	0.30	0.50	0.60
<b>PASTOS</b>			
Plano	0.10	0.30	0.40
Ondulado	0.16	0.36	0.55
Montañoso	0.22	0.42	0.60
<b>TIERRAS CULTIVADAS</b>			
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 %.			

Fuente: Manual de Drenaje para carreteras Instituto Nacional de Vías 2011. Tabla 2.10.

#### Datos:

$I = 26.67 \text{ mm/h}$ ,  $Tr=100 \text{ años}$ ,  $tc= 4.42 \text{ hr} = 265 \text{ min}$

$C = 0.30$

$A = 53000 \text{ ha}$

$Q = 26.67 \cdot 0.30 \cdot 53000 / 360 = 1.177.93 \text{ m}^3/\text{s}$

#### Conclusiones del caudal máximo

Se puede concluir que el caudal máximo estimado para Quebrada LA HONDA, para 100 años de recurrencia se encuentra del orden de  $330.14 \text{ m}^3/\text{s}$ . a  $1177.93 \text{ m}^3/\text{s}$

- Cabe resaltar que el HEC HMS, tiene en cuenta aparentemente los mismos parámetros, pero la simulación del aguacero de diseño es más dinámica y arroja resultados más cercanos a la realidad, de manera que se tomara el valor de  $556.70 \text{ m}^3/\text{s}$ , como caudal máximo con un tiempo de recurrencia de 100 años.

## 9. NIVELES MÁXIMOS

Con la información de caudales máximos, batimetría del sector donde se construirá el puente y haciendo usos del software HEC-RAS, se obtendrá a través de la simulación los niveles máximos en la sección del puente.

Para la modelación hidráulica en HEC-RAS, fue necesario realizar la batimetría del sitio donde se planea la localización del puente. Se tomaron las secciones necesarias con el fin de simular el comportamiento de la quebrada LA HONDA.

### Parámetros de entrada HEC-RAS

#### 1. Área de la subcuenca

El área de la subcuenca La Honda, hasta el punto de interés es de 1.986 Km<sup>2</sup>

#### 2. Coeficiente de Manning

Tabla 38. Valores del coeficiente de Manning (n)

Valores del Coeficiente de Manning (n)			
Perímetro mojado	n	Perímetro mojado	n
Canales naturales		Canales artificiales	
Limpios y rectos	0.030	Vidrio	0.010
Fangoso con piscinas	0.040	Latón	0.011
Ríos	0.035	Acero, suave	0.012
		Acero, pintado	0.014
Llanuras de inundación		Acero remachado	0.016
Pasto, campo	0.035	Hierro fundido	0.013
Matorrales baja densidad	0.050	Concreto terminado	0.012
Matorrales alta densidad	0.075	Concreto sin terminar	0.014
Árboles	0.150	Madera cepillada	0.012
		Baldosa arcilla	0.014
Canales de tierra		Ladrillo	0.015
Limpio	0.022	Asfalto	0.016
Grava	0.025	Metal corrugado	0.022
Maleza	0.030	Madera no cepillada	0.013
Piedra	0.035		

#### 3. Periodo de retorno



De acuerdo al manual de Drenaje para Carreteras, para este tipo de estructuras, con longitud entre 10 y 50 m, el tiempo de retorno a considerar es de 50 años, como se puede ver en la Tabla 39.

**Tabla 39.** Periodos de retorno de diseño en obras de drenaje vial

TIPO DE OBRA	PERIODO DE RETORNO (AÑOS) <sup>1</sup>
Cunetas	5
Zanjas de Coronación <sup>2</sup>	10
Estructuras de Caída <sup>2</sup>	10
Alcantarillas de 0.90 m de diámetro	10
Alcantarillas mayores a 0.90 m de diámetro	20
Puentes menores (luz menor a 10 m)	25
Puentes de luz mayor o igual a 10 m y menor a 50 m	50
Puentes de luz mayor o igual a 50 m	100
Drenaje subsuperficial	2

<sup>1</sup> El periodo de retorno de diseño de las obras podrá variarse, a juicio del ingeniero Consultor, para casos especiales, debidamente justificados.

<sup>2</sup> En caso de que los taludes de corte de la vía sean inestables se podrá incrementar este periodo de retorno, a juicio del ingeniero Consultor.

**Fuente:** Manual de Drenaje para carreteras Instituto Nacional de Vías 2011. Tabla 2.10.

No obstante, se hará el ejercicio de calcular los niveles, con solamente para 50 sino para 100 años de tiempo de retorno.

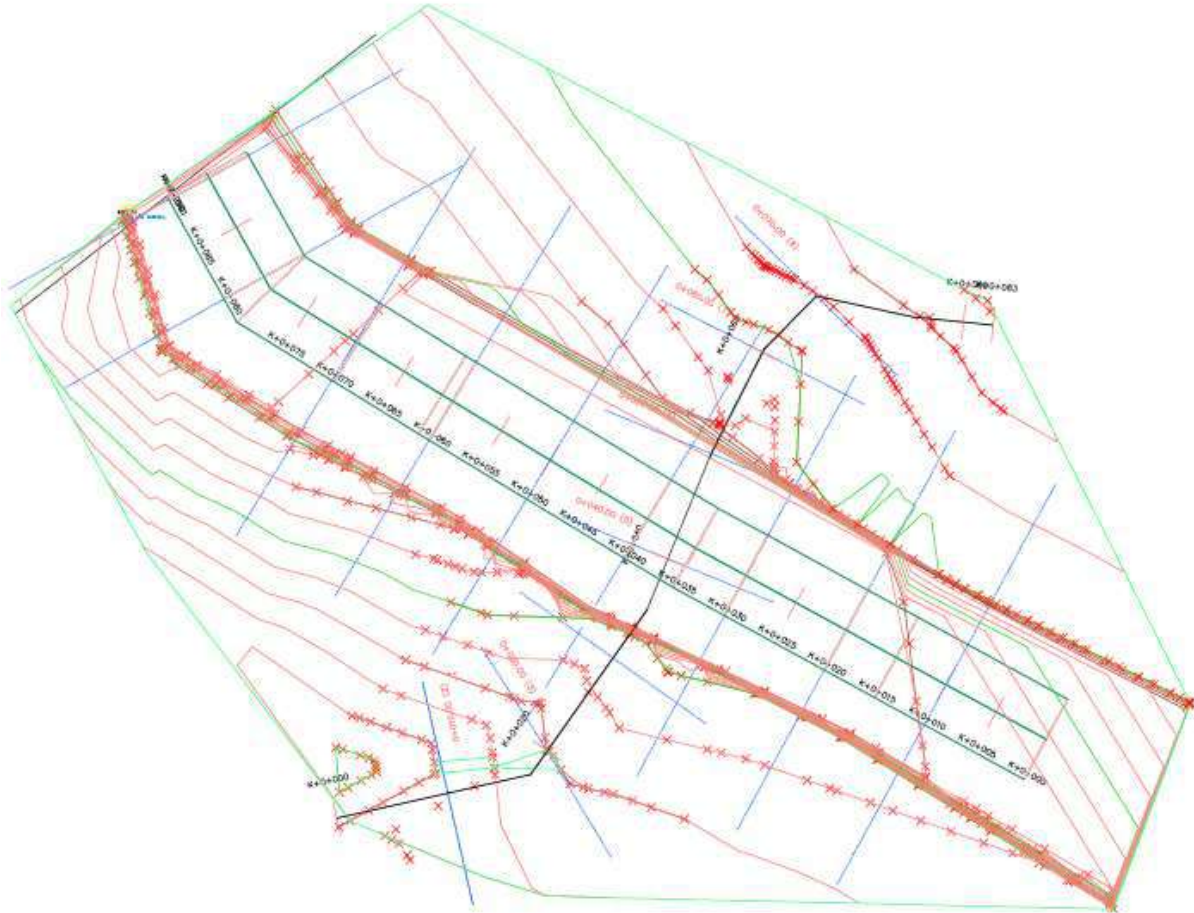
#### 4. Numero de curva (CN)

Para este caso, considerando el tipo de suelo CN = 70

#### 5. Secciones de la quebrada en el área de interés

Para introducir la geometría de las secciones transversales en el área de interés, donde estará ubicado el puente es necesario realizar la batimetría del sitio, con secciones cada 5 m por el eje de la quebrada, como se puede observar a continuación:

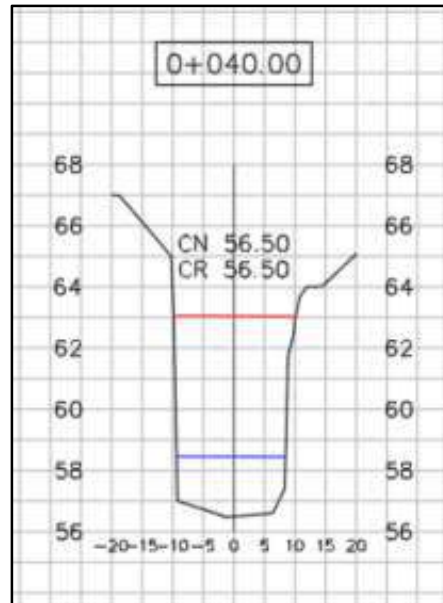
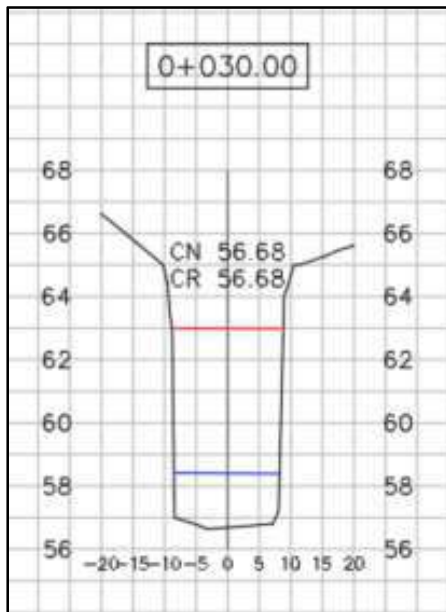
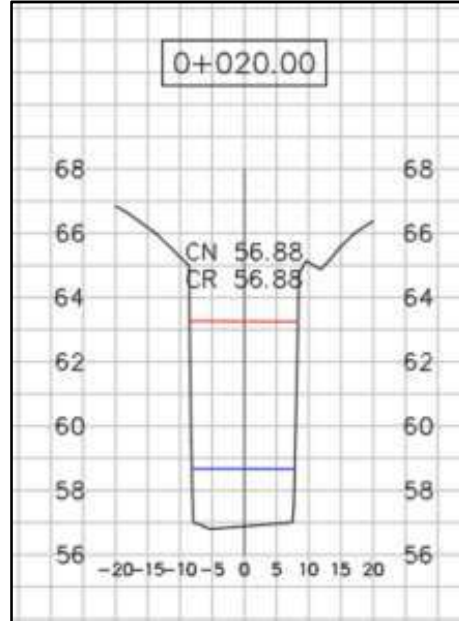
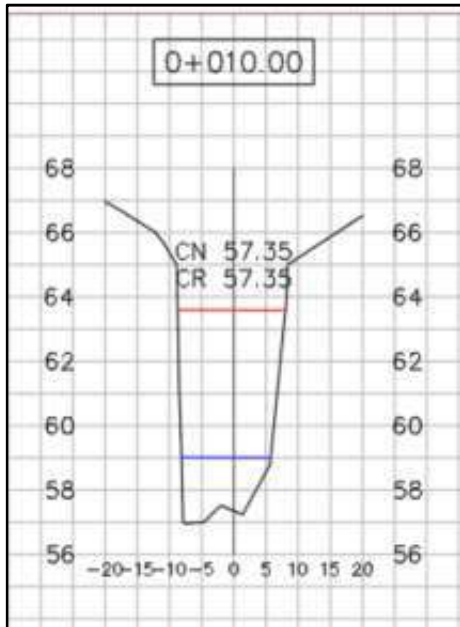
**Gráfico 17.** Planta secciones batimétricas

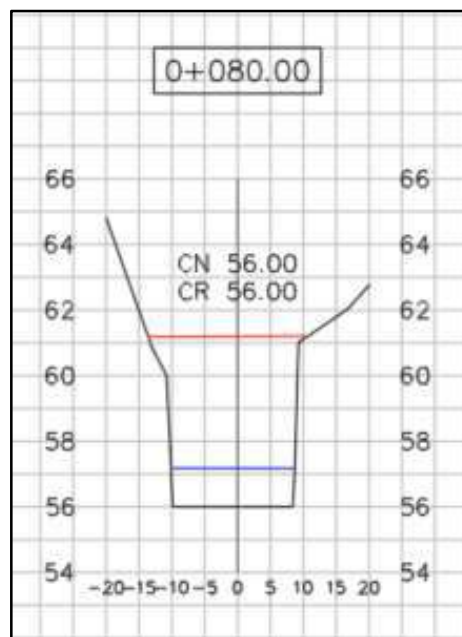
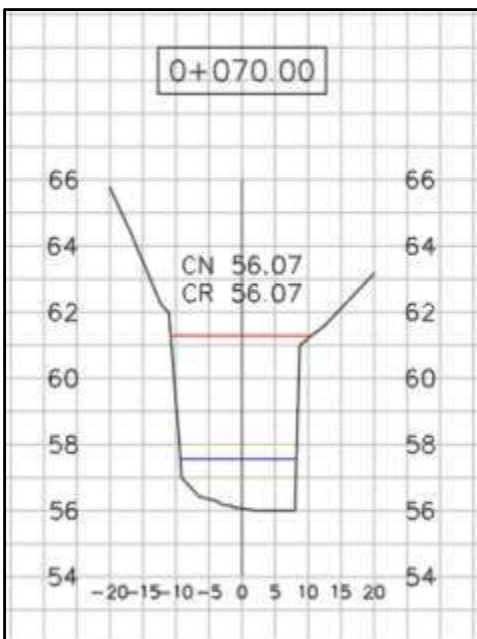
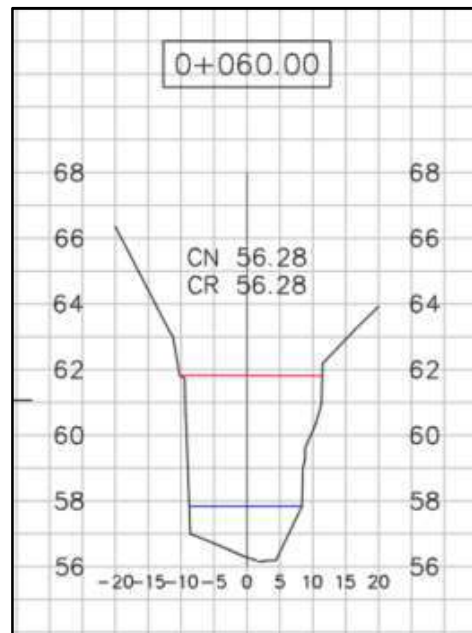
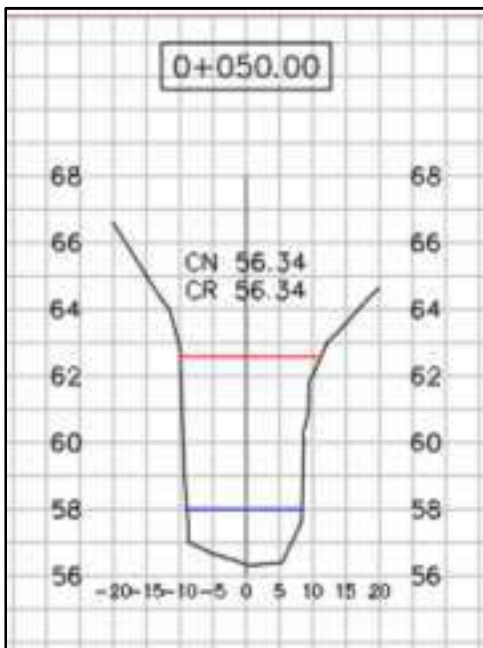


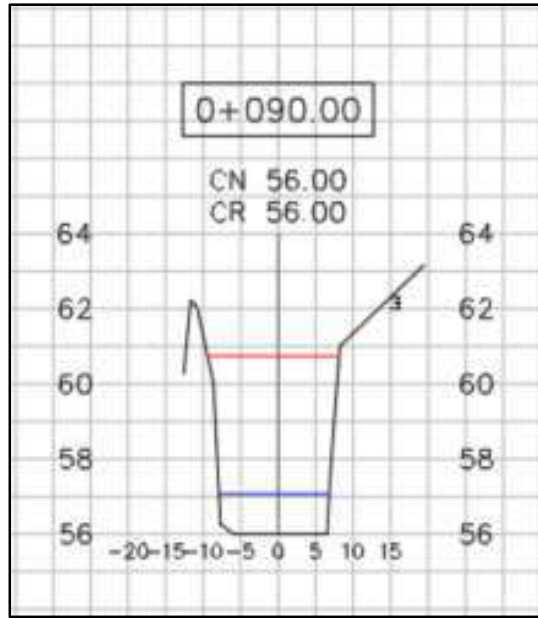
Las secciones batimétricas transversales se tomaron cada 10 m, aguas arriba y agua abajo del sitio de ubicación del Puente.

A continuación, se muestra las secciones transversales, donde se han resaltado los niveles normales y el nivel máximo, observado en terreno, que se podría tomar como nivel de banca llena.

Gráfico 18. Secciones transversales estudio batimétrico







En cada sección transversal se tomó información de: la geometría de la sección, nivel del agua, indicadores de banca llena y niveles máximos según información de los moradores del sitio.

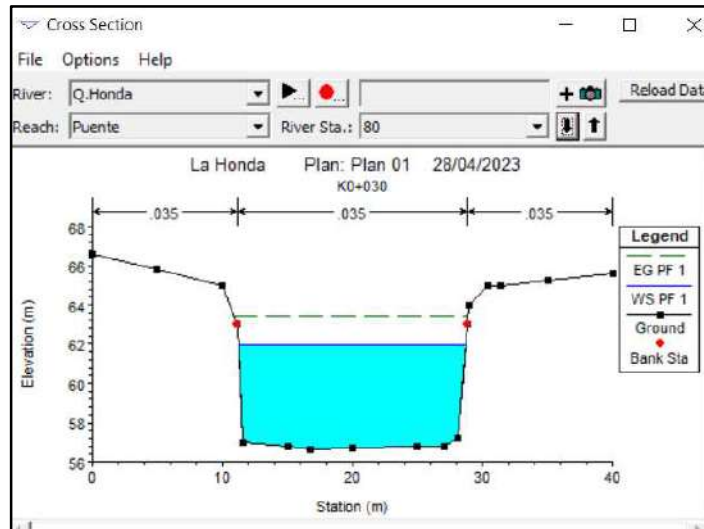
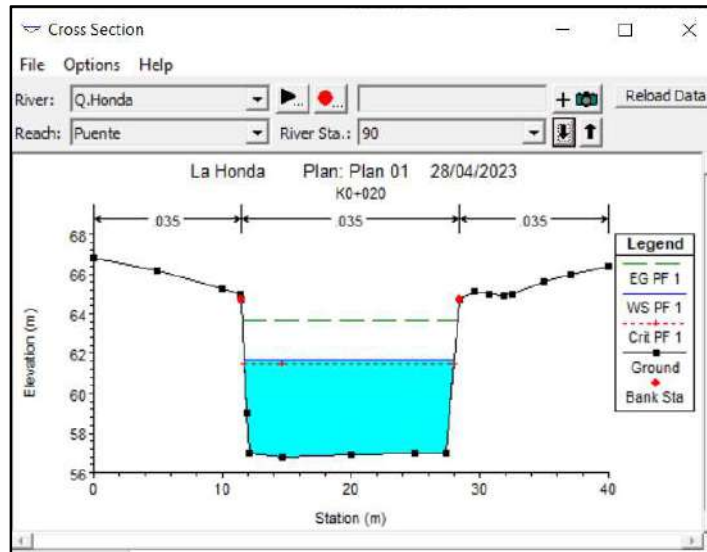
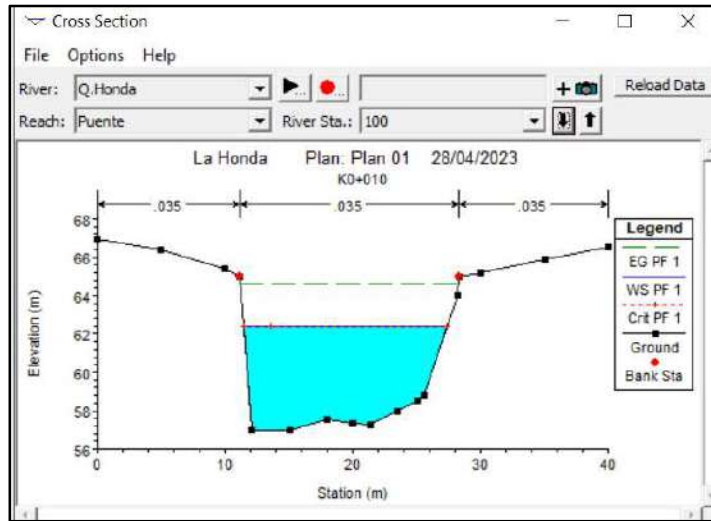
**Resultados HEC-RAS TR 50 años  $Q = 474.60 \text{ m}^3/\text{s}$**

**Tabla 36. Resultados HEC-RAS**

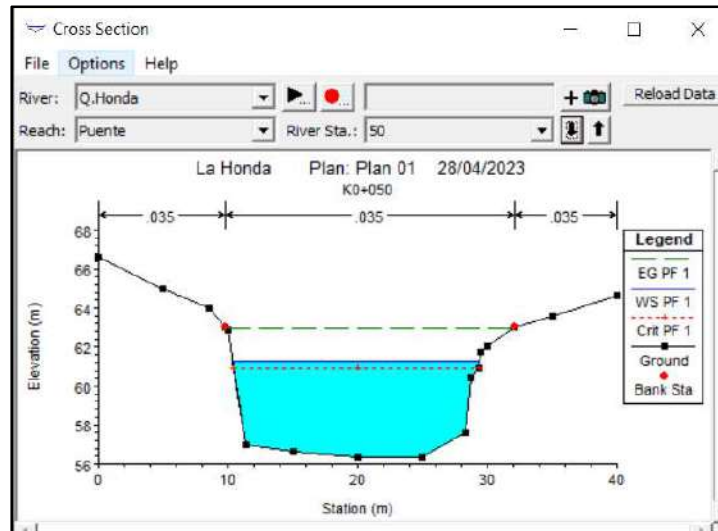
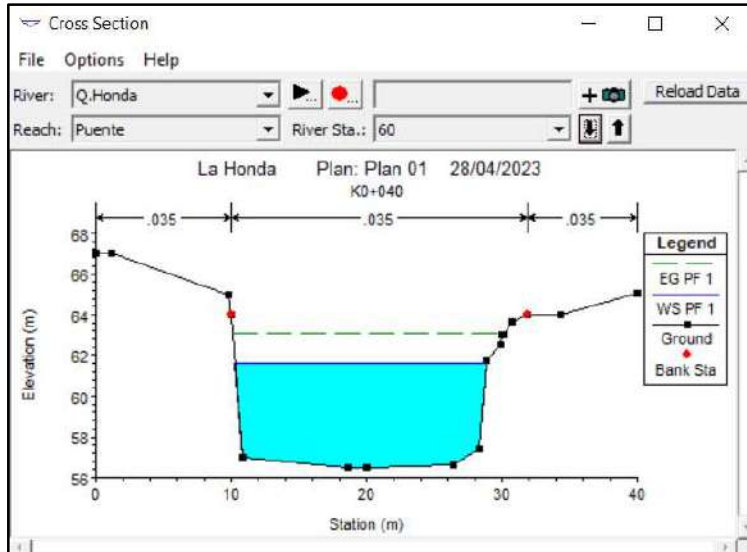
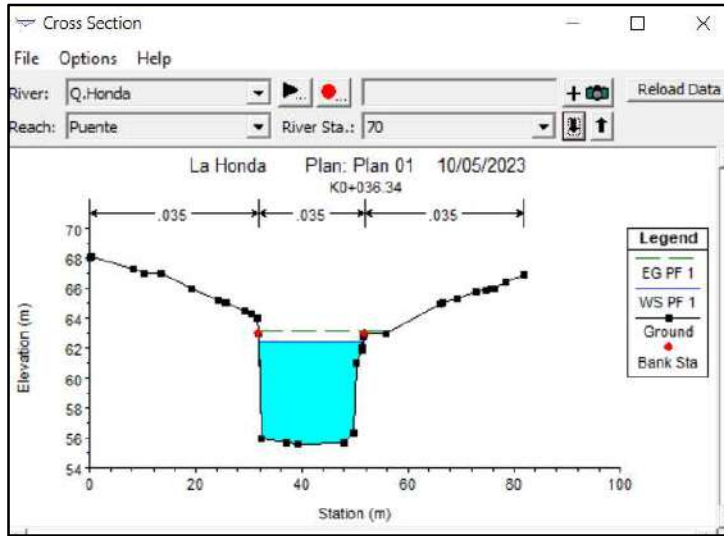
Profile Output Table - Standard Table 1												
HEC-RAS Plan: Plan 01 River: Q.Honda Reach: Puente Profile: PF 1												Reload Data
Reach	River Sta	Profile	Q Total (m <sup>3</sup> /s)	Min Ch El (m)	W.S. Elev (m)	Crit W.S. (m)	E.G. Elev (m)	E.G. Slope (m/m)	Vel Chnl (m/s)	Flow Area (m <sup>2</sup> )	Top Width (m)	Froude # Chl
Puente	100	PF 1	474.60	57.00	62.39	62.39	64.63	0.012121	6.64	71.46	15.96	1.00
Puente	90	PF 1	474.60	56.80	61.67	61.44	63.67	0.010830	6.27	75.72	16.37	0.93
Puente	80	PF 1	474.60	56.64	61.94		63.43	0.007237	5.42	87.57	17.48	0.77
Puente	70	PF 1	474.60	55.55	62.38		63.18	0.003056	3.94	120.35	19.67	0.51
Puente	60	PF 1	474.60	56.48	61.61		63.07	0.007013	5.35	88.76	18.62	0.78
Puente	50	PF 1	474.60	56.34	61.29	60.91	62.97	0.008469	5.74	82.71	19.02	0.88
Puente	40	PF 1	474.60	56.16	60.96	60.96	62.85	0.010573	6.10	77.82	20.59	1.00
Puente	30	PF 1	474.60	56.00	60.46	60.46	62.45	0.011024	6.25	75.89	19.11	1.00
Puente	20	PF 1	474.60	56.00	60.13	60.13	62.04	0.010887	6.13	77.48	20.24	1.00

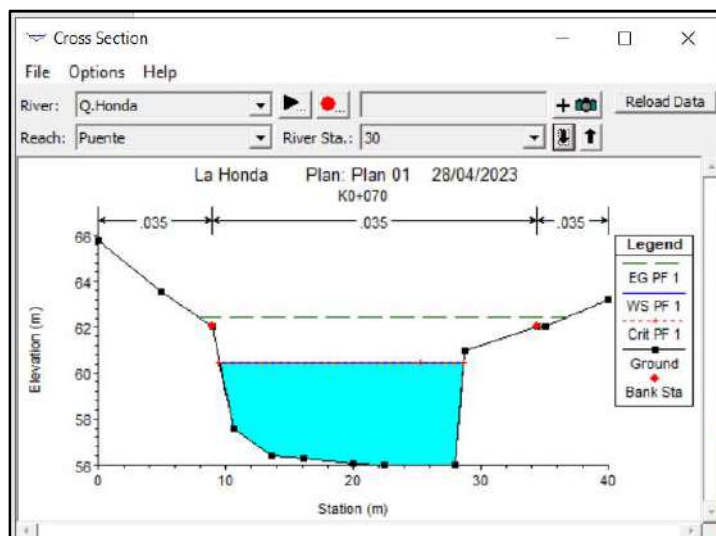
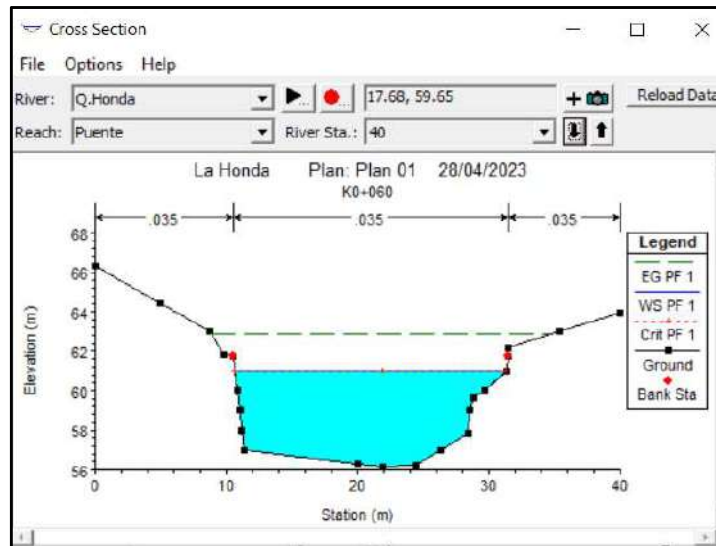


Gráficos. Resultados de la Modelación TR 50 años

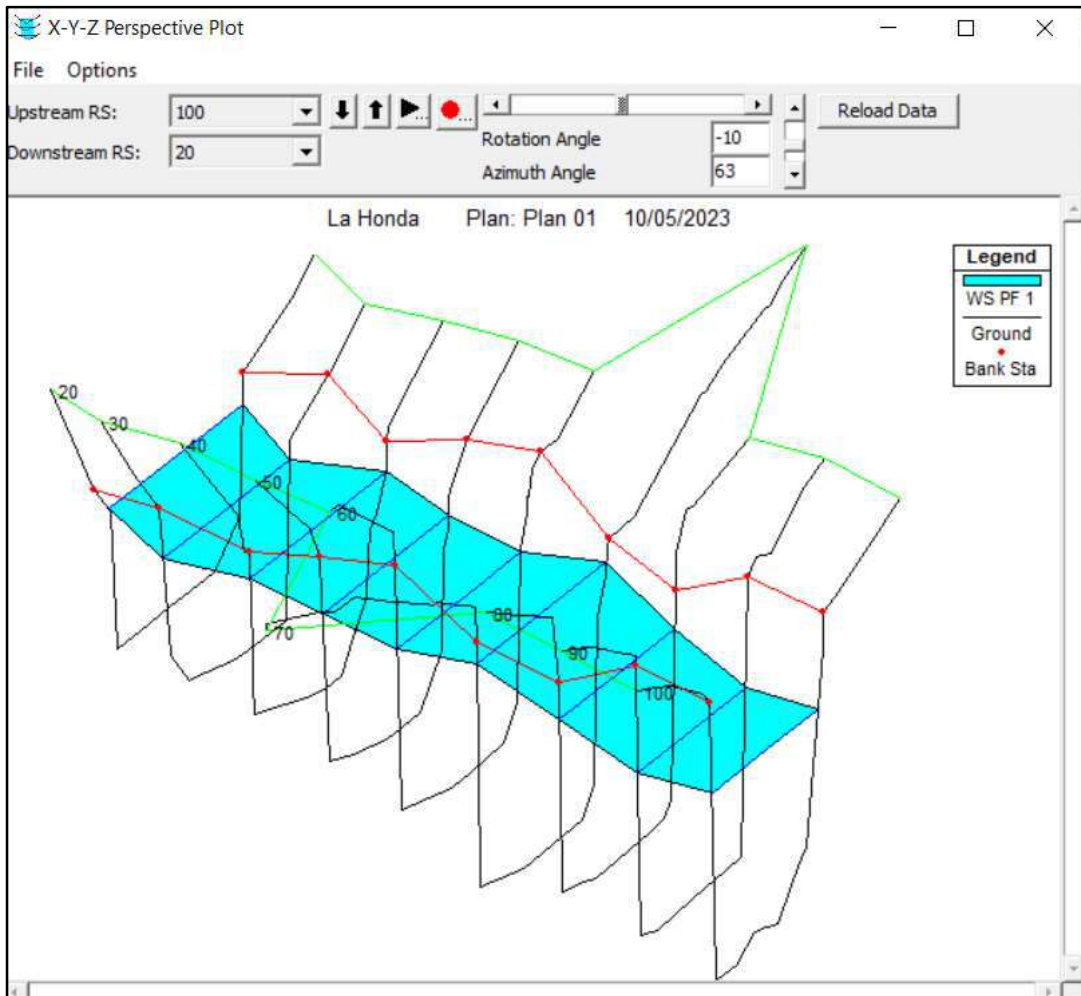








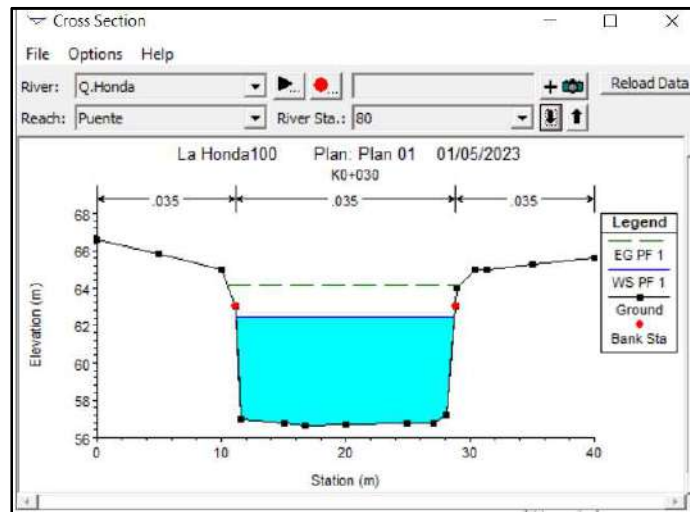
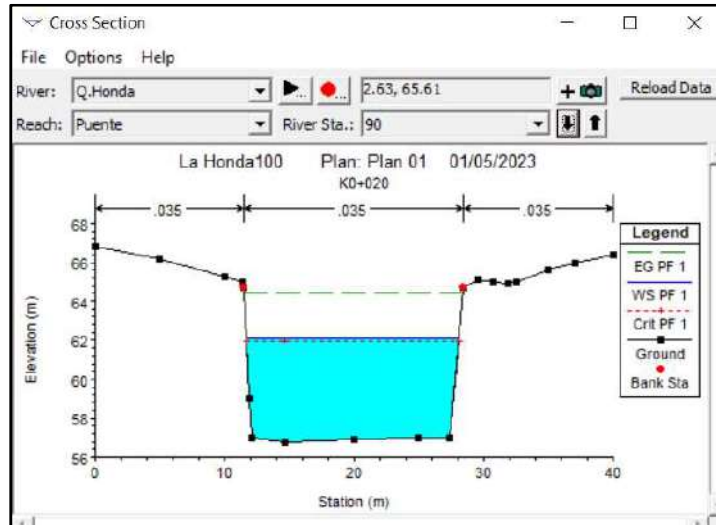
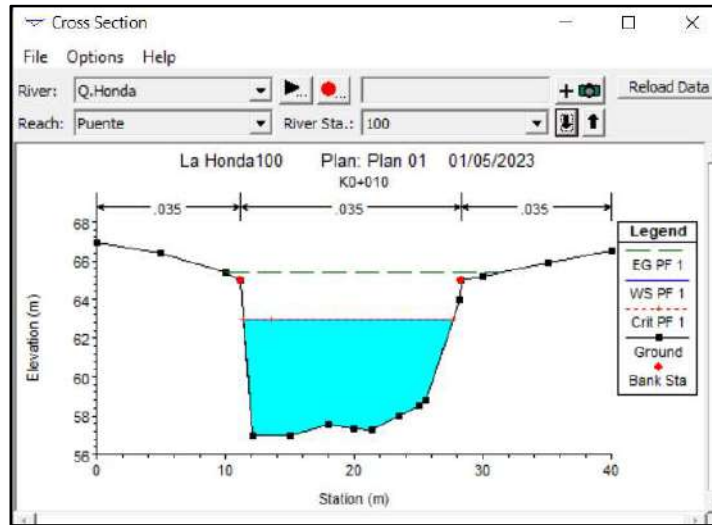
Se puede observar que en la sección 70, correspondiente a la ubicación del puente, el nivel máximo para el caudal TR 50 años, es de 62.38 m.s.n.m.

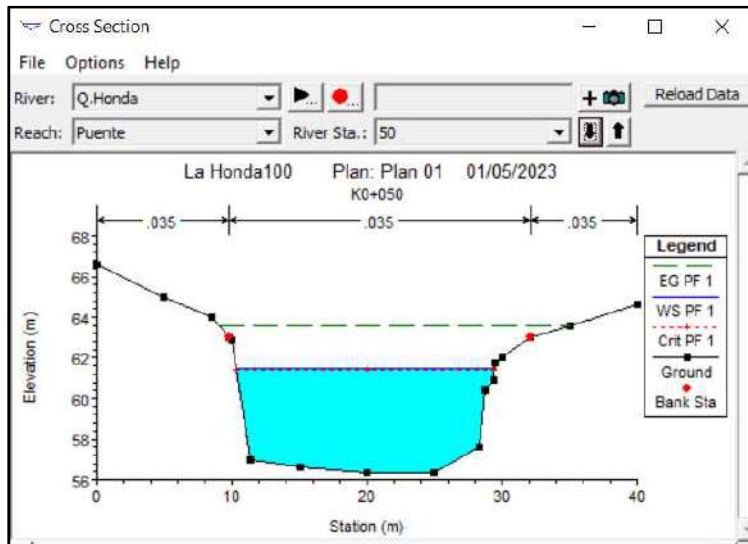
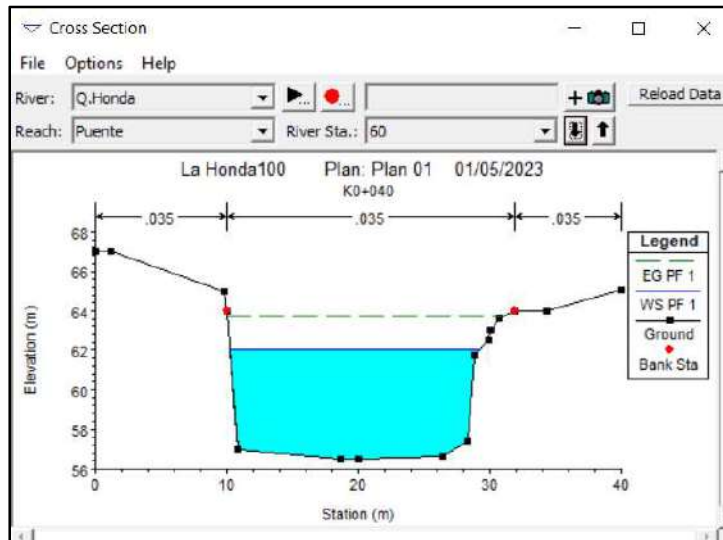
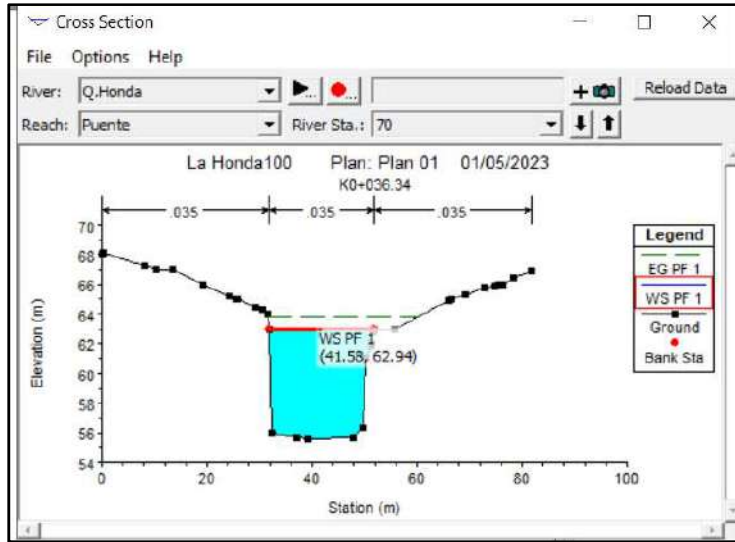


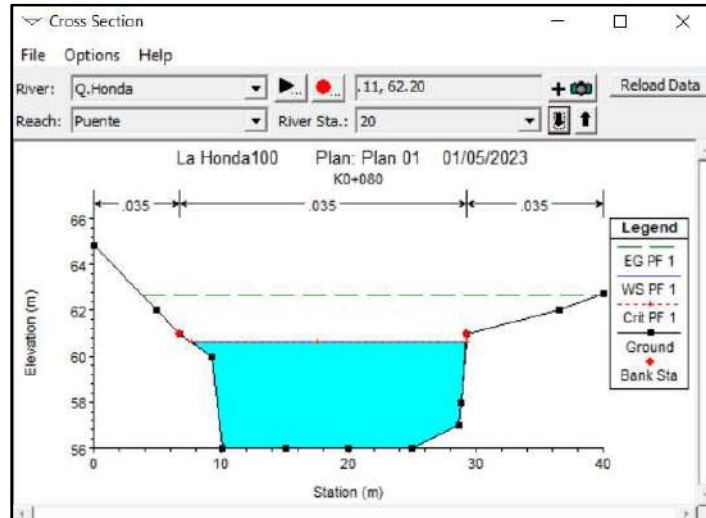
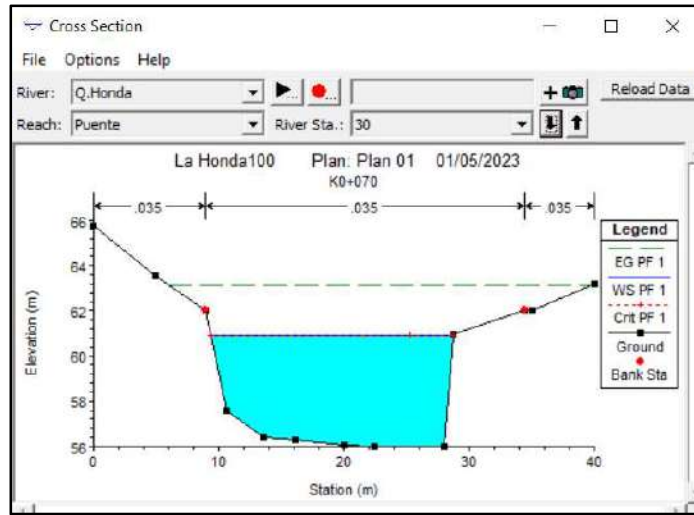
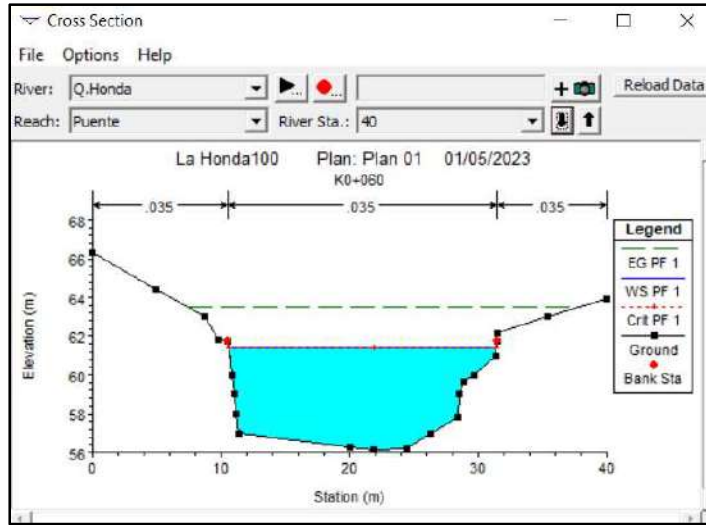
### Resultados HEC-RAS TR 100 años $Q = 556.70 \text{ m}^3/\text{s}$

A continuación, se muestra el comportamiento del nivel máximo de agua en las diferentes secciones, obteniéndose para el caudal máximo TR 100 años, un nivel máximo de: **62.94 m.s.n.m.**, cota que se asemeja mucho a la cota de aguas máximas observada en terreno y cota de banca llena en el sitio del puente.

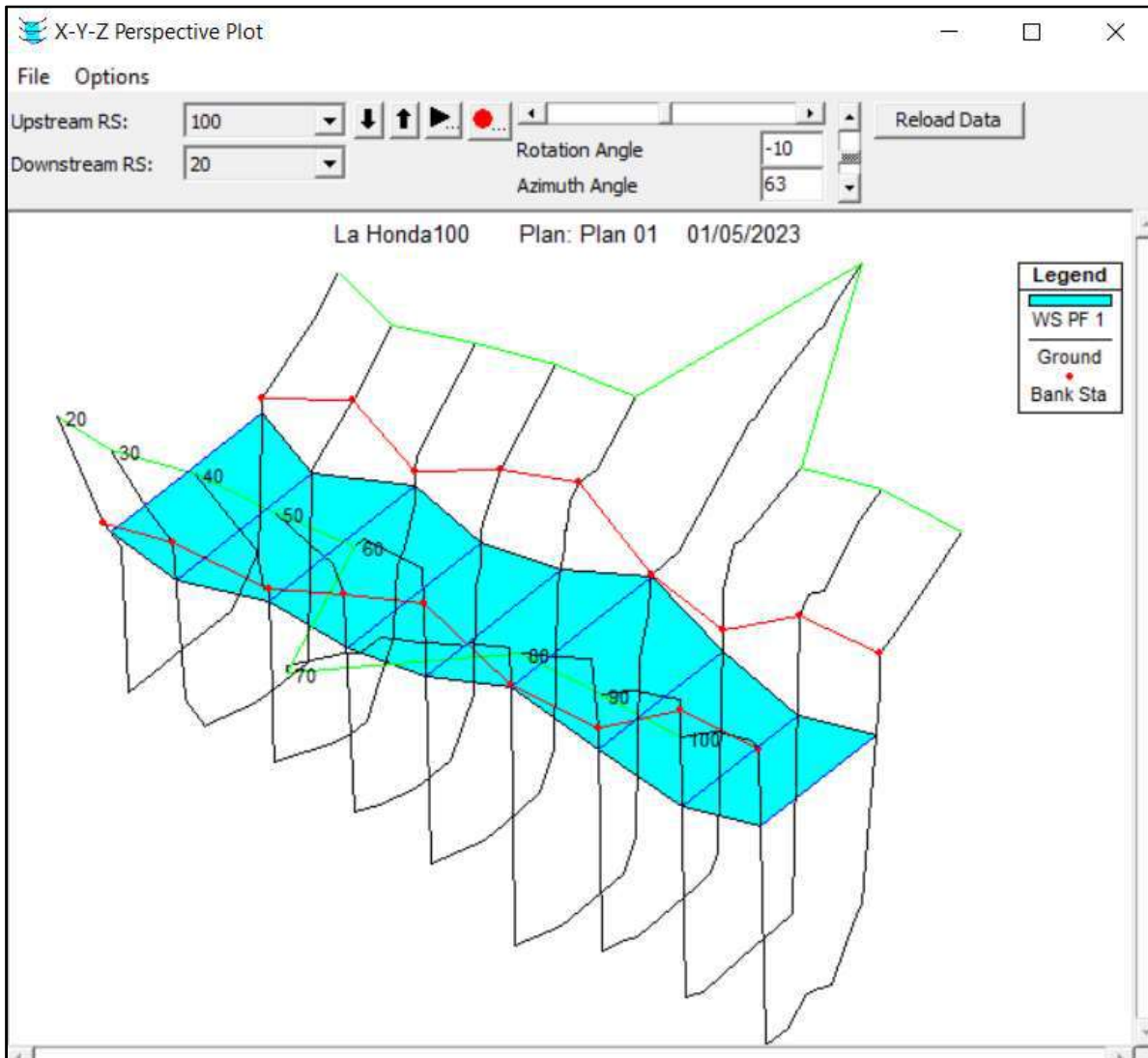
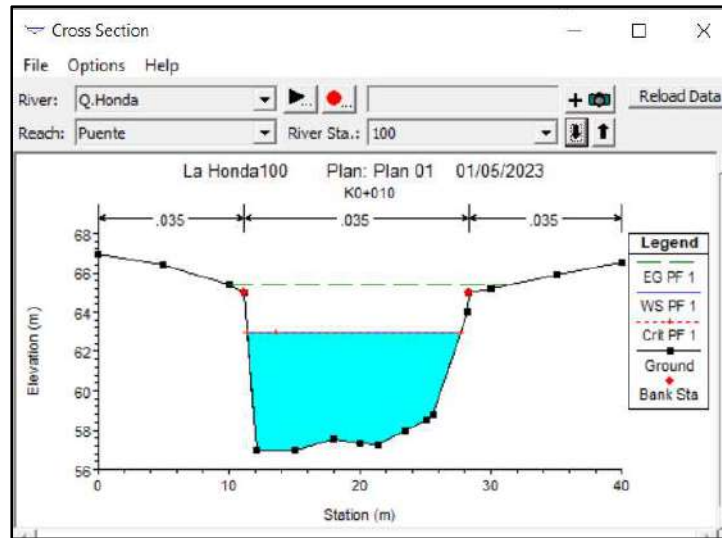
Gráficos. Resultados de la Modelación TR 100 años











## Resultados

En la siguiente imagen se puede observar las condiciones de entrada de las secciones donde se va a ubicar el puente.

La cota de ubicación del puente se la tomó la 60.00 msnm. Y se asume que no tiene pilas de cimentación, para efectos de calcular la altura máxima del agua.

## Conclusiones de los resultados

- En el resultado de la simulación, el nivel de la quebrada en el evento de TR 100 años, es de aproximadamente 62.94 msnm, en la información levantada en campo durante la batimetría, los niveles de banca llena y la información de los lugareños, está muy aproximada al resultado de la simulación.
- El nivel inferior del puente debe estar a por lo menos, a la cota: 65 m.s.n.m.

## 10. ESTIMACION DE LA SOCAVACION

La socavación que se produce en un río no puede ser calculada con exactitud, solo estimada, muchos factores intervienen en la ocurrencia de este fenómeno, tales como:

- ✓ El caudal
- ✓ Tamaño y conformación del material del cauce
- ✓ Cantidad de transporte de sólidos

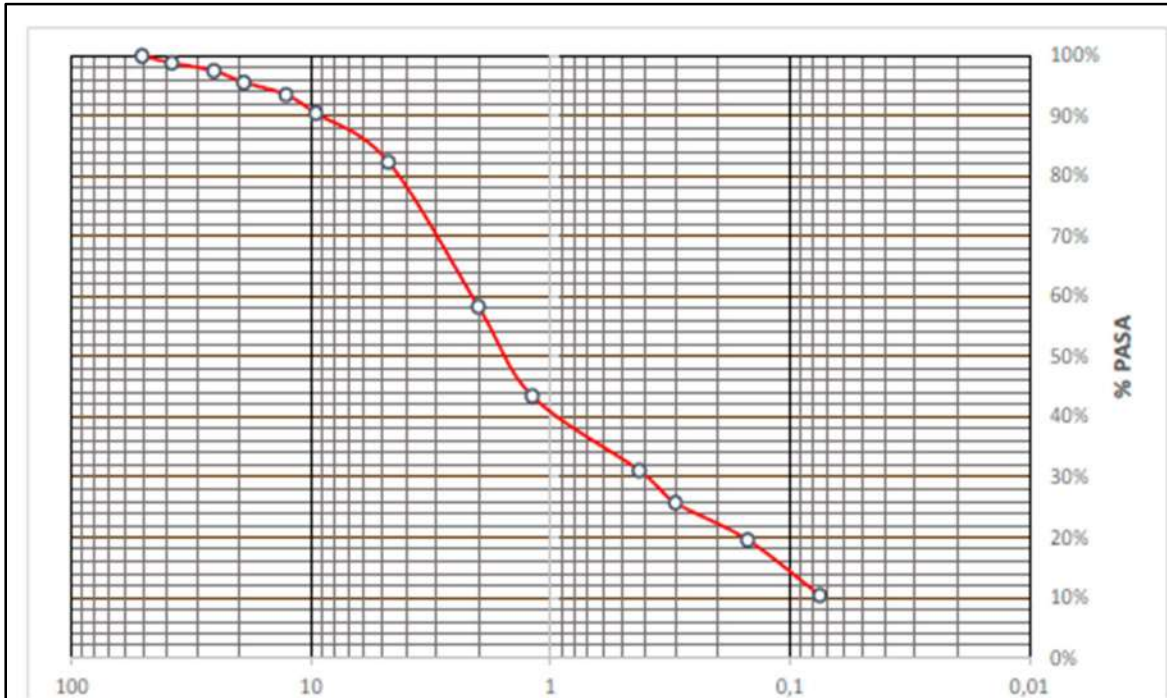
Las ecuaciones que se presentan a continuación son una guía para estimar la geometría hidráulica del cauce de un río. Las mismas están en función del material del cauce.

Para efecto del cálculo se asume que no hay obstáculos y que el suelo es homogéneo.

### Caracterización del material del piso

Mediante el análisis granulométrico del material del lecho de río, ubicado en el sitio de ubicación del puente, se puede establecer sus características, que sirven de base junto con otros parámetros para el cálculo de la socavación general.

**Gráfico 23.** Curva granulométrica material lecho de la Q. La Honda sitio puente



**Tabla 38.** Resultado de análisis granulométrico

TAMIZ	ABERTURA	PESO RET (gr)	% RET (gr)	% PASA
	50,8	0	0	99,92%
1.5"	38,1	4,01	1,14	98,78%
1"	25,4	4,68	1,33	97,45%
3/4"	19,05	6,71	1,91	95,54%
1/2"	12,7	7,17	2,04	93,50%
3/8"	9,525	10,76	3,06	90,44%
No.4	4,75	28,47	8,1	82,34%
No.10	2	84,54	24,05	58,29%
No.16	1,19	52,23	14,86	43,43%
No.40	0,425	43,41	12,35	31,08%
No.50	0,3	18,77	5,34	25,74%
No.100	0,15	21,72	6,18	19,56%
No.200	0,075	32,34	9,2	10,36%
Peso Antes (gr)		351,51		
Peso Despues (gr)		315,10		

Según el análisis granulométrico, se trata de un suelo cohesivo

**Tabla 39.** Información de la muestra analizada

<b>DATOS DE LA MUESTRA</b>	
Altura (cm)	9,53
Diametro (cm)	5,19
P. Humedo (gr)	315,2
P. Seco (gr)	226,7
Humedad (%)	39,04%
P. Unit.Hum (t/m <sup>3</sup> )	1,5634
P. Unit.Seco (t/m <sup>3</sup> )	1,1244

### Socavación general del cauce:

Es aquella que se produce a todo lo ancho del cauce cuando ocurre una crecida debido al efecto hidráulico de un estrechamiento de la sección; la degradación del fondo de cauce se detiene cuando se alcanzan nuevas condiciones de equilibrio por disminución de la velocidad, a causa del aumento de la sección transversal debido al proceso de erosión.

Para la determinación de la socavación general se empleará el criterio de Lischvan - Levediev:

### Método de Lischvan-Lebediev:

El método de Lischvan - Lebediev es el más completo para la determinación de la profundidad de socavación, debido a que considera la forma del cauce, dado que determina si se trata de un cauce bien definido o no; otro aspecto que considera es la textura del material de fondo, ya que para los materiales cohesivos, como los limos y arcillas, se utiliza un peso específico para calificar su grado de cohesión, mientras que para los no cohesivos se utiliza la curva granulométrica para establecer su resistencia a la erosión, también hay que tener en cuenta si la distribución del material es homogénea o heterogénea .

Velocidad erosiva que es la velocidad media que se requiere para degradar el fondo está dado por las siguientes expresiones:

$$V_e = 0.60 \gamma_d^{1.18} \beta H_s^x \quad ; \text{ m/seg} \quad \text{suelos cohesivos}$$

$$V_c = 0.68 \beta d_m^{0.28} H_s^x \quad ; \text{ m/seg} \quad \text{suelos no cohesivos}$$

$V_e$  = velocidad media suficiente para degradar el cauce en m/seg.

$\gamma_d$  = peso volumétrico del material seco que se encuentra a una profundidad  $H_s$ , medida desde la superficie del agua ( $\text{Ton}/\text{m}^3$ )

$\beta$  = coeficiente que depende de la frecuencia con que se repite la avenida que se estudia. Ver Tabla 36

$x$  = es un exponente variable que está en función del peso volumétrico  $\gamma_d$  del material seco ( $\text{ton}/\text{m}^3$ )

$H_s$  = tirante considerado, a cuya profundidad se desea conocer que valor de  $V_e$  se requiere para arrastrar y levantar al material (m)

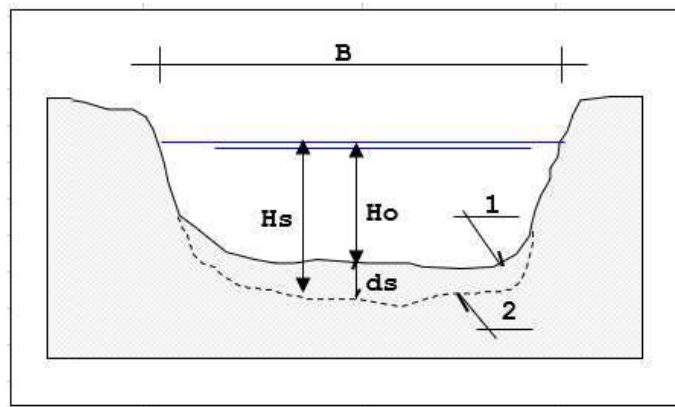
$d_m$  = es el diámetro medio (en mm) de los granos del fondo obtenido según la expresión.

$$d_m = 0.01 \sum d_i p_i$$

en el cual:

$d_i$  = diámetro medio, en mm, de una fracción en la curva granulométrica de la muestra total que se analiza

$p_i$  = peso de esa misma porción, comparada respecto al peso total de la muestra. Las fracciones escogidas no deben ser iguales entre sí.



(1) - Perfil antes de la erosión.

(2) - Perfil después de la erosión

Suelos cohesivos

$$H_s = \left[ \frac{\alpha H_o^{5/3}}{0.60 \beta \gamma_d^{1.18}} \right]^{1/(1+x)}$$

Suelos no Cohesivos

$$H_s = \left[ \frac{\alpha H_o^{5/3}}{0.68 \beta d_m^{0.28}} \right]^{1/(1+x)}$$

Donde:

$$\alpha = Q_d / (H_m^{5/3} B_e \mu)$$

$Q_d$  = caudal de diseño (m<sup>3</sup>/seg)

$B_e$  = ancho efectivo de la superficie del liquido en la sección transversal

$\mu$  = coeficiente de contracción. Ver tabla N° 1

$H_m$  = profundidad media de la sección = Area /  $B_e$

$x$  = exponente variable que depende del diámetro del material y se encuentra en la tabla N° 2

$d_m$  = diámetro medio (mm)

Tabla 34. Coeficientes de contracción  $\mu$

Velocidad media en la sección, en m / seg	Longitud libre entre dos estribos												
	10	13	16	18	21	25	30	42	52	63	106	124	200
Menor de 1	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
1.00	0.96	0.97	0.98	0.99	0.99	0.99	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
1.50	0.94	0.96	0.97	0.97	0.97	0.98	0.99	0.99	0.99	0.99	1.00	1.00	1.00
2.00	0.93	0.94	0.95	0.96	0.97	0.97	0.98	0.98	0.99	0.99	0.99	0.99	1.00
2.50	0.90	0.93	0.94	0.95	0.96	0.96	0.97	0.98	0.98	0.99	0.99	0.99	1.00
3.00	0.89	0.91	0.93	0.94	0.95	0.96	0.96	0.97	0.98	0.98	0.99	0.99	0.99
3.50	0.87	0.90	0.92	0.93	0.94	0.95	0.96	0.97	0.98	0.98	0.99	0.99	0.99
4.00 o mayor	0.85	0.89	0.91	0.92	0.93	0.94	0.95	0.96	0.97	0.98	0.99	0.99	0.99

Tabla 35. Valores de X para suelos NO cohesivos

SUELOS NO COHESIVOS	
dm (mm)	x
0.05	0.43
0.15	0.42
0.50	0.41
1.00	0.40
1.50	0.39
2.50	0.38
4.00	0.37
6.00	0.36
8.00	0.35
10.00	0.34
15.00	0.33
20.00	0.32

SUELOS NO COHESIVOS	
dm (mm)	x
25.00	0.31
40.00	0.30
60.00	0.29
90.00	0.28
140.00	0.27
190.00	0.26
250.00	0.25
310.00	0.24
370.00	0.23
450.00	0.22
570.00	0.21
750.00	0.20
1000.00	0.19



**Tabla 36.** Valores de coeficientes  $\beta$

Periodo de retorno del gasto de diseño ( años )	Coeficiente $\beta$
2	0.82
5	0.86
10	0.90
20	0.94
50	0.97
100	1.00
500	1.05

**Calculo de la socavación suelo cohesivo**

Hs = profundidad de socavación (m)	
Qd = caudal de diseño	474,60 m <sup>3</sup> /seg
Be = ancho efectivo de la superficie de agua	20,01 m
Ho = tirante antes de la erosión	6,46 m
Vm = velocidad media en la sección	1,32 m/seg
$\mu$ = coeficiente de contracción. Ver tabla N° 1	0,98
$\gamma_d$ = peso específico del suelo del cauce	1,12 Tn/m <sup>3</sup>
dm = diámetro medio	
x = exponente variable. Ver tabla N° 2	0,410
Tr = Periodo de retorno del gasto de diseño	50,00 años
$\beta$ = coeficiente que depende de la frecuencia del caudal de diseño. Ver tabla N° 3	0,98
A = área de la sección hidráulica	120,00 m <sup>2</sup>
Hm = profundidad media de la sección	5,997 m
$\alpha$ =	1,223

Entonces,

$$\mathbf{Hs = 13,82 \text{ m}}$$

ds = profundidad de socavación respecto al fondo del cauce

$$\mathbf{ds = 7,36 \text{ m}}$$

Grafico 24. Área de socavación

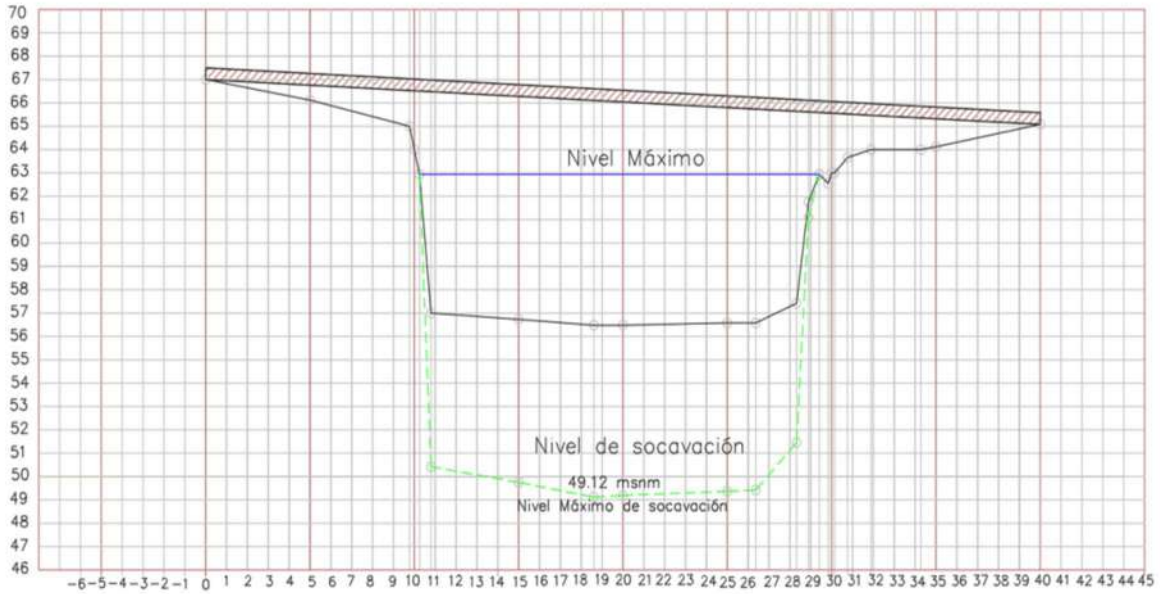
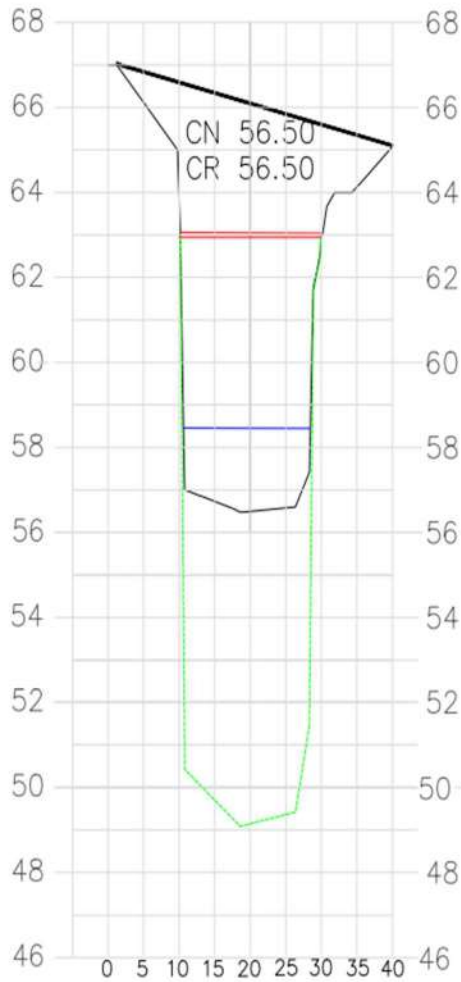


Tabla 37. Perfil de socavación en la sección del puente



Determinación del perfil de socavación general - metodo de Lichvan Levediev					
Nivel aguas maximas extraordinarias Tr 100 años = 62.94 m.s.n.m.					
P1	Cota P1 (msnm)	Ho1 (m)	Hs1 (m)	Sg1 (m)	Ps1 (msnm)
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
0.00	67.00	0.00	0.00	0.00	67.00
5.00	66.12	0.00	0.00	0.00	66.12
9.77	65.00	0.00	0.00	0.00	65.00
10.00	64.00	0.00	0.00	0.00	64.00
10.25	62.94	0.00	0.00	0.00	62.94
10.80	57.00	5.94	12.52	6.58	50.42
15.00	56.73	6.21	13.19	6.98	49.75
18.60	56.48	6.46	13.82	7.36	49.12
20.00	56.51	6.43	13.75	7.32	49.19
25.00	56.58	6.36	13.57	7.21	49.37
26.37	56.60	6.34	13.52	7.18	49.42
28.32	57.42	5.52	11.48	5.96	51.46
28.89	61.76	1.18	1.85	0.67	61.09
29.41	62.94	0.00	0.00	0.00	62.94
29.84	62.55	0.00	0.00	0.00	62.55
30.00	63.00	0.00	0.00	0.00	63.00
30.14	63.00	0.00	0.00	0.00	63.00
30.76	63.66	0.00	0.00	0.00	63.66
31.89	64.00	0.00	0.00	0.00	64.00
34.28	64.00	0.00	0.00	0.00	64.00
35.00	64.12	0.00	0.00	0.00	64.12
40.00	65.08	0.00	0.00	0.00	65.08

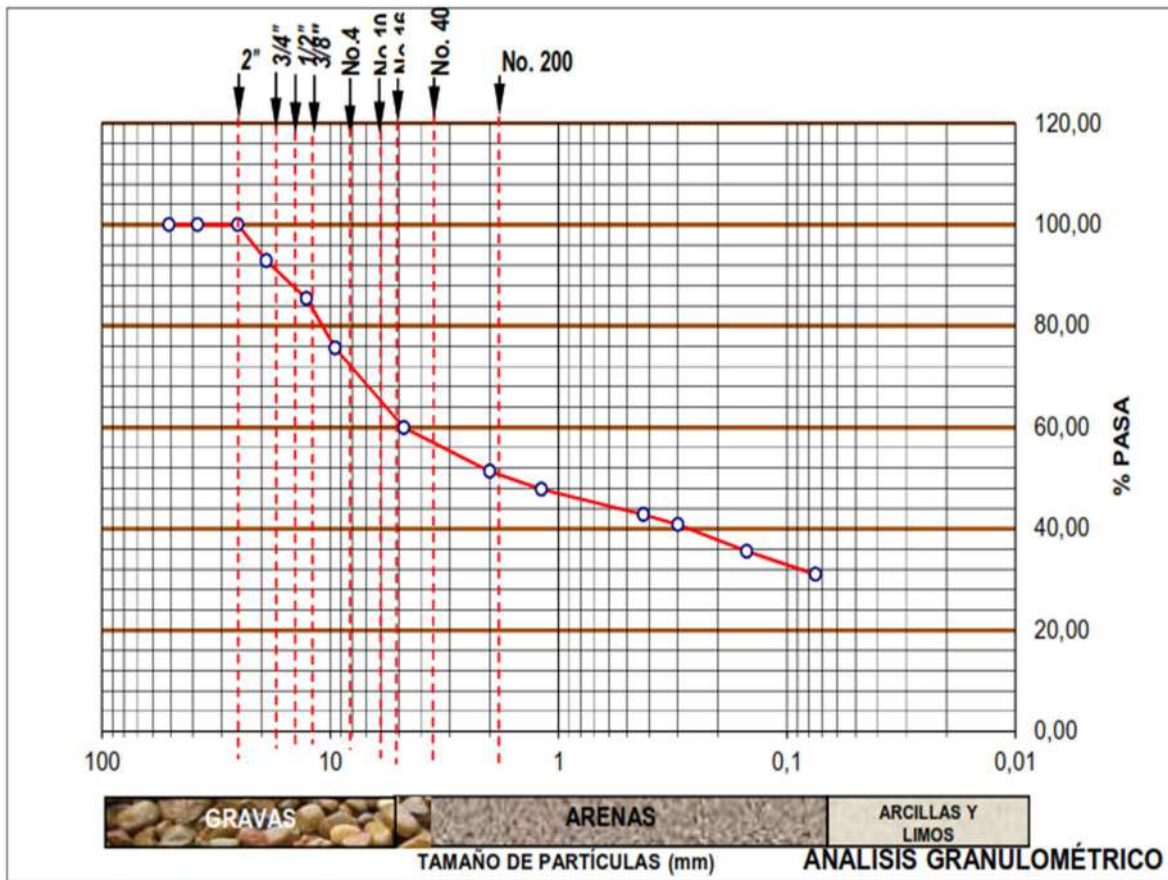
Obras de Control de fondo Su propósito es fijar el lecho del cauce a un nivel predeterminado e impedir la profundización del fondo de corrientes de agua permanentes.

Se puede concluir que la profundidad de socavación es del orden de 7.40 m, en el sitio de ubicación del puente.

### Lecho Quebrada La Honda (reporte del estudio de suelos)

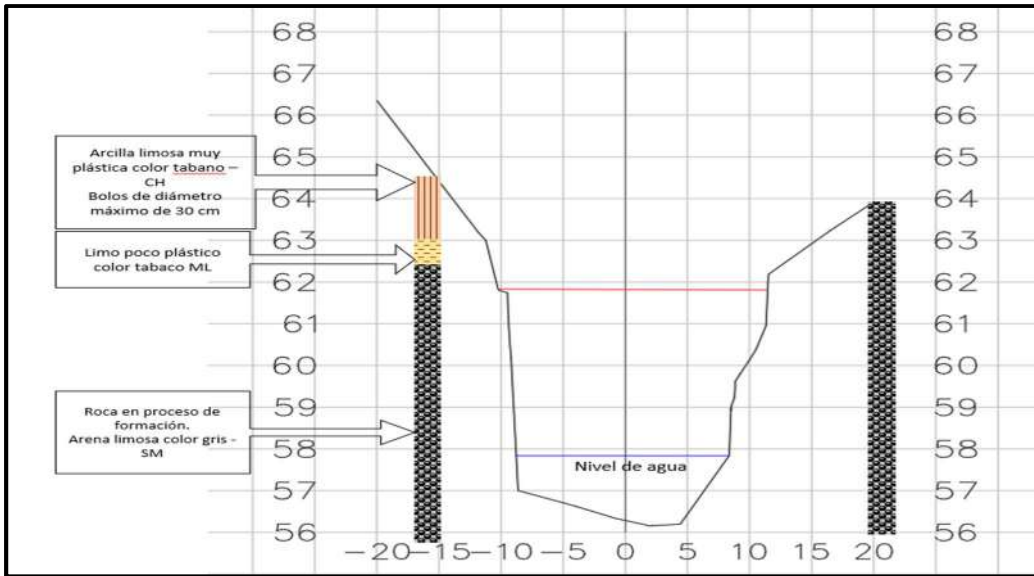
El sitio en estudio, en el cual se proyecta la construcción del puente, se encuentra ubicado en Depósitos de gravas y arenas acumulados en playas, y de lodos ricos en materia orgánica asociados al desarrollo de manglares, según las muestras de laboratorio y estudio de suelos se determinó y caracterizo el material como Roca en proceso de formación - Arena limosa color gris – SM.

Cuyo análisis granulométrico fue el siguiente:



El perfil estratigráfico a considerar es el siguiente:

Gráfico 24. Estratigrafía circundante a la sección del puente



En el grafico 24, estratigrafía reportada por el analista de suelos de la sección del puente, se puede observar que el estrato lateral a nivel del fondo de la quebrada, mejora ostensiblemente su composición, siendo una roca en formación.

Del informe del estudio geotécnico, se puede tomar lo siguiente recomendación para la ubicación de los estribos: “

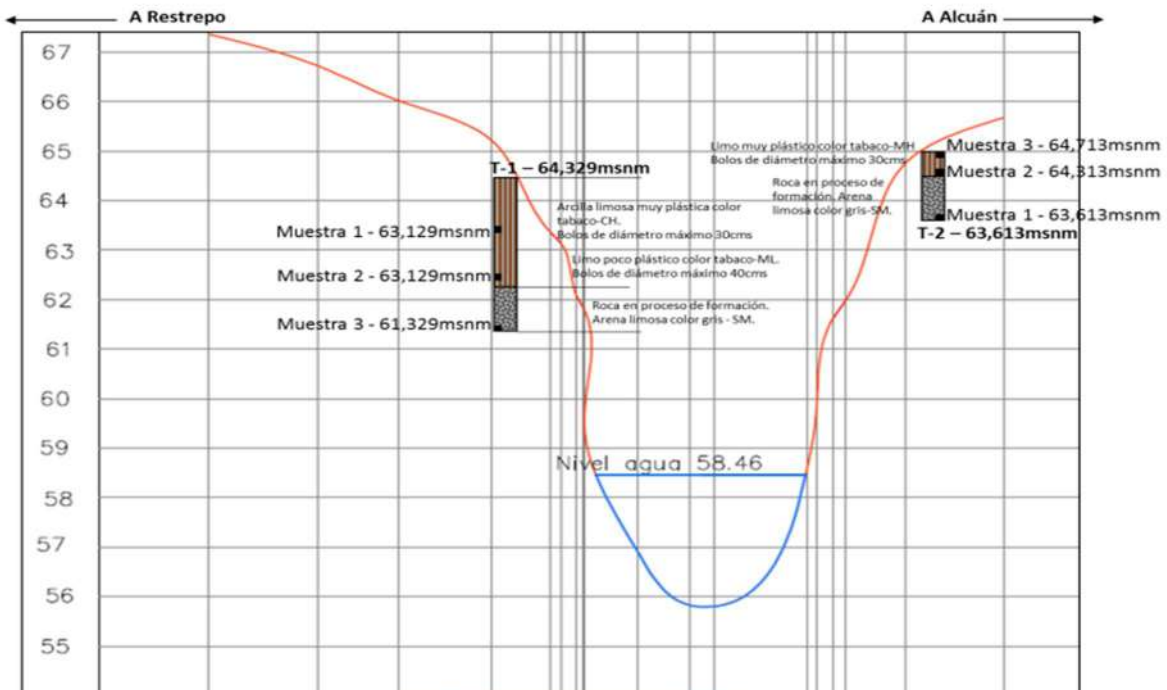


Figura 3. Estratigrafía ESTRIBO NORTE, trinchera T-2 y ESTRIBO SUR, trinchera T-1.

Luego del análisis de los ensayos de laboratorio para obtener los parámetros de capacidad de soporte para cada estribo se llegó al modelo que se ilustra en la Figura 10.

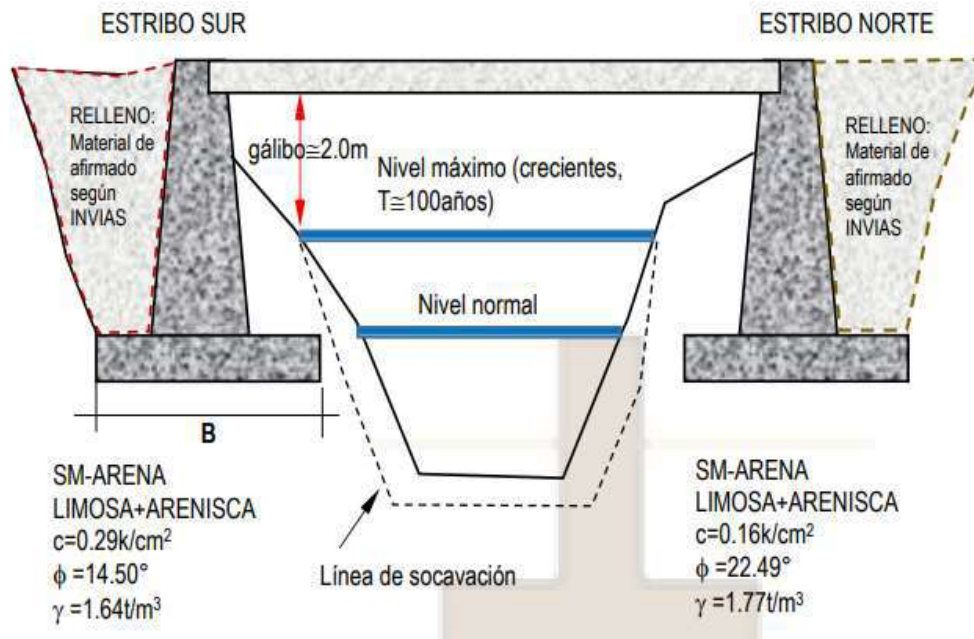


Figura 10. Esquema del modelo de la cimentación de los estribos del puente con sus parámetros de diseño.

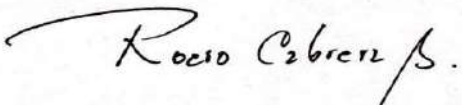
- Los estribos tendrán un desplante de 2.0 metros contados a partir de la cota del terreno actual.
- Las obras de contención tendrán un desplante de 2.0 metros o menos sin ser inferior a 1.0 metro.
- Los coeficientes de presión lateral dinámicos se anotan en las conclusiones y recomendaciones.
- Las cimentaciones de los estribos del puente deben quedar fuera de la zona de socavación.
- Es de anotar que el análisis y las recomendaciones se hacen teniendo en cuenta la información de las exploraciones realizadas y suponiendo que la estratigrafía del sector es como el perfil deducido que se muestra en la Figura 3.
- Si al realizar la excavación para la cimentación, se presenta una estratigrafía diferente a la aquí anotada, se debe informar inmediatamente al ingeniero de suelos para hacer las pruebas complementarias y obtener los parámetros de diseño, que eventualmente pueden conducir a un chequeo del tipo de cimentación diseñado.
- Lo expuesto anteriormente se debe a que se está caracterizando un material que por su naturaleza es un medio discontinuo, multifase, particulado y de calidad no controlada.”

Fuente: Estudio Geotécnico Ing. Hugo Coral



## CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- Los caudales máximos estimados, en el punto de interés (Localización del Puente sobre la Q. La Honda), utilizando varias metodologías, para los periodos de retorno: TR50 y TR100 años, resultaron del orden de 330.14 m<sup>3</sup>/s. a 1177.93 m<sup>3</sup>/s. Cabe resaltar que el software HEC HMS, tiene en cuenta aparentemente los mismos parámetros, pero la simulación del aguacero de diseño es más dinámica y arroja resultados más cercanos a la realidad, de manera que se tomara el valor de 556.70 m<sup>3</sup>/s, como caudal máximo con un tiempo de recurrencia de 100 años. En este sentido se debe recordar que, para este tipo de obras, con luces entre 10 y 50 m, la normatividad específica que se debe trabajar tanto para el caudal máximo, como para el nivel máximo, con un tiempo de recurrencia de TR 50 años.
- Los niveles máximos estimados, para avenidas con periodos de retorno de 50 y 100 años, resultaron del orden de: 62.38 m.s.n.m. y 62.94 m.s.n.m., respectivamente. Se debe mencionar que el nivel para TR 100 años, resulta muy similar al observado en campo y registrado en el levantamiento topográfico, como nivel de banca llena.
- La socavación estimada resultante es del orden de 7.30 en la parte mas profunda, medida desde la cota de suelo en el lecho de la quebrada, sección ubicación del puente. La estratigrafía del suelo circundante, se define hasta 2 metros de profundidad, donde se dará la cimentación de los estribos, al igual que los parámetros de resistencia de los estratos.
- En las recomendaciones del informe geotécnico, se encuentra que se debe ubicar los estribos fuera del área de socavación; en este orden de ideas se recomienda ubicarlos por lo menos a 4 m de la orilla, esto por cuanto la sección del rio en encajonada y el área de socavación se inicia prácticamente en la orilla.
- Los estribos deben colocarse, en lo posible, fuera del cauce del río, para no intervenir o invadir su curso, de tal manera que la socavación natural del lecho, no afecte los estribos del puente y la estructura como tal no invada la sección y el lecho de la quebrada.
- Para mitigar la socavación en el fondo del cauce, podría pensarse en protegerlo con enrocados de gaviones, para evitar que el suelo del fondo se movilice con la corriente de agua, pero se corre el peligro de que el nivel del agua aumente en la misma proporción del espesor del colchón. Esto se podría resolver dándole a la parte superior del gavión, la misma cota del lecho existente, enterrando el enrocado, pero en la practica esta acción es bastante compleja.



ROCIO CABRERA BETANCOURT  
MP 19202-22955 CAU