ESTUDIO TOPOGRÁFICO

FRENTE DE OBRA

MUNICIPIO DE BRICEÑO – SECTOR PUENTE PEÑA QUEMADA

YEISON GILBERTO SANCHEZ Topógrafo Licencia Profesional No. 01-13984 C.P.N.	**PROYECTO:** **CONSTRUCCION DE OBRAS DE MITIGACION SOBRE LA RED VIAL DEPARTAMENTAL AFECTADA POR TEMPORADA DE LLUVIAS PROVINCIA DE OCCIDENTE DEPARTAMENTO DE BOYACA. SECTOR – PUENTE SOBRE LA QUEBRADA SABAMA (PEÑA QUEMADA) BRICEÑO BOYACÁ**

LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO

CONSTRUCCION DE OBRAS DE MITIGACION SOBRE LA RED VIAL DEPARTAMENTAL AFECTADA POR TEMPORADA DE LLUVIAS PROVINCIA DE OCCIDENTE DEPARTAMENTO DE BOYACA. SECTOR – PUENTE SOBRE LA QUEBRADA SABAMA (PEÑA QUEMADA) BRICEÑO BOYACÁ

SECTOR – PUENTE SOBRE
LA QUEBRADA SABAMA (PEÑA QUEMADA)
Agosto 2023

YEISON GILBERTO SANCHEZ
Licencia o matricula Profesional No 01-13984 CPNT
CEL. **3174419370** E-mail topografia.yeisonsanchez@gmail.com



CONTENIDO

Contenido

1 INTRODUCCION 3
2 GENERALIDADES 4
3 OBJETIVO 6
4 ALCANCE DEL PROYECTO ¡Error! Marcador no definido.
5 METODOLOGIA UTILIZADA ¡Error! Marcador no definido.
5.1 Reconocimiento del terreno ..... **¡Error! Marcador no definido.**
5.2 Parámetros geodésicos. ..... **¡Error! Marcador no definido.**
5.3 Levantamiento topográfico. ..... **¡Error! Marcador no definido.**
5.4 Procesamiento de la información. ..... **¡Error! Marcador no definido.**
6 PERSONAL Y EQUIPO UTILIZADO 11
EQUIPO UTILIZADO 11
7 ANEXOS 11
8 REGISTRO FOTOGRAFICO 13

1 INTRODUCCION

El presente Informe corresponde al levantamiento topográfico para el proyecto: CONSTRUCCION DE OBRAS DE MITIGACION SOBRE LA RED VIAL DEPARTAMENTAL AFECTADA POR TEMPORADA DE LLUVIAS PROVINCIA DE OCCIDENTE DEPARTAMENTO DE BOYACA. SECTOR – PUENTE SOBRE LA QUEBRADA SABAMA (PEÑA QUEMADA) BRICEÑO BOYACÁ, en el cual se describen los trabajos de campo, memorias de cálculo, elaboración de los planos base de topografía, los equipos y personal utilizado para este y así dar cumplimiento a los términos y obligaciones acordados para este tipo de levantamientos topográficos En términos generales, los levantamientos topográficos se tomaron puntos necesarios para generar una superficie del terreno, mediante levantamiento realizado con un sistema GNSS en modo RTK (Real Time Kinematic)

2 GENERALIDADES

El sistema GPS comprende-tres segmentos diferentes:
• El segmento Espacial - satélites que giran en órbitas alrededor de la Tierra.
• El segmento de Control - formado por estaciones ubicadas cerca del ecuador terrestre para controlar a los satélites.
• El segmento de Usuarios – Cualquiera que reciba y utilice las señales GPS.

El segmento Espacial.
El segmento Espacial consiste de satélites que giran en órbitas ubicadas aproximadamente a 20,200km cada 12 horas.

Constelación de satélites GPS.
El segmento espacial está diseñado de tal forma que se pueda contar con un mínimo de 4 satélites visibles por encima de un ángulo de elevación de 15º en cualquier punto de la superficie terrestre, durante las 24 horas del día. Para la mayoría de las aplicaciones, el número mínimo de satélites visibles deberá ser de cuatro. La experiencia ha demostrado que la mayor parte del tiempo hay por lo menos 5 satélites visibles por encima de los 15º, y muy a menudo hay 6 o 7 satélites visibles.

El Segmento de Control.
El segmento de control consiste de una estación de control maestro, 5 estaciones de observación y 4 antenas de tierra distribuidas entre 5 puntos muy cercanos al ecuador terrestre. El segmento de Control rastrea los satélites GPS, actualiza su posición orbital y calibra y sincroniza sus relojes.

Otra función importante consiste en determinar la órbita de cada satélite y predecir su trayectoria para las siguientes 24 horas. Esta información es cargada a cada satélite y posteriormente transmitida desde allí. Esto permite al receptor GPS conocer la ubicación de cada satélite. Las señales de los satélites son leídas desde las estaciones: Ascensión, Diego García y Kwajalein. Estas mediciones son entonces enviadas a la Estación de Control Maestro en Colorado Springs, donde son procesadas para determinar cualquier error en cada satélite.

El Segmento de Usuarios.
El segmento de Usuarios comprende a cualquiera que reciba las señales GPS con un receptor, determinando su posición y/o la hora. Algunas aplicaciones típicas dentro del

segmento Usuarios son: la navegación en tierra para excursionistas, ubicación de vehículos, topografía, navegación marítima y aérea, control de maquinaria, etc.

Técnica RTK

RTK significa Real Time Kinematic, posicionamiento cinemático en tiempo real, y alía la tecnología de navegación por satélites a un módem de radio o a un teléfono GSM para obtener correcciones instantáneas. Algunas aplicaciones de ingeniería exigen que el procesamiento y el abastecimiento de las coordenadas se obtengan instantáneamente, sin la necesidad de un postprocesamiento de los datos.

La técnica de posicionamiento RTK se basa en la solución de la portadora de las señales transmitidas por los sistemas globales de navegación por satélites GPS, Glonass y Galileo, este último todavía en fase de implantación. Una estación de referencia provee correcciones instantáneas para estaciones móviles, lo que hace que con la precisión obtenida se llegue al nivel centimétrico.

La estación base retransmite la fase de la portadora que midió, y las unidades móviles comparan sus propias medidas de la fase con la recibida de la estación de referencia. Esto permite que las estaciones móviles calculen sus posiciones relativas con precisión milimétrica, al mismo tiempo en que sus posiciones relativas absolutas son relacionadas con las coordenadas de la estación base.

Esta técnica exige la disponibilidad de por lo menos una estación de referencia, con las coordenadas conocidas y está dotada de un receptor GNSS y un módem de radiotransmisor. La estación genera y transmite las correcciones diferenciales para las estaciones, que usan los datos para determinar precisamente sus posiciones.

El formato de las correcciones diferenciales es definido por la Radio Technical Comittee for Maritime Service (RTCM). Los radiotransmisores operan en las fajas de frecuencia VHF/UHF, y la observación fundamental usada en el RTK es la medida de la fase de la portadora.

El empleo de las correcciones diferenciales hace que la influencia de los errores debidos a la distancia entre la estación base y la móvil se minimice. Esos errores se deben: al reloj del satélite; a las efemérides; a la propagación de la señal en la atmósfera.

En el caso del uso del módem de radio, la técnica RTK se restringe a líneas de base cortas (hasta 10 km), debido al alcance limitado del UHF, y también porque la determinación de la posición con esta técnica emplea apenas la solución de la portadora L1, aunque la portadora L2 esté presente para la resolución de las ambigüedades.

3 OBJETIVO

- realizar el levantamiento topográfico planimétrico y altimétrico, PUENTE SOBRE LA QUEBRADA SABAMA (PEÑA QUEMADA) BRICEÑO BOYACÁ

LOCALIZACIÓN DEL PROYECTO

Localización: SECTOR – PUENTE SOBRE
LA QUEBRADA SABAMA (PEÑA QUEMADA) BRICEÑO BOYACÁ



Levantamiento topográfico planímetro y altimétrico del proyecto: “estudios Y CONSTRUCCION DE OBRAS DE MITIGACION SOBRE LA RED VIAL DEPARTAMENTAL AFECTADA POR TEMPORADA DE LLUVIAS PROVINCIA DE OCCIDENTE DEPARTAMENTO DE BOYACA. SECTOR – PUENTE SOBRE LA QUEBRADA SABAMA (PEÑA QUEMADA) BRICEÑO BOYACÁ, Definido por el funcionario de la alcaldía. Donde se generará un modelo digital de terreno con curvas de nivel cada metro, perfil longitudinal y secciones transversales.

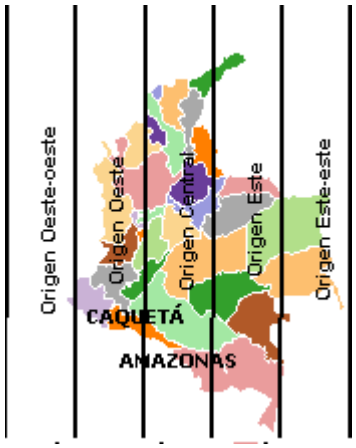
4 METODOLOGIA UTILIZADA

4.1 Reconocimiento del terreno

Se hace el recorrido de identificación del tramo de vía a intervenir del proyecto: CONSTRUCCION DE OBRAS DE MITIGACION SOBRE LA RED VIAL DEPARTAMENTAL AFECTADA POR TEMPORADA DE LLUVIAS PROVINCIA DE OCCIDENTE DEPARTAMENTO DE BOYACA. SECTOR – PUENTE SOBRE LA QUEBRADA SABAMA (PEÑA QUEMADA) BRICEÑO BOYACÁ debido a que no hay obstáculos queinterfieran en la señal satelital Y estación total de topografía.

4.2 Parámetros geodésicos.

Estos parámetros hacen referencia al sistema de coordenadas de origen utilizado parageo-referenciar los levantamientos topográficos.
En Colombia el sistema magna-sirgas que es el indicado maneja 5 zonas que son: magna-Bogotá (Central), magna este, magna este-este, magna oeste y magna oeste-oeste.
El levantamiento topográfico se realizó en la zona de origen central o magna Bogotá



Datum:	*MAGNA*
Latitud:	*4º 35' 46.3215" N*
Longitud:	*74º 04' 39.0285" W*
Falso Este:	*1000000*
Falso Norte:	*1000000*
Factor de escala:	*1.00000*
Elipsoide:	*WGS84 = GRS80*
Proyección:	*TM LOCAL*
Zona:	*Bogotá - Magna*
Datum Vertical:	
Modelo Geoidal:	*EGM 96*

4.3 Levantamiento topográfico. Y georreferenciación

Se realiza traslado de coordenadas desde los puntos materializados del Agustín CodazziIGAC de la red pasiva GNSS MAGANA SIRGAS ORIGEN BOGOTA ubicado en el municipio de Pauna Boyacá

VERTICES DE PARTIDA			
VERTICE IGAC	NORTE	ESTE	ALTURA
15531001	1117261.686	1011264.728	1150.771
15531002	1117532.407	1010945.773	1089.680





Calle 17b No. 14-54 CHIQUINQUIRA - BOYACA MOVIL: 3174419370
E-mail: **top05yeison@gmail.com**



Se ubica en un punto estratégico con coordenadas conocidas un receptor GNSS que sirve de Base para RTK estos puntos GPS están ubicados en el parque principal del municipio marcados en campo como GPS 1 y GPS 2 y con otro receptor que sirve demóvil se procede a realizar la medición de cada uno de los puntos necesarios para generar la información solicitada por el cliente; que son planos en planta perfil y secciones transversales de la quebrada SECTOR – PUENTE SOBRE LA QUEBRADA SABAMA (PEÑA QUEMADA) .

4.4 Procesamiento de la información.

Se descarga la información del controlador de los equipos GNSS RTK.
Teniendo la información debidamente procesada y organizada en Excel se procede a realizar los planos con AutoCAD Civil 3D donde se generan planta perfil y secciones transversales.

5 PERSONAL Y EQUIPO UTILIZADO

1 topógrafo

1 cadenero primero

1 cadenero segundo

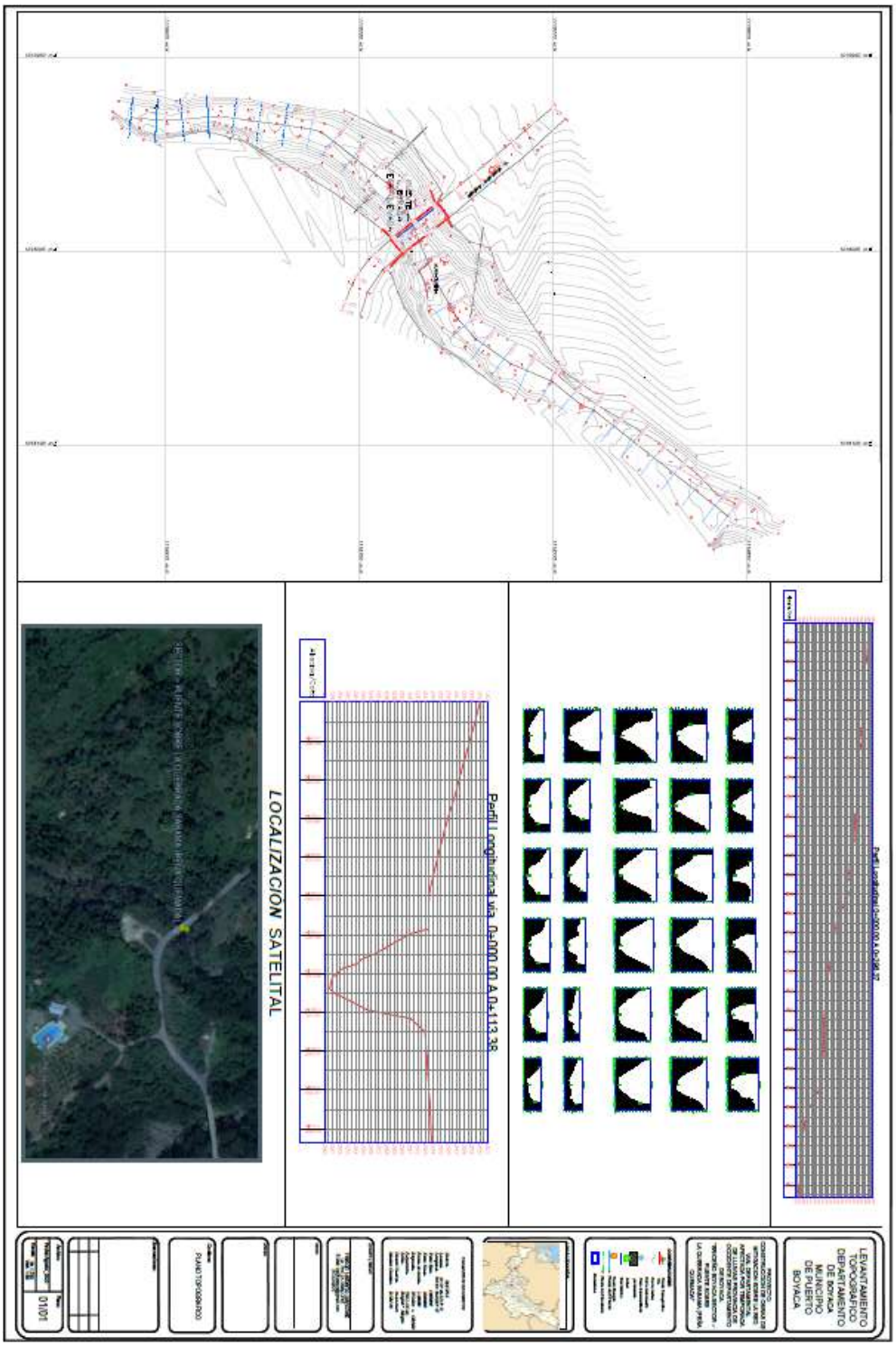
EQUIPO UTILIZADO

-Equipo GNSS HI-TARGET RTK doble frecuencia de 120 canales y compatible con las constelaciones GNSS Glonass Galileo SBAS Con sus respectivos Accesorios
-Estación total de topografía marca NIKON NPL 322
- Un (1) computador portátil marca Toshiba con programas de topografía
- Tres (3) radios de comunicación Motorola
- un vehículo
- Herramienta menor.

6 ANEXOS

- copia digital de la información
- cartera de coordenadas
- planos en planta perfil
- Registro Fotográfico.

PLANTA PERFIL Y SECCIONES



Calle 17b No. 14-54 CHIQUINQUIRA - BOYACA MOVIL: 3174419370
E-mail: **top05yeison@gmail.com**

REGISTRO FOTOGRAFICO





Calle 17b No. 14-54 CHIQUINQUIRA - BOYACA MOVIL: 3174419370
E-mail: **top05yeison@gmail.com**





Calle 17b No. 14-54 CHIQUINQUIRA - BOYACA MOVIL: 3174419370
E-mail: **top05yeison@gmail.com**





Calle 17b No. 14-54 CHIQUINQUIRA - BOYACA MOVIL: 3174419370
E-mail: **top05yeison@gmail.com**



Calle 17b No. 14-54 CHIQUINQUIRA - BOYACA MOVIL: 3174419370
E-mail: **top05yeison@gmail.com**

TARJETA PROFECIONAL Y CERTIFICADO DE VIGENCIA





República de Colombia

CONSEJO PROFESIONAL NACIONAL DE TOPOGRAFÍA

Ley 70 / 79

CERTIFICADO DE VIGENCIA No: 282187/2022

EL DIRECTOR EJECUTIVO DEL CONSEJO PROFESIONAL NACIONAL DE TOPOGRAF

HACE CONSTAR

Que el(la) Señor(a) **YEISON GILBERTO SANCHEZ SANCHEZ** , identificado(a) con cédula de ciuda **No. 1053334805** , se encuentra inscrito(a) en el Registro Único de Topógrafos RUTOPO del CPNT **TECNÓLOGO EN TOPOGRAFÍA** de la Institución de Educación Superior **SENA** , bajo la Li Profesional **No. 01-13984** con fecha de expedición del **15 de Noviembre de 2012.**

Que el(la) Señor(a) **YEISON GILBERTO SANCHEZ SANCHEZ**, tiene vigente su Licencia Profesiona **01-13984** y a la fecha **NO REGISTRA ANTECEDENTES DISCIPLINARIOS** , que lo (la) inhabilite ejercicio de su profesión.

Dada en Bogotá, D.C. a los **25 días del mes de Enero de 2022.**

LUIS ALEJANDRO ZAFRA JARAMILLO
Director Ejecutivo

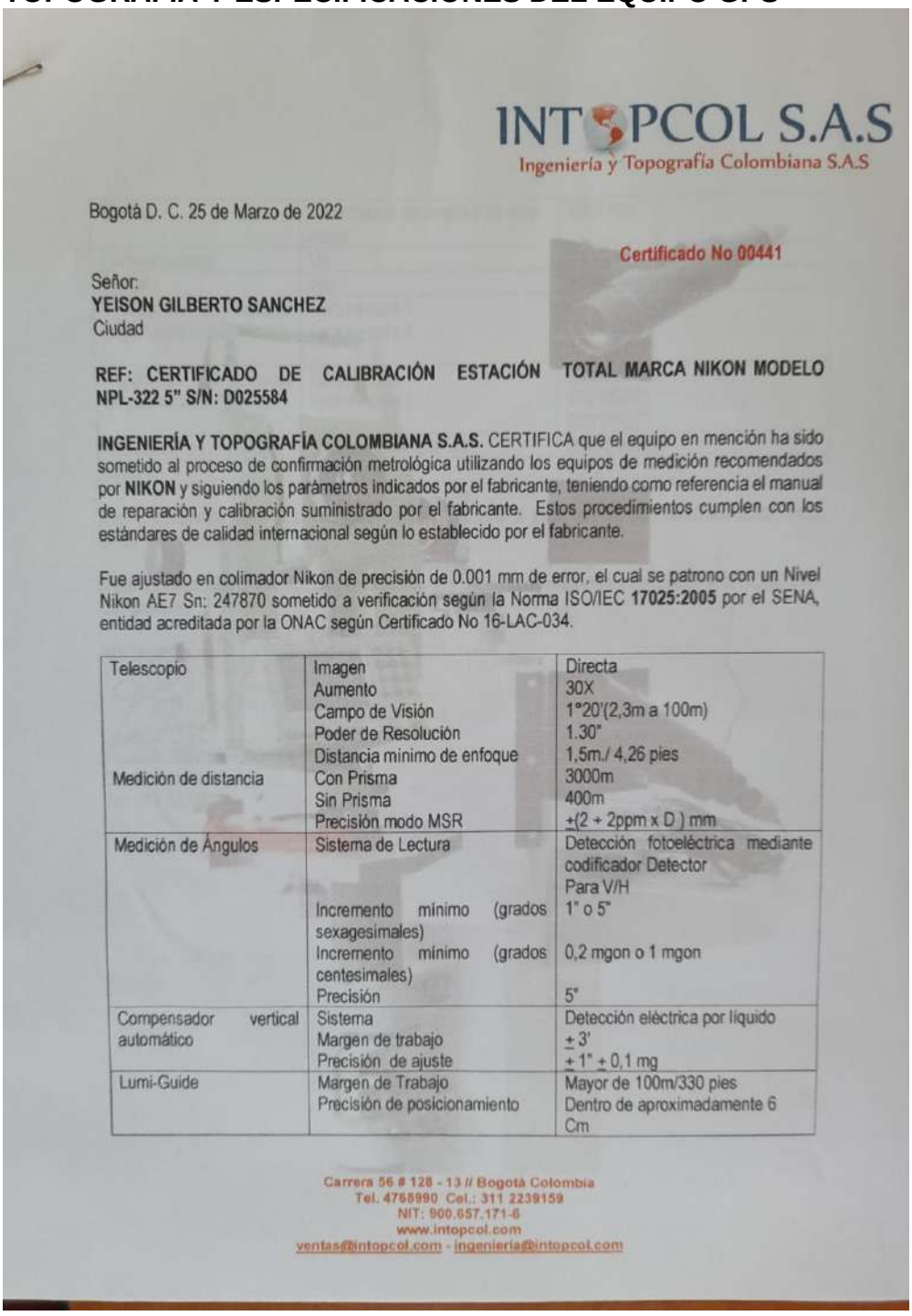
***Firma del profesional**

*La firma del profesional es requerida para comprobar la anuencia de su participación en procesos contractuales. La falta de la firma del profesional NO invalida certificado.

Notas 1- El anterior certificado no suple la Licencia Profesional para ejercer un cargo.
2- La validez del documento se puede verificar en la página web www.cpnt.gov.co a través del número de certificado de Vigencia.
3- Este certificado digital tiene plena validez de conformidad con lo establecido en el Art. 2 de la Ley 527 de 1999, decreto 1747 de 2000 y Art. 6 Paragrafo de la Ley 962 de 2005.

Calle 42 No. 8A- 69 Oficina 601 Teléfono: 288 14 90 - 245 1694 - Bogotá, D.C.
www.cpnt.gov.co - Email: info@cpnt.gov.co - presidencia@cpnt.gov.co

CERTIFICADO DE CALIBRACION ESTACION TOTAL DE TOPOGRAFIA Y ESPECIFICACIONES DEL EQUIPO GPS



INTOPCOL S.A.S
Ingeniería y Topografía Colombiana S.A.S

Bogotá D. C. 25 de Marzo de 2022

Certificado No 00441

Señor:
YEISON GILBERTO SANCHEZ
Ciudad

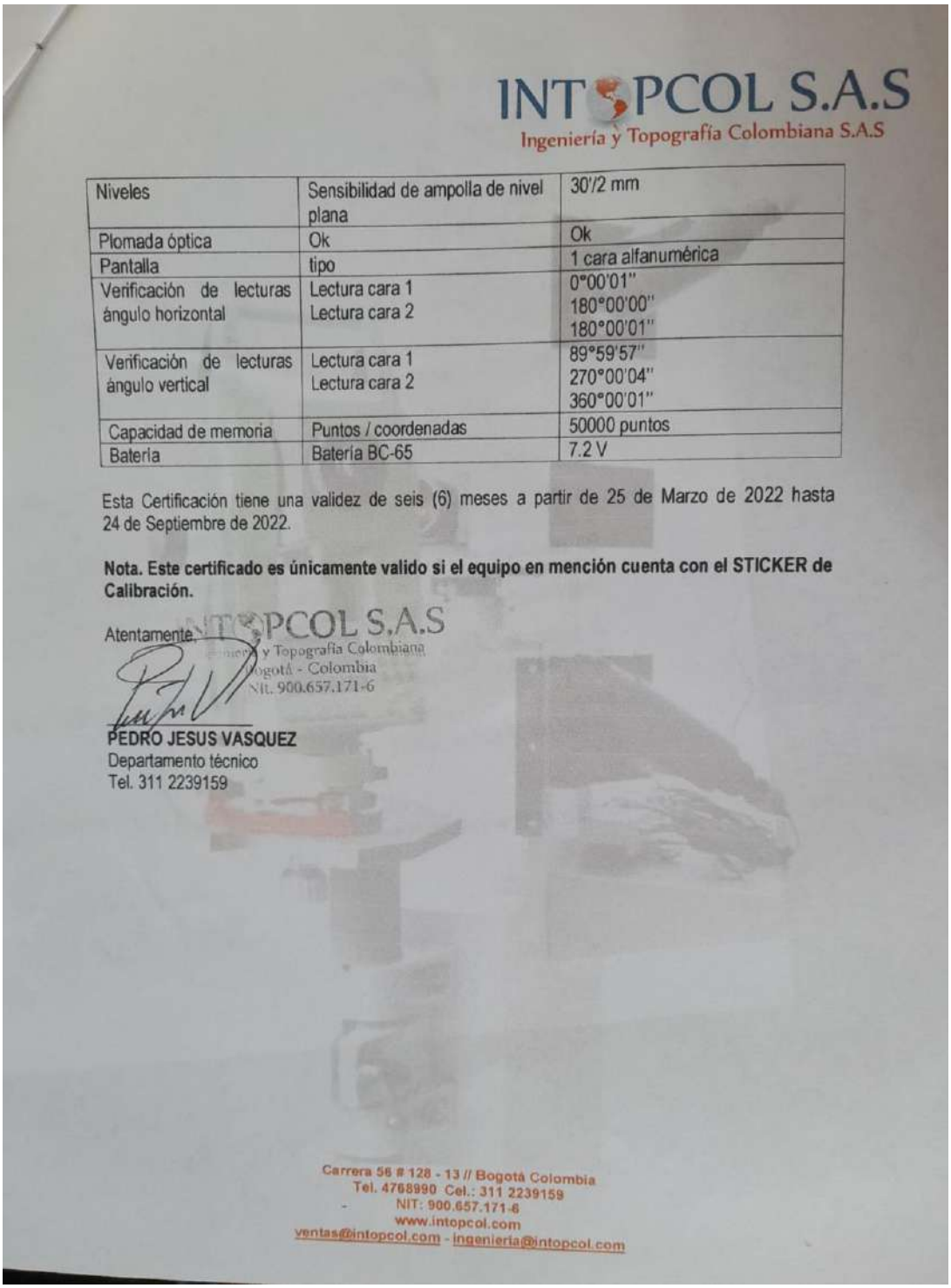
REF: CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN ESTACIÓN TOTAL MARCA NIKON MODELO NPL-322 5" S/N: D025584

INGENIERÍA Y TOPOGRAFÍA COLOMBIANA S.A.S. CERTIFICA que el equipo en mención ha sido sometido al proceso de confirmación metrológica utilizando los equipos de medición recomendados por **NIKON** y siguiendo los parámetros indicados por el fabricante, teniendo como referencia el manual de reparación y calibración suministrado por el fabricante. Estos procedimientos cumplen con los estándares de calidad internacional según lo establecido por el fabricante.

Fue ajustado en colimador Nikon de precisión de 0.001 mm de error, el cual se patrono con un Nivel Nikon AE7 Sn: 247870 sometido a verificación según la Norma ISO/IEC **17025:2005** por el SENA, entidad acreditada por la ONAC según Certificado No 16-LAC-034.

Telescopio	Imagen	Directa
	Aumento	30X
	Campo de Visión	1°20'(2,3m a 100m)
	Poder de Resolución	1.30"
	Distancia mínimo de enfoque	1,5m./ 4,26 pies
Medición de distancia	Con Prisma	3000m
	Sin Prisma	400m
	Precisión modo MSR	±(2 + 2ppm x D) mm
Medición de Ángulos	Sistema de Lectura	Detección fotoeléctrica mediante codificador Detector Para V/H
	Incremento mínimo (grados sexagesimales)	1" o 5"
	Incremento mínimo (grados centesimales)	0,2 mgon o 1 mgon
	Precisión	5"
Compensador vertical automático	Sistema	Detección eléctrica por líquido
	Margen de trabajo	± 3'
	Precisión de ajuste	± 1" ± 0,1 mg
Lumi-Guide	Margen de Trabajo	Mayor de 100m/330 pies
	Precisión de posicionamiento	Dentro de aproximadamente 6 Cm

Carrera 56 # 128 - 13 // Bogotá Colombia
Tel. 4768990 Cel.: 311 2239159
NIT: 900.657.171-6
www.intopcol.com
ventas@intopcol.com - ingenieria@intopcol.com



INTOPCOL S.A.S
Ingeniería y Topografía Colombiana S.A.S

Niveles	Sensibilidad de ampolla de nivel plana	30'/2 mm
Plomada óptica	Ok	Ok
Pantalla	tipo	1 cara alfanumérica
Verificación de lecturas ángulo horizontal	Lectura cara 1 Lectura cara 2	0°00'01" 180°00'00" 180°00'01"
Verificación de lecturas ángulo vertical	Lectura cara 1 Lectura cara 2	89°59'57" 270°00'04" 360°00'01"
Capacidad de memoria	Puntos / coordenadas	50000 puntos
Batería	Batería BC-65	7.2 V

Esta Certificación tiene una validez de seis (6) meses a partir de 25 de Marzo de 2022 hasta 24 de Septiembre de 2022.

Nota. Este certificado es únicamente valido si el equipo en mención cuenta con el STICKER de Calibración.

Atentamente,

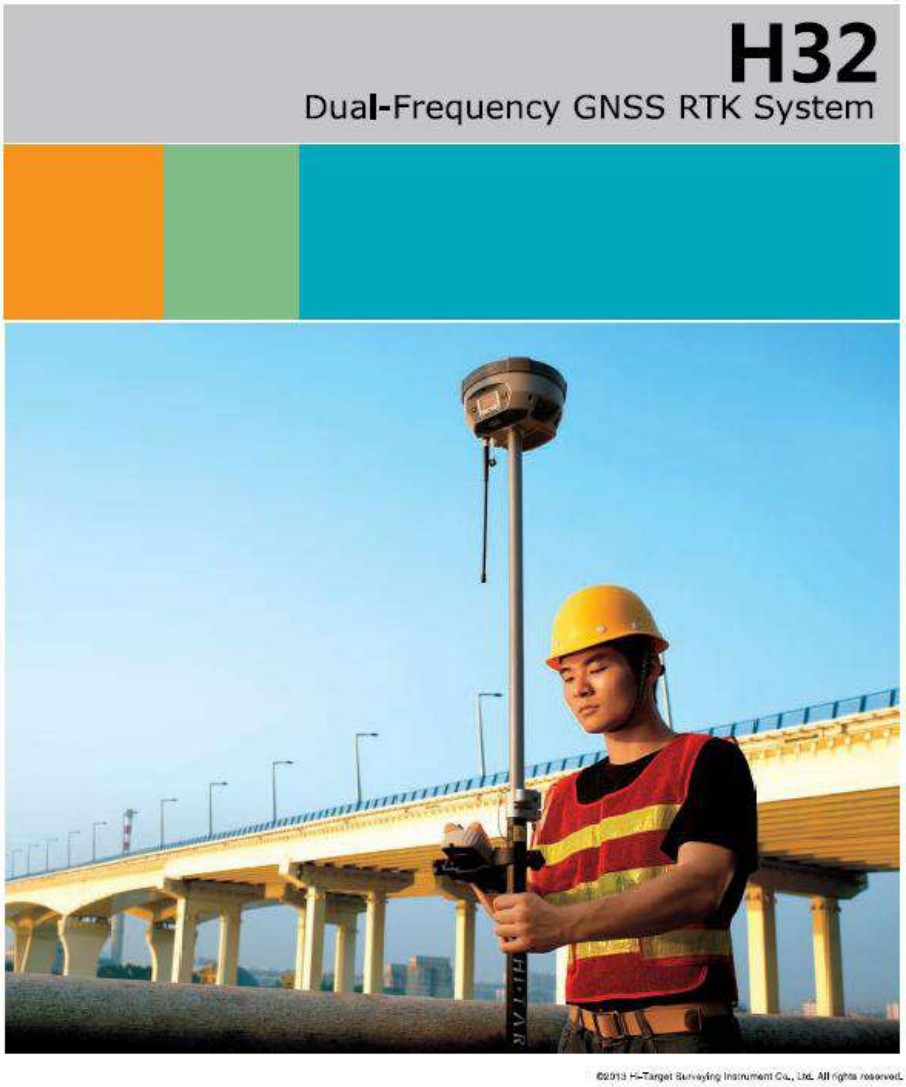
INTOPCOL S.A.S
Ingeniería y Topografía Colombiana
Bogotá - Colombia
NIt. 900.657.171-6

PEDRO JESUS VASQUEZ
Departamento técnico
Tel. 311 2239159

Carrera 56 # 128 - 13 // Bogotá Colombia
Tel. 4768990 Cel.: 311 2239159
NIT: 900.657.171-6
www.intopcol.com
ventas@intopcol.com - ingenieria@intopcol.com

ESPECIFICACIONES DEL EQUIPO GPS

HI-TARGET



Calle 17b No. 14-54 CHIQUINQUIRA - BOYACA MOVIL: 3174419370
E-mail: **top05yeison@gmail.com**

PERFORMANCE SPECIFICATIONS

MEASUREMENTS
- 120 Channels
- Proven NovAtel GNSS technology
- Multipath mitigating technology
- Auxiliary strobe signals, including a configurable output for time synchronization and mark inputs

Satellite signals tracked simultaneously
GPS L1, L2, L2C
GLONASS L1, L2
Galileo E1
GIOVE-A/GIOVE-B (test)
BDS/Compass
SBAS
QZSS

POSITIONING PERFORMANCE[1]

Static and Fast Static GNSS surveying
Horizontal ..... 2.5mm+0.5ppm RMS
Vertical ..... 5mm+0.5ppm RMS

Post Processing Kinematic (PPK / Stop & Go) GNSS surveying
Horizontal ..... 1cm+1ppm RMS
Vertical ..... 2.5cm+1ppm RMS
Initialization time ..... typically 10 minutes for base while 5 minutes for rover
Initialization reliability ..... typically > 99.9%

Real-time Kinematic(RTK) surveying
Horizontal ..... 10mm+1ppm RMS
Vertical ..... 20mm+1ppm RMS
Initialization time ..... typically < 10 seconds
Initialization reliability ..... typically > 99.9%

Code Differential GNSS positioning
Horizontal ..... 25cm+1ppm RMS
Vertical ..... 50cm+1ppm RMS
SBAS ..... 0.60m Horizontal

HARDWARE

Physical
Dimensions (W x H) ..... 16.5cm x 10.5cm (6.50 in x 4.13 in)
Weight ..... 1.75kg (3.86lb) with internal battery, internal radio, standard UHF antenna
Operating temperature ..... -45°C to +65°C (-49°F to +149°F)
Storage temperature ..... -55°C to +85°C (-67°F to +185°F)
Humidity ..... 100%, considering
Water/dustproof ..... IP67 dustproof, protected from temporary immersion to depth of 1m (3.28ft).
Shock and Vibration ..... Designed to survive a 2m (6.56ft) natural fall onto concrete.
Display ..... 128×64 resolution, 1.54 inch OLED screen

Electrical
Power 6V to 28V DC external power input
Power consumption 2.5W
Automatic Switching between internal power and external power
Rechargeable, removable 7.4V, 4400mAh Lithium-Ion battery in internal battery compartment

Internal battery life
Static 13 - 15 hours
RTK Rover (UHF/GPRS) 10 - 12 hours
RTK Base 8 - 10 hours

I/O interface
1 x Bluetooth
1 x standard USB2.0 port
2 x RS232 serial port
2 x DC power input (8-pin & 5-pin)

COMMUNICATION AND DATA STORAGE

GPRS/GSM
Fully integrated, fully sealed internal GPRS/GSM
Network RTK (via CORS) range 20-50km

HI-TARGET internal UHF radio (standard)
Frequency ..... 460 MHz with 116 channels
Transmitting Power ..... 0.1W, 1W, 2W adjustable
Transmitting Speed ..... Up to 19.2Kbps
Working range ..... 3~5Km typical, 8~10km optimal

HI-TARGET External UHF radio (standard)
Frequency ..... 460 MHz with 116 channels
Transmitting Power ..... 5W, 10W, 20W, 30W adjustable
Transmitting Speed ..... Up to 19.2Kbps
Working Range ..... 8~10Km typical, 15~20km optimal

Support other external communication device
For example, external GSM modem.

Data storage
64MB internal memory

Data formats
(1Hz positioning output, up to 50 Hz - depends on installed option)
CMR: CMR+, CMR input and output
RTCM: RTCM 2.1, 2.3, 3.0, 3.1 input and output
RTCA: RTCA
Other Outputs: NMEA-0183, NovAtel ASCII and Binary logs

Precision and reliability may be subject to anomalies due to multipath, obstructions, satellite geometry, and atmospheric conditions. The specifications stated recommend the use of stable mounts in an open sky view, EMI and multipath clean environment, optimal GNSS constellation configurations, along with the use of survey practices that are generally accepted for performing the highest-order surveys for the applicable application including occupation times appropriate for baseline length. Baselines longer than 30 km require precise ephemeris and occupations up to 24 hours may be required to achieve the high precision static specifications.

Descriptions and specifications are subject to change without notice

HI-TARGET

Hi-Target Surveying Instrument Co., Ltd

ADD: Building 13, Tian'An Technology Zone HQ Center, No. 555, North of Panyu RD, Panyu District, 511400 Guangzhou, China
www.hi-target.com.cn

FC CE IP67

KEY FEATURES

Multi Constellation Tracking

120 channels. The H32 is fully compatible with GNSS constellations to track GLONASS, GALILEO, SBAS as well as GPS.

All-in-one Transceiver UHF Radio

The transceiver UHF radio enables the H32's working mode to be switchable between base and rover in the same receiver. The H32 provides excellent performance in UHF RTK operation with its built-in transceiver UHF radio, which has adjustable transmitting power from 0.1 Watt to 2 Watts.

Seamlessly Operation in CORS System

With internal GPRS modem, the H32 works perfectly with corrections from CORS networks in any version of CMR, RTCM without needing to interpret the message but reading seamlessly.

Powerful Battery

Powered by 4400mAh Li-Ion battery.
Static working time 13 - 15 hours
RTK Rover (UHF/GPRS) working time 10 - 12 hours
RTK Base working time 8 - 10 hours

Rugged design,IP67

The special latching technology on flexible flat cables ensures trouble-free operation under impact or vibration. The H32 withstands 2 meters natural fall onto concrete.

Field Controller and Software

There are optional field controllers and software in the H32 package. The controllers with OS Microsoft Windows Mobile 6.5 are fully compatible with the third party software such as Carlson SurvCE, MicroSurvey FieldGenius, Digiterra Explorer, Esri ArcPad etc. besides standard field&GIS software made by HI-TARGET. HI-TARGET controller with WiFi, Bluetooth, and GPRS/3G is completely wireless to connect to any device, collect data and connect to server simultaneously and seamlessly.

Post-processing Software

HI-TARGET Geomatics Office (HGO) software provides total GNSS solution with a complete suite of programs to support HI-TARGET GNSS receivers. Standard Rinex data and HI-TARGET raw data can be processed flexibly and easily.





H32 GNSS RTK SYSTEM

Originated from HI-TARGET's sophisticated GNSS technology, the H32 is a very competitive GNSS RTK system on the current market with its rugged design and affordable price.

The H32's housing is made of General Electric Xenoy 5220U polymer resin to handle severe and harsh filed conditions. With its unique internal design, it can perfectly avoid or lessen obstruction and multipath effect to ensure superior positioning capability.

The H32's front control panel with super bright OLED display screen (Resolution 128x64) makes the work more intuitive. No matter it is in the dark or strong sunshine, the screen is comfortably readable to eyes.

MEMORIAL DE RESPONSABILIDAD

Por medio de la presente me permito dejar en constancia la responsabilidad de los trabajos realizados en el municipio de Briceño, lo entregando un informe y los planos topográficos planta perfil y ubicación debidamente firmados, con sus respectivas carteras topográficas.



Att. Yeison Gilberto Sanchez
CC. 1053334805 de Chiquinquirá Boyacá
Cel. 3174419370
topografia.yeisonsanchez@gmail.com

TARJETA PROFECIONAL Y CERTIFICADO DE VIGENCIA





República de Colombia

CONSEJO PROFESIONAL NACIONAL DE TOPOGRAFÍA

Ley 70 / 79

CERTIFICADO DE VIGENCIA No: 282187/2022

EL DIRECTOR EJECUTIVO DEL CONSEJO PROFESIONAL NACIONAL DE TOPOGRAF

HACE CONSTAR

Que el(la) Señor(a) **YEISON GILBERTO SANCHEZ SANCHEZ** , identificado(a) con cédula de ciuda **No. 1053334805** , se encuentra inscrito(a) en el Registro Único de Topógrafos RUTOPO del CPNT **TECNÓLOGO EN TOPOGRAFÍA** de la Institución de Educación Superior **SENA** , bajo la Li Profesional **No. 01-13984** con fecha de expedición del **15 de Noviembre de 2012.**

Que el(la) Señor(a) **YEISON GILBERTO SANCHEZ SANCHEZ**, tiene vigente su Licencia Profesiona **01-13984** y a la fecha **NO REGISTRA ANTECEDENTES DISCIPLINARIOS** , que lo (la) inhabilite ejercicio de su profesión.

Dada en Bogotá, D.C. a los **25 días del mes de Enero de 2022.**

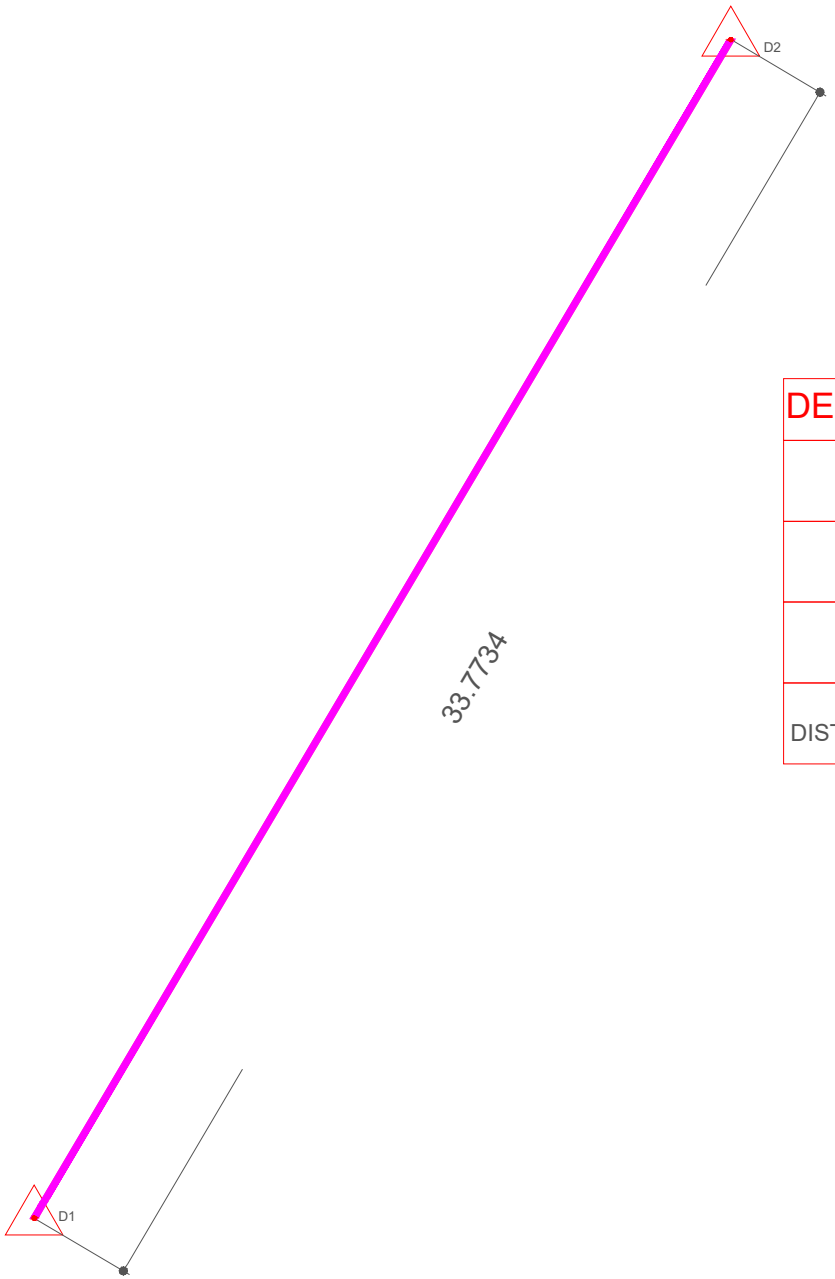
LUIS ALEJANDRO ZAFRA JARAMILLO
Director Ejecutivo

***Firma del profesional**

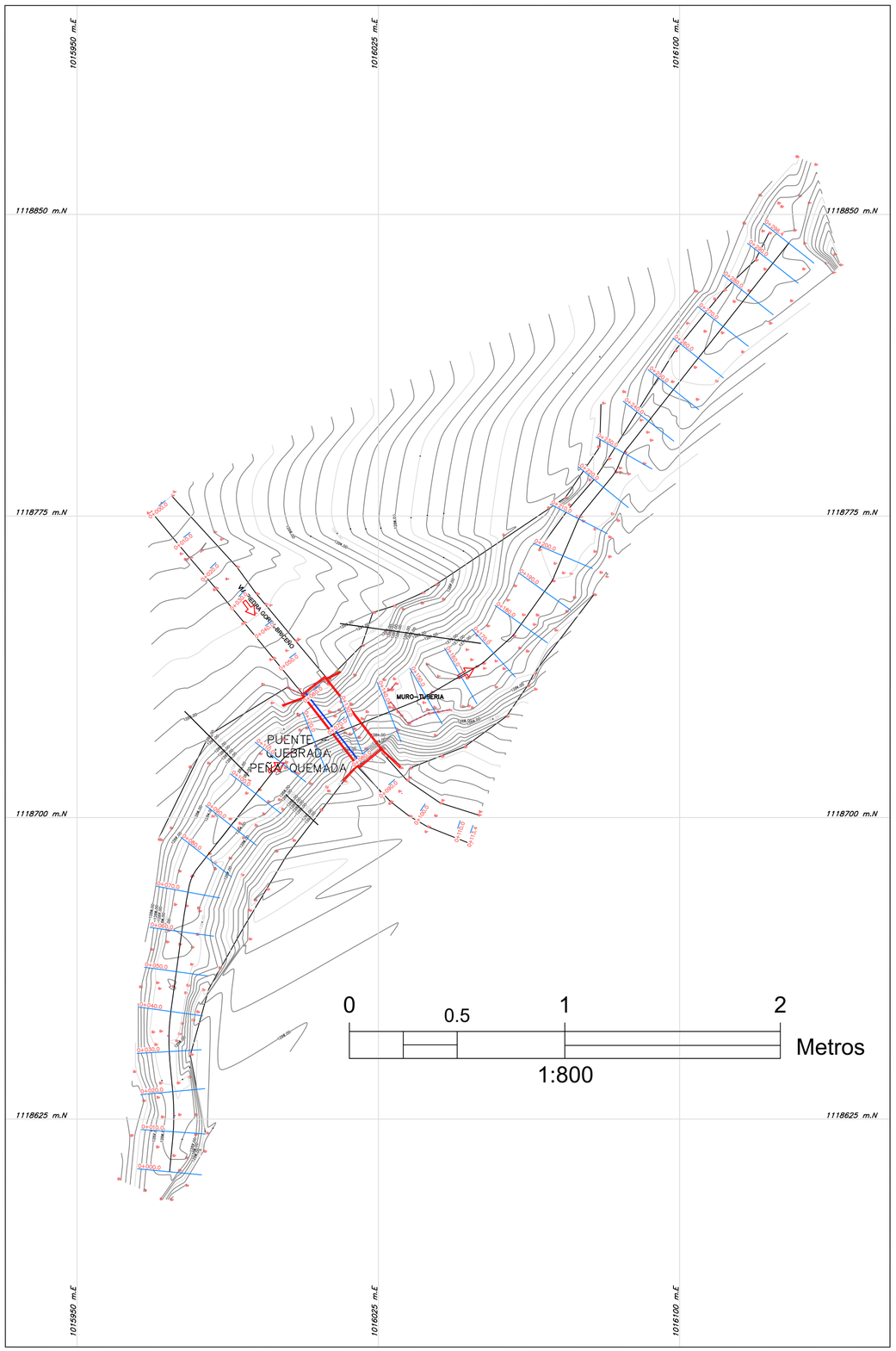
*La firma del profesional es requerida para comprobar la anuencia de su participación en procesos contractuales. La falta de la firma del profesional NO invalida certificado.

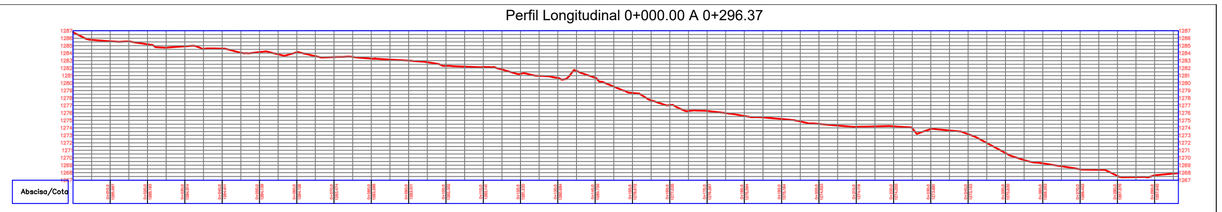
Notas 1- El anterior certificado no suple la Licencia Profesional para ejercer un cargo.
2- La validez del documento se puede verificar en la página web www.cpnt.gov.co a través del número de certificado de Vigencia.
3- Este certificado digital tiene plena validez de conformidad con lo establecido en el Art. 2 de la Ley 527 de 1999, decreto 1747 de 2000 y Art. 6 Paragrafo de la Ley 962 de 2005.

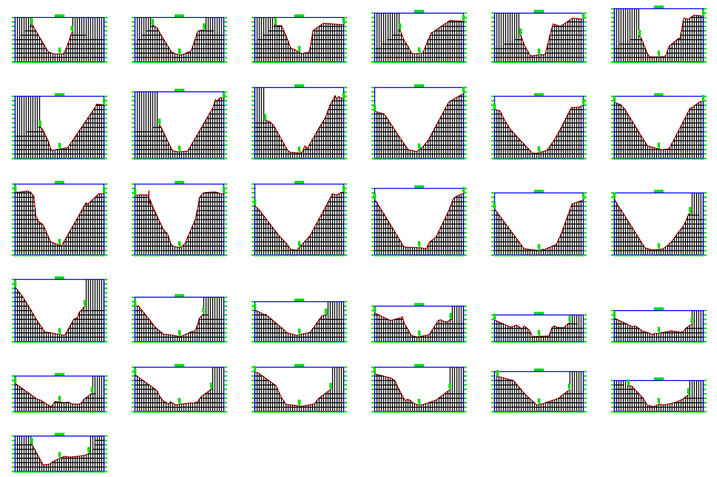
Calle 42 No. 8A- 69 Oficina 601 Teléfono: 288 14 90 - 245 1694 - Bogotá, D.C.
www.cpnt.gov.co - Email: info@cpnt.gov.co - presidencia@cpnt.gov.co

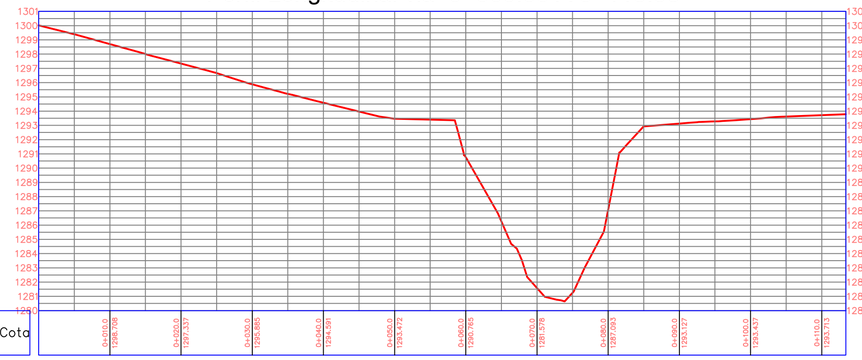


DELTAS	COORDENADAS	
	X	Y
D1	1016001.705	1118699.183
D2	1016018.889	1118728.258
DISTANCIA	33.7734	









LOCALIZACIÓN SATELITAL



GOBERNACIÓN DE BOYACÁ

OBRA PUBLICA
N° DE CONTRATO 002-2023

CONSTRUCCIÓN DE OBRAS DE MITIGACIÓN SOBRE LA RED VIAL DEPARTAMENTAL AFECTADA POR TEMPORADA DE LLUVIAS PROVINCIA DE OCCIDENTE DEPARTAMENTO DE BOYACÁ

CONVENCIONES:

- *Punto Topografico*
- *Via*
- *Curva indice*
- *Curva intermedia*
- *Pozo Alcantarillado*
- *paramento*
- *Arbol*
- *Red hidrica*
- *Poste Energia*
- *Planta ALC Pluvial*
- *Planta ALC Sanitario*
- *Sumideros*

LOCALIZACIÓN:



MUNICIPIO DE BRICEÑO – SECTOR PUENTE PEÑA QUEMADA

PARAMETROS GEODESICOS

Datum:	*MAGNA*
Latitud:	*4º 35' 46.3215" N*
Longitud:	*74º 04' 39.0285" W*
Falso Este:	*1000000*
Falso Norte:	*1000000*
Factor de escala:	*1.00000*
Elipsoide:	*WGS84 = GRS80*
Proyección:	*TM LOCAL*
Zona:	*Bogotá - Magna*
Datum Vertical:	*m.s.n.m.m*
Modelo Geoidal:	*EGM 96*

LEVANTÓ y DIBUJÓ:
Yeison Gilberto Sanchez
Lic. Prof. 01-13984 CPNT
E-Mail: topoSyeison@gmail.com
3174419370

REVISÓ:
JUAN CARLOS VELAZQUEZ
Contratista de obra

APROBÓ:
JHONATAN MENESES
Interventor

Contiene:
PLANTA PERFIL - SECCIONES TRANSVERSALES Y DETALLES TRAMO BRICEÑO

Observaciones:

Archivo: PLANTA PERFIL SECTOR PUENTE_PEÑA_QUEMADA .dwg	Plano: 01/01
Fecha:octubre_2023	
Escala: Hz 1:800 Vert. 1:50	

ESTUDIO HIDRÁULICO

FRENTE DE OBRA

MUNICIPIO DE BRICEÑO – SECTOR PUENTE PEÑA QUEMADA.

REPÚBLICA DE COLOMBIA

DEPARTAMENTO DE BOYACÁ

CONTRATO DE OBRA PÚBLICA No. 002 (04/01/2023)

CONSTRUCCIÓN DE OBRAS DE MITIGACION SOBRE LA RED VIAL DEPARTAMENTAL AFECTADA POR TEMPORADA DE LLUVIAS PROVINCIA DE OCCIDENTE DEPARTAMENTO DE BOYACÁ.

CONTRATISTA:

CONSTRUCTORA PAÍS S.A.S

CONSTRUCCIÓN DE OBRAS DE MITIGACIÓN SOBRE LA RED VIAL DEPARTAMENTAL AFECTADA POR TEMPORADA DE LLUVIAS PROVINCIA DE OCCIDENTE DEPARTAMENTO DE BOYACÁ. MUNICIPIO DE BRICEÑO, SECTOR PUENTE SOBRE LA QUEBRADA PEÑA QUEMADA.

CONTIENE:

ESTUDIO DE HIDROLOGÍA, HIDRÁULICA Y SOCAVACIÓN

ELABORÓ:

VICTOR MANUEL CAMACHO REYES
I.C. Msc. M.P. 25202099234 CND

SEPTIEMBRE - 2023

CONTENIDO

INTRODUCCIÓN 6
1. GENERAL 7
1.1 Localización 7
1.2 Objetivo y alcance 7
1.3 Fuentes de información 7
1.4 Datos del sitio 8
2. ESTUDIO HIDROLÓGICO 9
2.1 Metodología 9
2.2 Características morfométricas cuenca Quebrada Peña Quemada 9
2.2.1 Área 10
2.2.2 Longitud del Cauce Principal 11
2.2.3 Longitud directa del río principal 11
2.2.4 Factor de forma (Kf) 11
2.2.5 Índice de Compacidad (Kc) 12
2.2.6 Tiempo de Concentración 12
2.3 Climatología 15
2.3.1 Precipitación 16
2.3.2 Temperatura 17
2.3.3 Humedad Relativa 18
2.3.4 Evaporación 19
2.3.5 Nubosidad 20
2.4 Análisis Hidrológico de precipitaciones 21
2.4.1 Análisis de Precipitación Máxima 21
2.1.1 Determinación de Hietogramas de Precipitación 24
2.1.2 Análisis de Precipitación Efectiva 26
2.5 Evaluación de Caudales 31
2.5.1 Análisis de Caudales Mínimos 31
2.5.2 Análisis de Caudales Medios 31
2.5.3 Análisis de Caudales Máximos 31
2.5.4 Análisis de crecientes 31
2.5.5 Caudales de Diseño 35
2.5.6 Análisis de Sedimentos 35
3. ESTUDIOS HIDRÁULICOS 36
3.1 Geomorfología 36
3.2 Dinámica e hidráulica fluvial 36
3.3 Hidráulica general 36
3.3.1 Modelo de Análisis Hidráulico 37
4. ANÁLISIS DE SOCAVACIÓN 41
4.1 Socavación general 41
4.1.1 Socavación General Por Contracción 41
4.1.2 Socavación General Método de Maza 42
4.2 Socavación local en estribos 42
5. MEMORIAS DE CÁLCULO HIDRÁULICO 44
5.1 Implementación modelo de análisis hidráulico 44

5.1.1 Parámetros de resistencia al flujo: Evaluación del Coeficiente de MANNING 46
5.1.2 Datos de caudal 48
5.1.3 Condiciones de frontera 48
5.2 Evaluación del Modelo Hidráulico Puente Quebrada Peña Quemada 49
5.3 Evaluación de Socavación 54
5.3.1 Socavación General Por Contracción y Local en Estribos 54
5.3.2 Socavación General Por El Método de Maza 55
6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES 61
7. BIBLIOGRAFÍA 63
ANEXOS 64

Lista de Figuras

Figura 2.1 Localización estaciones Meteorológicas IDEAM seleccionadas 16
Figura 2.2 Clasificación geológica del suelo, Quebrada Peña Quemada 28
Figura 2.3 Clasificación cobertura vegetal, Quebrada Peña Quemada 29
Figura 2.4 Esquema Modelo Hidrológico Quebrada Peña Quemada, HEC HMS 4.9 ... 33
Figura 5.1 Modelo geométrico del cauce obtenido de la información topográfica 45
Figura 5.2 Esquema en planta del modelo de análisis hidráulico 46
Figura 5.3 Localización en planta puente sobre la Quebrada Peña Quemada 58
Figura 5.4 Perfil puente aguas arriba 59
Figura 5.5 Perfil sobre el eje del Puente 59
Figura 5.6 Perfil puente aguas abajo 60

Lista de Gráficas

Gráfica 2.1 Distribución anual de precipitaciones medias mensuales. 17
Gráfica 2.2 Temperatura media mensual multianual 18
Gráfica 2.3 Humedad relativa media mensual multianual 19
Gráfica 2.4 Evaporación media mensual multianual 20
Gráfica 2.5 Nubosidad media mensual multianual 21
Gráfica 2.6 Curvas I-D-F Estación Pauna 23
Gráfica 2.7 Hietograma de precipitación, Quebrada Peña Quemada, Tr = 50 años 24
Gráfica 2.8 Hietograma de precipitación, Quebrada Peña Quemada, Afectado por F(a) 25
Gráfica 2.9 Hidrograma de Creciente, Tr = 50 años 34
Gráfica 5.1 Distribución de velocidad sección 144.02, Aguas Arriba del Puente 50
Gráfica 5.2 Distribución de velocidad sección 139.235 BR U, Puente Aguas Arriba 51
Gráfica 5.3 Distribución de velocidad sección 139.235 BR D, Puente Aguas Abajo 52
Gráfica 5.4 Distribución de velocidad sección 134.45, Aguas Abajo del Puente 53
Gráfica 5.5 Perfil longitudinal de flujo 53
Gráfica 5.6 Presentación esquemática resultados de socavación general por contracción 54
Gráfica 5.7 Perfil socavación general método de Maza, sección: 139.235 BR U 56
Gráfica 5.8 Perfil socavación general método de Maza, sección: 139.235 BR D 57

Lista de Imágenes

Imagen 2.1 Delimitación de la cuenca Quebrada Peña Quemada 10

Lista de Tablas

Tabla 1.1 Información Secundaria 7
Tabla 2.1 Tiempo de Concentración 15
Tabla 2.2 Estaciones Meteorológicas 16
Tabla 2.3 Precipitaciones medias mensuales multianuales (mm) 17
Tabla 2.4 Temperatura máxima absoluta mensual multianual (ºC) 18

Tabla 2.5 Temperatura mínima absoluta mensual multianual (ºC) 18
Tabla 2.6 Humedad relativa media mensual multianual (%) 18
Tabla 2.7 Evaporación media mensual multianual (mm) 19
Tabla 2.8 Nubosidad media mensual multianual (Octas) 20
Tabla 2.9 Precipitaciones Máximas en 24 horas 22
Tabla 2.10 Curva IDF Estación Pauna 23
Tabla 2.11 Factor de Reducción Por Área 25
Tabla 2.12 Lluvia Antecedente 27
Tabla 2.13 Evaluación del Número de Curva CN(II) 30
Tabla 2.14 Caudales Máximos Evaluados 33
Tabla 5.1 Evaluación Coeficiente de Manning, método de Cowan 47
Tabla 5.2 Resultados de socavación general, secciones de referencia 55

INTRODUCCIÓN

Los análisis de hidrología, hidráulica y socavación relacionados en el presente documento tienen como propósito brindar el soporte técnico de ingeniería para efectos de formular las medidas y obras complementarias para la rehabilitación del Puente vehicular sobre la Quebrada Peña Quemada, en el municipio de Briceño, Departamento de Boyacá.

El desarrollo de los análisis hidrológicos e hidráulicos para la Quebrada Peña Quemada, se fundamentaron en la información cartográfica del IGAC, información meteorológica y climatológica del IDEAM y el levantamiento topográfico del cauce en el sector de cruce. Por su parte, para efectos de evaluar el fenómeno de socavación, adicionalmente, se incorporaron al modelo de análisis hidráulico las características geométricas del puente y propiedades sedimentológicas de la corriente. Finalmente, con fundamento en los resultados obtenidos se formulan las recomendaciones pertinentes desde el componente hidráulico. El contenido de este documento presenta de manera secuencial los análisis técnicos requeridos para la evaluación hidráulica de la estructura, así como los resultados obtenidos.

1. GENERAL

El presente documento relaciona los fundamentos metodológicos y resultados de los estudios de hidrología, hidráulica y socavación para la construcción de un puente, sobre la Quebrada Peña Quemada.

1.1 LOCALIZACIÓN

El área de influencia de los estudios comprende la cuenca hidrográfica definida por la corriente superficial de la Quebrada Peña Quemada, hasta el sitio de ponteadero, el cual se ubica aproximadamente sobre las coordenadas planas 1.118.722 N, 1.016.015 E, con origen Magna Bogotá.

1.2 OBJETIVO Y ALCANCE

El objetivo principal de los estudios hidrológicos corresponde a la determinación de los caudales o volúmenes instantáneos que se espera ocurran en la Quebrada Peña Quemada, sobre el sitio del puente, como resultado de eventos de carácter hidrológico proyectados a periodos de retorno específicos, los cuales constituyen un insumo básico para la realización del análisis hidráulico del cauce y evaluación del fenómeno de socavación.

Se establece como alcance de los estudios hidrológicos la aplicación de metodologías convencionalmente utilizadas para manejo de datos hidrológicos enfocados a la estimación de caudales en puntos específicos de las cuencas hidrográficas. En concordancia con los estudios e información existente, se establece que la metodología aplicable para la evaluación de caudales corresponde a la implementación de modelos lluvia-escorrentía. Con relación a los componentes de hidráulica y socavación los análisis se realizan tomando como representativo el evento de creciente con periodo de retorno de 50 años.

1.3 FUENTES DE INFORMACIÓN

Para efectos de realizar los análisis de hidrología, hidráulica y socavación se realiza compilación de la información secundaria correspondiente a Cartografía del IGAC y registros hidroclimatológicos en el archivo técnico del IDEAM. De forma similar se realiza recuperación de información de sensores remotos consistente en MDT ALOS PALSAR con resolución de 12.5 metros, Imágenes Landsat e imágenes de Google Earth. La Tabla 1.1 relaciona la información secundaria más representativa utilizada para el proyecto.

Tabla 1.1 Información Secundaria

ítem	DESCRIPCIÓN	INFORMACIÓN	FUENTE
1	Cartografía escala 1:25000	Cartografía Básica Geoportal IGAC	Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC).
2	Información hidrometeorológica	Estación Albania (23125060) Estación Pauna (23125090)	Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM)
3	DEM ALOS PALSAR resolución 12.5 m	Ráster: AP_25368_FBD_F0100_RT1.dem	Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC).

1.4 DATOS DEL SITIO

Durante el desarrollo de los estudios se realizaron visitas de campo y levantamiento de información primaria en cada una de las disciplinas de la ingeniera que participaron en el proyecto, siendo de especial relevancia para los análisis de hidráulica y socavación la información concerniente al levantamiento topográfico y la correspondiente al estudio de suelos y geotecnia.

La Fotografía 1.1, ilustra las características del cauce de la Quebrada Peña Quemada en el sector de ponteadero.



Fotografía 1.1 Cauce Quebrada Peña Quemada en el sector de Ponteadero

2. ESTUDIO HIDROLÓGICO

La evaluación hidrológica de la cuenca drenante tiene como propósito determinar los caudales o descargas que pueden ser generados por eventos de precipitación para distintos periodos de retorno, siendo de particular interés, en cuanto a infraestructura de puentes se refiere, el periodo de retorno de 50 años. Los caudales estimados mediante el estudio hidrológico, constituye un insumo en la evaluación de modelos de análisis hidráulico para caracterizar el comportamiento de la corriente superficial en el sector del puente existente.

2.1 METODOLOGÍA

El enfoque metodológico general para la elaboración de los estudios comprende la de revisión de información de referencia recuperada de estudios anteriores, el desarrollo de actividades específicas como delimitación del área de drenaje o cuenca hidrográfica conformada por la corriente superficial hasta el sitio de proyección del puente, identificación de red de drenaje, recuperación y actualización de registros de información de variables hidroclimatológicas e información de cobertura del suelo entre otros. Posteriormente se desarrollan las estimaciones y análisis respectivos sobre aspectos fundamentales como morfometría de la cuenca, precipitaciones, caudales y sedimentos; los dos últimos requeridos para la evaluación hidráulica y de socavación.

Cabe mencionar que de acuerdo con el tamaño de la cuenca y la carencia de información hidrométrica la estimación de caudales se realiza mediante la implementación de modelos lluvia -escorrentía. La determinación de caudales mediante modelos lluvias-escorrentía, se realizará por el método racional para cuencas de hasta 2.5 km^2, mientras que para cuencas mayores se utilizará el modelo de tipo sintético *SCS UH Model*, implementado en el software HEC-HMS de la USACE.

2.2 CARACTERÍSTICAS MORFOMÉTRICAS CUENCA QUEBRADA PEÑA QUEMADA

Para efectos de la evaluación morfométrica de la cuenca Quebrada Peña Quemada hasta el sitio del puente, se realizó la localización geográfica sobre cartografía recuperada en el geoportal del IGAC con escala 1:25.000. Los procesos concernientes a delimitación de la cuenca y evaluación de la morfometría fueron asistidos mediante la utilización de un DEM ALOS PALSAR con resolución de 12.5 metros e imágenes de satélite de alta resolución. La Imagen 2.1, ilustra la delimitación de cuenca y la red de drenaje de la Quebrada Peña Quemada hasta el sitio de interés. El plano adjunto *Delimitación_Cuenca_Quebrada_Peña_Quemada* relaciona la delimitación de cuenca junto con la red de drenaje de la Quebrada Peña Quemada y la representación del relieve a partir de curvas de nivel sobre cartografía IGAC escala 1:25.000.

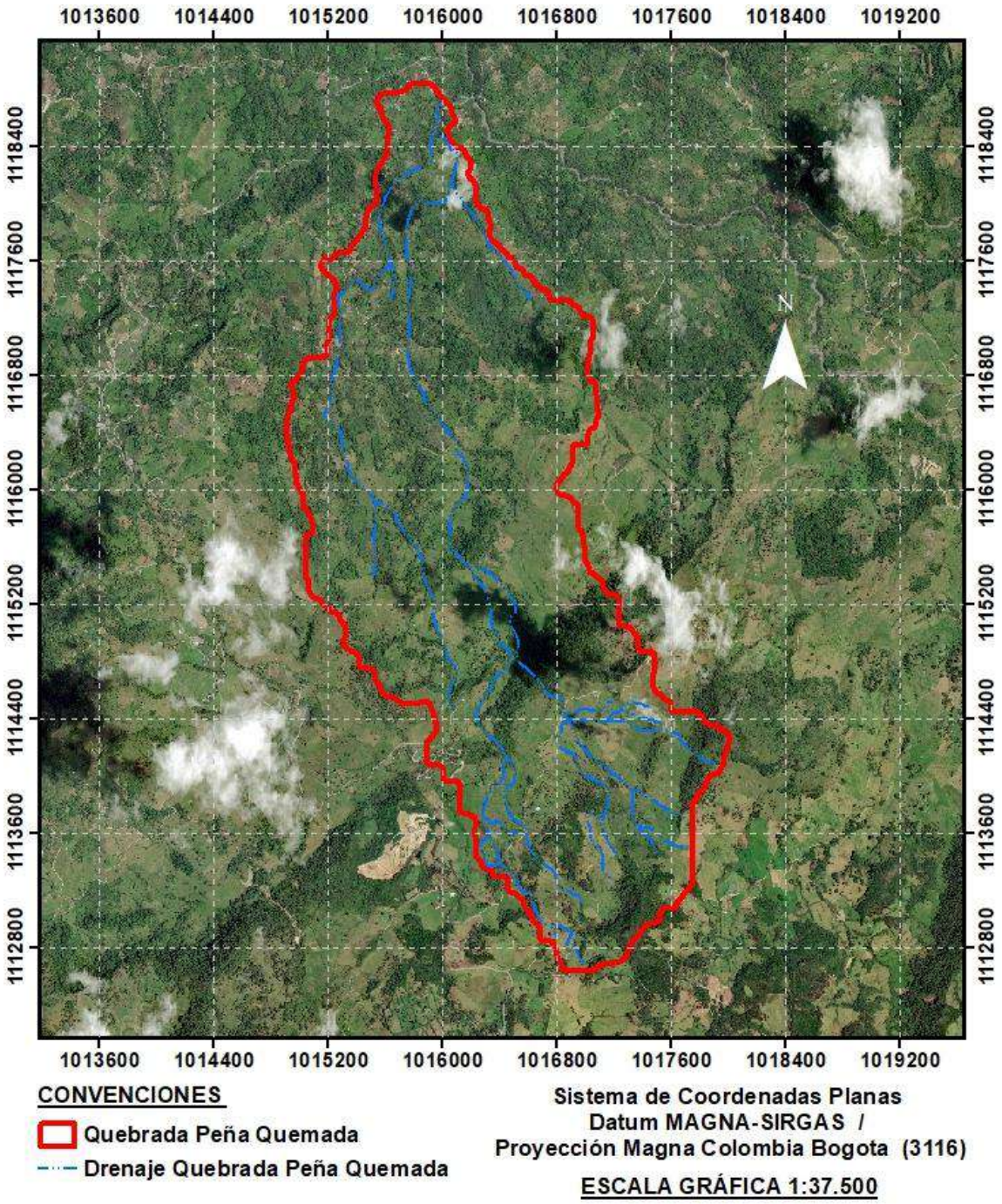


Imagen 2.1 Delimitación de la cuenca Quebrada Peña Quemada

2.2.1 ÁREA

El área de la cuenca corresponde a las áreas que drenan la corriente principal y las tributarias, su valor es:

Quebrada Peña Quemada: A = 9.37 Km^2.

2.2.2 LONGITUD DEL CAUCE PRINCIPAL

Corresponde a la longitud medida desde el origen hasta el sitio definido para el análisis (se evalúa sobre el cauce más largo), su valor obtenido es:

Quebrada Peña Quemada: L = 7.37 Km.

2.2.3 LONGITUD DIRECTA DEL RÍO PRINCIPAL

Corresponde a la distancia medida desde el punto más alejado hasta el sitio en estudio, y su valor es el de la suma de la longitud del cauce principal más un incremento, Δl, correspondiente a la distancia entre el extremo superior del cauce principal y la divisoria de aguas.

Quebrada Peña Quemada: Δl = 0.098 Km, $\Rightarrow$ L_c = 7.37+ 0.098 = 7.47 Km.

2.2.4 FACTOR DE FORMA (KF)[1]

Es la relación entre el ancho medio y la longitud axial de la cuenca. La longitud axial de la cuenca se mide siguiendo el curso de agua más largo desde la desembocadura hasta la cabecera más distante de la cuenca. El ancho, B, se obtiene cuando se divide el área en la longitud axial de la cuenca.

$$B = {}^{A}/_{L_C} \qquad \textbf{2.1}$$

$$\mathrm{Kf} = {}^{B}/_{L_C} \qquad \textbf{2.2}$$

$$B = \frac{9.37}{7.47} = 1.25\ km \quad \Longrightarrow \quad K_f = \frac{1.25}{7.47} = 0.168$$

Dónde:
B = Ancho medio de la cuenca, en Km.
L_c = Longitud de la cuenca, en Km.
A = Área de la cuenca, en km^2.

Una cuenca con un factor de forma (K_f) bajo esta menos sujeta a crecientes que otra del mismo tamaño, pero con mayor factor de forma.

[1] MONSALVE Sáenz German. Hidrología en la Ingeniería. Escuela Colombiana de Ingeniería. 1995. ISBN: 958-95742-1-1. p. 38.

2.2.5 ÍNDICE DE COMPACIDAD (KC)

Es la relación entre el perímetro P de la cuenca y el perímetro P_0 de un círculo de área ***A*** igual al área de la cuenca.

P = 16.82 Km.

$$P_o = 2\sqrt{\pi \times A} \quad \textbf{2.3}$$

$$K_c = {}^{P}/_{P_O} \quad \textbf{2.4}$$

$$P_0 = 2\sqrt{\pi \times 9.37} = 10.85\ km \quad \Longrightarrow \quad K_c = \frac{16.82}{10.85} = 1.55$$

Si la cuenca es bastante irregular mayor será el coeficiente de compacidad (K_c). Una cuenca circular, posee el mínimo coeficiente que equivale a uno. Un valor próximo a la unidad denota mayor tendencia.

2.2.6 TIEMPO DE CONCENTRACIÓN

Este es un valor de notable importancia en la cuenca y depende principalmente de las características fisiográficas, de la cobertura vegetal y del uso de la tierra.

Se define como el tiempo de viaje del agua que cae en la lluvia desde el sitio más alejado de la cuenca, con relación a la estación de salida de la corriente de drenaje. Para efectos de estimar el tiempo de concentración se aplican las formulaciones relacionas a continuación:

Ecuación de Kirpich:

$$T_C = 3.97\left(\frac{L}{\sqrt{S}}\right)^{0.77} \quad \textbf{2.5}$$

Dónde:

T_c = Tiempo de concentración, en Minutos.
L = Longitud del cauce principal, en km.
S = Pendiente del cauce principal, en m/m.

Ecuación de Ven Te Chow:

$$T_C = 16.38\left(\frac{L}{\sqrt{S}}\right)^{0.64} \quad \textbf{2.6}$$

Dónde:

T_c = Tiempo de concentración, en Minutos.
L = Longitud del cauce principal, en km.
S = Pendiente del cauce principal, en m/m.

Ecuación de Giandotti:

$$T_C = 60\left(\frac{4\sqrt{A} + 1.5L}{0.8\sqrt{\Delta H}}\right) \quad \textbf{2.7}$$

Dónde:

T_c = Tiempo de concentración, en Minutos.
A = Area de la cuenca, en km^2.
L = Longitud del cauce principal, en km.
ΔH = Diferencia entre la pendiente media de la cuenca y la divisoria de aguas de la salida, en metros

Ecuación del Cuerpo de Ingenieros del Ejército de Estados Unidos:

$$T_C = 16.8\left(\frac{L}{S^{0.25}}\right)^{0.76} \quad \textbf{2.8}$$

Dónde:

T_c = Tiempo de concentración, en Minutos.
L = Longitud del cauce principal, en km.
S = Pendiente del cauce principal, en m/m.

Ecuación de Témez:

$$T_C = 18\left(\frac{L}{S^{0.25}}\right)^{0.76} \quad \textbf{2.9}$$

Dónde:

T_c = Tiempo de concentración, en Minutos.
L = Longitud del cauce principal, en km.
S = Pendiente del cauce principal, en m/m.

Ecuación de Bransby-Williams:

$$T_C = 14.465 \frac{L}{A^{0.1} S^{0.2}} \quad \textbf{2.10}$$

Dónde:

T_c = Tiempo de concentración, en Minutos.
L = Longitud del cauce principal, en km.
A = Area de la cuenca, en km^2.
S = Pendiente del cauce principal, en m/m.

Ecuación de Johnstone-Cross:

$$T_C = 3.258 \left(\frac{L}{S}\right)^{0.5} \quad \textbf{2.11}$$

Dónde:

T_c = Tiempo de concentración, en Minutos.
L = Longitud del cauce principal, en km.
S = Pendiente del cauce principal, en m/m.

Ecuación de California Practice Culverts:

$$T_C = 56.89 \left(\frac{L^3}{H}\right)^{0.385} \quad \textbf{2.12}$$

Dónde:

T_c = Tiempo de concentración, en minutos.
L = Longitud máxima de flujo de escorrentía superficial, en km.
H = Diferencia de nivel entre la divisoria de aguas y la salida, en metros.

Ecuación de Ventura:

$$T_C = 60 \left(\frac{4\sqrt{A \times L}}{\sqrt{H}}\right) \quad \textbf{2.13}$$

Dónde:

T_c = Tiempo de concentración, en minutos.
A = Area de la cuenca, en km^2.
L = Longitud máxima de flujo de escorrentía superficial, en km.
H = Diferencia de nivel entre la divisoria de aguas y la salida, en metros.

Ecuación de Pilgrim y McDermott:

$$T_C = 45.6A^{0.38} \qquad \textbf{2.14}$$

Dónde:

T_c = Tiempo de concentración, en minutos.
A = Area de la cuenca, en km^2.

Evaluando las anteriores expresiones para los datos de la cuenca se obtienen los resultados relacionados en la Tabla 2.1.

L = 7.37 km.
H = 1202.0 m
S = 0.1631 m/m
H_{mc} = 1900.0 m.s.n.m
ΔH = 601.0 m
A = 9.37 km^2

Tabla 2.1 Tiempo de Concentración

ECUACIÓN	Tc (minutos)
KIRPICH	37.15
VEN TE CHOW	105.08
GIANDOTTI	71.28
CUERPO DE INGENIEROS USA	108.20
TÉMEZ	115.93
BRANSBY-WILLIAMS	122.50
Johnstone-Cross	21.90
CALIFORNIA PRACTICE CULVERT	37.26
VENTURA	57.37
Pilgrim y McDermott	106.72
Promedio	78.35

Con relación a los resultados para el tiempo de concentración presentados en la Tabla 2.1, de acuerdo con las características de tamaño del área tributaria y pendiente del cauce, se estima que el obtenido mediante la ecuación de Giandotti describe en forma satisfactoria el comportamiento de la cuenca y se adopta para el desarrollo del modelo lluvia – escorrentía.

2.3 CLIMATOLOGÍA

Las condiciones atmosféricas que intervienen en el estado físico del clima, en una zona dada, por un determinado tiempo, se conocen como elementos climáticos, entre los que sobresale el elemento de la precipitación.

Dentro de la evaluación climatológica para el área de la cuenca de la Quebrada Peña Quemada se recuperó información en el archivo técnico del IDEAM para la estación relacionada en la Tabla 2.2. Los reportes del IDEAM se relacionan en el Anexo 1.

Tabla 2.2 Estaciones Meteorológicas

Estación	Código	Tipo	Coordenadas Geográficas		Elevación m.s.n.m.[3]
			Latitud	Longitud	
Albania	23125060	CO	5.758	-73.913	1690
Pauna	23125090	ME	5.649	-73.981	1225

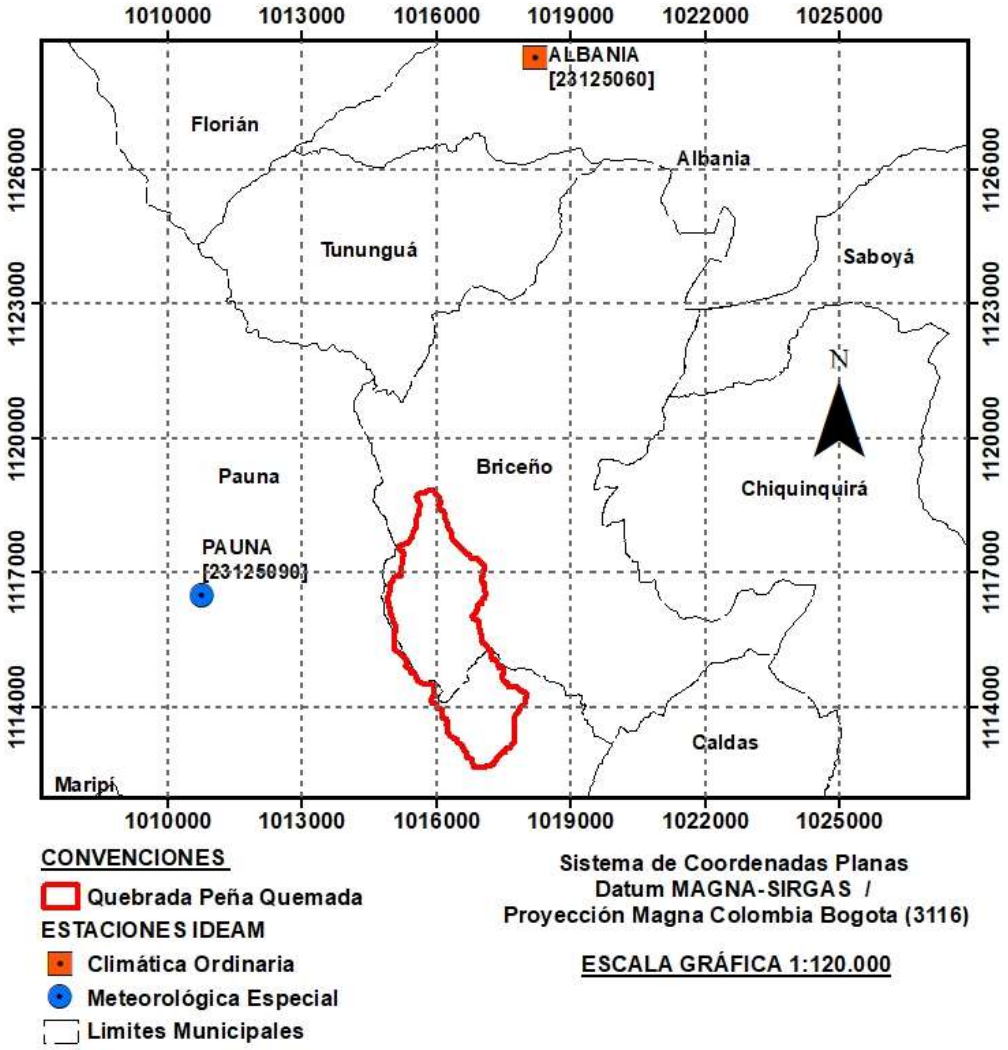


Figura 2.1 Localización estaciones Meteorológicas IDEAM seleccionadas

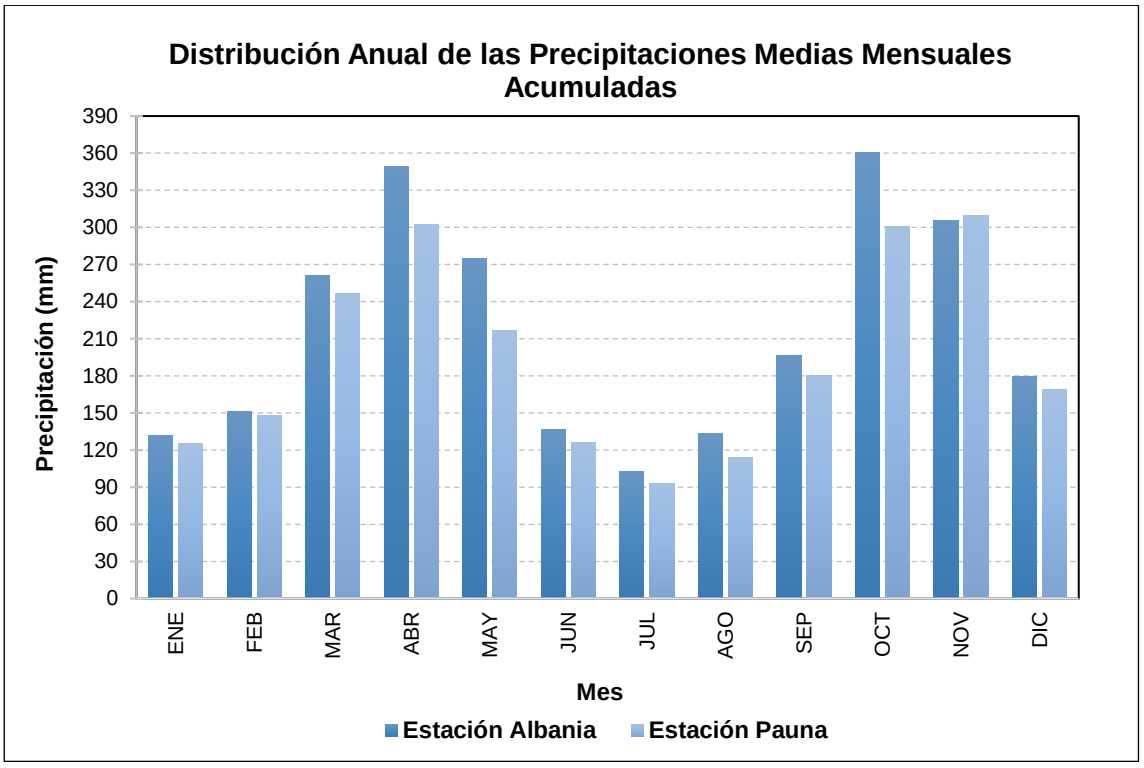
2.3.1 PRECIPITACIÓN

El área que comprende la cuenca de la Quebrada Peña Quemada, en lo relacionado con fenómenos de precipitación define un comportamiento de régimen bimodal de acuerdo con los registros de la estación Albania (Cod. 23125060) y la estación Pauna (Cod.

23125090) . La Gráfica 2.1, ilustra la distribución anual de las precipitaciones medias mensuales acumuladas, para la estación meteorológica seleccionada.

Tabla 2.3 Precipitaciones medias mensuales multianuales (mm)

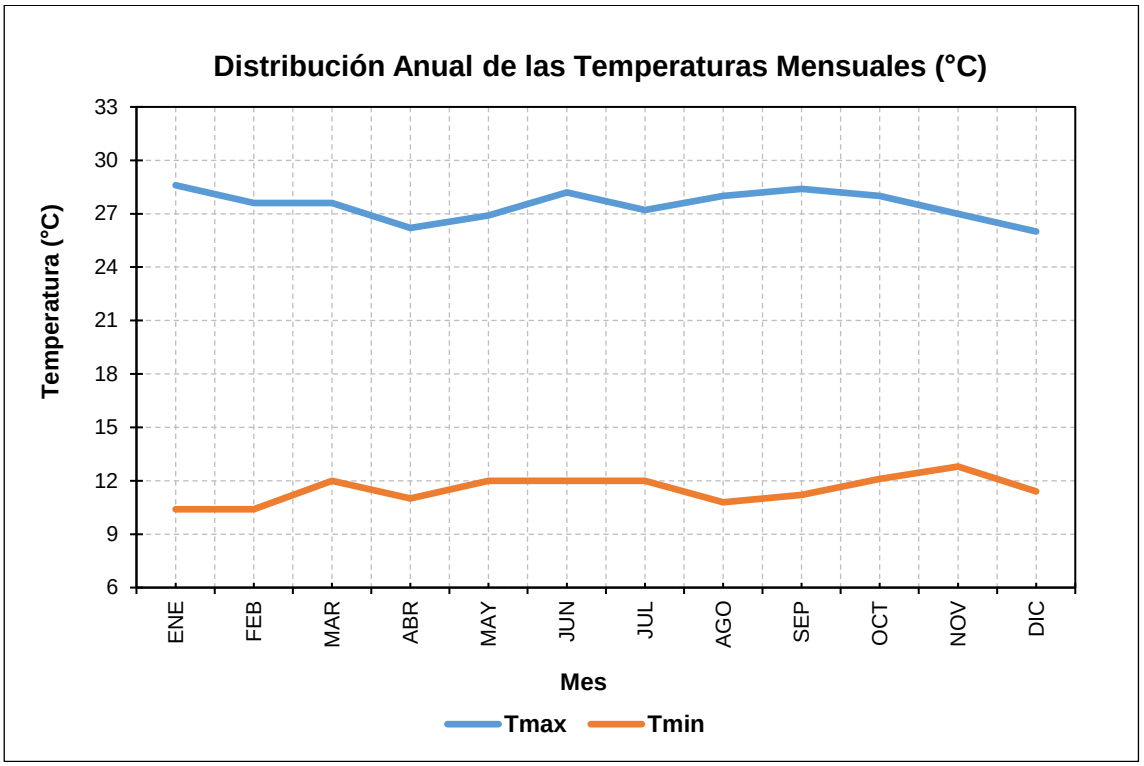
ESTACIÓN	Altitud (msnm)	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	Vr. Anual
Albania	1690	131.93	151.13	260.78	349.29	275.02	136.66	103.00	133.14	196.26	360.58	305.55	179.25	2583
Pauna	1225	125.57	147.79	246.72	302.47	216.90	126.47	93.00	113.81	180.58	300.43	309.55	169.10	2332



Gráfica 2.1 Distribución anual de precipitaciones medias mensuales.

2.3.2 TEMPERATURA

La temperatura es una variable climatológica que se encuentra afectada de manera directa por la elevación sobre el nivel del mar, sufriendo ligeros cambios a través del ciclo anual, que se deben a la presencia de mayor o menor nubosidad y precipitaciones. En consideración a lo anterior, la estación Albania (cód. 23125060), se adoptan como representativas para describir la variable en el sitio de proyección del puente, puesto que se encuentran cercana en cuanto al rango altitudinal se refiere.
Las tablas Tabla 2.4 y Tabla 2.5, relacionan las magnitudes registradas para las temperaturas máximas y mínimas absolutas, a nivel mensual multianual.



Gráfica 2.2 Temperatura media mensual multianual

Tabla 2.4 Temperatura máxima absoluta mensual multianual (ºC)

ESTACIÓN	Altitud (msnm)	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	Vr. Anual
Albania	1690	28.6	27.6	27.6	26.2	26.9	28.2	27.2	28	28.4	28	27	26	27.48

Tabla 2.5 Temperatura mínima absoluta mensual multianual (ºC)

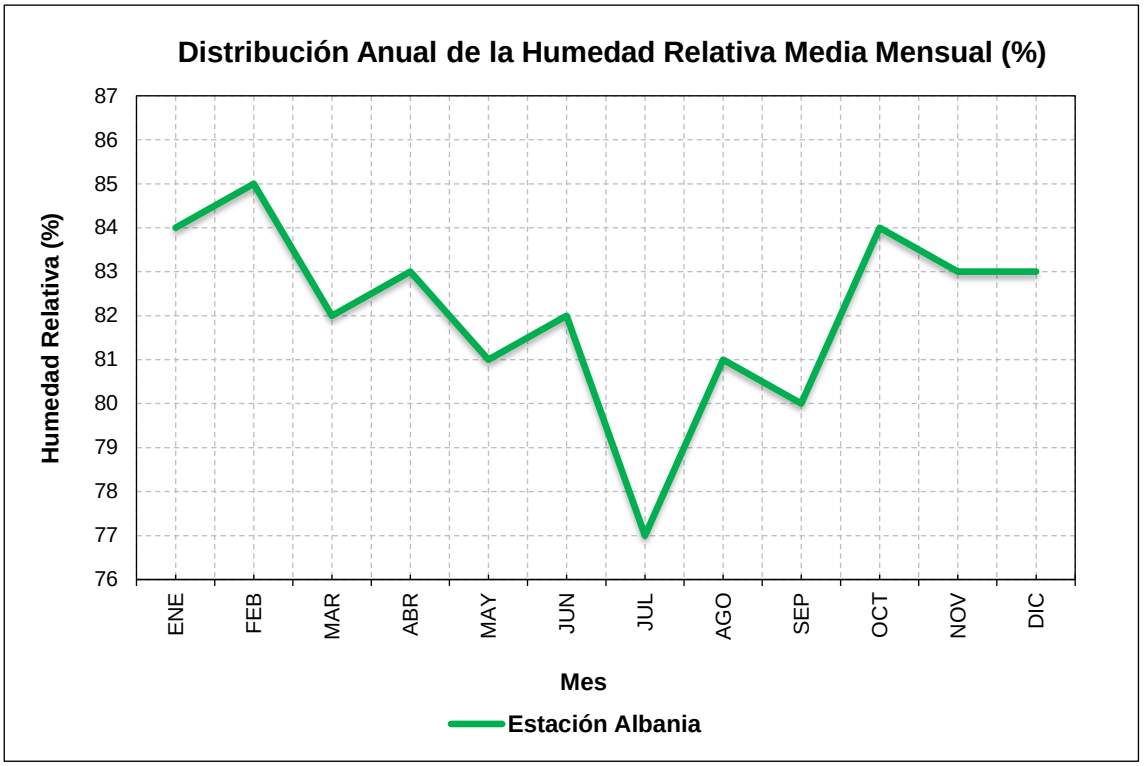
ESTACIÓN	Altitud (msnm)	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	Vr. Anual
Albania	1690	10.4	10.4	12	11	12	12	12	10.8	11.2	12.1	12.8	11.4	11.51

2.3.3 HUMEDAD RELATIVA

La humedad relativa representa la cantidad de agua respecto a la máxima capacidad que puede contener una masa de aire antes de producirse condensación. La humedad relativa media multianual para el área de estudio, de acuerdo con los registros de la estación Albania, es del 82 %.

Tabla 2.6 Humedad relativa media mensual multianual (%)

ESTACIÓN	Altitud (msnm)	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	Vr. Anual
Albania	1690	84	85	82	83	81	82	77	81	80	84	83	83	82



Gráfica 2.3 Humedad relativa media mensual multianual

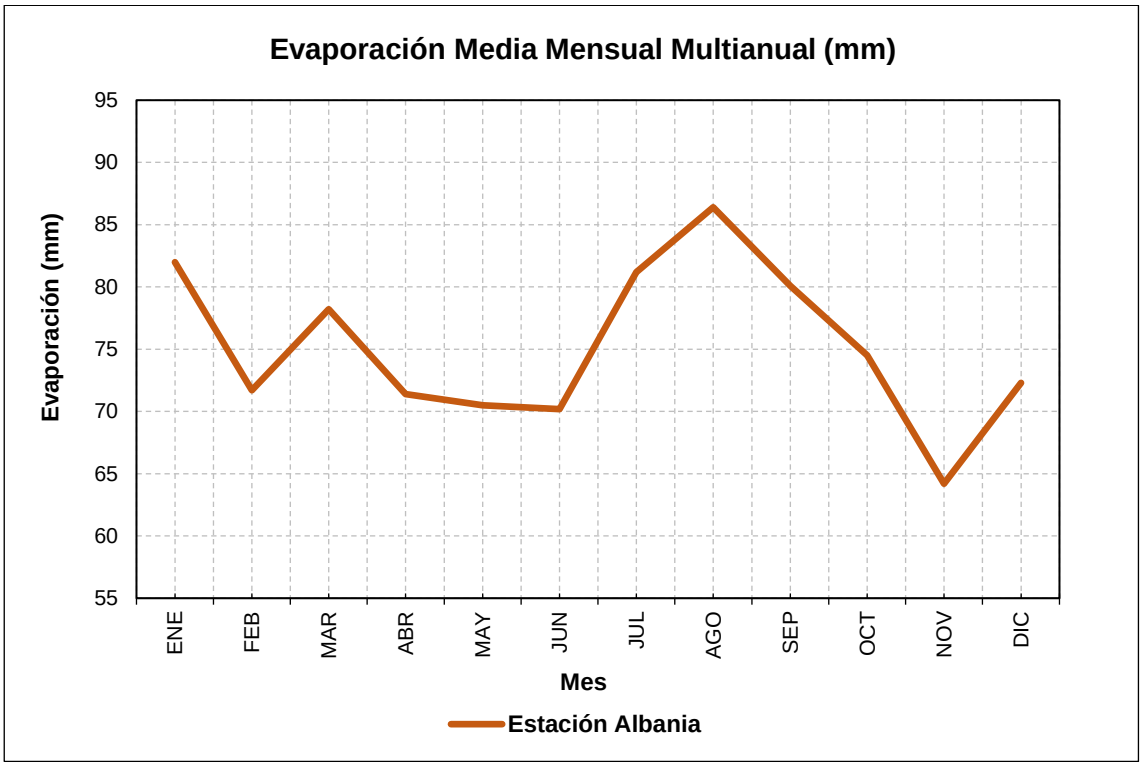
La Gráfica 2.3, permite identificar que lo valores mínimos de humedad relativa se presentan en los meses de diciembre a marzo y entre julio y agosto, mientras que los máximos están en los meses de mayo y noviembre.

2.3.4 EVAPORACIÓN

Los valores de evaporación medidos en tanque tipo A para la estación Albania, reportado por el IDEAM, registra magnitudes anuales multianuales de 903 mm/año.

Tabla 2.7 Evaporación media mensual multianual (mm)

ESTACIÓN	Altitud (msnm)	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	Vr. Anual
Albania	1690	82	71.7	78.2	71.4	70.5	70.2	81.2	86.4	80.1	74.5	64.2	72.3	903



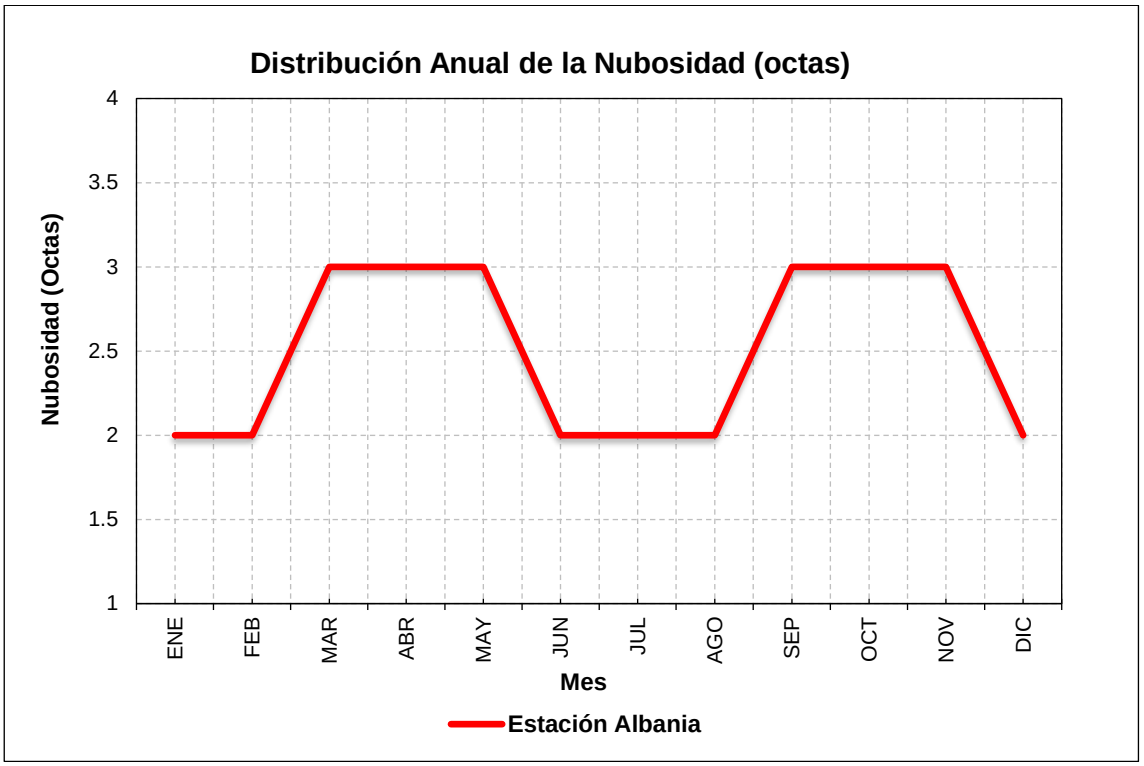
Gráfica 2.4 Evaporación media mensual multianual

2.3.5 NUBOSIDAD

La nubosidad se mide en número de octas, lo cual se deriva de dividir la bóveda celeste en ocho partes y determinar cuántas partes se encuentran cubiertas por nubes al momento de realizar la medición. En promedio, a través del ciclo anual los registros de la estación Albania, presentan mayores valores de nubosidad, especialmente en la época de bajas precipitaciones.

Tabla 2.8 Nubosidad media mensual multianual (Octas)

ESTACIÓN	Altitud (msnm)	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	Vr. Anual
Albania	1690	2	2	3	3	3	2	2	2	3	3	3	2	3



Gráfica 2.5 Nubosidad media mensual multianual

2.4 ANÁLISIS HIDROLÓGICO DE PRECIPITACIONES

Desde el punto de vista hidrológico los volúmenes o caudales generados en una cuenca hidrográfica constituyen la respuesta a los fenómenos de precipitación sobre el área de esta. En consecuencia, los análisis hidrológicos de precipitaciones están enfocados a generar la información requerida en la implementación de modelos lluvia – escorrentía, cuyo objeto es la estimación de los caudales máximos concentrados sobre la corriente superficial en el sitio de ponteadero.

2.4.1 ANÁLISIS DE PRECIPITACIÓN MÁXIMA

Los Análisis de precipitación máxima tienen por objeto la evaluación de eventos extremos que permitan, para un determinado periodo de retorno, estimar caudales de diseño mediante la aplicación de modelos Lluvia – Escorrentía. Dentro de los análisis de precipitaciones máximas se contempla el tratamiento de las series precipitación máxima en 24 horas, de las estaciones relacionadas en la Tabla 2.2, a partir de las cuales se realizan análisis de frecuencia mediante la herramienta de software Hyfran Plus 2.2., con el propósito de estimar las magnitudes de precipitación esperadas a distintos periodos de retorno, las cuales se adoptan como el correspondiente limite probable de precipitación en 24 horas en los modelos lluvia-escorrentía. La Tabla 2.9, relaciona las magnitudes de precipitación máxima en 24 horas, para la estación Pauna, proyectadas para distintos

periodos de retorno; los resultados en extenso del análisis de frecuencia se relacionan en el Anexo 2.

Tabla 2.9 Precipitaciones Máximas en 24 horas

Tr (Años)	P ($X \leq X_i$)	P24h (mm)
100	0.99	126.78
50	0.98	118.32
25	0.96	109.79
15	0.93	103.43
10	0.9	98.295
5	0.8	89.199
2.33	0.57	78.028

Dentro de los análisis de precipitaciones máximas de acuerdo con el área de la cuenca y el tiempo de concentración evaluado, se determinó la obtención de los datos de precipitación para el modelo lluvia-escorrentía, mediante relaciones I-D-F, las cuales se construyen a partir de los registros de precipitaciones máximas en 24 horas empleando el Método Simplificado[2] que se relaciona en el Manual de Drenaje de Carreteras 2009.

Las relaciones I-D-F presentadas obedecen a la siguiente expresión:

$$i = \frac{a \times T^b \times M^d}{(t/60)^c} \qquad \textbf{2.15}$$

Dónde:

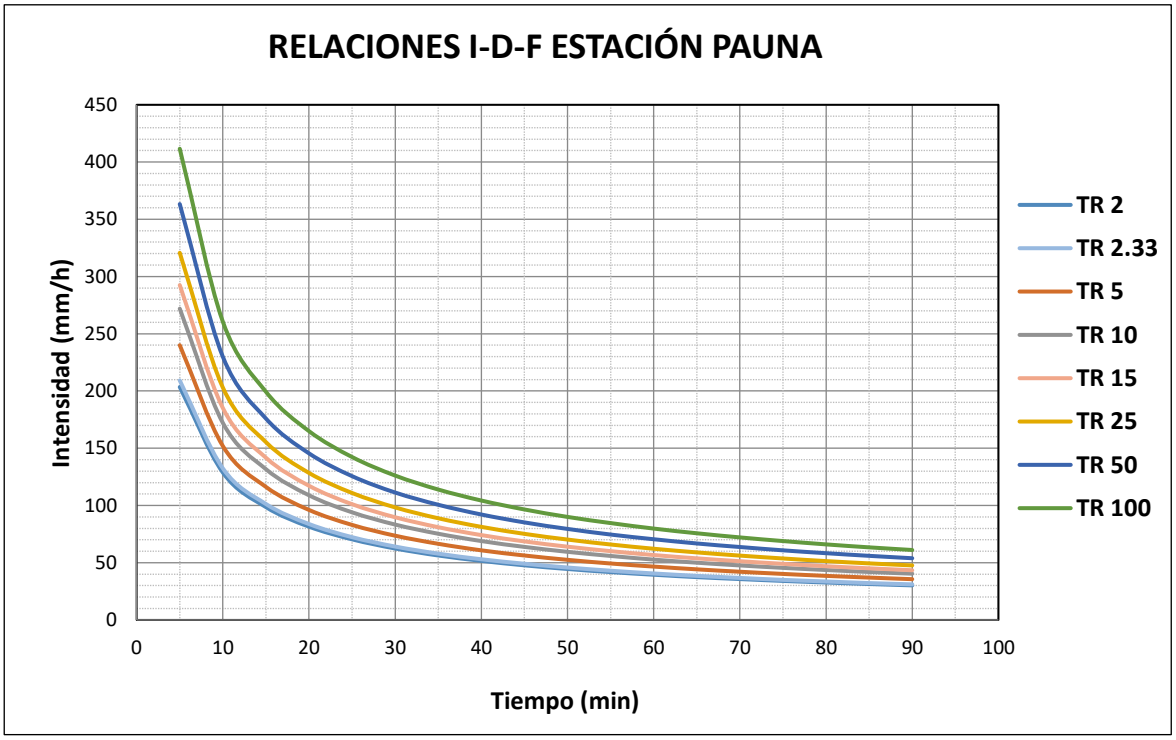
i : Intensidad de precipitación, en milímetros hora (mm/h).
T : Periodo de retorno, en años.
M : Precipitación Máxima Promedio anual en 24 horas, a nivel multianual.
a, b, c, d : Parámetros de ajuste de regresión.

Las relaciones IDF obtenidas para el área de drenaje de la cuenca de la Quebrada Peña Quemada se presentan de manera ilustrativa en la Gráfica 2.6. El resumen de forma detallada se muestra en el Anexo 2.

[2] INSTITUTO NACIONAL DE VIAS., MANUAL DE DRENAJE DE CARRETERAS., Numeral 2.6.6.3

Tabla 2.10 Curva IDF Estación Pauna

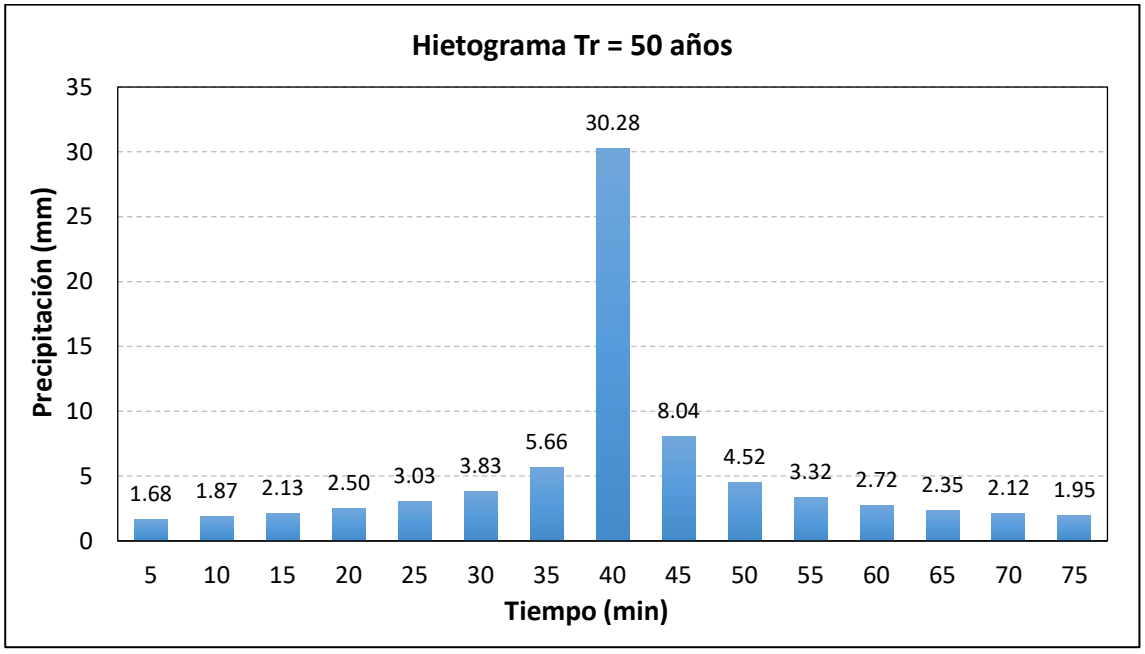
INTENSIDAD DE PRECIPITACIÓN (mm/hora)								
TIEMPO (min)	PERIODO DE RETORNO (Años)							
	2	2.33	5	10	15	25	50	100
5	203.5	209.2	240.0	271.9	292.5	320.7	363.3	411.6
10	128.8	132.4	151.9	172.1	185.1	203.0	229.9	260.5
15	98.6	101.3	116.2	131.7	141.7	155.3	175.9	199.3
20	81.5	83.8	96.1	108.9	117.2	128.4	145.5	164.9
25	70.4	72.3	83.0	94.0	101.1	110.9	125.6	142.3
30	62.4	64.1	73.6	83.3	89.7	98.3	111.3	126.1
35	56.3	57.9	66.5	75.3	81.0	88.8	100.6	113.9
40	51.6	53.0	60.8	68.9	74.1	81.3	92.1	104.3
45	47.7	49.1	56.3	63.8	68.6	75.2	85.2	96.5
50	44.5	45.8	52.5	59.5	64.0	70.2	79.5	90.0
55	41.8	43.0	49.3	55.9	60.1	65.9	74.6	84.6
60	39.5	40.6	46.6	52.7	56.7	62.2	70.5	79.8
65	37.4	38.5	44.2	50.0	53.8	59.0	66.8	75.7
70	35.7	36.7	42.1	47.6	51.3	56.2	63.7	72.1
75	34.1	35.0	40.2	45.5	49.0	53.7	60.8	68.9
80	32.7	33.6	38.5	43.6	46.9	51.4	58.3	66.0
85	31.4	32.2	37.0	41.9	45.1	49.4	56.0	63.4
90	30.2	31.1	35.6	40.4	43.4	47.6	53.9	61.1



Gráfica 2.6 Curvas I-D-F Estación Pauna

2.1.1 DETERMINACIÓN DE HIETOGRAMAS DE PRECIPITACIÓN

La evaluación de caudales mediante modelos lluvia escorrentía se realiza con fundamento en métodos de hidrogramas unitarios, para los cuales se obtienen los hietogramas de precipitación mediante el método de bloque alterno, a partir de las relaciones IDF. La Gráfica 2.7 presenta el hietograma de precipitación para el periodo de retorno de 50 años de la Quebrada Peña Quemada, los hietogramas de precipitación para otros periodos de retorno se relacionan en el Anexo 3.



Gráfica 2.7 Hietograma de precipitación, Quebrada Peña Quemada, Tr = 50 años

Para efectos de estimar el factor de reducción por área se aplican las formulaciones relacionas a continuación:

Ecuación de Fhrüling:

$$F(a) = 1.0 - 0.0054 \times A^{0.25} \quad \textbf{2.16}$$

Dónde:

A = Área de la cuenca, en m^2.

Ecuación por la Institution of Civil Engineers

$$F(a) = 1.0 - 0.0268 \times T_c^{-0.261} \times A^{0.387} \quad \textbf{2.17}$$

Dónde:

T_c = Tiempo de concentración, en Horas.

A = Área de la cuenca, en km^2.

Ecuación Según Datos en Norteamérica:

$$F(a) = 1.0 - 0.05 \times T_c^{0.361} \times A^{0.264} \quad \textbf{2.18}$$

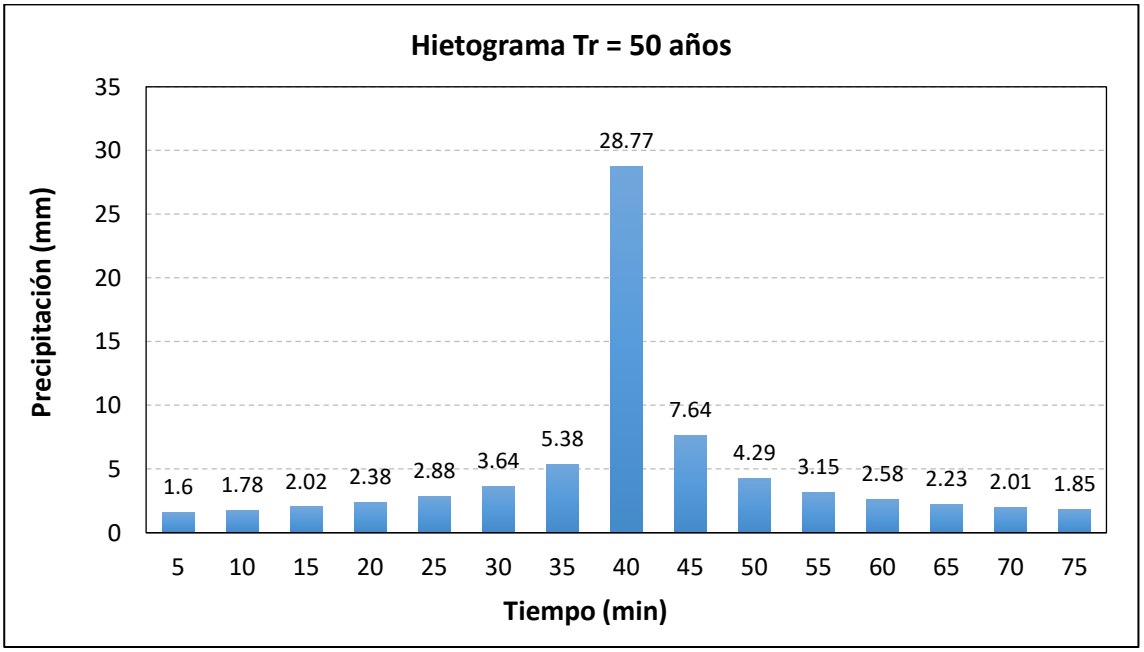
Dónde:

T_c = Tiempo de concentración, en Horas.
A = Area de la cuenca, en km^2.

Evaluando las anteriores expresiones para los datos de la cuenca Quebrada Peña Quemada se obtienen los resultados relacionados en la Tabla 2.11 y se adopta el obtenido mediante la ecuación de Institution of Civil Engineers.

Tabla 2.11 Factor de Reducción Por Área

CUENCA	Area (km^2)	Tc (horas)	Frühling	Institution of Civil Engineers	Datos Norteamérica	Factor de reducción
Quebrada Peña Quemada	9.37	1.93	0.7	0.95	0.89	0.95



Gráfica 2.8 Hietograma de precipitación, Quebrada Peña Quemada, Afectado por F(a)

2.1.2 ANÁLISIS DE PRECIPITACIÓN EFECTIVA

La cuenca de la Quebrada Peña Quemada, hasta el sitio del puente, acumula un área superior a los 2.5 km^2, por consiguiente, la evaluación de caudales se desarrolla a partir de modelos Lluvia-Escorrentía mediante la metodología de hidrogramas unitarios sintéticos. Los Hietogramas de precipitación se obtienen a partir del método de bloque alterno, según se relaciona en el Anexo 3.

El procedimiento utilizado para la evaluación de precipitación máxima efectiva se basa en el método de Numero de Curva CN para abstracciones de lluvia propuesto por el Soil Conservation Service – SCS, este método supone que la precipitación total sobre el suelo es igual a la suma de la fracción de agua infiltrada o abstraída antes de producirse el exceso de lluvia, *Abstracción Inicial I_a,* la abstracción producida a partir de ese momento, *Abstracción Continuada F_a* y el exceso de lluvia o *Volumen de Escorrentía Q.* La expresión general para el volumen de escorrentía es:

$$Q = \frac{(P - I_a)^2}{P - I_a + S} \; ; \; P > I_a \qquad \textbf{2.19}$$

Mediante el análisis de datos experimentales se obtuvo: $I_a = 0.2S$, por lo tanto,

$$Q = \frac{(P - 0.2S)^2}{P + 0.8S} \; ; \; P > 0.2S \qquad \textbf{2.20}$$

Dónde:

Q: Escorrentía directa, en mm.
P: Precipitación máxima considerada, en mm
S: Retención potencial, en mm.
La retención potencial se calcula como:

$$S = \frac{25400}{CN} - 254 \qquad \textbf{2.21}$$

Donde CN es el número de curva que expresa la relación entre la lluvia caída sobre la cuenca y la escorrentía a la salida de esta.

La Abstracción Continuada, F_a, se puede evaluar mediante:

$$F_a = \frac{S(P - I_a)}{P - I_a + S} \; ; \; P > I_a \qquad \textbf{2.22}$$

La capacidad de abstracción de un suelo y por lo tanto de generación de escorrentía, según el método del SCS está controlada por tres factores, siendo estos:

- Contenido Inicial de Humedad, estimado en base a la lluvia caída en los 5 días antes de la tormenta de diseño

- Tipo de suelo; según la capacidad de infiltración.

- Tipo de uso del terreno.

En la evaluación de la precipitación efectiva se tuvieron en cuenta los siguientes aspectos:

La condición de humedad antecedente considera el rango de variación que se indica en la Tabla 2.12, de acuerdo con la cantidad de lluvia acumulada en los cinco días anteriores a la ocurrencia de la lluvia máxima.

Tabla 2.12 Lluvia Antecedente

CONDICIÓN ANTECEDENTE	LLUVIA ANTERIOR (mm)	
	INVIERNO	VERANO
I	- 35.6	- 12.7
II	35.6 - 55.3	12.7 - 27.9
III	55.3 -	27.9 -

Teniendo en cuenta en tamaño de la cuenca y la permanecía de las precipitaciones con relación al ciclo anual, se ha estimado para este proyecto una condición de humedad antecedente *III* o lluvia acumulada durante los cinco días anteriores al evento: 55.3 mm. De acuerdo con la Geología del sector se establece una clasificación del suelo (SCS), dentro del grupo hidrológico C. La Figura 2.2, ilustra la clasificación geológica del suelo, en el área de la cuenca de la Quebrada Peña Quemada. Los suelos con presencia de arcillas se aproximan al tipo de suelo hidrológico C, mientras que los suelos con material de tipo granular se aproximan al suelo hidrológico tipo B.

La cobertura y uso del suelo se obtuvo con apoyo del mapa de Usos del suelo y coberturas vegetales según la metodología Corine Land Cover, desarrollado por el IDEAM, a partir del cual se realizó recuperación de información y agrupación de esta en clases especificas teniendo como elemento de contraste información de imágenes de satélite más recientes a la época de producción y publicación del mapa del IDEAM. La Figura 2.3, relaciona la clasificación de coberturas vegetales para la cuenca de la Quebrada Peña Quemada.

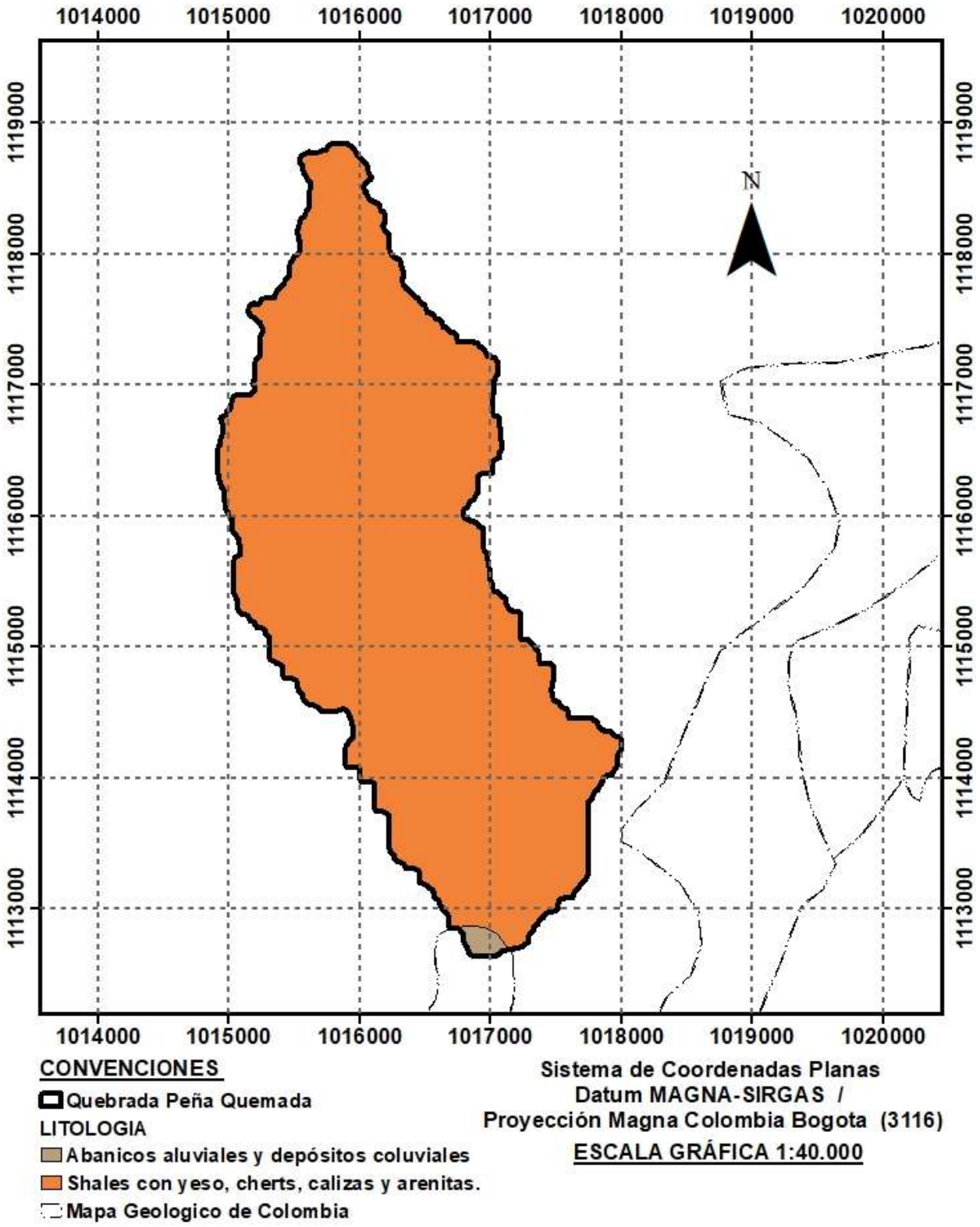


Figura 2.2 Clasificación geológica del suelo, Quebrada Peña Quemada

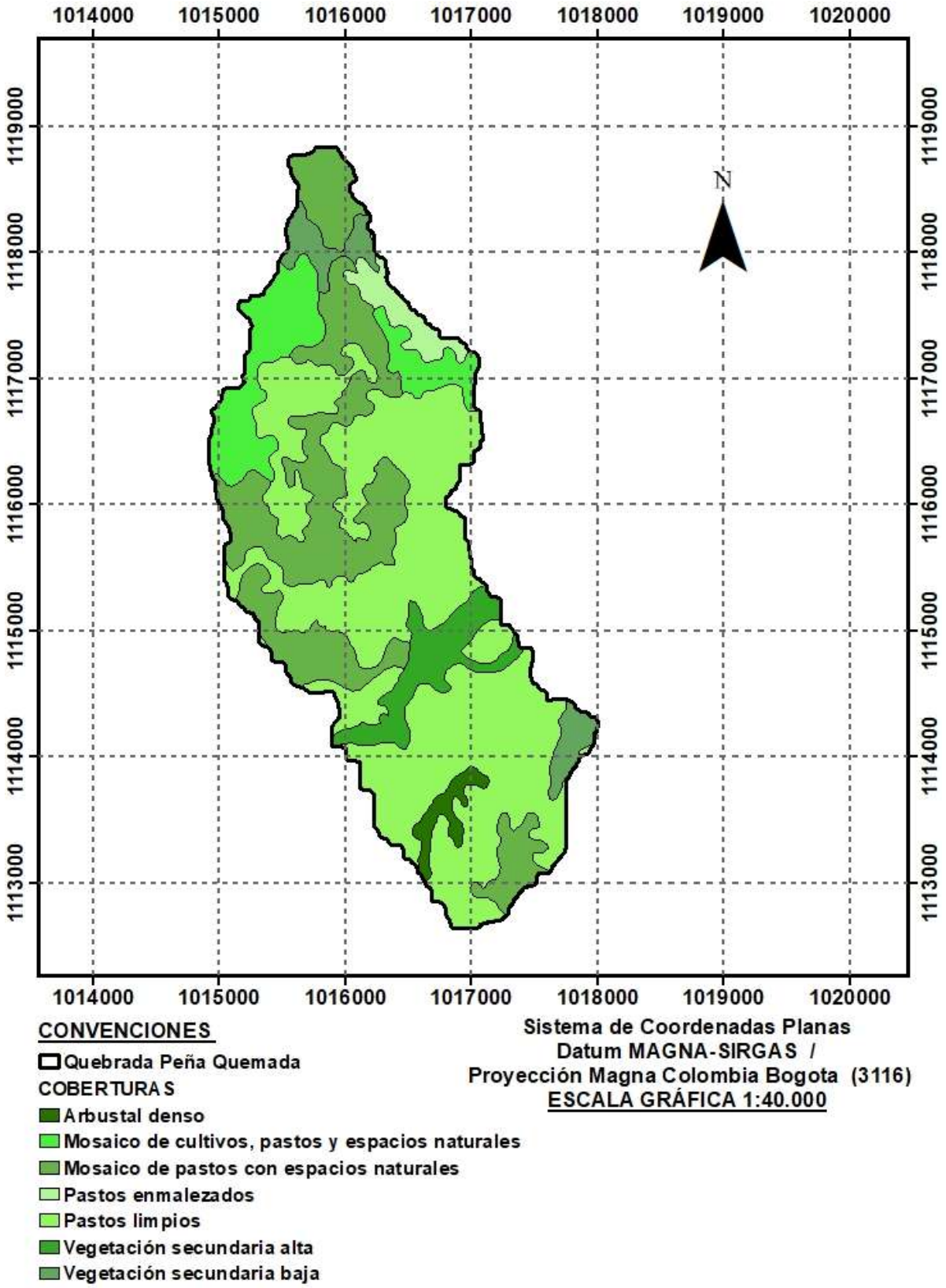


Figura 2.3 Clasificación cobertura vegetal, Quebrada Peña Quemada

De acuerdo con la distribución, tipo de cobertura y uso del suelo, apoyados en material de cartografía e Imágenes del Satélite Landsat 8 TM, se realiza la evaluación del Número de Curva CN(II) para el área de drenaje. Los resultados de la evaluación del Número de Curva CN(II), se relacionan en la Tabla 2.13.

Tabla 2.13 Evaluación del Número de Curva CN(II)

QUEBRADA PEÑA QUEMADA	SUELO HIDROLÓGICO		
USO DEL SUELO Y COBERTURA	**C**		
	% ÁREA	CN	Producto
Vegetación Densa	36.99%	70	25.89
Vegetación Normal	11.49%	77	8.85
Pastizal o Arbustos	29.71%	78	23.17
Pasto Mejorado / Cultivo	20.36%	82	16.69
Sin Cobertura	1.46%	91	1.33
Σ	100.00%		75.93
CN(II) PONDERADO			75.93

El número de curva CN (III), se obtiene a partir del número de curva CN (II), mediante la siguiente ecuación:

$$CN(III) = \frac{23CN(II)}{10 + 0.13CN(II)} \qquad \textbf{2.23}$$

$$CN(III) = \frac{23 \times 75.93}{10 + 0.13 \times 75.93} = 87.89$$

La evaluación de la precipitación efectiva, por el método Número de Curva - SCS, tomando el hietograma de lluvia sintético, corresponde a un proceso que desarrolla internamente el modelo HEC-HMS 4.9, habiendo proporcionado el valor del CN.

2.5 EVALUACIÓN DE CAUDALES

La cuenca de la Quebrada Peña Quemada, corresponde a una corriente superficial que tiene su origen en el departamento de Boyacá, con elevaciones inferiores a los 2505 m.s.n.m.

2.5.1 ANÁLISIS DE CAUDALES MÍNIMOS

La cuenca de la Quebrada Peña Quemada, delimitada hasta el sitio del puente, conforma un área de drenaje de 9.37 km^2. En la región es usual que cuencas de magnitud menor no estén instrumentadas con estaciones hidrométricas que permitan una estimación directa de caudales mínimos. De acuerdo con el rendimiento hídrico evaluado por medio del sistema de información ambiental de Colombia (SIAC), de 5.78 Lps/km^2, se estima un caudal mínimo de 0.05 m^3/s, para la Quebrada Peña Quemada en el sitio de análisis.

2.5.2 ANÁLISIS DE CAUDALES MEDIOS

El análisis de caudales medios se realiza con el objeto de obtener un caudal base de referencia para ser considerado en la implantación del modelo lluvia-escorrentía. La determinación de caudal medio se realiza adoptando el rendimiento hídrico evaluado por medio del SIAC, de 45 Lps/km^2. El caudal medio estimado para la Quebrada Peña Quemada es de 0.42 m^3/s.

2.5.3 ANÁLISIS DE CAUDALES MÁXIMOS

Para efectos de estimar el caudal máximo correspondiente a los distintos periodos de retorno, se adoptaron métodos hidrológicos consistentes en el empleo de Hidrogramas Unitarios Sintéticos, específicamente el *SCS UH Model*[3].

2.5.4 ANÁLISIS DE CRECIENTES

La estimación de lo hidrogramas de creciente se realizó empleando el modelo de tipo sintético propuesto por The Soil Conservation Service, más conocido como *SCS UH Model*. Este modelo involucra las características fisiográficas de la cuenca y la precipitación máxima para la cual ocurrirá el caudal en un período de retorno específico.

Cuando la precipitación efectiva cambia en magnitud para los diferentes intervalos de tiempo (intervalos de igual duración), que conforman la duración total de la lluvia, se hace necesario realizar una convolución para determinar el hidrograma compuesto. En este caso los caudales para los distintos periodos de retorno se evaluaron mediante el programa de modelación hidrológica HEC-HMS 4.9, el cual tiene implementado el SCS *UH Model*.

[3] US ARMY CORPS OF ENGINEERS, HYDROLOGIC ENGINEERING CENTER; HEC-HMS, Technical Reference Manual.; March 2000

La evaluación de los respectivos hidrogramas se realiza mediante el modelo de tipo sintético *SCS UH Model*. Este modelo involucra las características fisiográficas de la cuenca y la precipitación máxima para la cual ocurrirá el caudal en un período de retorno específico.

El caudal máximo del SCS *UH Model,* se calcula mediante la ecuación:

$$U_p = \frac{C \times P_e \times A}{T_p} \quad \textbf{2.24}$$

Dónde:

U_p = Es el Caudal máximo, en m^3/s
A = Es el área de la cuenca hasta el sitio de interés, en Km^2.
P_e = Es la precipitación efectiva evaluada de acuerdo con la metodología del CN, en mm.
C = Constante de conversión.
T_p =Tiempo al pico del UH SCS, es el tiempo que transcurre desde el inicio de la Creciente hasta la ocurrencia del caudal máximo instantáneo, en horas.

El tiempo al pico del hidrograma se evalúa mediante la expresión:

$$T_p = \frac{\Delta t}{2} + t_{lag} \quad \textbf{2.25}$$

Dónde:

Δt = Es la duración efectiva de la lluvia.
t_{lag} = Tiempo de retardo.

En cuencas no instrumentadas el SCS sugiere calcular el tiempo de retardo del hidrograma unitario, relativo al tiempo de concentración, como $t_{lag} = 0.6T_c$.

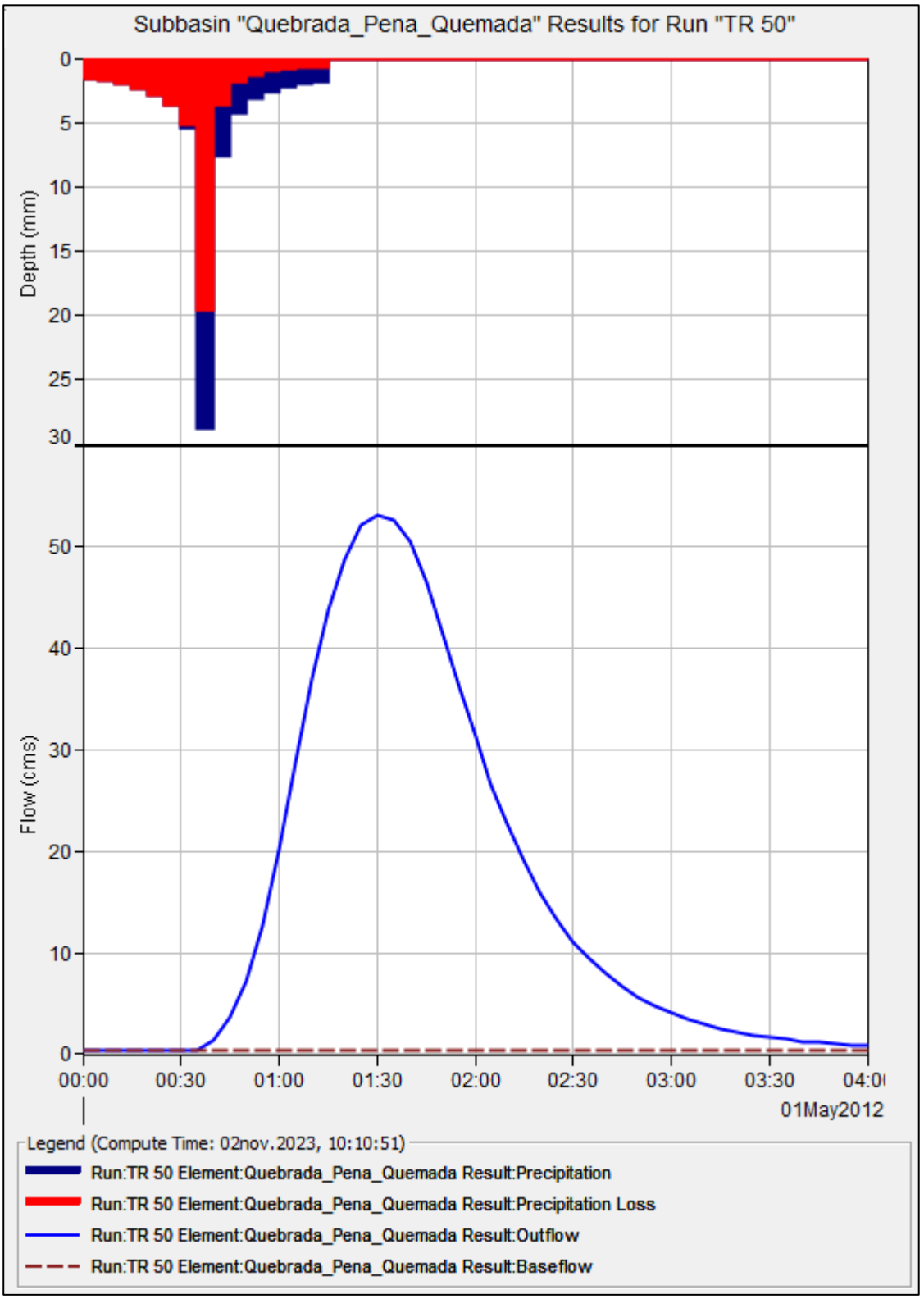
Dentro del análisis de crecientes se realizó la evaluación de caudales máximos para periodos de retorno de 2.33, 5, 10, 15, 25, 50 y 100 años respectivamente. Los resultados del análisis de crecientes se presentan en la Tabla 2.14, en la Gráfica 2.9 se presenta el hidrograma de creciente, para un periodo de retorno de 50 años. Un complemento a los resultados expuestos se relaciona en el Anexo 4.



Figura 2.4 Esquema Modelo Hidrológico Quebrada Peña Quemada, HEC HMS 4.9

Tabla 2.14 Caudales Máximos Evaluados

Tr Años	Quebrada Peña Quemada (m^3/s)
2	13.39
2.33	14.41
5	20.79
10	28.20
15	33.41
25	41.01
50	53.19
100	68.39



Gráfica 2.9 Hidrograma de Creciente, Tr = 50 años

2.5.5 CAUDALES DE DISEÑO

En consideración a la magnitud de la corriente de agua superficial y las características de longitud o luz del puente requerido, de acuerdo con las recomendaciones del Manual de Drenaje de Carreteras del INVIAS, el caudal de diseño referente para determinación del galibo vertical correspondiente a eventos de creciente con periodo de retorno de 50 años, así como la verificación del fenómeno de socavación para eventos de creciente con periodo de retorno de 100 años.

2.5.6 ANÁLISIS DE SEDIMENTOS

El análisis de sedimentos consintió en realizar una caracterización de los diámetros de partículas del fondo de la Corriente. Se determinó que el material de fondo predominante es de tipo granular con diversidad de tamaños. Desde el punto de vista sedimentológico se estima para el material en suspensión la presencia de partículas hasta 2 milímetros y como sedimento de fondo una variación generalizada que contempla partículas superiores a 2 milímetros. Teniendo en cuenta que el transporte de sedimentos en corrientes de agua superficial está compuesto por una parte correspondiente al transporte en supresión y otra al transporte de fondo, la fracción de granulometría más fina se integra al transporte en suspensión mientras que la fracción granulométrica de mayor tamaño conforma el transporte de fondo, es así que para el caso particular se ha estimado el transporte en suspensión para partículas de hasta 2 milímetros, mientras tamaños mayores conforman la fracción de transporte de fondo. El Anexo 4 relaciona los resultados de clasificación granulométrica para material del lecho de la Quebrada Peña Quemada.

3. ESTUDIOS HIDRÁULICOS

Los estudios hidráulicos comprenden la evaluación de las características locales de dinámica fluvial y la aplicación de modelos de simulación y calculo requeridos para determinar el comportamiento de parámetros hidráulicos en el tramo de corriente analizado.

3.1 GEOMORFOLOGÍA

Uno de los factores que más afecta la morfología fluvial es la geología y en especial la litología, la estructura y la tectónica.

La cantidad y características de los sedimentos dependen principalmente de la geología; especialmente de la litología, estructura y meteorización (Suarez, 2001)

El sitio de ponteadero se localiza sobre una cuenca hidrográfica en una zona de montaña. Dadas las condiciones de una cuenca el cauce desarrolla una pendiente longitudinal empinada dando lugar a un régimen de flujo torrencial.

3.2 DINÁMICA E HIDRÁULICA FLUVIAL

El sitio de ponteadero sobre la Quebrada Peña Quemada, al estar ubicado en una cuenca de zona de montaña, conforma un cauce donde predominan las pendientes longitudinales empinadas asimilándose a un cauce torrencial, lo cual le permite desarrollar una buena capacidad de transporte de volúmenes líquidos y de sedimentos. Geométricamente la sección hidráulica del cauce en el sitio de ubicación del puente se encuentra definida y tiene la capacidad para transportar los volúmenes líquidos y sólidos que se puedan generar en crecientes ordinarias.

3.3 HIDRÁULICA GENERAL

El análisis y modelación hidráulica para la Quebrada Peña Quemada, tiene como propósito determinar la magnitud de las variables hidráulicas que permiten caracterizar o describir el flujo, bajo las condiciones generadas por las crecientes proyectadas a distintos periodos de retorno.

Teniendo en cuenta que, el cauce de la Quebrada Peña Quemada está claramente definido y el flujo en esencialmente unidimensional, se adopta para propósitos de evaluación hidráulica el Modelo y software de análisis hidráulico HEC-RAS 6.1 (*Hydrologic Engineering Center-River Análisis System*).

3.3.1 MODELO DE ANÁLISIS HIDRÁULICO

La modelación hidráulica de la corriente para el tramo de interés, se realizó mediante el Modelo y software de análisis hidráulico HEC-RAS 6.1 (*Hydrologic Engineering Center-River Análisis System*), desarrollado y publicado por US Army Corps of Engineers, el cual corresponde a una actualización o nueva generación de los modelos HEC-2 y HEC-6. El software HEC-RAS 6.1 se fundamenta en esquemas de resolución 1D y 2D de las ecuaciones de Barré de Saint-Venant, con capacidad de modelar hidráulicamente flujos subcríticos, supercríticos y mixtos.

3.3.1.1 Ecuaciones Gobernantes Modelo de Análisis Hidráulico

En corrientes superficiales donde existe un cauce definido, su representación puede obtenerse con buena aproximación a partir de un modelo de resolución unidimensional de las ecuaciones de Barré de Saint-Venant. En forma general las ecuaciones de conservación de masa y de momentum en un modelo de unidimensional se expresan, según se relaciona a continuación.

Ecuación de conservación de masa (Continuidad):

$$\frac{\partial A}{\partial t} + \frac{\partial Q}{\partial x} - q_l = 0 \qquad \textbf{3.1}$$

Ecuación de Momentum.

$$\frac{\partial Q}{\partial t} + V\frac{\partial Q}{\partial x} + gA\left(\frac{\partial z}{\partial x} + S_f\right) = 0 \qquad \textbf{3.2}$$

Donde A corresponde al área de sección transversal; Q al caudal total; t el tiempo; x la dirección principal de flujo (dirección longitudinal del canal); q_l caudal unitario lateral; V velocidad media en la dirección principal de flujo; g aceleración de la gravedad; z elevación de la superficie del flujo; S_f pendiente de fricción.

La evaluación de las pérdidas de energía por fricción en el modelo HEC-RAS 6.1 se realizan mediante el uso de la fórmula de Manning, siendo su representación matemática en sistema internacional de unidades la siguiente:

$$Q = \frac{1}{n} A \times R^{2/3} \times S_f^{1/2} \qquad \textbf{3.3}$$

Donde Q corresponde al caudal total; A al área de sección transversal; n el coeficiente de rugosidad de Gauckler-Manning; R el radio hidráulico $(R = A/P)$; P el perímetro mojado; S_f pendiente de fricción.

Las corrientes superficiales de cauce natural, normalmente desarrollan secciones compuestas donde se identifica un canal central y dos zonas denominadas llanuras de inundación ubicadas una a izquierda y otra a derecha del canal principal. Dependiendo del grado de confinamiento de la corriente y la magnitud del caudal transportado estas zonas adyacentes pueden ser o no ocupadas por el flujo. Durante un evento de creciente, en la etapa inicial el flujo suele estar confinado al canal central, posteriormente en la medida que se incrementa el caudal transportado y se alcanzan niveles de desbordamiento sobre la llanura de inundación, esta funciona como una zona de almacenamiento. Una vez la capacidad de almacenamiento de la llanura de inundación es ocupada se genera una condición de flujo hacia aguas abajo. Luego en la etapa de recesión de la creciente, al disminuir el caudal transportado y por consiguiente los niveles de flujo el caudal vuelve a concentrarse sobre el canal central. El modelo HEC-RAS 6.1, para efectos evaluar el comportamiento del flujo tanto en el canal central como en la llanura de inundación distribuye la descarga de acuerdo con la función de transporte, K, siendo esta:

$$K = \frac{A^{5/3}}{nP^{2/3}} \qquad \textbf{3.4}$$

En consecuencia, se definen las siguientes relaciones:

$$Q_c = \Phi Q \qquad \textbf{3.5}$$

$$\Phi = \frac{K_c}{K_c + K_f} \qquad \textbf{3.6}$$

Con fundamento en los anteriores supuestos, la solución completa de las ecuaciones de Barré de Saint-Venant, para una condición de flujo unidimensional puede ser expresada como se relaciona en seguida.

Ecuación de conservación de masa (Continuidad):

$$\frac{\partial A}{\partial t} + \frac{\partial(\Phi Q)}{\partial x_c} + \frac{\partial[(1-\Phi)Q]}{\partial x_f} = 0 \qquad \textbf{3.7}$$

Ecuación de Momentum.

$$\frac{\partial Q}{\partial t} + \frac{\partial\left(\frac{\Phi^2 Q^2}{A_c}\right)}{\partial x_c} + \frac{\partial\left[\frac{(1-\Phi)^2 Q^2}{A_f}\right]}{\partial x_f} + gA_c\left(\frac{\partial Z}{\partial x_c} + S_{fc}\right) + gA_f\left(\frac{\partial z}{\partial x_f} + S_{ff}\right) = 0.0 \qquad \textbf{3.8}$$

Siendo:

$$S_{fc} = \frac{\Phi^2 Q^2 n_c^2}{R_c^{4/3} A_c^2} \quad \textbf{3.9}$$

$$S_{ff} = \frac{(1-\Phi)^2 Q^2 n_f^2}{R_f^{4/3} A_f^2} \quad \textbf{3.10}$$

Donde la variable Φ corresponde al porcentaje de distribución del flujo entre el canal y la llanura de inundación, de acuerdo a los coeficientes de transporte K_c y $K_{f;}$ los subíndices c y f indican la correspondencia al canal y a la llanura de inundación respectivamente.

Las ecuaciones gobernantes del modelo de análisis hidráulico relacionadas anteriormente, para su resolución en HEC-RAS 6.1, se aproximan mediante un esquema implícito de diferencias finitas y son solucionadas numéricamente utilizando un proceso iterativo fundamentado en técnicas de Newton-Raphson.

El cómputo de las variables hidráulicas velocidad y profundidad, así como el correspondiente perfil de flujo se realiza mediante la resolución de la ecuación de energía entre secciones consecutivas utilizando el método iterativo del paso estándar. A continuación, se relaciona la representación matemática de la ecuación de energía.

$$Z_2 + Y_2 + \frac{\alpha_2 V_2^2}{2g} = Z_1 + Y_1 + \frac{\alpha_1 V_1^2}{2g} + h_e \quad \textbf{3.11}$$

Donde los subíndices 1 y 2 hacen referencia a las secciones aguas abajo y aguas arriba, respectivamente; Z corresponde a la elevación del fondo del cauce en el canal central; Y a la profundidad de flujo; V a la velocidad media; α al coeficiente de Coriolis; g a la aceleración de la gravedad; h_e a las pérdidas de energía.

La pérdida de energía por fricción y contracción o expansión, entre dos secciones consecutivas, se evalúa mediante:

$$h_e = L\overline{S}_f + C\left|\frac{\alpha_2 V_2^2}{2g} - \frac{\alpha_1 V_1^2}{2g}\right| \quad \textbf{3.12}$$

Donde L es la longitud promedio ponderada del cauce; $\overline{S}_f$ la pendiente de fricción; C el coeficiente de pedidas por contracción o expansión.

La longitud promedio ponderada del cauce se evalúa como:

$$L = \frac{L_{lob}\overline{Q}_{lob} + L_{ch}\overline{Q}_{ch} + L_{rob}\overline{Q}_{rob}}{\overline{Q}_{lob} + \overline{Q}_{ch} + \overline{Q}_{rob}} \quad \textbf{3.13}$$

Donde los subíndices *lob, ch, rob* hacen referencia a la llanura de inundación izquierda, el canal central y la llanura de inundación derecha, respectivamente.

3.3.1.2 Requisitos de datos básicos

La implementación de modelos de análisis hidráulico en HEC-RAS, demanda ciertos requisitos básicos de información, que deben ser previamente considerados y preparados por el modelador. Dicha información depende del tipo de simulación a realizar, es decir, si corresponde a una condición de flujo permanente donde se transita un conjunto de datos de flujo discretos o si concierne a una simulación para flujo no permanente donde se transita un hidrograma a través del sistema. Indistintamente del tipo de simulación se debe tener tanto la información de carácter geométrico que define el cauce como los coeficientes de resistencia al flujo.

La elaboración modelos de flujo permanente requiere de la información correspondiente a las condiciones de frontera y el conjunto de datos de caudal a transitar. En flujo permanente es una práctica recomendable realizar una identificación preliminar del régimen presente, es decir, si predomina flujo subcrítico o supercrítico, con lo cual se determina la ubicación del control hidráulico y por consiguiente la frontera representativa para el modelo, sin embargo, HEC-RAS permite definir de manera simultánea condiciones de frontera tanto aguas arriba como aguas abajo, que además es requisito para el análisis de flujo mixto. Las condiciones de frontera permitidas para flujo permanente son: elevación conocida de la superficie de agua asociada a un caudal; profundidad critica; profundidad normal (asociada a la pendiente de la línea de energía y ecuación de Manning); curva de calibración.

Implementar modelos para flujo no permanente demanda de información correspondiente a condiciones de frontera y condiciones iniciales. Las condiciones de frontera deben ser establecidas en todos los extremos abiertos del sistema de cauces que conforman el modelo, es decir, tanto aguas arriba como aguas abajo.

4. ANÁLISIS DE SOCAVACIÓN

La estructura objeto de los análisis hidráulicos corresponde a un puente vehicular el cual se ha integrado al modelo de simulación para determinar su incidencia en el comportamiento hidráulico de la corriente y evaluar los efectos de socavación general y local en pilas y/o estribos, derivados de la intervención del cauce.

4.1 SOCAVACIÓN GENERAL

El incremento de caudal y energía del flujo en eventos de creciente tiende a modificar en profundidad, lateralmente o en ambas direcciones la geometría del cauce para habilitar el área hidráulica que le permita conducir esos máximos volúmenes.

Existen diversas metodologías para evaluar la socavación general, particularmente la Herramienta HEC-RAS 6.1. Permite evaluar la socavación general por contracción, es decir, la socavación inducida por la implantación de la estructura y su intervención en el área hidráulica natural de la corriente.

4.1.1 SOCAVACIÓN GENERAL POR CONTRACCIÓN

La evaluación de socavación general por contracción se realiza para la hipótesis "*live-bed*", es decir, que el flujo incidente se supone transporta carga de sedimento. El presente análisis constituye primordialmente un indicativo de la capacidad erosiva del régimen de flujo, puesto que la reducción de la capacidad hidráulica del cauce es menor, dada la ubicación de las unidades de infraestructura del Puente.

El modelo adoptado para el análisis de socavación general por contracción corresponde al método de Laursen modificado, publicado en el Boletín HEC-18.

$$\frac{y_2}{y_1} = \left(\frac{Q_2}{Q_1}\right)^{6/7} \left(\frac{W_1}{W_2}\right)^{k_1} \qquad \textbf{4.1}$$

$$y_s = y_2 - y_0 \qquad \textbf{4.2}$$

Dónde:

Q_1 = Caudal en la sección aguas arriba, en m^3/s.
Q_2 = Caudal en la sección contraída, en m^3/s.
W_1 = Ancho de la sección aguas arriba, en m.
W_2 = Ancho de la sección contraía, menos el ancho de las pilas, en m.
y_0 = profundidad promedio de la sección antes de la socavación.

y_1 = profundidad promedio de la sección aguas arriba.
y_2 = profundidad promedio de equilibrio en la sección socavada.
k_1 = coeficiente que depende del modo de transporte de sedimentos.
y_s = profundidad de socavación.

4.1.2 SOCAVACIÓN GENERAL MÉTODO DE MAZA

El método de Maza para evaluar socavación general adopta el supuesto donde el ancho de sección y el caudal permanecen constantes durante el proceso erosivo; lo anterior concluye que la socavación evaluada es netamente vertical y su aplicación se direcciona a corrientes con márgenes estables. Para suelos no cohesivos Homogéneos se tiene:

$$H_s = \left(\frac{\alpha H_0^{5/3}}{0.68\ \beta\ \mu\ \varphi\ d_m^{0.28}} \right)^{\frac{1}{1+z}} \quad \textbf{4.3}$$

Donde:

H_s = Profundidad de la lámina de agua medida desde la superficie hasta el fondo erosionado, en metros.
H_0 = Profundidad inicial del flujo, en metros.
α = Coeficiente de sección o de distribución de gasto.

$$\alpha = \frac{Q_d}{H_m^{5/3}\ B_e} \quad \textbf{4.4}$$

Q_d = Caudal de diseño
H_m = profundidad media de la lámina de agua en la sección
B_e = Ancho efectivo de la sección
β = Coeficiente de frecuencia.
μ = Coeficiente de corrección por Contracción del flujo.
φ = Coeficiente de corrección por densidad del agua.
d_m = Diámetro medio de partículas del material granular
z = Exponente variable que depende del diámetro medio de partículas del material granular

4.2 SOCAVACIÓN LOCAL EN ESTRIBOS

El efecto de socavación local, en este caso, corresponde al generado alrededor de estructuras tales como estribos de puente, el modelo de análisis a utilizar corresponde a la ecuación desarrollada por el Dr. David Froehlich., la cual se presenta a continuación:

$$y_s = 2.27 K_1 K_2 (L')^{0.43} y_a^{0.57} F_r^{0.61} + y_a \qquad \textbf{4.5}$$

Dónde:

y_s = profundidad de socavación, en m.

K_1 = factor de corrección por forma del estribo.

K_2 = factor de corrección por ángulo de incidencia (θ) del flujo con el estribo.

= $\theta^{0.13}$

θ = 90° cuando el flujo es perpendicular a los estribos.

θ < 90° para puntos del estribo aguas abajo.

θ > 90° para puntos del estribo aguas arriba.

L' = Longitud del estribo proyectada normal al flujo.

y_a = profundidad de flujo promedio en la llanura de inundación para una sección cercana.

F_r = Numero de Froude para el flujo de la llanura de inundación en una sección cercana, $F_r = V_e / \sqrt{g \times y_a}$

Q_e = flujo obstruido por los estribos y el terraplén de aproximación en una sección cercana, en m^3/s.

A_e = Área de flujo obstruida por los estribos y el terraplén de aproximación en una sección cercana, en m^2.

V_e = Q_e/A_e , en m/s.

5. MEMORIAS DE CÁLCULO HIDRÁULICO

Las memorias de cálculo hidráulico tienen por objeto relacionar la aplicación de los modelos hidráulicos en los análisis correspondientes a este proyecto.

El desarrollo de la evaluación hidráulica para el tramo de la Quebrada Peña Quemada en el sector de ponteadero comprende la implementación del modelo de análisis hidráulico mediante a la herramienta de software especializado HEC-RAS 6.1. y la correspondiente estimación de las variables hidráulicas que caracterizan el flujo, considerando los eventos de creciente para los periodos de retorno relacionados en el estudio hidrológico.

5.1 IMPLEMENTACIÓN MODELO DE ANÁLISIS HIDRÁULICO

Según se relacionó previamente, el modelo de análisis hidráulico seleccionado corresponde al software HEC-RAS 6.1, que constituye una herramienta especializada para este tipo de análisis, siendo su utilización ampliamente documentada y aceptadas en distintas partes del mundo dado la certidumbre de los resultados.

La implementación de modelos de análisis hidráulico en HEC-RAS, demanda ciertos requisitos básicos de información, que deben ser previamente considerados y preparados por el modelador. Indistintamente del tipo de simulación se debe tener tanto la información de carácter geométrico que define el cauce como los coeficientes de resistencia al flujo.

Teniendo en consideración que, de acuerdo con el tipo de cauce y estructura a evaluar, la creciente a considerar corresponde a la evaluada para el periodo de retorno de 50 años, donde se espera una ocupación generalizada de la sección hidráulica del cauce, la dirección de flujo predominante se desarrolla en sentido longitudinal, por consiguiente, un modelo unidimensional de flujo permanente se considera satisfactorio para estimar las variables hidráulicas que caracterizan el flujo.

La elaboración de modelos de flujo permanente requiere de la información correspondiente a las condiciones de frontera y el conjunto de datos de caudal a transitar. Las condiciones de frontera permitidas para flujo permanente son: elevación conocida de la superficie de agua asociada a un caudal; profundidad critica; profundidad normal (asociada a la pendiente de la línea de energía y ecuación de Manning); curva de calibración. La Figura 5.1, muestra esquemáticamente el modelo geométrico del cauce natural elaborado a partir de la información topográfica

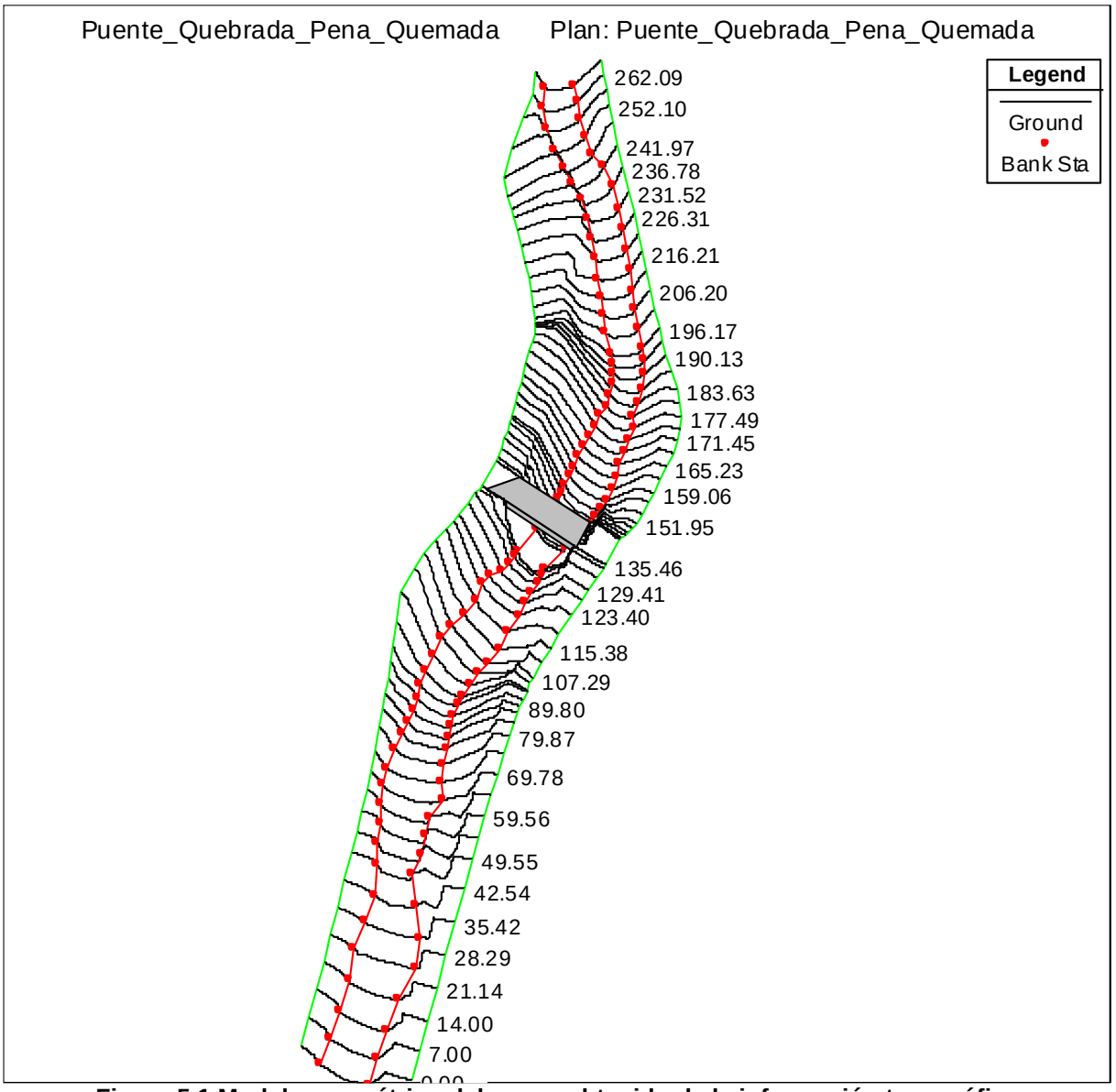


Figura 5.1 Modelo geométrico del cauce obtenido de la información topográfica

La Figura 5.2, presenta la disposición en planta del modelo de análisis hidráulico implementado en HEC-RAS 6.1. El modelo está compuesto por 57 secciones transversales, sobre las que se ha definido tanto la zona de canal central como las márgenes izquierda y derecha.

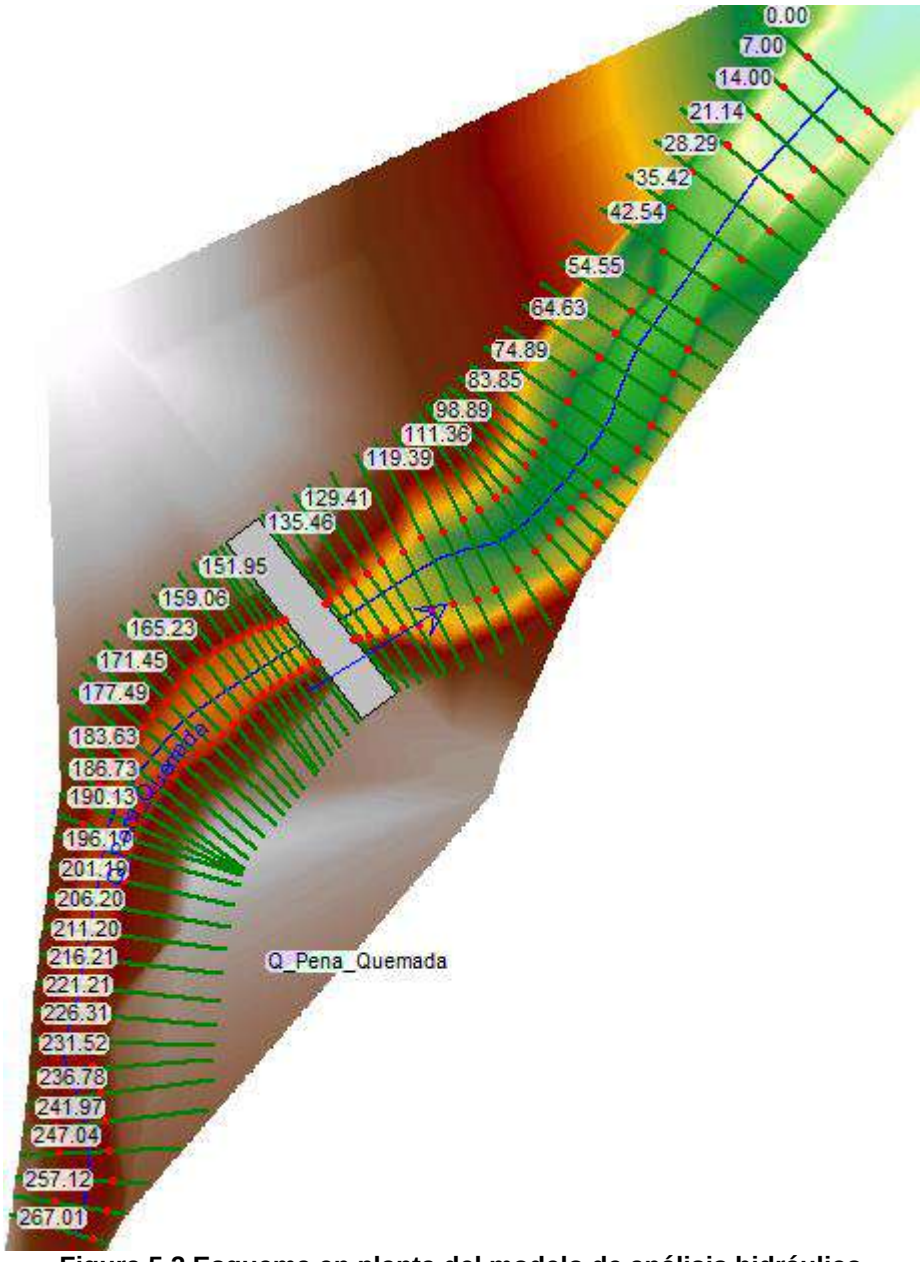


Figura 5.2 Esquema en planta del modelo de análisis hidráulico

5.1.1 PARÁMETROS DE RESISTENCIA AL FLUJO: EVALUACIÓN DEL COEFICIENTE DE MANNING

La evaluación de las corrientes superficiales mediante el programa HEC-RAS 6.1 utiliza la ecuación de Manning para el cálculo de la resistencia al flujo, por lo tanto, se requiere definir el coeficiente de rugosidad de Manning tanto para el canal principal como para las bancas o llanura de inundación. El coeficiente de Manning básicamente se encuentra determinado por el tipo de material que conforma la sección hidráulica y características de sección como son: grado de irregularidad del cauce, variaciones de la sección

transversal, efecto de obstrucciones, presencia de vegetación y el efecto derivado de la presencia de meandros.

Con el propósito de involucrar el efecto de los distintos factores que inciden en el coeficiente de Manning (Cowan, 1956), propuso una metodología basada la siguiente ecuación:

$$n = (n_0 + n_1 + n_2 + n_3 + n_4) \times m_5 \quad \textbf{5.1}$$

Donde n_0 está determinado por el material del cauce que conforma el perímetro mojado, (n_1, n_2, n_3, n_4) están determinadas por las condiciones del canal y *m* corresponde al factor de influencia de meandros.

La Tabla 5.1, relaciona la evaluación del coeficiente de Manning, mediante una adaptación de la tabla de valores característicos relacionados en (Chow, Hidráulica de Canales Abiertos, 1998). La evaluación se realiza para las condiciones del canal y para las bancas se incrementa en 0.01 por efectos de vegetación.

Tabla 5.1 Evaluación Coeficiente de Manning, método de Cowan.

Condiciones del canal		Valores		Valor Adoptado	
Material Involucrado	Tierra	*no*	0.020	0.028	Grava Gruesa
	Corte en Roca		0.025		
	Grava Fina		0.024		
	Grava Gruesa		0.028		
Grado de Irregularidad	Suave	*n1*	0.000	0.01	Moderado
	Menor		0.005		
	Moderado		0.010		
	Severo		0.020		
Variaciones de la Sección Transversal	Gradual	*n2*	0.000	0.005	Ocasionalmente Alterno
	Ocasionalmente Alterno		0.005		
	Frecuentemente Alterno		0.010-0.015		
Efecto Relativo de las Obstrucciones	Insignificante	*n3*	0.000	0.010	Menor
	Menor		0.010-0.015		
	Apreciable		0.020-0.030		
	Severo		0.040-0.060		
Vegetación	Sin vegetacion	*n4*	0.000	0.022	Media
	Baja		0.005-0.010		
	Media		0.010-0.025		
	Alta		0.025-0.050		
	Muy Alta		0.050-0.100		
Grado de los Efectos por Meandros	Menor	*m5*	1.00	1	Menor
	Apreciable		1.15		
	Severo		1.30		

Los coeficientes de rugosidad de Manning, estimados tanto para el cauce como para las bancas de la Quebrada Peña Quemada son:

Coeficiente de Manning canal principal : $\boldsymbol{n = 0.075}$
Coeficiente de Manning llanura de inundación o bancas $\boldsymbol{n = 0.085}$

5.1.2 DATOS DE CAUDAL

La determinación de las variables hidráulicas que caracterizan el flujo, para el cauce de la Quebrada Peña Quemada, se realiza con el propósito de evaluar condiciones de galibo y el comportamiento de las unidades de subestructuras (estribos), frente a la acción del flujo en eventos de creciente para con fundamento en ello dimensionar la estructura. Se determina que para este propósito el análisis hidráulico en condiciones de flujo permanente considerando caudales máximos proyectados en los distintos periodos de retorno es satisfactorio. El Cuadro 5.1, relaciona los caudales (m^3/s), proyectados a distintos periodos de retorno, utilizados en la elaboración del modelo de análisis hidráulico.

Cuadro 5.1 Datos de caudal para distintos periodos de retorno

Flow Change Location				Profile Names and Flow Rates							
	River	Reach	RS	TR 2	TR 2.33	TR 5	TR 10	TR 15	TR 25	TR 50	TR 100
1	Q_Pena_Quemada	Q_Pena_Quemada	267.01	13.39	14.41	20.79	28.2	33.41	41.01	53.19	68.39

5.1.3 CONDICIONES DE FRONTERA

Usualmente para establecer las condiciones de frontera, en primera instancia, se adopta como pendiente longitudinal del cauce evaluada entre las secciones de los extremos aguas arriba y aguas abajo del tramo objeto de modelación, sin embargo, en corrientes de montaña donde los cauce presentan cambios fuertes de pendiente en tramos cortos para obtener una aproximación más cercana a la pendiente de fricción es recomendable evaluar la pendiente de fondo a partir del perfil del modelo hidráulico considerando las tres secciones próximas a la frontera, obteniéndose: aguas arriba, $S_0 \cong 0.065\ m/m$ y aguas abajo $S_0 \cong 0.08\ m/m$. En este tipo de cauces lo usual es que el número de Froude sea cercano a 1.0, para una condición natural, es decir, sin intervenciones que puedan modificar la hidráulica de la corriente. De acuerdo con lo anterior, es evidente que el flujo desarrollado por la corriente superficial se ha de mantener en una condición próxima a la crítica, por consiguiente, es necesario establecer condiciones de frontera para flujo mixto. Realizado un proceso de cálculo iterativo para flujo mixto a partir de los datos de pendiente local del cauce se obtiene el ajuste de la pendiente de fricción, siendo adoptados los valores relacionados en el Cuadro 5.2.

Cuadro 5.2 Condiciones de frontera modelo hidráulico

Selected Boundary Condition Locations and Types				
River	Reach	Profile	Upstream	Downstream
Q_Pena_Quemada	Q_Pena_Quemada	all	Normal Depth S = 0.065	Normal Depth S = 0.08

5.2 EVALUACIÓN DEL MODELO HIDRÁULICO PUENTE QUEBRADA PEÑA QUEMADA

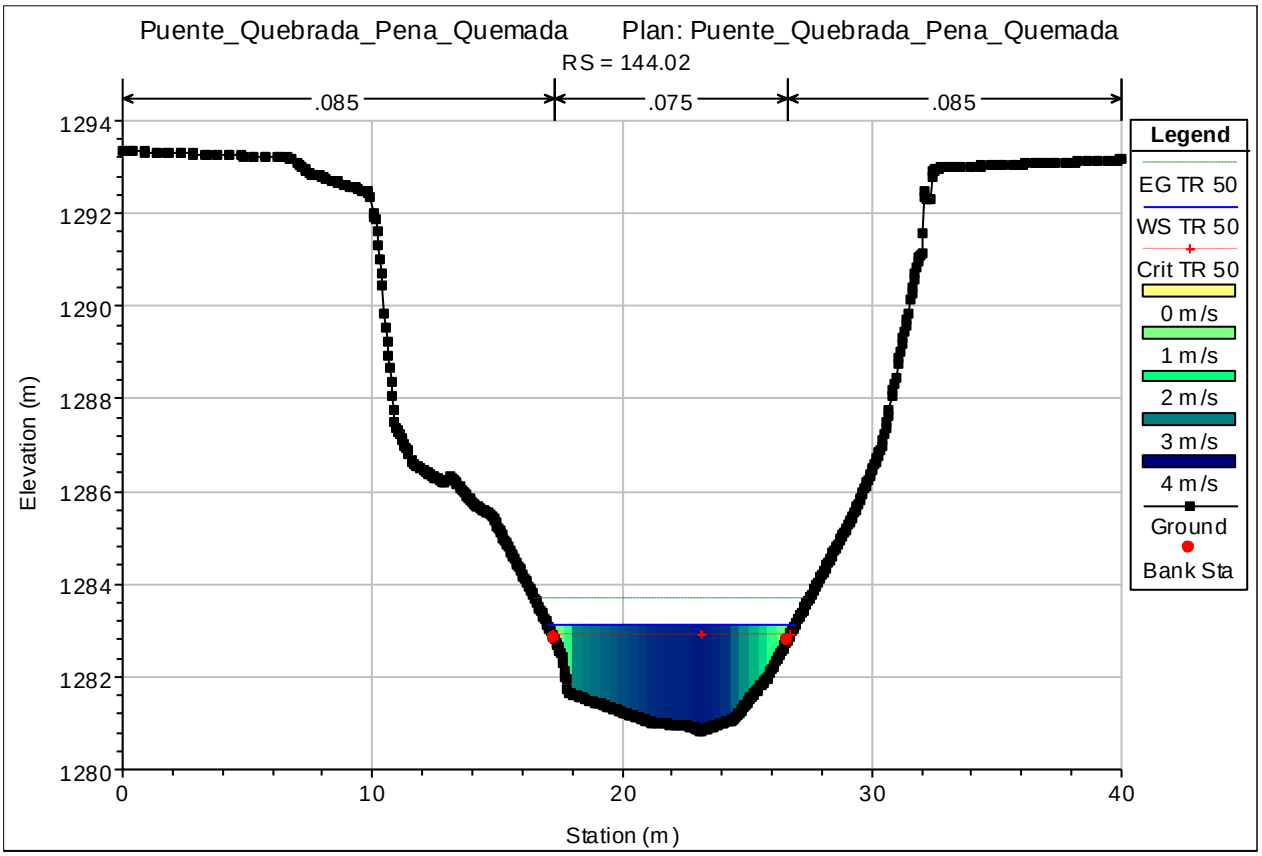
Definido un modelo geométrico del cauce (a partir de secciones transversales), asignados los coeficientes de Manning tanto para el canal principal como para los bancos, habiendo suministrado datos de caudal y establecidas las condiciones de frontera apropiadas aguas arriba y aguas abajo del tramo en estudio, el programa HEC-RAS 6.1, permite desarrollar la modelación.

Determinada la gran similitud de los resultados para la modelación en condiciones de flujo uniforme y flujo no permanente, se adopta para efectos diseño las modelaciones bajo flujo uniforme, puesto que constituyen una carga computacional mucho menor y permiten la rápida evaluación de distintos escenarios con muy buen nivel de aproximación. A continuación, se presentan resultados de la modelación en flujo uniforme para el periodo de retorno de 50 años, en algunas secciones específicas, las cuales constituyen sitios representativos para el análisis de las variables que determinan el flujo y sus correspondientes efectos sobre la morfología del cauce.

Cuadro 5.3 Parámetros hidráulicos sección 144.02, Aguas Arriba del Puente

Plan: Q_Pena_Quemada Q_Pena_Quemada Q_Pena_Quemada RS: 144.02 Profile: TR 50

		Element	Left OB	Channel	Right OB
E.G. Elev (m)	1283.67	Wt. n-Val.	0.085	0.075	0.085
Vel Head (m)	0.54	Reach Len. (m)	1.06	1.01	1.01
W.S. Elev (m)	1283.13	Flow Area (m2)	0.05	16.30	0.06
Crit W.S. (m)	1282.88	Area (m2)	0.05	16.30	0.06
E.G. Slope (m/m)	0.034339	Flow (m3/s)	0.02	53.13	0.03
Q Total (m3/s)	53.19	Top Width (m)	0.29	9.30	0.35
Top Width (m)	9.94	Avg. Vel. (m/s)	0.50	3.26	0.54
Vel Total (m/s)	3.24	Hydr. Depth (m)	0.17	1.75	0.18
Max Chl Dpth (m)	2.29	Conv. (m3/s)	0.1	286.7	0.2
Conv. Total (m3/s)	287.0	Wetted Per. (m)	0.44	10.76	0.50
Length Wtd. (m)	1.01	Shear (N/m2)	37.53	510.27	41.69
Min Ch El (m)	1280.84	Stream Power (N/m s)	18.95	1663.27	22.58
Alpha	1.01	Cum Volume (1000 m3)	0.01	2.27	0.01
Frctn Loss (m)	0.04	Cum SA (1000 m2)	0.05	1.88	0.05
C & E Loss (m)	0.01				

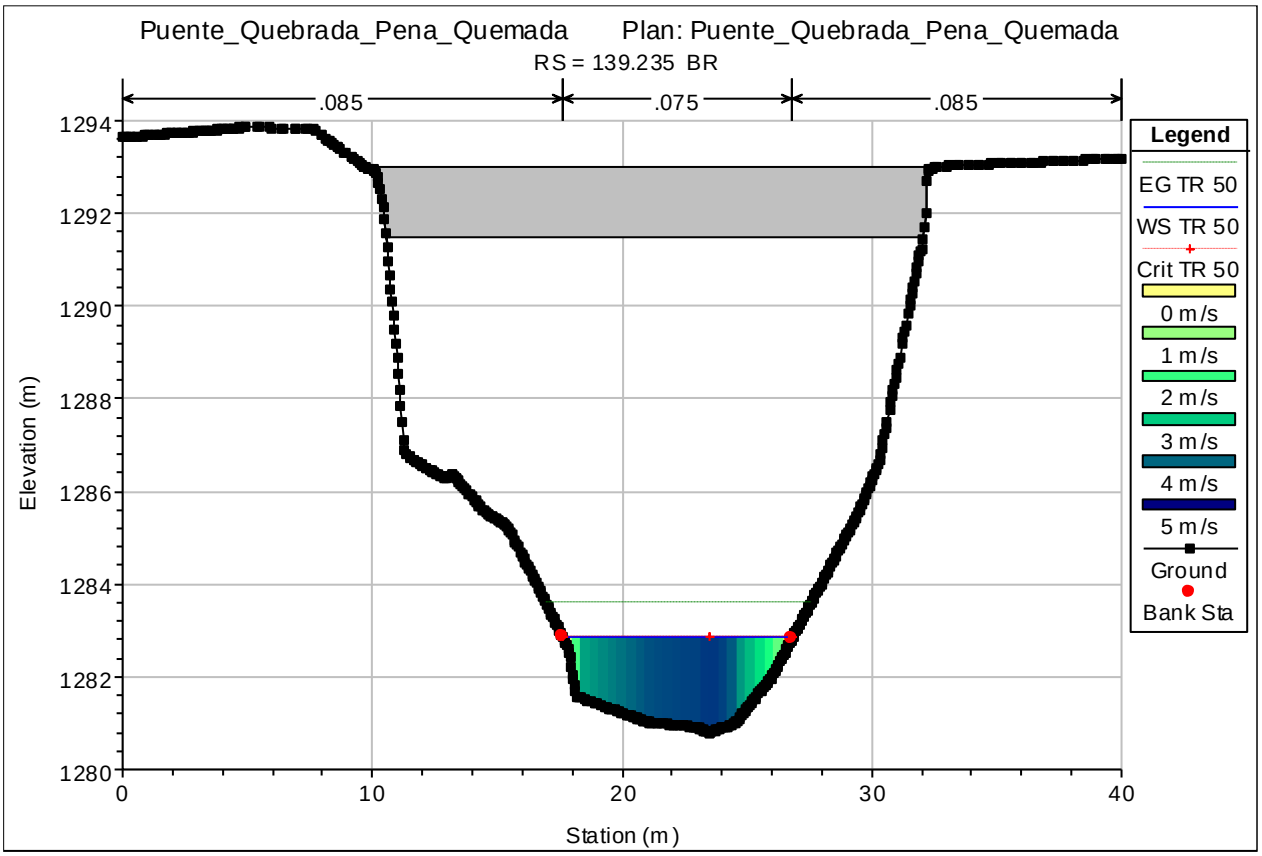


Gráfica 5.1 Distribución de velocidad sección 144.02, Aguas Arriba del Puente

Cuadro 5.4 Parámetros hidráulicos sección 139.235 BR U, Puente Aguas Arriba

Plan: Q_Pena_Quemada Q_Pena_Quemada Q_Pena_Quemada RS: 139.235 BR U Profile: TR 50

		Element	Left OB	Channel	Right OB
E.G. Elev (m)	1283.61	Wt. n-Val.	0.001	0.075	0.085
Vel Head (m)	0.74	Reach Len. (m)	7.54	7.54	7.54
W.S. Elev (m)	1282.87	Flow Area (m2)	0.00	13.92	0.00
Crit W.S. (m)	1282.85	Area (m2)	0.00	13.92	0.00
E.G. Slope (m/m)	0.058580	Flow (m3/s)	0.00	53.19	0.00
Q Total (m3/s)	53.19	Top Width (m)	0.03	9.19	0.04
Top Width (m)	9.25	Avg. Vel. (m/s)	0.12	3.82	0.15
Vel Total (m/s)	3.82	Hydr. Depth (m)	0.01	1.51	0.02
Max Chl Dpth (m)	2.07	Conv. (m3/s)	0.0	219.8	0.0
Conv. Total (m3/s)	219.8	Wetted Per. (m)	0.04	10.80	0.05
Length Wtd. (m)	7.54	Shear (N/m2)		740.40	7.25
Min Ch El (m)	1280.80	Stream Power (N/m s)		2829.79	1.12
Alpha	1.00	Cum Volume (1000 m3)	0.01	2.23	0.01
Frctn Loss (m)	0.40	Cum SA (1000 m2)	0.05	1.86	0.05
C & E Loss (m)	0.02				

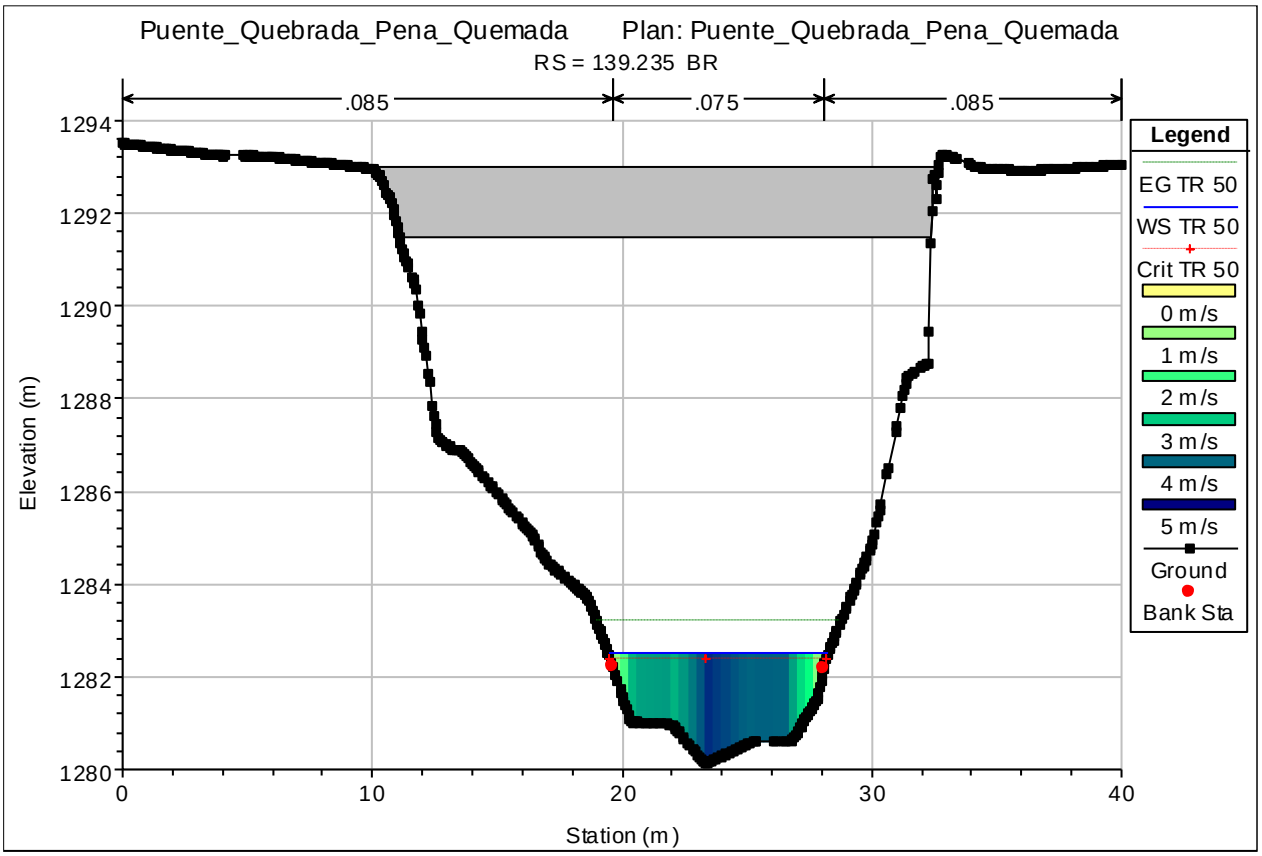


Gráfica 5.2 Distribución de velocidad sección 139.235 BR U, Puente Aguas Arriba

Cuadro 5.5 Parámetros hidráulicos sección 139.235 BR D, Puente Aguas Abajo

Plan: Q_Pena_Quemada Q_Pena_Quemada Q_Pena_Quemada RS: 139.235 BR D Profile: TR 50

		Element	Left OB	Channel	Right OB
E.G. Elev (m)	1283.20				
Vel Head (m)	0.69	Wt. n-Val.	0.085	0.075	0.085
W.S. Elev (m)	1282.51	Reach Len. (m)	0.00	0.00	0.00
Crit W.S. (m)	1282.40	Flow Area (m2)	0.03	14.46	0.03
E.G. Slope (m/m)	0.047686	Area (m2)	0.03	14.46	0.03
Q Total (m3/s)	53.19	Flow (m3/s)	0.01	53.17	0.01
Top Width (m)	8.81	Top Width (m)	0.19	8.43	0.18
Vel Total (m/s)	3.66	Avg. Vel. (m/s)	0.47	3.68	0.43
Max Chl Dpth (m)	2.36	Hydr. Depth (m)	0.15	1.72	0.14
Conv. Total (m3/s)	243.6	Conv. (m3/s)	0.1	243.5	0.1
Length Wtd. (m)	0.00	Wetted Per. (m)	0.35	10.19	0.39
Min Ch El (m)	1280.15	Shear (N/m2)	36.81	663.44	31.62
Alpha	1.01	Stream Power (N/m s)	17.37	2438.93	13.48
Frctn Loss (m)	0.00	Cum Volume (1000 m3)	0.01	2.13	0.01
C & E Loss (m)	0.01	Cum SA (1000 m2)	0.05	1.80	0.05

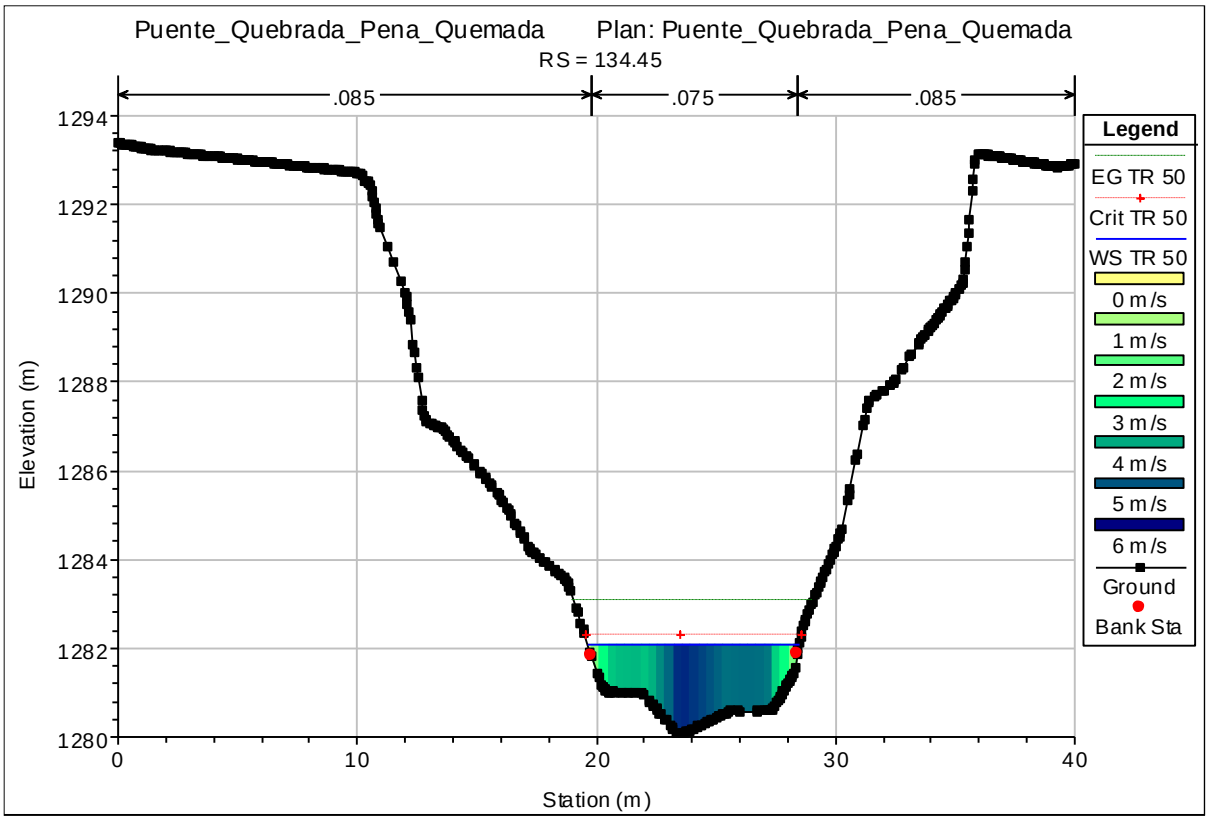


Gráfica 5.3 Distribución de velocidad sección 139.235 BR D, Puente Aguas Abajo

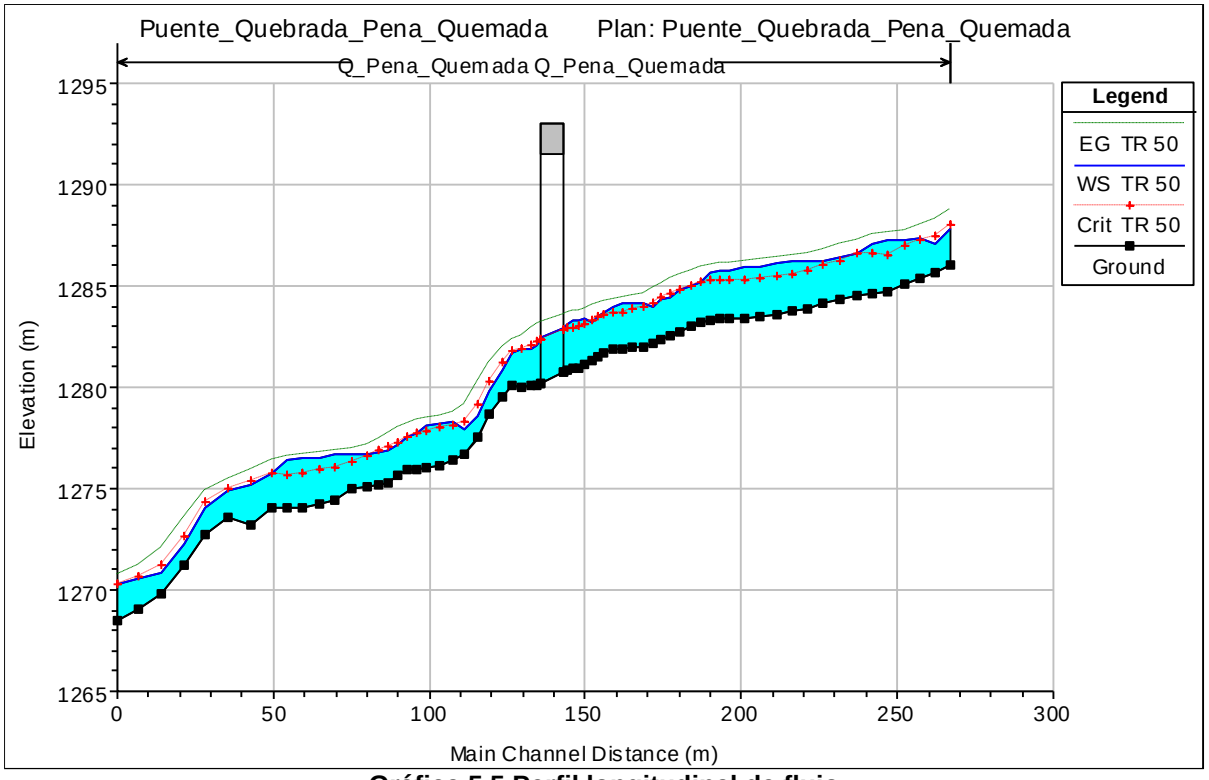
Cuadro 5.6 Parámetros hidráulicos sección 134.45, Aguas Abajo del Puente

Plan: Q_Pena_Quemada Q_Pena_Quemada Q_Pena_Quemada RS: 134.45 Profile: TR 50

		Element	Left OB	Channel	Right OB
E.G. Elev (m)	1283.09	Wt. n-Val.	0.085	0.075	
Vel Head (m)	1.00	Reach Len. (m)	2.14	2.03	2.02
W.S. Elev (m)	1282.09	Flow Area (m2)	0.02	12.03	
Crit W.S. (m)	1282.29	Area (m2)	0.02	12.03	
E.G. Slope (m/m)	0.088845	Flow (m3/s)	0.01	53.18	
Q Total (m3/s)	53.19	Top Width (m)	0.16	8.69	
Top Width (m)	8.85	Avg. Vel. (m/s)	0.57	4.42	
Vel Total (m/s)	4.42	Hydr. Depth (m)	0.13	1.38	
Max Chl Dpth (m)	2.02	Conv. (m3/s)	0.0	178.4	
Conv. Total (m3/s)	178.4	Wetted Per. (m)	0.31	10.25	
Length Wtd. (m)	2.03	Shear (N/m2)	57.70	1022.59	
Min Ch El (m)	1280.07	Stream Power (N/m s)	33.12	4521.93	
Alpha	1.00	Cum Volume (1000 m3)	0.01	2.14	0.01
Frctn Loss (m)	0.19	Cum SA (1000 m2)	0.05	1.79	0.05
C & E Loss (m)	0.00				



Gráfica 5.4 Distribución de velocidad sección 134.45, Aguas Abajo del Puente



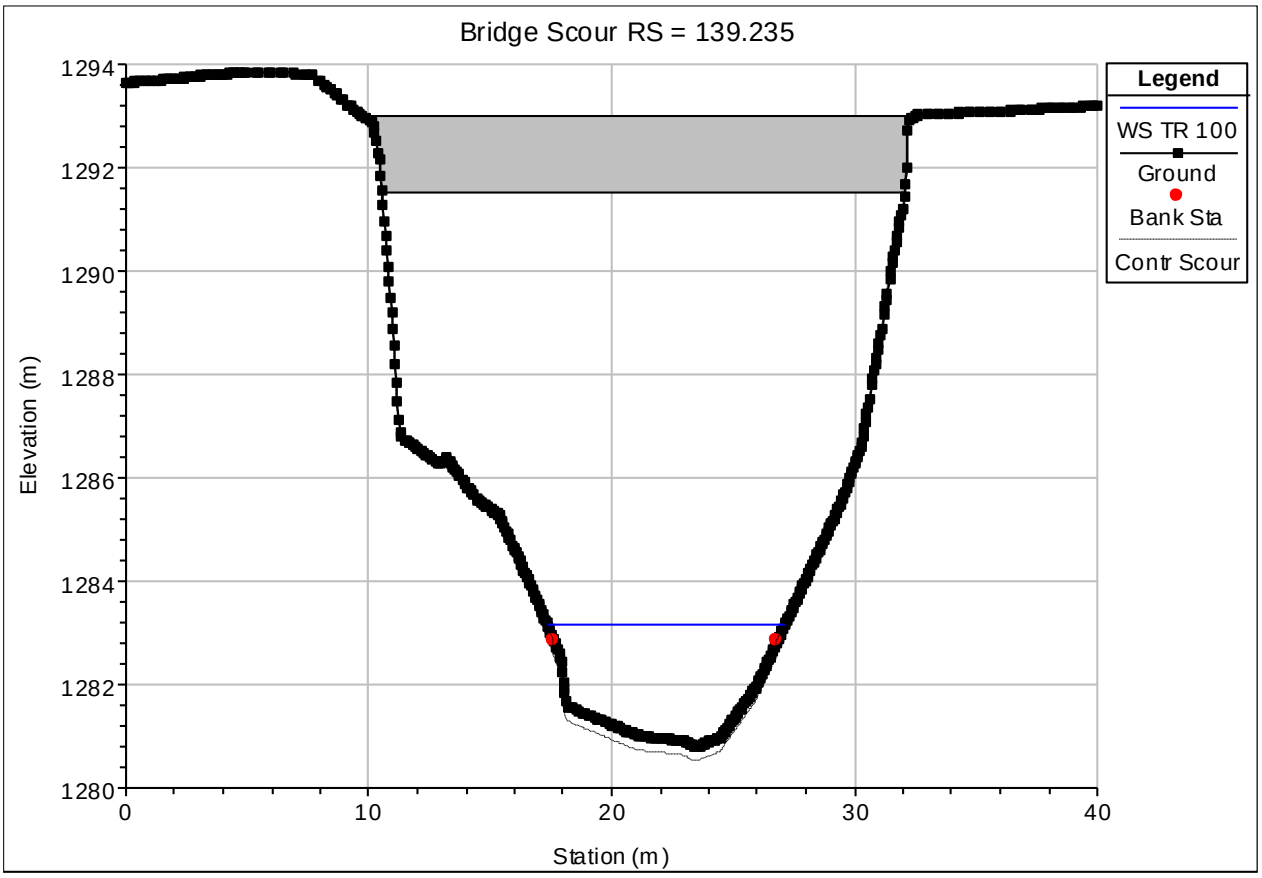
Gráfica 5.5 Perfil longitudinal de flujo

5.3 EVALUACIÓN DE SOCAVACIÓN

A partir de las magnitudes obtenidas para las variables que caracterizan el flujo mediante el modelo hidráulico y especificando las características de forma para los apoyos del puente, junto con el tamaño de partícula característico para el material de fondo, se evalúan los efectos de socavación general, general por contracción, derivados de la intervención del cauce.

5.3.1 SOCAVACIÓN GENERAL POR CONTRACCIÓN Y LOCAL EN ESTRIBOS

Empleando la rutina de diseño hidráulico del Modelo HEC-RAS 6.1, se evalúa tanto la socavación general por contracción como la socavación local en estribos. La Gráfica 5.6 presenta esquemáticamente los resultados del análisis de socavación y el Cuadro 5.7 relaciona el resumen de resultados.



Gráfica 5.6 Presentación esquemática resultados de socavación general por contracción

La evaluación de socavación general, realizada empleando el módulo de diseño hidráulico de HEC-RAS 6.1, para un periodo de retorno de 100 años relaciona una magnitud de 0.29 metros sobre el canal central y 0 metros sobre los estribos.

Cuadro 5.7 Evaluación de Socavación modelo HEC-RAS 6.1

Contraction Scour				
		Left	Channel	Right
Input Data				
	Average Depth (m):	0.32	2.07	0.33
	Approach Velocity (m/s):	0.76	3.54	0.81
	Br Average Depth (m):	0.16	1.80	0.16
	BR Opening Flow (m3/s):	0.03	68.33	0.03
	BR Top WD (m):	0.27	9.19	0.31
	Grain Size D50 (mm):	70.00	70.00	70.00
	Approach Flow (m3/s):	0.14	68.07	0.18
	Approach Top WD (m):	0.57	9.30	0.65
	K1 Coefficient:	0.590	0.640	0.590
Results				
	Scour Depth Ys (m):	0.00	0.29	0.00
	Critical Velocity (m/s):			
	Equation:	Live	Live	Live

Cabe mencionar que la rutina de cálculo de socavación implementada en HEC-RAS considera principalmente los datos de las secciones en el encole del puente, que para el caso particular no advierten fenómenos de contracción provocando que el estimativo de socavación sea casi nulo. Es atención a lo anterior se realiza el estimativo de socavación general empleando el método de Maza, el cual se presenta en el numeral siguiente.

5.3.2 SOCAVACIÓN GENERAL POR EL MÉTODO DE MAZA

La Tabla 5.2, relaciona los resultados del cálculo de socavación general para las secciones de referencia cuyos resultados del análisis hidráulico se presentaron en el numeral correspondiente. De manera ilustrativa se relaciona la evaluación de la socavación general por el método de Maza para las secciones del puente aguas arriba y aguas abajo.

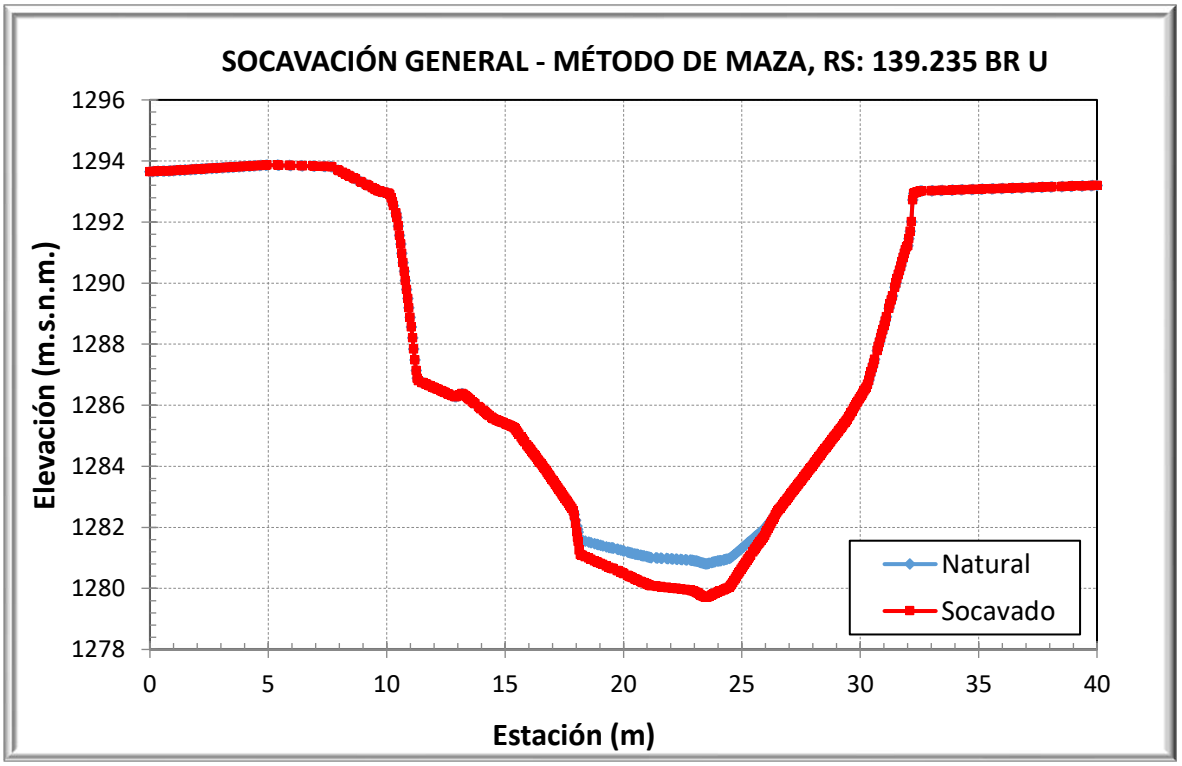
Tabla 5.2 Resultados de socavación general, secciones de referencia

Sección	Socavación Máxima (m)
139.235 BR U	1.10
139.235 BR D	0.97

Cuadro 5.8 Evaluación socavación general método de Maza, sección: 139.235 BR U

CALCULO DE SOCAVACION GENERAL MÉTODO DE MAZA: CRITERIO DE LISCHTVAN - LEVEDIEV
MATERIALES NO COHESIVOS

Cuenca:	QUEBRADA PEÑA QUEMADA			Sección:	139.235 BR U		
Tr =	100	Años	n =	0.075	d_{84} =	0.07	m
Q =	68.39	m^3/s	B_e =	9.77 m	S =	0.054532	m/m
Nivel de Aguas Maximas =	1283.15	m.s.n.m.	A =	16.62 m^2	V =	4.11	m/s
γ_{mez} =	1.05	Ton/m^3	P =	11.66 m	H_m =	1.8	m
μ =	1.00		α =	2.63	β =	0.996	
φ =	1.00	Clear Water	z =	0.285	Socavación Máxima:	1.10	m

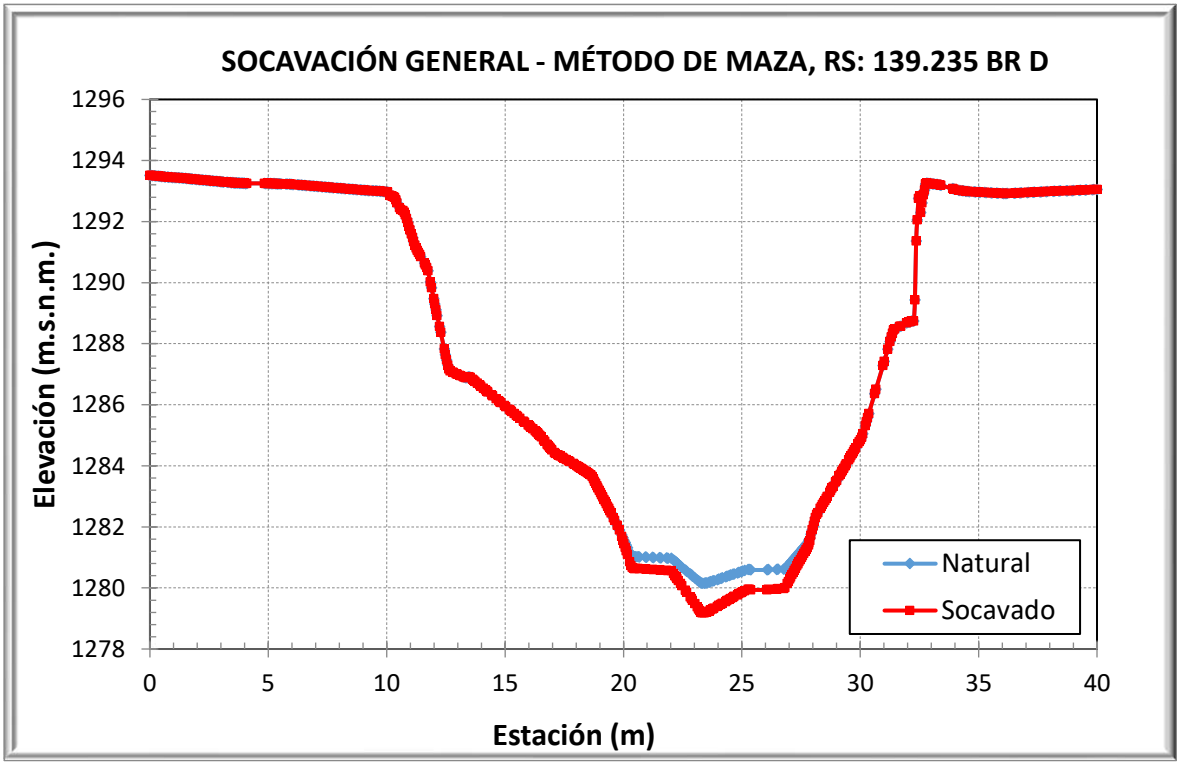


Gráfica 5.7 Perfil socavación general método de Maza, sección: 139.235 BR U

Cuadro 5.9 Evaluación socavación general método de Maza, sección: 139.235 BR D

CALCULO DE SOCAVACION GENERAL MÉTODO DE MAZA: CRITERIO DE LISCHTVAN - LEVEDIEV
MATERIALES NO COHESIVOS

Cuenca:	QUEBRADA PEÑA QUEMADA			Sección:	139.235 BR D		
Tr =	100	Años	n =	0.075	d_{84} =	0.07	m
Q =	68.39	m^3/s	B_e =	9.26 m	S =	0.044472	m/m
Nivel de Aguas Maximas =	1282.83	m.s.n.m.	A =	17.39 m^2	V =	3.93	m/s
γ_{mez} =	1.05	Ton/m^3	P =	11.72 m	H_m =	2.03	m
μ =	1.00		α =	2.27	β =	0.996	
φ =	1.00	Clear Water	z =	0.285	Socavación Máxima:	0.97	m



Gráfica 5.8 Perfil socavación general método de Maza, sección: 139.235 BR D

Para efectos de representar la ubicación relativa de las unidades de subestructura del puente con respecto al área de flujo dominante y relacionar el correspondiente estimativo de socavación en las secciones aguas arriba, eje y aguas abajo del puente se realizó el desarrollo de estas según los ejes que definen su ubicación en planta (Figura 5.3). El desarrollo de las secciones y proyección de la estructura del puente se relacionan así: sección Puente aguas arriba (Figura 5.4); sección eje del Puente (Figura 5.3); sección Puente aguas abajo (Figura 5.6).

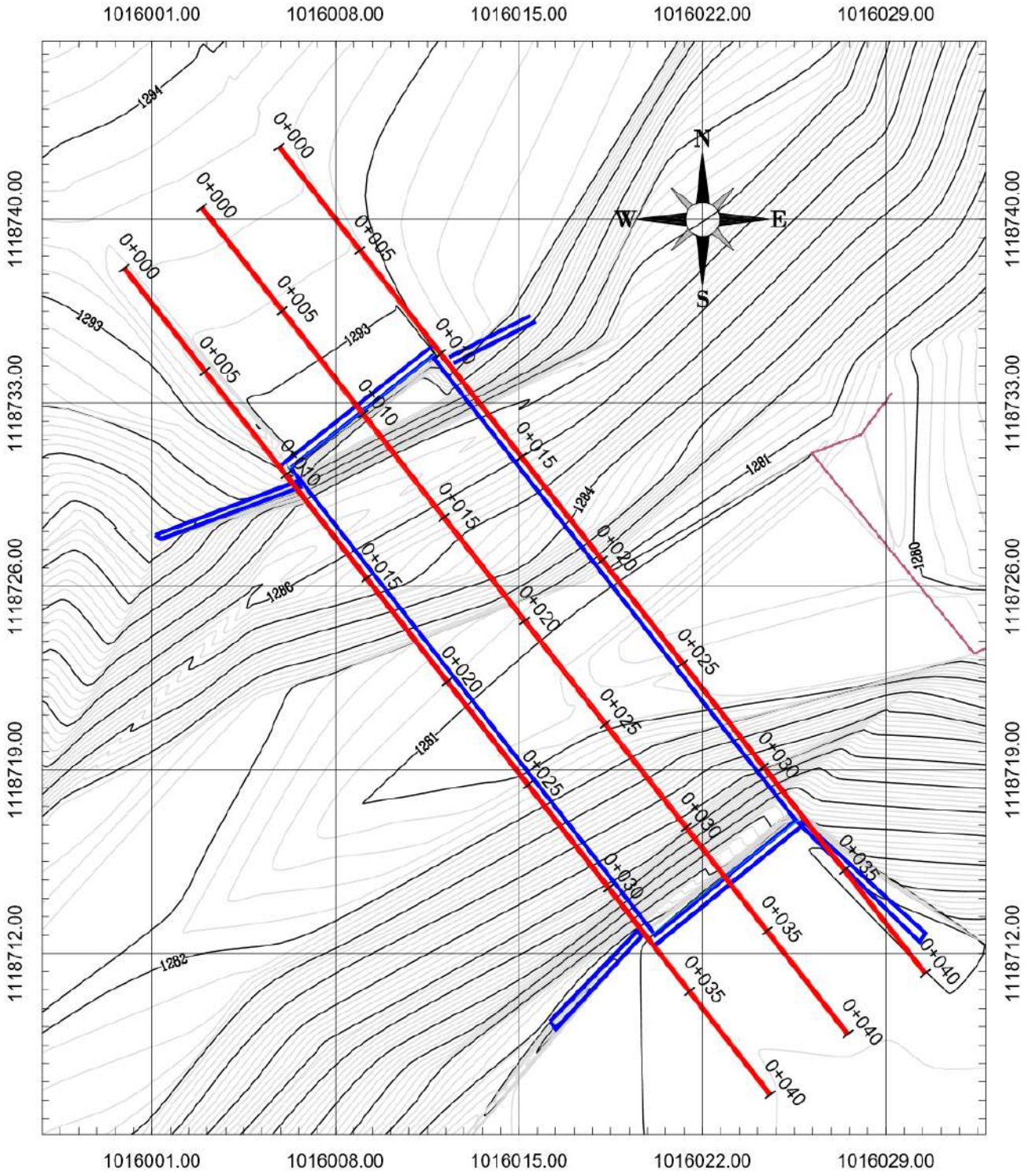


Figura 5.3 Localización en planta puente sobre la Quebrada Peña Quemada

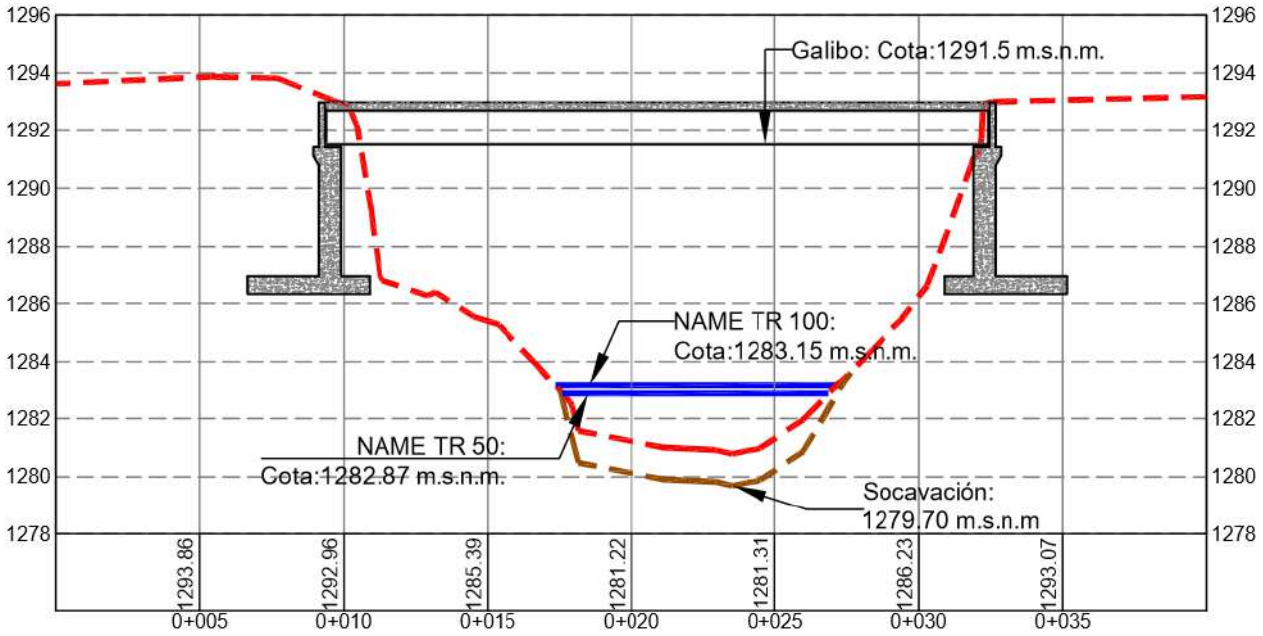


Figura 5.4 Perfil puente aguas arriba

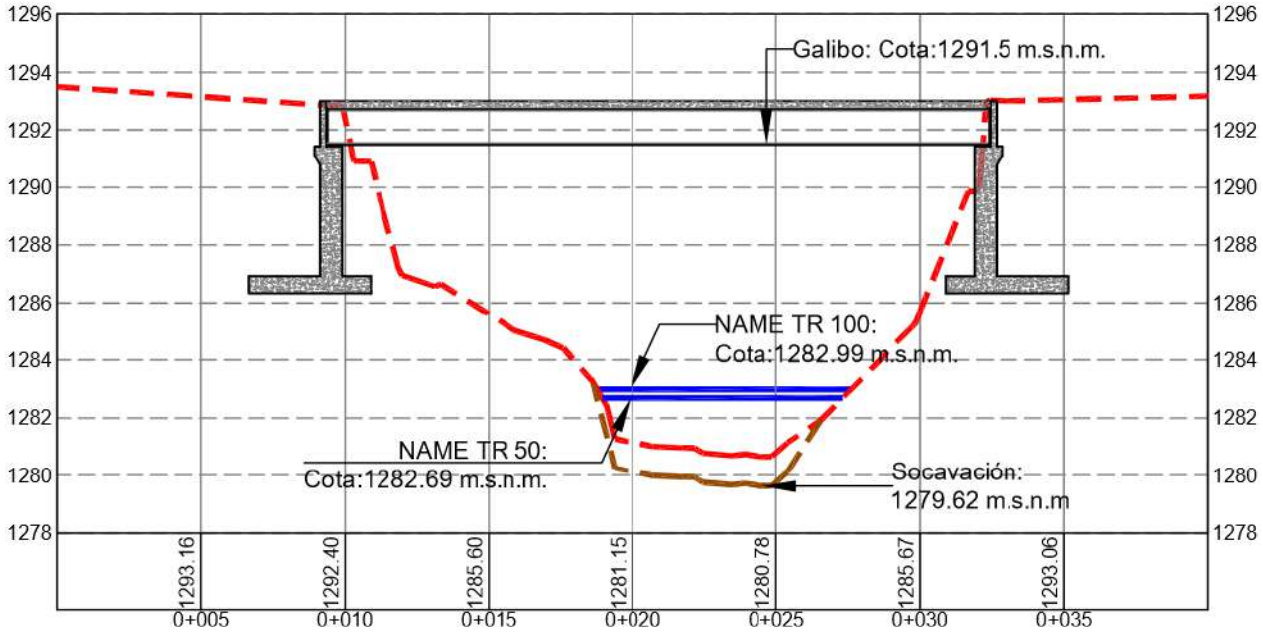


Figura 5.5 Perfil sobre el eje del Puente

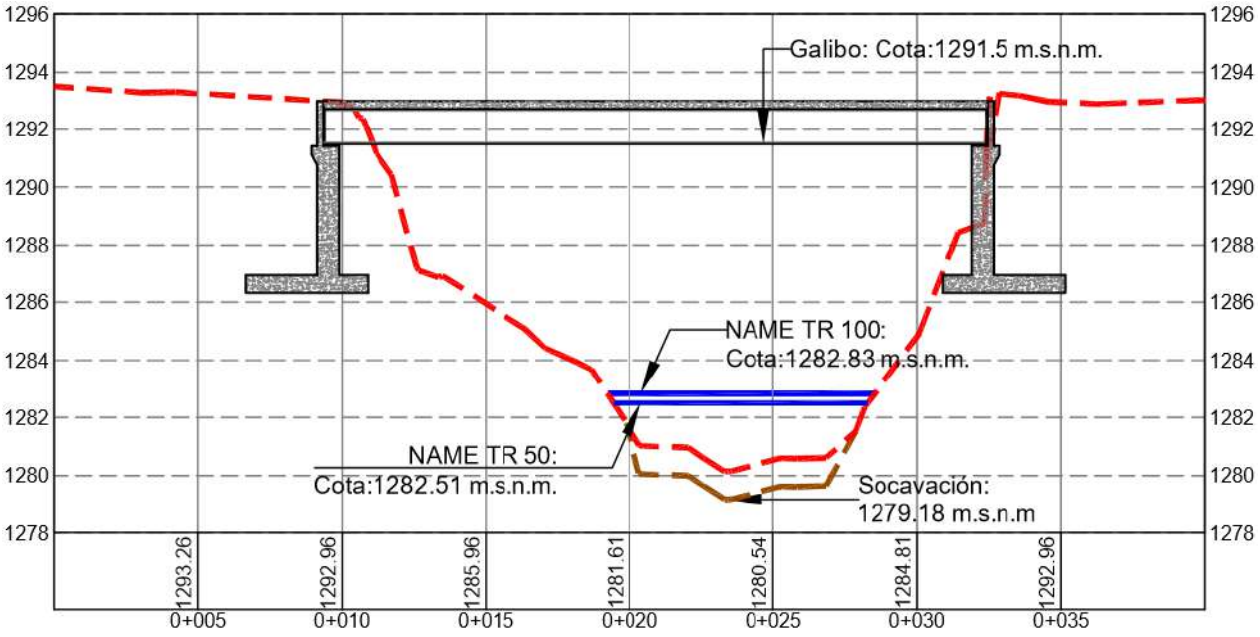


Figura 5.6 Perfil puente aguas abajo

6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

La Quebrada Peña Quemada corresponde a una corriente superficial ubicada en zona de montaña, en el departamento de Boyacá, con elevaciones inferiores a los 2510 m.s.n.m., donde predominan las pendientes longitudinales empinadas, tanto para el cauce principal como para sus tributarios. La Quebrada Peña Quemada, en el sector de ponteadero, se caracteriza por presentar un cauce con régimen de flujo de naturaleza torrencial.

- La cuenca hidrográfica desarrollada por la Quebrada Peña Quemada hasta el sitio de ponteadero carece de instrumentación hidrométrica, lo cual limita la posibilidad de realizar una proyección directa de caudales de diseño mediante análisis de frecuencia de registros de caudal. En consecuencia, la proyección de caudales se realizó a partir de modelos lluvias-escorrentía, involucrando información pluviométrica de la estación *Pauna.*

- La evaluación hidrológica de la cuenca Quebrada Peña Quemada, para el periodo de retorno de 50 años arrojó un caudal de, Q = 53.19 m^3/s, que al ser transitado mediante modelación hidráulica ubica el N.A.M.E. sobre la cota 1282.87 m.s.n.m. En consideración a lo anterior y teniendo en cuenta que el normal funcionamiento de la estructura debe obedecer a condición de flujo libre, de conformidad con la geometría del cuce en el sitio de ponteadero y la implantación del puente se identifica que el nivel de cuerda inferior de viga se ubica sobre la cota 1291.5 m.s.n.m., determinándose de esta manera que la condición de gálibo se cumplen holgadamente en lo pertinente a las recomendaciones Manual de Diseño Geométrico de Carreteras del INVIAS, incluso para eventos de creciente con periodos de retorno de 100 años.

- En general los resultados de modelación hidráulica indican que en el emplazamiento de ponteadero la sección hidráulica de la Quebrada Peña Quemada, se encuentra definida y está en capacidad de transitar de manera controlada y confinando al cauce las crecientes estimadas para los distintos periodos de retorno evaluados.

- De acuerdo con los resultados de modelación hidráulica el flujo se encuentra confinado sobre el canal central y los fenómenos morfológicos por transporte de sedimentos se remiten principalmente a la socavación general y de largo plazo como resultados de eventos recurrentes que pueden profundizar el cauce de manera progresiva. En consecuencia, las posibles afectaciones a la estabilidad de los taludes que conforman las márgenes se manifiestan mediante movimientos en masa inducidos por efectos de socavación en la base.

- A partir de la información recuperada en inspección de campo se pudo observar que el cauce de la Quebrada Peña Quemada en el sector de ponteadero presenta intervención de obras complementarias de protección mediante enrocado para control de socavación en estribos, así como la disposición de tablestacados para confinar la

base de los taludes que definen las márgenes e incluso para confinar un acorazamiento de fondo en la zona de descole del puente. En consideración al desempeño observado de las obras complementarias se recomienda realizar mantenimiento a los revestimientos de enrocado para fortalecer su base y en lo posible ampliar cobertura aguas arriba para procurar mejoras en la condición de encole del puente. Así mismo, para efectos de controlar la profundización del cauce en la zona de descole se recomienda generar acorazamiento del fondo del cauce en la fosa inmediatamente aguas abajo del tablestacado transversal.

- El sitio de ponteadero sobre la Quebrada Peña Quemada, se localiza en la zona alta de la cuenca donde los procesos morfológicos presentan notoria actividad y tendencia progresiva a la profundización de la sección, lo cual se manifiesta en la presencia márgenes con taludes empinados, condición que hace oportuno controlar la exposición de los taludes a la acción directa de fenómenos de precipitación y/o flujos de escorrentía superficial local que puedan inducir procesos erosivos o de remoción en masa, por consiguiente, se recomienda, en primera instancia, complementar la practica de instalar los tablestacados laterales para definir el canal de flujo dominante e implementar sistemas de revestimiento de talud mediante mantos de revegetalización para control de erosión, principalmente en el tramo próximo aguas arriba o zona de encole del puente.



VICTOR MANUEL CAMACHO REYES
Ingeniero Civil – Universidad Nacional
M.P. 25202099234 CND
Magister en Ingeniería Civil “Área de Recursos Hídricos e Hidro informática”
Universidad de Los Andes

7. BIBLIOGRAFÍA

Chow, V. T. (1998). *Hidráulica de Canales Abiertos.* Bogotá: McGraw - Hill.

Chow, V. T., & Mays, L. (1994). *Hidrología Aplicada.* New York: McGraw - Hill.

Cowan, W. L. (1956). Estimating hydraulic roughness coefficients. *Agricultural Engineering, Vol. 37, No 7*, 473-475.

Diaz-Granados, M. (2013). *Memorias Curso Hidráulica de Ríos.* Bogotá: Universidad de Los Andes.

Díez-Herrero, A., Laín-Huerta, L., & Llorente-Isidro, M. (2009). *A Handbook on Flood Hazard Mapping Methodologies.* Madrid: Instituto Geológico y Minero de España.

Martin Vide, J. P. (2002). *Ingenieria Fluvial.* Bogotá: Escuela Colombiana de Ingenieria.

Mays, L. (2005). *Water Resources Engineering.* USA: John Wiley & Sons, Inc.

Monsalve, G. (1998). *Hidrología en la Ingeniería.* Bogotá: Escuela Colombiana de Ingeniería.

NCHRP Report 568. (2006). *Riprap Design Criteria, Recommended Specifications, and Quality Control.* WASHINGTON, D.C.: Transportation Research Board.

Ordoñez, J. I. (2010). *El Régimen del Flujo y la Morfología de los Cauces Aluviales.* Bogotá: Universidad Nacional de Colombia.

Pilarczyk, K. W. (1998). *Dikes and Revetments: Design, Maintenance and Safety Assessmen.* Rotterdam: A.A. Balkema.

Rodriguez, H. (2010). *Hidráulica Fluvial Fundamentos y Aplicaciones Socavación.* Bogotá: Escuela Colombiana de Ingeniería.

Suarez, J. (2001). *Control de Erosión en Zonas Tropicales.* Bucaramanga: UIS.

Témez, J. (1992). *Control del desarrollo urbano en zonas inundables.* Madrid: CICCP monograps.

US ARMY CORPS OF ENGINEERS, H. E. (2000). *HEC-HMS, Technical Reference Manual.*

US ARMY CORPS OF ENGINEERS, HYDROLOGIC ENGINEERING CENTER. (2016). *HEC-RAS Hydraulic Reference Manual.*

ANEXOS

ANEXO 1

REGISTROS HIDROMETEOROLÓGICOS **IDEAM**

I D E A M - INSTITUTO DE HIDROLOGIA, METEOROLOGIA Y ESTUDIOS AMBIENTALES

SISTEMA DE INFORMACION NACIONAL AMBIENTAL

VALORES TOTALES MENSUALES DE PRECIPITACIÓN (mms)

FECHA DE PROCESO : 2023/07/21

ESTACION : PAUNA [23125090]

LATITUD	5.649472	N	TIPO EST	ME		DEPTO	BOYACA
LONGITUD	-73.981	W	ENTIDAD	1	IDEAM	MUNICIPIO	PAUNA
ELEVACION	1225	m.s.n.m.	REGIONAL	6	BOYACA-CASANARE	CORRIENTE	

FECHA-INSTALACION 1991 - MAR

FECHA DE SUSPENCIÓN

AÑO	EST	ENT	ENE.	*	FEB.	*	MAR.	*	ABR.	*	MAY.	*	JUN.	*	JUL.	*	AGO.	*	SEP.	*	OCT.	*	NOV.	*	DIC.	*	VR ANUAL	*
1993											264.9		86.9		53.2		24.4		205.1		214.3		388.2		161.6		**1398.6**	
1994			138.1		163.3		249		280		167.9		140.9		118.5		60.8		148.3		365		395.3		126.7		**2353.8**	
1995			55.8		159.8		284.4		314.6		257.2		154.3		182.4		270.4		261.7		269.8		222.6		237.8		**2670.8**	
1996			112		169.3		215.7		260.4		293.7		145.5		125.7								223.8		157.7		**1703.8**	
1997			79.4		141.6		98.3		214		184.8		173.3		14.9		22.1		283.7		188.4		337.8		29.9		**1768.2**	
1998			118.5		146.2		198.2		392.3		201.3		46.8		84.5		177.7		243.3		467.5		275.2		210.7		**2562.2**	
1999			245.5		330.8		217.7		289.7		202.5		272.1		89.9		168		311.7		411.4		204.8		285.6		**3029.7**	
2000			57.1		184.5		339		256.3		120.8		215.5		114.9		39.5		286.1		241.8		193.2		204.9		**2253.6**	
2001			93.7		98.2		415.3		97.5		217.5		90.9		78		55.5		158.2		382.2		168.5		119.4		**1974.9**	
2002			69.8		85.4		367.9		471.4						114.4		79.9		174.1		329.4		88.8		257.5		**2038.6**	
2003			145.2		103.6		225.3		260.3		206.3		198.1		66.9		70.3		138.5		277.4		445.7		198.8		**2336.4**	
2004			126.9		173.3		209.6		276.8		142.2		31.7		118.7		24.4		208		296		403.3		117.4		**2128.3**	
2005			138.4		174.9		128		187.6		270.8		126.6		103.4		47.3		172.7		374.9		293.8		257.1		**2275.5**	
2006			219.2		156.3		227.2		334		249.5		204				126.1		74.4		297.4		286.5		111.6		**2286.2**	
2007			131.4		21.7		218.9		374.7		339		57.3		158		118.1		104.2		424.5		268.6		203.6		**2420**	
2008			127.2		94.3		311.7		361.8		368.7		89		167.7		172.6		201.5		278.7		446.1		100.1		**2719.4**	
2009			243.3		257.1		221		300.6		135.7		116.5		27.5		56.2		88.1		231.7		205.8		120.6		**2004.1**	
2010			58.2		111.8		174.3		328.9		247.7		158.2		296.4		149				259.7		474.8				**2259**	
2011			126.9		222.7		343.8		585.1		212.5		145.5		137.5		175.9		187.8		343.9		584.7		391.6		**3457.9**	
2012			231.8		94.3		226.9		359.7		175.9		94		64.1		99.7		96		316.1		277.1		68.8		**2104.4**	
2013			27.5		138.3		181		429.4		286		74.7		45.5		132.6		128.8		217.4		242.5		152.7		**2056.4**	
2014			189.3		238.2		173.4		288.1		215		37.6		59.5		54.3		133		205.9		283.5		196.4		**2074.2**	
2015			130		86.5		324.8		325.7		103.2		34		25		45.6		128.5		274.6		201.1		28.9		**1707.9**	
2016			85.8		70.3		198		211.7		142		124.4		58.9		95.1		229.3		310.4		299.4		295.1		**2120.4**	
2017			137.7		177.7		343.1		208.5		242.8		186		15.4		296.8		155.3		157.5		341.6		176.8		**2439.2**	
2018			188.5		60.4		175.2		238.2		336.9		91.8		48		113.7		163.2		356.6		368.6		87.3		**2228.4**	
2019							288.3		255.5		215.8		73.2		43.8		37.3		119.2		269.3		266.9		75		**1644.3**	
2020			93.7		74.5		200.6		169.4		82		92.9		121.1		238.3		209.8		294.2		438.1		155.3		**2169.9**	
2021			50.6		135		156		369.4		264.5		208.7		68.8		169.7		203.2		409.6		292.3		171.1		**2498.9**	
2022			63.5		237.5		441.5		353.6		183.1		197.2		94.3		179.2		242.5		247		367.9		204		**2811.3**	
2023			156.6		178.3		247.6		278.8		176.9																**1038.2**	
MEDIOS			**125.57**		**147.79**		**246.72**		**302.47**		**216.9**		**126.47**		**93**		**113.81**		**180.58**		**300.43**		**309.55**		**169.1**		**2332.39**	

I D E A M - INSTITUTO DE HIDROLOGIA, METEOROLOGIA Y ESTUDIOS AMBIENTALES

SISTEMA DE INFORMACION NACIONAL AMBIENTAL

VALORESMAXIMOS MENSUALES DE PRECIPITACIÓN EN 24 HORAS (mms)

FECHA DE PROCESO : 2023/07/21

ESTACION : PAUNA [23125090]

LATITUD	5.649472 N	TIPO EST	ME	DEPTO	BOYACA
LONGITUD	-73.981 W	ENTIDAD	1 IDEAM	MUNICIPIO	PAUNA
ELEVACION	1225 m.s.n.m.	REGIONAL	6 BOYACA-CASANARE	CORRIENTE	

FECHA-INSTALACION 1991 - MAR

FECHA DE SUSPENCIÓN

AÑO	EST	ENT	ENE.	*	FEB.	*	MAR.	*	ABR.	*	MAY.	*	JUN.	*	JUL.	*	AGO.	*	SEP.	*	OCT.	*	NOV.	*	DIC.	*	VR ANUAL	*
1993											42.1		34.5		14		10		41		71.6		41		33.5		**71.6**	
1994			32		43		54		42.9		31.5		30.5		50.7		12.8		55.4		61		73.3		37		**73.3**	
1995			18.8		60.5		107.4		78.3		70.9		33		35.3		34.2		70.8		40.8		25		72		**107.4**	
1996			30.5		48.5		44		29		27		53		28.5								62		48		**62**	
1997			27		31.2		29		66		57		34.5		5.5		13.2		66		36		103.5		12.5		**103.5**	
1998			39.5		43		39.2		60.3		61.5		10.8		13.7		39.7		72		67.6		44.7		33		**72**	
1999			55.5		65.7		48.4		46.1		27		62.5		33.5		29.3		50.5		49		37.3		63.5		**65.7**	
2000			10.5		21.5		64.5		70.5		22.5		44.5		34.3		12.5		54		42		48.7		69.8		**70.5**	
2001			18.7		23		69.7		49		53.1		18.6		33.4		25.2		39.2		74		42		25.5		**74**	
2002			24.4		18.6		76.3		75						56.3		49.8		40		38.8		30.8		63.5		**76.3**	
2003			59.8		40.8		55.8		45.2		53.5		37		18.4		19.8		49.7		47.3		49.7		91.5		**91.5**	
2004			32.9		56.8		62		39.5		27.5		10.7		52		11.5		56		43.5		73.2		39		**73.2**	
2005			29.5		36		22.5		44.5		47.3		41.2		28.6		15		40.7		51.7		39.2		54		**54**	
2006			65.9		42		44.5		45.7		54.2		37.5				44		13.7		92.7		65.4		25		**92.7**	
2007			42.5		8		37.5		52		54		12.5		28.6		32.5		34.5		51		47		41.5		**54**	
2008			22.8		21.7		55.3		70.7		64		22		39		29.5		49.5		43.2		61.7		23.3		**70.7**	
2009			34		77.6		57.6		44		52		18		7.3		19.5		28.3		41.5		35.5		25		**77.6**	
2010			27		53.2		39.8		78		51		26.5		50.5		31				60		86.7				**86.7**	
2011			46		44		52.5		65		62.5		43		31		59		48		75.5		75.5		64		**75.5**	
2012			39.4		13.5		42.5		61.5		38.5		32		16.5		47.5		59		55		63		25		**63**	
2013			9.5		38		51		69.5		50.5		26.6		18		39		27.5		38		33		32.8		**69.5**	
2014			48.5		50.5		37		84.5		43.5		12.5		36		17.2		33		52.5		76.5		53		**84.5**	
2015			36.5		29		85.5		50.6		56.5		12.7		4.7		16.5		47		71.5		50.5		12.6		**85.5**	
2016			34.4		21.5		46.2		52.4		31.8		43.7		12.4		30.3		50.8		49		70		82.3		**82.3**	
2017			52		51.4		74.4		40.5		41.8		43.8		5.5		114.3		47.3		37.9		40.4		46.5		**114.3**	
2018			28.3		19.7		34.9		32.8		41.3		41.8		13.4		39.6		83.6		58.5		56.1		38.3		**83.6**	
2019							78.5		36.3		24.5		18.9		16.6		18.2		38.3		41.7		58.5		29.4		**78.5**	
2020			36.9		31		34.3		34.6		25.2		24.5		27.2		69.8		59		66.2		49.1		45.3		**69.8**	
2021			10.2		37.5		22.4		59.6		37.5		36.7		38.8		42.4		49.7		43.5		37		37.6		**59.6**	
2022			18.8		51		72.6		57.2		33.8		27.2		17.2		33.8		38.8		37.3		53.5		59		**72.6**	
2023			31.2		48.8		47.8		64		39.1																**64**	
MEDIOS			**33.21**		**38.86**		**52.9**		**54.84**		**44.09**		**30.71**		**26.44**		**33**		**47.98**		**53.04**		**54.33**		**44.26**		**76.75**	

I D E A M - INSTITUTO DE HIDROLOGIA, METEOROLOGIA Y ESTUDIOS AMBIENTALES

SISTEMA DE INFORMACION NACIONAL AMBIENTAL

VALORES TOTALES MENSUALES DE PRECIPITACIÓN (mms)

FECHA DE PROCESO : 2023/07/21

ESTACION : ALBANIA [23125060]

LATITUD	5.758333	N	TIPO EST	CO		DEPTO	SANTANDER
LONGITUD	-73.9133	W	ENTIDAD	1	IDEAM	MUNICIPIO	ALBANIA
ELEVACION	1690	m.s.n.m.	REGIONAL	8	SANTANDER-ARAUCA	CORRIENTE	

FECHA-INSTALACION 1991 - MAR

FECHA DE SUSPENCIÓN

AÑO	EST	ENT	ENE.	*	FEB.	*	MAR.	*	ABR.	*	MAY.	*	JUN.	*	JUL.	*	AGO.	*	SEP.	*	OCT.	*	NOV.	*	DIC.	*	VR ANUAL	*
1974							289.5		457.7		300.4		197.6		113.4		117.5		300.9		352.1		365.8		100.1		**2595**	
1975			78.3		227.3		294.2		224.7		405		158.7		261.5		210.1		250.6		250.2		439.3				**2799.9**	
1976					162.6		376.7		359.9				63		6.6		95.6		188.6		346.9		164		60.2		**1824.1**	
1977			45.8		69.9		78.8		214.8		265.5		127.1		148.2		87.5		195.9		259.7		322.4		87.7		**1903.3**	
1978			50.5		79.4		331.7		528.4		291.9		91.4		149.6		64.9		128.8		263.6		248.8				**2229**	
1979					107		276.6		511.1		242.2		142.1		163.3		242.1		148.1		513.4		220.2		148		**2714.1**	
1980			116.1		168.6		139.7		128.7								135.6		174.4		329.6						**1192.7**	
1981			147		244.6		130.6		570.5		526.1		209.6		67.9		167.4				355.7		175.1		197.4		**2791.9**	
1982			146.4		225.5		280.7		451.4		363.2		61.1		44.3		2.4		155.3		437.8		121.6		291.1		**2580.8**	
1983			69.3		87.6		222.2		399.7		191.2		123.6		72.2		78.6		72.1		290.4		277				**1883.9**	
1985			147.5		93		136.3		238.7		217.6		31.1		100.6		159.2		228.2		364.5		317.8		56.5		**2091**	
1986			166.1		101.9		248.8		348.1		237.8		83.6		22.5		121.2		336.2		606.9		372.7		289.8		**2935.6**	
1987			90.3		80.9		205.8		278.1		300.9		71.4		177.6		150.2		313.3		431.7		214.3		105.1		**2419.6**	
1988			141.2		162.7		58.7		333		240.8		179.9		148.7		175.8		198.9		350.8		450.3		318.4		**2759.2**	
1989			182.4		218.6		260.4		144.8		198.1		156		75.1		86.8		255.3		239.5		245.4		103.1		**2165.5**	
1990			147		107.8		205.3		319.6		231.3		46.4		105.9		166.1		111.4		508.6		347		128		**2424.4**	
1991			65.3		147.1		318.9				244.8		147.4		60.8		40.5		235.4				244.6		156.1		**1660.9**	
1992			59.3		162.4		73.6		109.9		262.2		80.3		110.6		112		204.1		151		279.9		309.4		**1914.7**	
1993					61.2		261.3		427.7		310		46		40.2		75		280.5		337.6		500.9		134.1		**2474.5**	
1994			213.8		332.4		333.7		444.7		225.5		121.3				134		144.8		383.7		407				**2740.9**	
1995			25.8		107										283												**415.8**	
1997			248.3		181.3		219.8		276.7		233.2		271.2		3		17.3		177.5		270.4		392.1		69.1		**2359.9**	
1998			81.9				202.3		621.4								250.7		282		445		405		314		**2602.3**	
1999					423.5		237.9		279.8		234.7				99.8		231.3		270.6		540.5		336.7		265.8		**2920.6**	
2000			121.1				266.5		334.6		211.5		279.8		107.6		84.2		147.1						203.4		**1755.8**	
2001			199.6		198.3		311.3		138.4		285.8		49.3		75.3		49.1						264.4		165.4		**1736.9**	
2002			137.9		95.6		295.2				202.5												117.7		340.3		**1189.2**	
2003			69.2		152.1		140.1		365.9		283.5		156.9		90.4		122.8		131.3				319.5		141		**1972.7**	
2004			193.6		115.9		166.3		302.2		320.5		147		165		98.2		138.7								**1647.4**	
2005																	70.2				251.4		289.3		200.1		**811**	
2006							273.5		438.3		243.4		169		33.3		86.8		176.4		393.7		354.5		220		**2388.9**	
2007					42.4		313.3		431.2		385.6		94.7						99.4		486.3		347		220.6		**2420.5**	
2008			266.2		123.8		323.5		228.9		442.4						234.1		188.2				431.6		168.3		**2407**	
2009			300.3		114.6		317.8		344.3		252.5		172.7		68		156.8		119.4		266.5		185.9		109.3		**2408.1**	
2010			16.4		102.7		203		368.5		338.5		170.8		254.2		183.4		202.4		215.6				263.7		**2319.2**	
2011			134.7		239		419.3		827.6																306.2		**1926.8**	
2012					96.8		408.3		293.8		120				34.8				153.5		515.8				127.8		**1750.8**	
2013			75		189.5				336.2		403.6		99		128.1				215.6		316.4		181.1		231.8		**2176.3**	
2014			136.2				351.3										59.1		187.8								**734.4**	
2015			114.8				286.4				111.9		61.2		51.9		67.4		114.9		154.9		307.4		48.9		**1319.7**	

I D E A M - INSTITUTO DE HIDROLOGIA, METEOROLOGIA Y ESTUDIOS AMBIENTALES

SISTEMA DE INFORMACION NACIONAL AMBIENTAL

VALORES TOTALES MENSUALES DE PRECIPITACIÓN (mms)

FECHA DE PROCESO : 2023/07/21

ESTACION : ALBANIA [23125060]

LATITUD	5.758333	N	TIPO EST	CO		DEPTO	SANTANDER
LONGITUD	-73.9133	W	ENTIDAD	1	IDEAM	MUNICIPIO	ALBANIA
ELEVACION	1690	m.s.n.m.	REGIONAL	8	SANTANDER-ARAUCA	CORRIENTE	

FECHA-INSTALACION 1991 - MAR

FECHA DE SUSPENCIÓN

AÑO	EST	ENT	ENE.	*	FEB.	*	MAR.	*	ABR.	*	MAY.	*	JUN.	*	JUL.	*	AGO.	*	SEP.	*	OCT.	*	NOV.	*	DIC.	*	VR ANUAL	*
2016			40.2		83.7		339.5		352.5		199.8		65.4		119.1				169.3								**1369.5**	
2017			179.9		46.3		293.4		331.4		354.8		204.8		33.7		154.8				260.8		299.9		164.3		**2324.1**	
2018			246.6		137.4		361		350.5		411.3		167.2		65.1		193.7		206.5		597.3		358.3		88.4		**3183.3**	
2019			159.5		183.5		193.2		307		264.9		106		58.6		37.6		249.8		458.9		187.4		132.9		**2339.3**	
2020			101.6		159.5		179.5		302.5		143.4		163.5		136.9		321.3		162		224.9		467.7		205.2		**2568**	
2021			80		136.8		349.7		302.8		199.1		196		88.2		231.9		238		415.3		287.9		205.4		**2731.1**	
2022			132.1		225.1		537.9		357.5		303.6		344.4		149		252.3		297.1		393.5		363.5		134.6		**3490.6**	
2023			218		201.2		221.8		286.6																		**927.6**	
MEDIOS			**131.93**		**151.13**		**260.78**		**349.29**		**275.03**		**136.66**		**103**		**133.14**		**196.26**		**360.58**		**305.55**		**179.25**		**2582.6**	

I D E A M - INSTITUTO DE HIDROLOGIA, METEOROLOGIA Y ESTUDIOS AMBIENTALES

SISTEMA DE INFORMACION NACIONAL AMBIENTAL

VALORESMAXIMOS MENSUALES DE PRECIPITACIÓN EN 24 HORAS (mms)

FECHA DE PROCESO : 2023/07/21

ESTACION : ALBANIA [23125060]

LATITUD	5.758333 N	TIPO EST	CO		DEPTO	SANTANDER	FECHA-INSTALACION 1991 - MAR
LONGITUD	-73.9133 W	ENTIDAD	1	IDEAM	MUNICIPIO	ALBANIA	FECHA DE SUSPENCIÓN
ELEVACION	1690 m.s.n.m.	REGIONAL	8	SANTANDER-ARAUCA	CORRIENTE		

AÑO	EST	ENT	ENE.	*	FEB.	*	MAR.	*	ABR.	*	MAY.	*	JUN.	*	JUL.	*	AGO.	*	SEP.	*	OCT.	*	NOV.	*	DIC.	*	VR ANUAL	*
1974							71.8		64.6		37		45.1		31.6		23.3		46.4		55		63		23.8		**71.8**	
1975			39.5		49.7		54.7		39.7		49.5		19.5		43.3		41.4		39.7		28.9		47.3				**54.7**	
1976					43.2		43.5		70.2				21.2		2.5		29.7		38		45.9		56.5		19.5		**70.2**	
1977			11.3		22.5		19.6		33.2		50.5		17.8		27		15		30.7		34		55		35		**55**	
1978			19.5		21		58.8		114.3		57.6		18.6		41.6		23.9		29		71		32.2				**114.3**	
1979					26.9		109		115.6		58.2		32.8		42.4		126.5		36.8		82		42.7		54.9		**126.5**	
1980			36.4		44.1		62		26.8								70		55.5		67.3						**70**	
1981			61.7		30.1		24.6		71.3		96.7		57.8		18.1		34.5				59.1		41.7		117		**117**	
1982			43.5		45.1		91.7		64		50.2		17.1		13.4		1.7		38		44.7		23.6		54		**91.7**	
1983			52.5		23		54.3		61.7		36.7		35		32.8		40.6		15.8		47.7		62.2				**62.2**	
1985			48		27.7		49.5		44.5		63.7		9.1		28.4		59		39.6		46.3		50.6		20		**63.7**	
1986			34.8		22.6		49		53		47.7		23.4		8.5		33.8		84.5		70		77.8		77.6		**84.5**	
1987			25		18.1		42.8		67		74.2		23.3		39		65.7		61.2		65.3		32.7		34.2		**74.2**	
1988			55		38.6		20.6		38.9		45.6		46.5		30.1		18.2		85		49.3		70		40.2		**85**	
1989			41.6		51.2		48.7		38		27		34.6		20		21.4		50.9		43.2		40.3		18.6		**51.2**	
1990			41.5		35.2		34.2		36.3		40.4		15.6		25.2		55.7		41.7		79.2		71.2		30		**79.2**	
1991			25		55		57.6				60.9		22		10.8		13		50.2				40		30.4		**60.9**	
1992			16.4		50.8		37.5		20.3		50.9		39		38		24		57.2		47		38		77		**77**	
1993					21		90.9		62		39		13		9.7		24		70		46		70		26		**90.9**	
1994			45		44		40		74.3		49		22				50		32		69		60				**74.3**	
1995			13.2		25.2										62												**62**	
1997			84		35		133		50.9		50.9		100.2		3		12.3		70.1		61		60.7		40		**133**	
1998			40				50		80.7								40.5		70		55		81		53		**81**	
1999					103		34.2		30.6		30.9				30.4		30.7		46.2		59		60		50.4		**103**	
2000			39				44.1		36		35.3		50.4		23		26.8		29.2						37		**50.4**	
2001			41		48		51		30		124.2		18.3		21		18.2						42		29		**124.2**	
2002			45.2		30		58				44												25		80.7		**80.7**	
2003			40		40		47		60.2		80.2		46		32		29		27.2				50		54		**80.2**	
2004			56		19.2		43.2		56		67		92		50		34.2		42								**92**	
2005																	26				54.6		106		34		**106**	
2006							70		96.2		40		40		9.8		49.5		49.7		64.5		43		50.8		**96.2**	
2007					18.7		35.4		62.8		60.5		26.7						22.1		62.3		124		39.4		**124**	
2008			76.5		30.8		60.6		46		63.1						49.9		44.1				62.2		65.2		**76.5**	
2009			64.5		28.2		59.8		52		57.1		39.3		15.4		30.6		36.4		31.5		45		35.1		**64.5**	
2010			7.1		36.8		56.4		98.2		47		28		35		50.2		44		44				53		**98.2**	
2011			29		41.9		52.7		93																53		**93**	
2012					14.2		84.9		42.4		27.2				12				52		83				30		**84.9**	
2013			24.3		60.3				49		71		22		90.5				39		66		48.3		58		**90.5**	
2014			24.4				78										16.5		34.4								**78**	
2015			28.1				43.2				23.4		30.8		15.5		27		35.6		39.2		51		24.2		**51**	

I D E A M - INSTITUTO DE HIDROLOGIA, METEOROLOGIA Y ESTUDIOS AMBIENTALES

SISTEMA DE INFORMACION NACIONAL AMBIENTAL

VALORESMAXIMOS MENSUALES DE PRECIPITACIÓN EN 24 HORAS (mms)

FECHA DE PROCESO : 2023/07/21

ESTACION : ALBANIA [23125060]

LATITUD	5.758333	N	TIPO EST	CO		DEPTO	SANTANDER
LONGITUD	-73.9133	W	ENTIDAD	1	IDEAM	MUNICIPIO	ALBANIA
ELEVACION	1690	m.s.n.m.	REGIONAL	8	SANTANDER-ARAUCA	CORRIENTE	

FECHA-INSTALACION 1991 - MAR

FECHA DE SUSPENCIÓN

AÑO	EST	ENT	ENE.	*	FEB.	*	MAR.	*	ABR.	*	MAY.	*	JUN.	*	JUL.	*	AGO.	*	SEP.	*	OCT.	*	NOV.	*	DIC.	*	VR ANUAL	*
2016			7.1		19.8		56.9		72		37		20		26.8				55								**72**	
2017			81.4		14.2		41.6		48.6		68.2		33.4		9		64.4				61.2		49.2		30.2		**81.4**	
2018			53.2		51.2		74.4		65.6		55.8		67.8		15.1		68.5		46.3		86.8		40.2		43.9		**86.8**	
2019			45.3		36.3		35.9		66.4		39.5		21.9		13.3		10.6		43.9		53.9		47.9		22.4		**66.4**	
2020			75.9		54.2		22.9		44.1		32.5		34.3		19.8		120.2		34.5		45.6		60.5		39.5		**120.2**	
2021			23.6		28.3		65.4		40.5		57.1		22.2		18.3		37.2		116.5		83.9		64.1		92.2		**116.5**	
2022			60.4		54.2		82.8		61.7		53.1		55.4		17.2		42.6		43.9		58.9		53.7		33.4		**82.8**	
2023			36.7		42.5		37.6		63.8																		**63.8**	
MEDIOS			**40.84**		**36.63**		**55.11**		**58.15**		**52.5**		**34.11**		**25.83**		**38.91**		**47.11**		**57.26**		**54.96**		**44.91**		**84.03**	

I D E A M - INSTITUTO DE HIDROLOGIA, METEOROLOGIA Y ESTUDIOS AMBIENTALES

SISTEMA DE INFORMACION NACIONAL AMBIENTAL

VALORES MAXIMOS MENSUALES DE TEMPERATURA (°C)

FECHA DE PROCESO : 2023/07/21

ESTACION : ALBANIA [23125060]

LATITUD	5.758333 N	TIPO EST	CO		DEPTO	SANTANDER
LONGITUD	-73.9133 W	ENTIDAD	1	IDEAM	MUNICIPIO	ALBANIA
ELEVACION	1690 m.s.n.m.	REGIONAL	8	SANTANDER-ARAUCA	CORRIENTE	

FECHA-INSTALACION 1991 - MAR

FECHA DE SUSPENCIÓN

AÑO	EST	ENT	ENE.	*	FEB.	*	MAR.	*	ABR.	*	MAY.	*	JUN.	*	JUL.	*	AGO.	*	SEP.	*	OCT.	*	NOV.	*	DIC.	*	VR ANUAL	*
1978															24.3						25						**25**	
1979											26.9										25.8						**26.9**	
1981							25.6																				**25.6**	
1983					26.6						26		25.8														**26.6**	
1984					24				25.4																		**25.4**	
1989					25.4				25.2														25				**25.4**	
1990							25.2								25.8												**25.8**	
1991															25.4										24.2		**25.4**	
1992			25.4																25						24.4		**25.4**	
1993													26.4														**26.4**	
1999																							24				**24**	
2006																									24.8		**24.8**	
2007					26						25.8								26.2						23.8		**26.2**	
2008			24.2		24.2		24		24								24.4						23.4				**24.4**	
2009					23.6				24.4		24.8		25.2		25		25.6		25.6		26		24.6		25		**26**	
2010			26.6		27.6		26		25.2		25		25		27		25.4								24.2		**27.6**	
2011			24.6		24.6		24.4																		24.2		**24.6**	
2012			24.2		24		25		24.8				25.8						27.1								**27.1**	
2014																							25.8				**25.8**	
2015							27		26.2		26		28.2		27.2				28.4		28		27				**28.4**	
2016			28				27.6		26				27		26.2		27.6		27.2		27		27				**28**	
2017					26.4		26.2		26										27								**27**	
2019																			28.2		27.6						**28.2**	
2020			28.6														28										**28.6**	
2021											26.2				26.6						26.2		26.6		26		**26.6**	
2022			25.6		25.6		25.2		25.4		25.2		25		26.6		25.8		25.6		25.2		25.2		25.8		**26.6**	
2023			25.6		25.6		25.8		25.6																		**25.8**	
MAXIMOS			28.6		27.6		27.6		26.2		26.9		28.2		27.2		28		28.4		28		27		26		27.48	

I D E A M - INSTITUTO DE HIDROLOGIA, METEOROLOGIA Y ESTUDIOS AMBIENTALES

SISTEMA DE INFORMACION NACIONAL AMBIENTAL

VALORES MINIMOS MENSUALES DE TEMPERATURA (°C)

FECHA DE PROCESO : 2023/07/21

ESTACION : ALBANIA [23125060]

LATITUD	5.758333 N	TIPO EST	CO		DEPTO	SANTANDER
LONGITUD	-73.9133 W	ENTIDAD	1	IDEAM	MUNICIPIO	ALBANIA
ELEVACION	1690 m.s.n.m.	REGIONAL	8	SANTANDER-ARAUCA	CORRIENTE	

FECHA-INSTALACION 1991 - MAR

FECHA DE SUSPENCIÓN

AÑO	EST	ENT	ENE.	*	FEB.	*	MAR.	*	ABR.	*	MAY.	*	JUN.	*	JUL.	*	AGO.	*	SEP.	*	OCT.	*	NOV.	*	DIC.	*	VR ANUAL	*
1978															12.8		10.8		11.2		12.2						**10.8**	
1979							13.4								13		13.2						13.6				**13**	
1981					13		13																				**13**	
1983					13.2				14.2		14.8		13.2		12.8		13.2		13								**12.8**	
1984					13				13.6										12.4				13.4				**12.4**	
1986													13														**13**	
1987							13								13.6												**13**	
1992									15.4																		**15.4**	
1993													14.4				12.4										**12.4**	
1994			13.4		10.4						14.4																**10.4**	
1997					12.3		12		14		13.6		13.8				13.4										**12**	
1998			12.3				13																				**12.3**	
1999									13												13						**13**	
2000													13														**13**	
2001			10.4				13.3						12														**10.4**	
2002			12								14																**12**	
2003							13						13		13										11.4		**11.4**	
2004			11.4																12.2								**11.4**	
2005																					13						**13**	
2006													13.8				13.8		13.4				14.4		12.4		**12.4**	
2007							12.6		13.4				13.2						13.2		13.4		12.8		12		**12**	
2008			12		11.4		12.2		13.2		13						12.8		13				13.4				**11.4**	
2009					12.6		12.8		12.6		13.6				13.2		13.4		12.8		13.2				12.8		**12.6**	
2010			11.4				12		13.8		12		13.6		13.2		12		13						12		**11.4**	
2011			12		12		12.8		11																		**11**	
2012			13		13		12.8				14		12.4		12		13		12.6		12.1						**12**	
2013			10.8						13		14		13.2		12.4				12.6		13		13.2		13		**10.8**	
2014			13.2		12.8		12.4				14						11						13		12		**11**	
2015			11				13.4		14		14.6		13.8		13.6		14		12.6		14.2		13.6				**11**	
2016			11.8		13		14.8		14.2		14.6		13.6		13.4		13.8		13.6		13.6		13				**11.8**	
2017					13.4		14		14.2						14		13.2										**13.2**	
2018			13		13.6						13.6				13.6		12.4		13.6		14.2		14.6		12		**12**	
2019			12.8		14.6				15		12.8				14.2								14		14.2		**12.8**	
2020			12.4						14.2						14										13.2		**12.4**	
2021			13.2		13.8						15		13.6		13.6				13.2		14		13.6		13.2		**13.2**	
2022			13		13.8		14.6		14		14		14		14.4		14		14		13.6		14		13.6		**13**	
2023			13.6		13		14		14.4																		**13**	
MINIMOS			10.4		10.4		12		11		12		12		12		10.8		11.2		12.1		12.8		11.4		11.51	

I D E A M - INSTITUTO DE HIDROLOGIA, METEOROLOGIA Y ESTUDIOS AMBIENTALES

SISTEMA DE INFORMACION NACIONAL AMBIENTAL

VALORES MEDIO MENSUALES DE HUMEDAD RELATIVA (%)

FECHA DE PROCESO : 2023/07/21

ESTACION : ALBANIA [23125060]

LATITUD	5.758333	N	TIPO EST	CO		DEPTO	SANTANDER
LONGITUD	-73.9133	W	ENTIDAD	1	IDEAM	MUNICIPIO	ALBANIA
ELEVACION	1690	m.s.n.m.	REGIONAL	8	SANTANDER-ARAUCA	CORRIENTE	

FECHA-INSTALACION 1991 - MAR

FECHA DE SUSPENCIÓN

AÑO	EST	ENT	ENE.	*	FEB.	*	MAR.	*	ABR.	*	MAY.	*	JUN.	*	JUL.	*	AGO.	*	SEP.	*	OCT.	*	NOV.	*	DIC.	*	VR ANUAL	*
1986							80.18		81.87		81.63		76.7		64.53				71.6		82.29		79.77		79.77		**77.59**	
1987			79.54				78.22		76.89		76.76		74.69		76.34		73.98		75.37		79.83		77.63		75.63		**76.81**	
1988			79.05		82.18		74.43		84.21		84						80.84		82.49		84.84				84.26		**81.81**	
1989			83.39		83.68		86.25		84.22		80.91		84.32				81.93										**83.53**	
1990			86.33																		87.65						**86.99**	
1991					81.1		82.41								82.22		80.67		82.29		83.45		87.34		86.89		**83.29**	
1992					88.74				85.9								88.84		90.44		90.63		88.31		90.36		**89.03**	
1993			89.5		91.39		89.3						90.3		86.33		80.34				78.37		79.45				**85.62**	
MEDIOS			84		85		82		83		81		82		77		81		80		84		83		83		82	

I D E A M - INSTITUTO DE HIDROLOGIA, METEOROLOGIA Y ESTUDIOS AMBIENTALES

SISTEMA DE INFORMACION NACIONAL AMBIENTAL

VALORES MEDIOS MENSUALES DE EVAPORACIÓN (mms)

FECHA DE PROCESO : 2023/07/21

ESTACION : ALBANIA [23125060]

LATITUD	5.758333 N	TIPO EST	CO	DEPTO	SANTANDER
LONGITUD	-73.9133 W	ENTIDAD	1 IDEAM	MUNICIPIO	ALBANIA
ELEVACION	1690 m.s.n.m.	REGIONAL	8 SANTANDER-ARAUCA	CORRIENTE	

FECHA-INSTALACION 1991 - MAR

FECHA DE SUSPENCIÓN

AÑO	EST	ENT	ENE.	*	FEB.	*	MAR.	*	ABR.	*	MAY.	*	JUN.	*	JUL.	*	AGO.	*	SEP.	*	OCT.	*	NOV.	*	DIC.	*	VR ANUAL	*
1979			79.9		81.2		60.9		84.2		75.9		67.2		98		81.6		85.3		86.3		65.9		91.7		**958.1**	
1980			83.5		62.1		81		60.7		66.8		66.5		66.8		75.2		62.6						80.8		**706**	
1981			85.4		61.2		88.5		75.2		76		76.4		95.2		92.9		103		86.2						**840**	
1982			81		42.5		84.1		73.8		72		75.7		92.7		112.5		93.5		81.5		78.2		76.2		**963.7**	
1983			79		88.9		83.7		81.5		79.7		80.3		90.7		94.1		78.5		68.6		82.8		67.3		**975.1**	
1985			80.6		97.2		85.8		82.8		70		80.3		79.4		64.2		89.1		82.7		64.5		86.1		**962.7**	
1986			53.2		61.7		77.7		83.5		71.6		74		90		80.2		98.8		62.8		65.3		77.4		**896.2**	
1987			86.2		75.5		65.5		76.9		58.3		72.7		63.5		70.3		83.8		74.3		86.8		98.5		**912.3**	
1988			86.4		66.3		101.7		56.6		56.8		49.2		60		52.6		50.2		59.9		58.9		65.8		**764.4**	
1989			66.1		53.9		45		81.3		54.8		56.3		73.3		79.4		79.3		64.9		56.2		71.3		**781.8**	
1990			89.4		73.9		71.5		62.5		65.5		72.9		70.5		88.4		88.8		56.9		66.1		76.9		**883.3**	
1991			107.5		69.3		77.7		51.2		48.7		74.7		80.4		85.3		62.7		63.5		54.9		68.9		**844.8**	
1992			82.9		82.6		91		78.1		79.2		69.4		65.8		98.8		92.8		89.2		86.6		82.7		**999.1**	
1993			78.3		79.4		98.5		105.2		88.4		81		93.3		109.9		86.2		90.8		68.4		83.2		**1062.6**	
1994			99.5		77.1		73		82.6		90.2		103.9		89.3		101.8		90.4		66.7		125.3		98.9		**1098.7**	
1995			112.9		89.1		67.9		66.2		63.5		61.7		86		61.7		101.7		48.6		43.6		91.6		**894.5**	
1996			70.2																								**70.2**	
1998			100.7		73.4		86		38.2		58.7		84.7		56.1		58.7		80.4		61.5		46.2		51		**795.6**	
1999			64.3																74.7								**139**	
2000			69.3		53.9		73.3		66.2		80.2		90.8		81.7		76.7		37.8		44.2		41.5		77.9		**793.5**	
2001			65.7		58.1		85.5		67.2		71.2		93		80.2		92.8		69.9				48.6		52.5		**784.7**	
2002			104.1		48.5		71		65		91		76.9								105.6		82.2		61.6		**705.9**	
2003			102.8		78		98.5		58.5		101.9		53.5		94		110.4		76.9		71.6		71.5		74.8		**992.4**	
2004			75.6		102		76.7		68		79.6		89.8		86.2		81.8		78.1		32.3						**770.1**	
2005																					33.5		42.9		63		**139.4**	
2006			67.4				69.2		57.8		63.8		71.9		96.3		104		77.7		78.4		55.1		79.3		**820.9**	
2007			105.9		98		96.1		76.9		65.9		72.8		95.4				81.3		83.1		66.4		85.2		**927**	
2008			87.4		76.2		70.6		83.3		74.6		67.6		65.8		91.9		93.9		68.4		83.5		35.5		**898.7**	
2009			51		60.1		73.6		83.2		78.1		75.8		80.3		80.5		106.2		91.3		82.5		92.5		**955.1**	
2010			107.6		74.1		84.9		92		88.1		75.8		78.2		65.8		43.8		12.7		16.5		32		**771.5**	
2011			82.8		59.7		80.3		43.7		31.5		26.7		68.8		67.9		63.4		24.9		50.6		34.6		**634.9**	
2012			62.8		40.2		86.5		54.9		55.4		47.6		85.1		80.9		105.5		82.1		50.2		83.9		**835.1**	
2013			84.4		75.8		74.8		117.9		56.9		76.2		90.9		70		66.7		83.2		65.4		67.2		**929.4**	
2014			77.9		60		54.4		71.4		59.5		55.2		69.1		102.9		30.6		52.8		36.9		76.3		**747**	
2015			91.6		68.2		85		47.4		92		97.7		87.9		100.5		112.3		92.5		78.9		110.1		**1064.1**	
2016			90.7		88.3		81.5		67.6		49.3		70.7		84.5		105.4		111.8		71.8		60.3		55.3		**937.2**	
2017			52.5		86.9		77.5		75		78.7		54.8		76.6		89.3		67.5		83.8				-4.2		**738.4**	
2018			98.5		58.9		82.1		67.2		56.9		48.9		65.1		103.8		63		262.6		59.7		86.8		**1053.5**	
2019			64.9		55.8		68		45.9		70.5		69.6		97.5		114.4		84.7		67.7		86.2		68		**893.2**	
2020			93.1		112.3		86.9		74.4		83.1		69		75.6		84.3		98		68.5		56		92.4		**993.6**	

I D E A M - INSTITUTO DE HIDROLOGIA, METEOROLOGIA Y ESTUDIOS AMBIENTALES

SISTEMA DE INFORMACION NACIONAL AMBIENTAL

VALORES MEDIOS MENSUALES DE EVAPORACIÓN (mms)

FECHA DE PROCESO : 2023/07/21

ESTACION : ALBANIA [23125060]

LATITUD	5.758333	N	TIPO EST	CO		DEPTO	SANTANDER
LONGITUD	-73.9133	W	ENTIDAD	1	IDEAM	MUNICIPIO	ALBANIA
ELEVACION	1690	m.s.n.m.	REGIONAL	8	SANTANDER-ARAUCA	CORRIENTE	

FECHA-INSTALACION 1991 - MAR

FECHA DE SUSPENCIÓN

AÑO	EST	ENT	ENE.	*	FEB.	*	MAR.	*	ABR.	*	MAY.	*	JUN.	*	JUL.	*	AGO.	*	SEP.	*	OCT.	*	NOV.	*	DIC.	*	VR ANUAL	*
2021			79.6		60.3		55.8		81.9		77.7		72.9		99.2		79		79.1		95.3		71.5		66.4		**918.7**	
2022			66.5		74.9		77.6		90.1		68		34.1		75.8		87.7		74.5		79.8		53.9		86.5		**869.4**	
2023			74.5		70.9		78.4		58.4																		**282.2**	
MEDIOS			81.99		71.7		78.19		71.36		70.51		70.21		81.19		86.42		80.12		74.49		64.17		72.26		903	

I D E A M - INSTITUTO DE HIDROLOGIA, METEOROLOGIA Y ESTUDIOS AMBIENTALES

SISTEMA DE INFORMACION NACIONAL AMBIENTAL

VALORES MEDIOS MENSUALES DE NUBOSIDAD (OCTAS)

FECHA DE PROCESO : 2023/07/21

ESTACION : ALBANIA [23125060]

LATITUD	5.758333 N	TIPO EST	CO	DEPTO	SANTANDER
LONGITUD	-73.9133 W	ENTIDAD	1 IDEAM	MUNICIPIO	ALBANIA
ELEVACION	1690 m.s.n.m.	REGIONAL	8 SANTANDER-ARAUCA	CORRIENTE	

FECHA-INSTALACION 1991 - MAR

FECHA DE SUSPENCIÓN

AÑO	EST	ENT	ENE.	*	FEB.	*	MAR.	*	ABR.	*	MAY.	*	JUN.	*	JUL.	*	AGO.	*	SEP.	*	OCT.	*	NOV.	*	DIC.	*	VR ANUAL	*
1997			2		2		2		2		2		2		2		2		2		2		2		2		**2**	
1998					2		2		2		2						2		2		2		2		2		**2**	
1999			2		2		2										3		3		3		3				**2**	
2000			2				3		3		3		2		2												**2**	
2001			2				2				2				2		2								2		**2**	
2002			2				2				2										2				2		**2**	
2003					2		2		2		2		3		2		2						2		2		**2**	
2004					2		2		2		2		2		2		2		2								**2**	
2005																	2				2		2		2		**2**	
2006									2		2		2		2		2		2		2		2		2		**2**	
2007			2		2		3		3		3		2						2		3		2		2		**2**	
2008			2		2		3		2		2						2		2				2				**2**	
2009					2		3		2		2		2		2		2		2		2		2		2		**2**	
2010			2		2		2		2		3		2		2		2		3						2		**2**	
2011			2		2		3		3																2		**2**	
2012			2		2		2		2		2		2		2				2						2		**2**	
2013			2		3		3		3		3		3		2		3		2		3		3		2		**3**	
2014			2		3		3										2		2						3		**3**	
2015			3						3		3		3		3		3				4		4				**3**	
2016					3		4		4		4		3		3		3		4		3		3		3		**3**	
2017					3		3		3		3				3				3								**3**	
2018					3		3		3								3										**3**	
2019															3		3		3		3				3		**3**	
2020			3		3		3		3		3		3				3		3		3						**3**	
2021							3		3		3																**3**	
2022					3																						**3**	
MEDIOS			2		2		2		2		2		3		2		2		2		2		2		2		2	

ANEXO 2

ANÁLISIS DE FRECUENCIA PARA PRECIPITACIONES MÁXIMAS EN 24 HORAS Y RELACIONES IDF

HYFRANPLUS
(c) INRS-ETE, 2002

Estación Pauna - Código: 23125090

Sample
Empirical probability formula : F[X(k)]=(k-0.40)/(n+0.20) (Cunnane)
Inactive data (in italic) are included in the empirical probability calculation.

Nr.	Observation	Identifier	Probability empirical	Code
1	71.6	1993	0.3288	
2	73.3	1994	0.4658	
3	107.4	1995	0.9452	
4	103.5	1997	0.9110	
5	72	1998	0.3630	
6	65.7	1999	0.1575	
7	70.5	2000	0.2603	
8	74	2001	0.5000	
9	76.3	2002	0.5685	
10	91.5	2003	0.8425	
11	73.2	2004	0.4315	
12	54	2005	0.0205	
13	92.7	2006	0.8767	
14	54	2007	0.0548	
15	70.7	2008	0.2945	
16	77.6	2009	0.6027	
17	86.7	2010	0.8082	
18	75.5	2011	0.5342	
19	63	2012	0.1233	
20	69.5	2013	0.1918	
21	84.5	2014	0.7397	
22	85.5	2015	0.7740	
23	82.3	2016	0.6712	
24	114.3	2017	0.9795	
25	83.6	2018	0.7055	
26	78.5	2019	0.6370	
27	69.8	2020	0.2260	
28	59.6	2021	0.0890	
29	72.6	2022	0.3973	

HYFRANPLUS
(c) INRS-ETE, 2002

Estación Pauna - Código: 23125090

Gumbel (Maximum Likelihood)

Results of the fitting

Number of observations : 29

Parameters

u	71.015786
alpha	12.122335

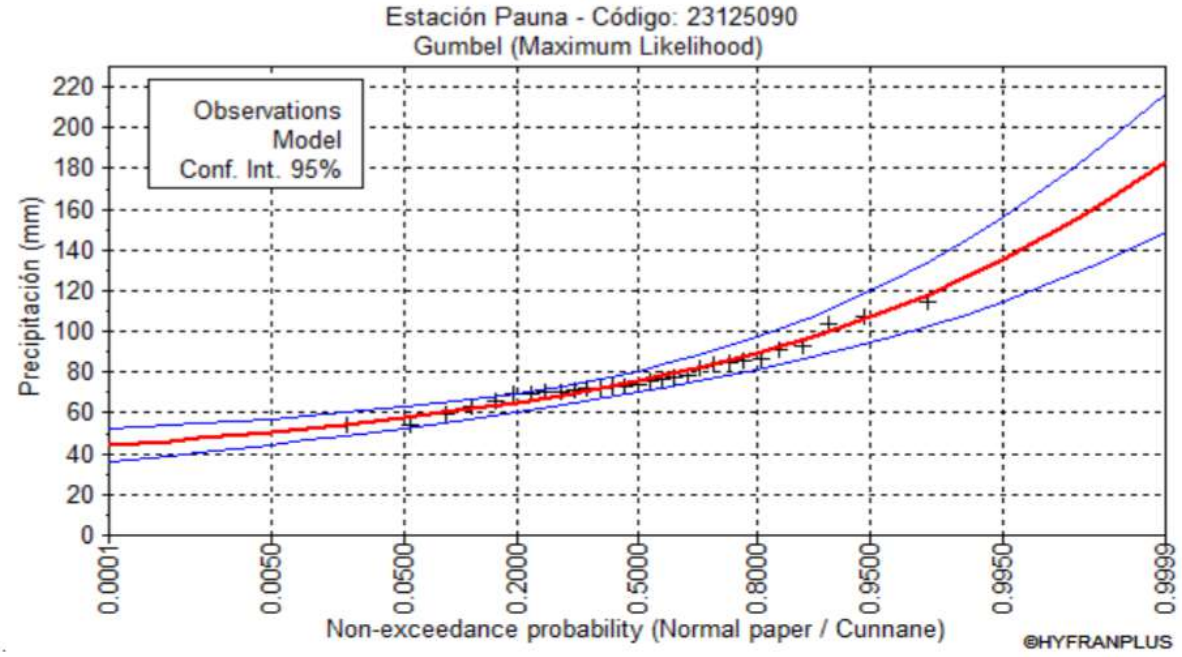
Quantiles

q = F(X) : non-exceedance probability
T = 1/(1-q)

T	q	XT	Standard deviation	Confidence interval (95%)
10000.0	0.9999	182.67	17.471	148.42 - 216.92
2000.0	0.9995	163.15	14.595	134.54 - 191.77
1000.0	0.9990	154.75	13.360	128.56 - 180.94
200.0	0.9950	135.21	10.504	114.62 - 155.81
100.0	0.9900	126.78	9.2812	108.59 - 144.98
50.0	0.9800	118.32	8.0643	102.51 - 134.13
25.0	0.9600	109.79	6.8543	96.352 - 123.23
20.0	0.9500	107.02	6.4664	94.345 - 119.70
15.0	0.9333	103.43	5.9676	91.729 - 115.13
10.0	0.9000	98.295	5.2678	87.969 - 108.62
5.0	0.8000	89.199	4.0843	81.192 - 97.205
3.0	0.6667	81.959	3.2397	75.608 - 88.310
2.3	0.5708	78.028	2.8476	72.445 - 83.610
2.0	0.5000	75.459	2.6309	70.301 - 80.616
1.4286	0.3000	68.766	2.2802	64.295 - 73.236
1.2500	0.2000	65.247	2.2563	60.824 - 69.670
1.1111	0.1000	60.905	2.3903	56.219 - 65.591
1.0526	0.0500	57.715	2.5891	52.640 - 62.791
1.0204	0.0200	54.480	2.8581	48.877 - 60.083
1.0101	0.0100	52.503	3.0484	46.527 - 58.479
1.0050	0.0050	50.803	3.2245	44.482 - 57.124
1.0010	0.0010	47.588	3.5830	40.564 - 54.612
1.0005	0.0005	46.428	3.7188	39.138 - 53.719
1.0001	0.0001	44.100	4.0003	36.258 - 51.942

HYFRANPLUS
(c) INRS-ETE, 2002

Estación Pauna - Código: 23125090



DETERMINACION DE RELACIONES I-D-F ESTACIÓN PAUNA

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

i : Inntensidad de precipitación, en milimetros hora (mm/h)
T : Periodo de retorno, en años
M : Precipitacion Maxima Promedio anual en 24 horas, a nivel multianual.
t : Duracion de la lluvia, en minutos
a, b, c, d : Parametros de ajuste de regresión

Para la región Andina (R1), los parametros de ajuste de regresión son los siguientes:

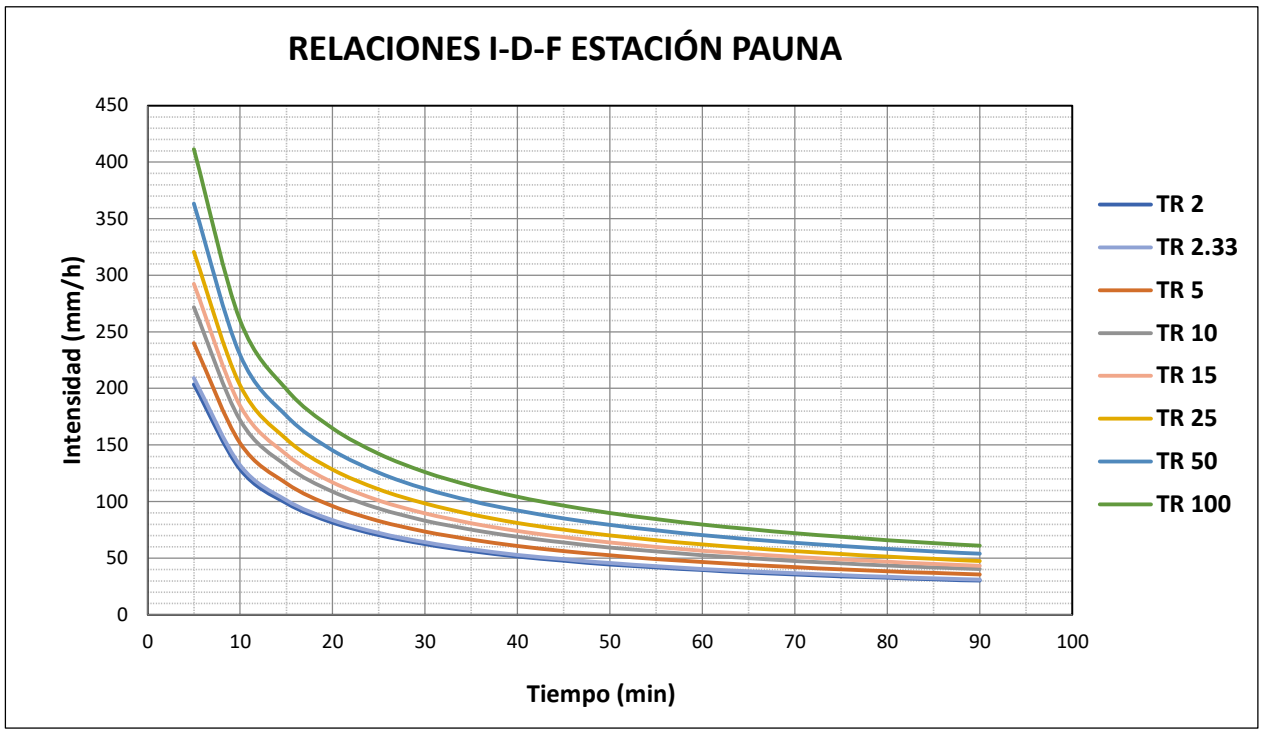
Parametro	Magnitud
a	0.94
b	0.18
c	0.66
d	0.83

Precipitacion Maxima Anual en 24 horas Pauna	
Año	Precipitacion (mm)
1993	71.6
1994	73.3
1995	107.4
1997	103.5
1998	72
1999	65.7
2000	70.5
2001	74
2002	76.3
2003	91.5
2004	73.2
2005	54
2006	92.7
2007	54
2008	70.7
2009	77.6
2010	86.7
2011	75.5
2012	63
2013	69.5
2014	84.5
2015	85.5
2016	82.3
2017	114.3
2018	83.6
2019	78.5
2020	69.8
2021	59.6
2022	72.6

Numero de Datos	29.0
Media	77.7
Desviacion Tipica	14.32
Coeficiente de Asimetria	0.785

CURVAS I-D-F ESTACIÓN PAUNA- CODIGO : 23125090

INTENSIDAD DE PRECIPITACION (mm/hora)								
TIEMPO (min)	PERIODO DE RETORNO (Años)							
	2	2.33	5	10	15	25	50	100
5	203.5	209.2	240.0	271.9	292.5	320.7	363.3	411.6
10	128.8	132.4	151.9	172.1	185.1	203.0	229.9	260.5
15	98.6	101.3	116.2	131.7	141.7	155.3	175.9	199.3
20	81.5	83.8	96.1	108.9	117.2	128.4	145.5	164.9
25	70.4	72.3	83.0	94.0	101.1	110.9	125.6	142.3
30	62.4	64.1	73.6	83.3	89.7	98.3	111.3	126.1
35	56.3	57.9	66.5	75.3	81.0	88.8	100.6	113.9
40	51.6	53.0	60.8	68.9	74.1	81.3	92.1	104.3
45	47.7	49.1	56.3	63.8	68.6	75.2	85.2	96.5
50	44.5	45.8	52.5	59.5	64.0	70.2	79.5	90.0
55	41.8	43.0	49.3	55.9	60.1	65.9	74.6	84.6
60	39.5	40.6	46.6	52.7	56.7	62.2	70.5	79.8
65	37.4	38.5	44.2	50.0	53.8	59.0	66.8	75.7
70	35.7	36.7	42.1	47.6	51.3	56.2	63.7	72.1
75	34.1	35.0	40.2	45.5	49.0	53.7	60.8	68.9
80	32.7	33.6	38.5	43.6	46.9	51.4	58.3	66.0
85	31.4	32.2	37.0	41.9	45.1	49.4	56.0	63.4
90	30.2	31.1	35.6	40.4	43.4	47.6	53.9	61.1



ANEXO 3

MÉTODO DE BLOQUE ALTERNO

HIETOGRAMAS - METODO DE BLOQUE ALTERNO

PERIODO DE RETORNO Tr = 2 Años

Tiempo (min)	i (mm/h)	Pac (mm)	Pinc (mm)	Tiempo (min)	P (mm)
5	203.5	16.96	16.96	0-3	0.98
10	128.8	21.47	4.51	5-10	1.02
15	98.6	24.65	3.18	10-15	1.24
20	81.5	27.17	2.52	15-20	1.38
25	70.4	29.33	2.16	20-25	1.64
30	62.4	31.20	1.87	25-30	2.16
35	56.3	32.84	1.64	30-35	3.18
40	51.6	34.40	1.56	35-40	16.96
45	47.7	35.78	1.38	40-45	4.51
50	44.5	37.08	1.30	45-50	2.52
55	41.8	38.32	1.24	50-55	1.87
60	39.5	39.50	1.18	55-60	1.56
65	37.4	40.52	1.02	60-65	1.30
70	35.7	41.65	1.13	65-70	1.18
75	34.1	42.63	0.98	70-75	1.13

PERIODO DE RETORNO Tr = 2.33 Años

Tiempo (min)	i (mm/h)	Pac (mm)	Pinc (mm)	Tiempo (min)	P (mm)
5	209.2	17.43	17.43	0-3	0.93
10	132.4	22.07	4.64	5-10	1.11
15	101.3	25.33	3.26	10-15	1.25
20	83.8	27.93	2.60	15-20	1.50
25	72.3	30.13	2.20	20-25	1.73
30	64.1	32.05	1.92	25-30	2.20
35	57.9	33.78	1.73	30-35	3.26
40	53.0	35.33	1.55	35-40	17.43
45	49.1	36.83	1.50	40-45	4.64
50	45.8	38.17	1.34	45-50	2.60
55	43.0	39.42	1.25	50-55	1.92
60	40.6	40.60	1.18	55-60	1.55
65	38.5	41.71	1.11	60-65	1.34
70	36.7	42.82	1.11	65-70	1.18
75	35.0	43.75	0.93	70-75	1.11

PERIODO DE RETORNO Tr = 5 Años

Tiempo (min)	i (mm/h)	Pac (mm)	Pinc (mm)	Tiempo (min)	P (mm)
5	240.0	20.00	20.00	0-3	1.13
10	151.9	25.32	5.32	5-10	1.28
15	116.2	29.05	3.73	10-15	1.44
20	96.1	32.03	2.98	15-20	1.70
25	83.0	34.58	2.55	20-25	1.99
30	73.6	36.80	2.22	25-30	2.55
35	66.5	38.79	1.99	30-35	3.73
40	60.8	40.53	1.74	35-40	20.00
45	56.3	42.23	1.70	40-45	5.32
50	52.5	43.75	1.52	45-50	2.98
55	49.3	45.19	1.44	50-55	2.22
60	46.6	46.60	1.41	55-60	1.74
65	44.2	47.88	1.28	60-65	1.52
70	42.1	49.12	1.24	65-70	1.41
75	40.2	50.25	1.13	70-75	1.24

HIETOGRAMAS - METODO DE BLOQUE ALTERNO

PERIODO DE RETORNO Tr = 10 Años

Tiempo (min)	i (mm/h)	Pac (mm)	Pinc (mm)	Tiempo (min)	P (mm)
5	271.9	22.66	22.66	0-3	1.35
10	172.1	28.68	6.02	5-10	1.47
15	131.7	32.93	4.25	10-15	1.66
20	108.9	36.30	3.37	15-20	1.92
25	94.0	39.17	2.87	20-25	2.28
30	83.3	41.65	2.48	25-30	2.87
35	75.3	43.93	2.28	30-35	4.25
40	68.9	45.93	2.00	35-40	22.66
45	63.8	47.85	1.92	40-45	6.02
50	59.5	49.58	1.73	45-50	3.37
55	55.9	51.24	1.66	50-55	2.48
60	52.7	52.70	1.46	55-60	2.00
65	50.0	54.17	1.47	60-65	1.73
70	47.6	55.53	1.36	65-70	1.46
75	45.5	56.88	1.35	70-75	1.36

PERIODO DE RETORNO Tr = 15 Años

Tiempo (min)	i (mm/h)	Pac (mm)	Pinc (mm)	Tiempo (min)	P (mm)
5	292.5	24.38	24.38	0-3	1.40
10	185.1	30.85	6.47	5-10	1.58
15	141.7	35.43	4.58	10-15	1.76
20	117.2	39.07	3.64	15-20	2.05
25	101.1	42.13	3.06	20-25	2.40
30	89.7	44.85	2.72	25-30	3.06
35	81.0	47.25	2.40	30-35	4.58
40	74.1	49.40	2.15	35-40	24.38
45	68.6	51.45	2.05	40-45	6.47
50	64.0	53.33	1.88	45-50	3.64
55	60.1	55.09	1.76	50-55	2.72
60	56.7	56.70	1.61	55-60	2.15
65	53.8	58.28	1.58	60-65	1.88
70	51.3	59.85	1.57	65-70	1.61
75	49.0	61.25	1.40	70-75	1.57

PERIODO DE RETORNO Tr = 25 Años

Tiempo (min)	i (mm/h)	Pac (mm)	Pinc (mm)	Tiempo (min)	P (mm)
5	320.7	26.73	26.73	0-3	1.56
10	203.0	33.83	7.10	5-10	1.72
15	155.3	38.83	5.00	10-15	1.91
20	128.4	42.80	3.97	15-20	2.20
25	110.9	46.21	3.41	20-25	2.65
30	98.3	49.15	2.94	25-30	3.41
35	88.8	51.80	2.65	30-35	5.00
40	81.3	54.20	2.40	35-40	26.73
45	75.2	56.40	2.20	40-45	7.10
50	70.2	58.50	2.10	45-50	3.97
55	65.9	60.41	1.91	50-55	2.94
60	62.2	62.20	1.79	55-60	2.40
65	59.0	63.92	1.72	60-65	2.10
70	56.2	65.57	1.65	65-70	1.79
75	53.7	67.13	1.56	70-75	1.65

HIETOGRAMAS - METODO DE BLOQUE ALTERNO

PERIODO DE RETORNO Tr = 50 Años

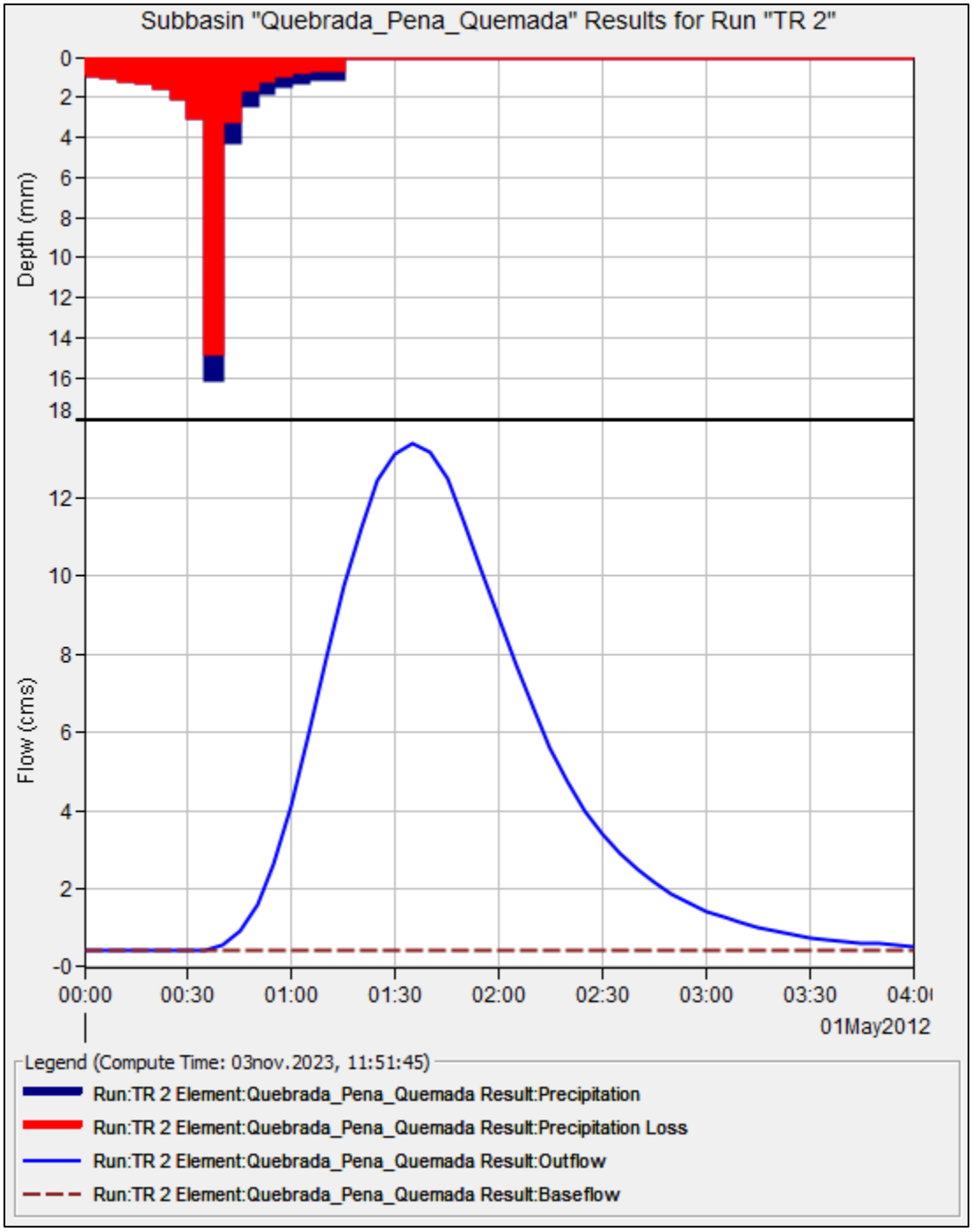
Tiempo (min)	i (mm/h)	Pac (mm)	Pinc (mm)	Tiempo (min)	P (mm)
5	363.3	30.28	30.28	0-3	1.68
10	229.9	38.32	8.04	5-10	1.87
15	175.9	43.98	5.66	10-15	2.13
20	145.5	48.50	4.52	15-20	2.50
25	125.6	52.33	3.83	20-25	3.03
30	111.3	55.65	3.32	25-30	3.83
35	100.6	58.68	3.03	30-35	5.66
40	92.1	61.40	2.72	35-40	30.28
45	85.2	63.90	2.50	40-45	8.04
50	79.5	66.25	2.35	45-50	4.52
55	74.6	68.38	2.13	50-55	3.32
60	70.5	70.50	2.12	55-60	2.72
65	66.8	72.37	1.87	60-65	2.35
70	63.7	74.32	1.95	65-70	2.12
75	60.8	76.00	1.68	70-75	1.95

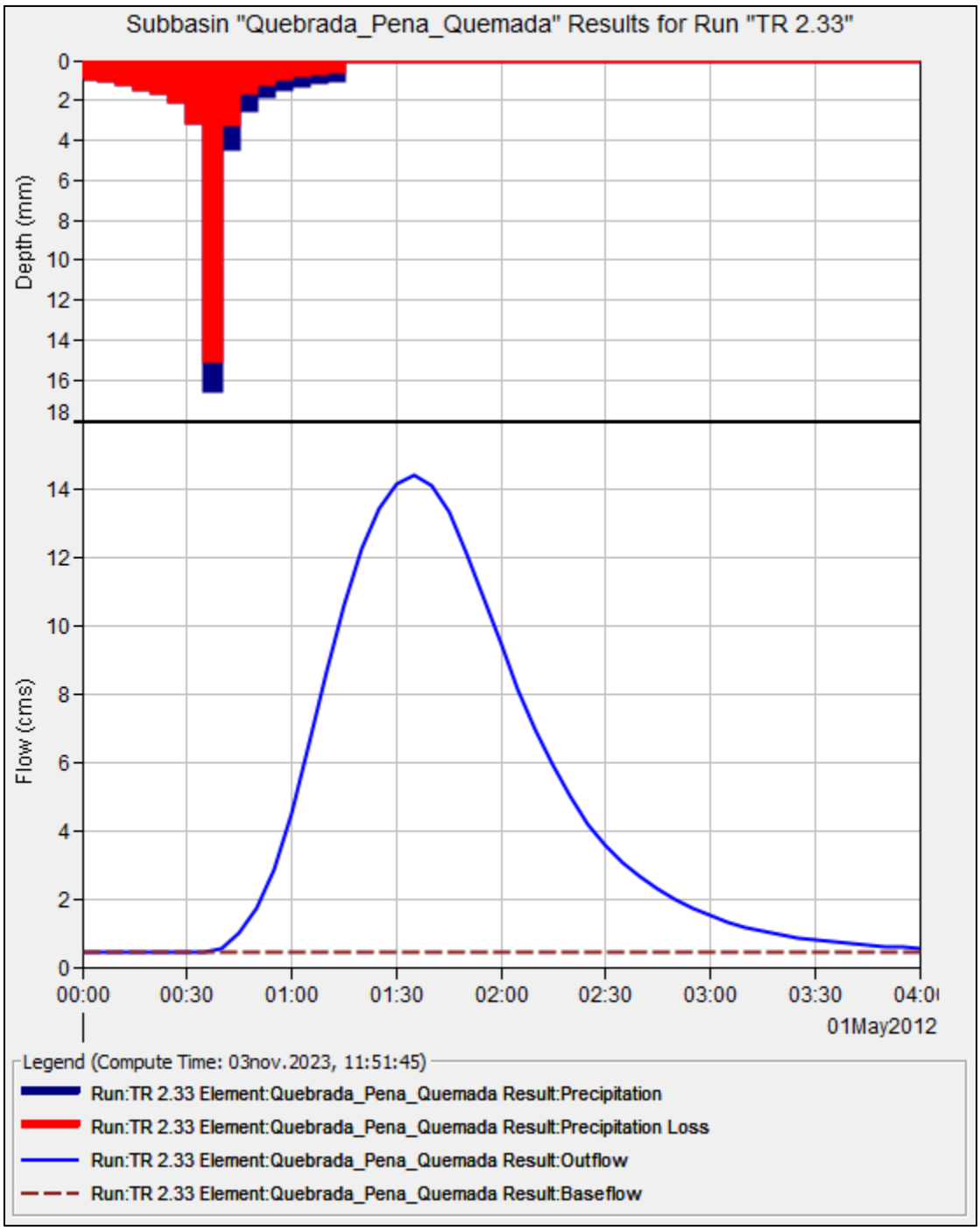
PERIODO DE RETORNO Tr = 100 Años

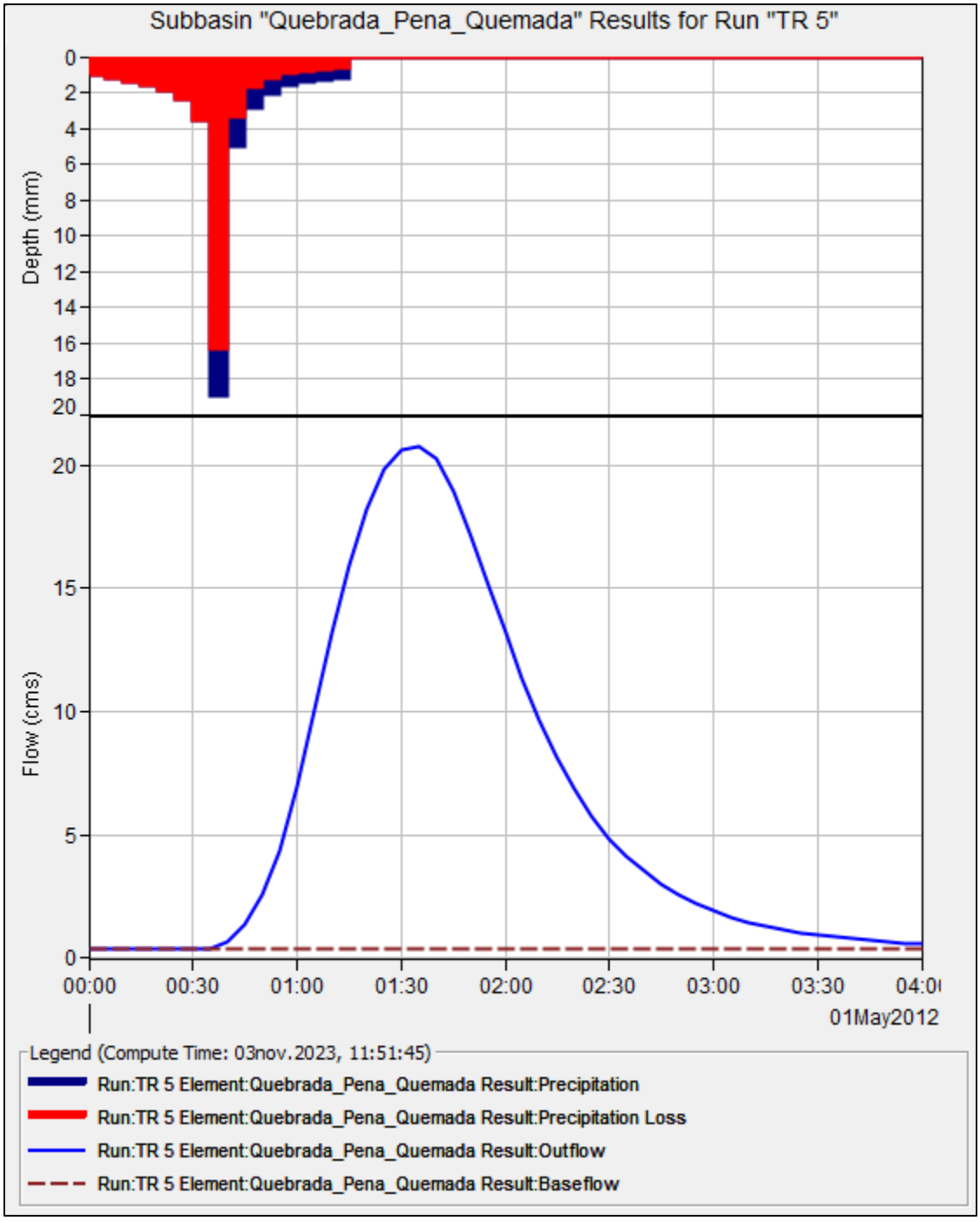
Tiempo (min)	i (mm/h)	Pac (mm)	Pinc (mm)	Tiempo (min)	P (mm)
5	411.6	34.30	34.30	0-3	2.01
10	260.5	43.42	9.12	5-10	2.21
15	199.3	49.83	6.41	10-15	2.55
20	164.9	54.97	5.14	15-20	2.85
25	142.3	59.29	4.32	20-25	3.39
30	126.1	63.05	3.76	25-30	4.32
35	113.9	66.44	3.39	30-35	6.41
40	104.3	69.53	3.09	35-40	34.30
45	96.5	72.38	2.85	40-45	9.12
50	90.0	75.00	2.62	45-50	5.14
55	84.6	77.55	2.55	50-55	3.76
60	79.8	79.80	2.25	55-60	3.09
65	75.7	82.01	2.21	60-65	2.62
70	72.1	84.12	2.11	65-70	2.25
75	68.9	86.13	2.01	70-75	2.11

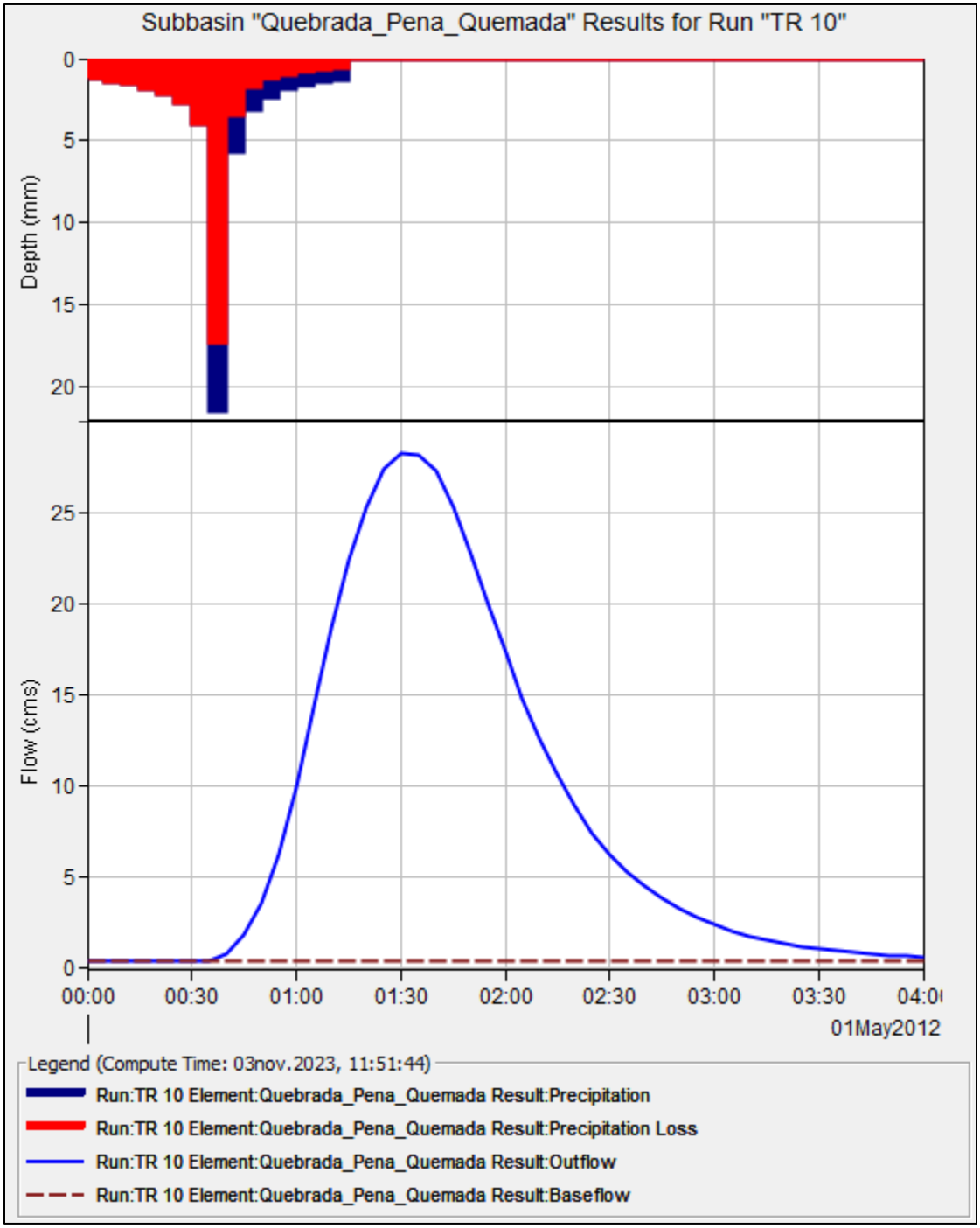
ANEXO 4

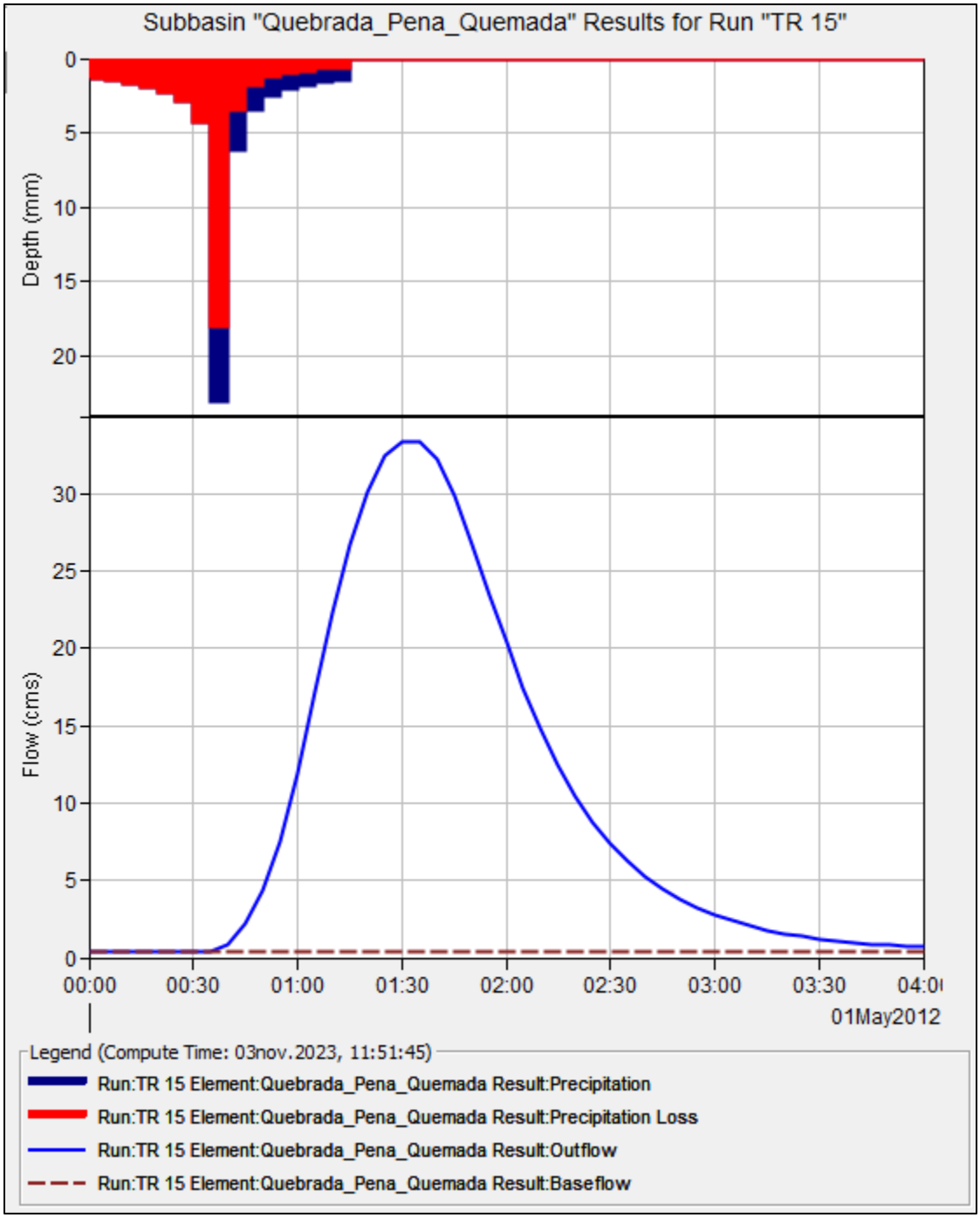
EVALUACIÓN HIDROLOGICA DE CAUDALES MÉTODO DE HIDROGRAMA UNITARIO MODELO HEC – HMS 4.10

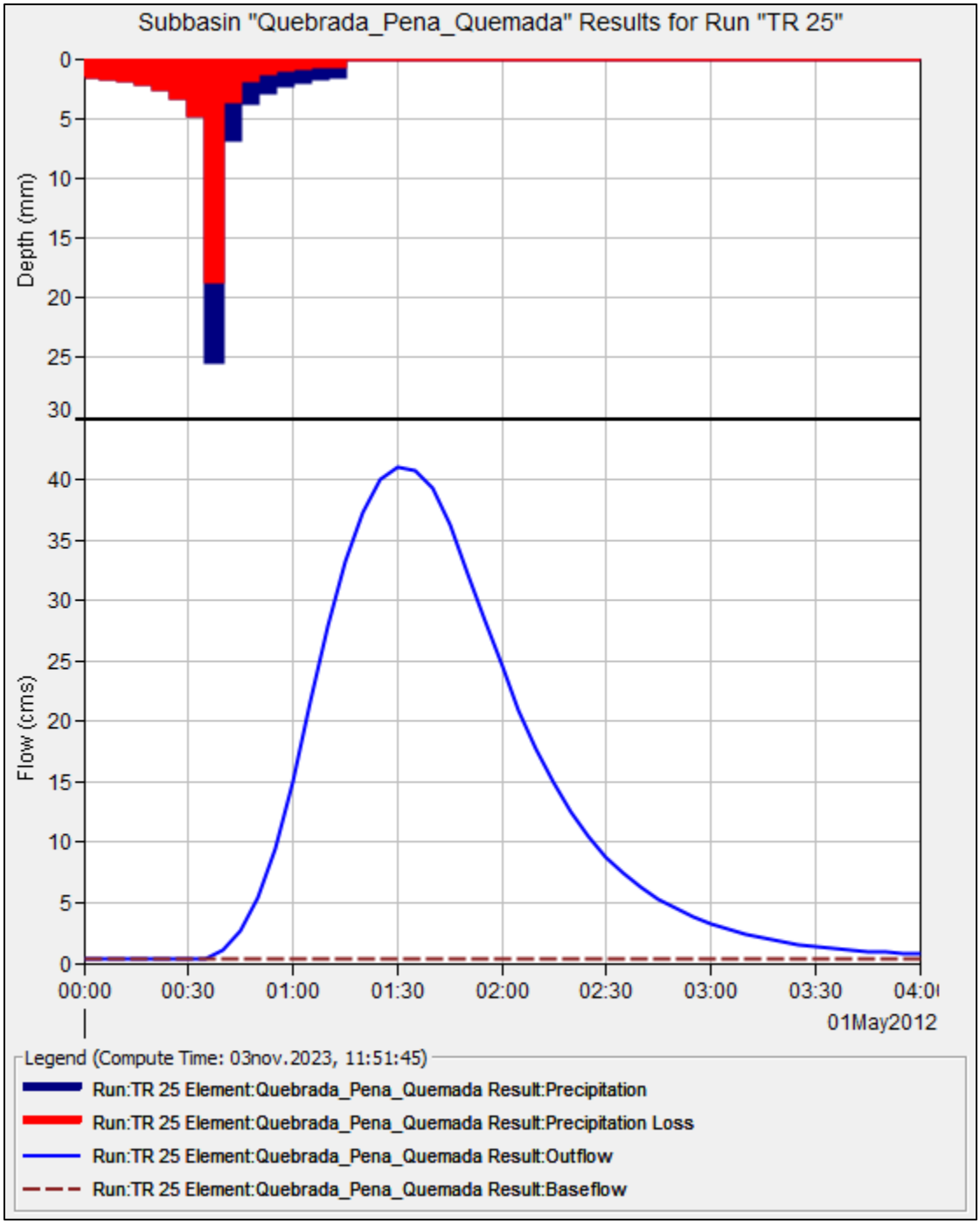

Subbasin "Quebrada_Pena_Quemada" Results for Run "TR 2"
Depth (mm)
0
2
4
6
8
10
12
14
16
18
Flow (cms)
12
10
8
6
4
2
-0
00:00
00:30
01:00
01:30
02:00
02:30
03:00
03:30
04:0
01May2012
Legend (Compute Time: 03nov.2023, 11:51:45)
Run:TR 2 Element:Quebrada_Pena_Quemada Result:Precipitation
Run:TR 2 Element:Quebrada_Pena_Quemada Result:Precipitation Loss
Run:TR 2 Element:Quebrada_Pena_Quemada Result:Outflow
Run:TR 2 Element:Quebrada_Pena_Quemada Result:Baseflow

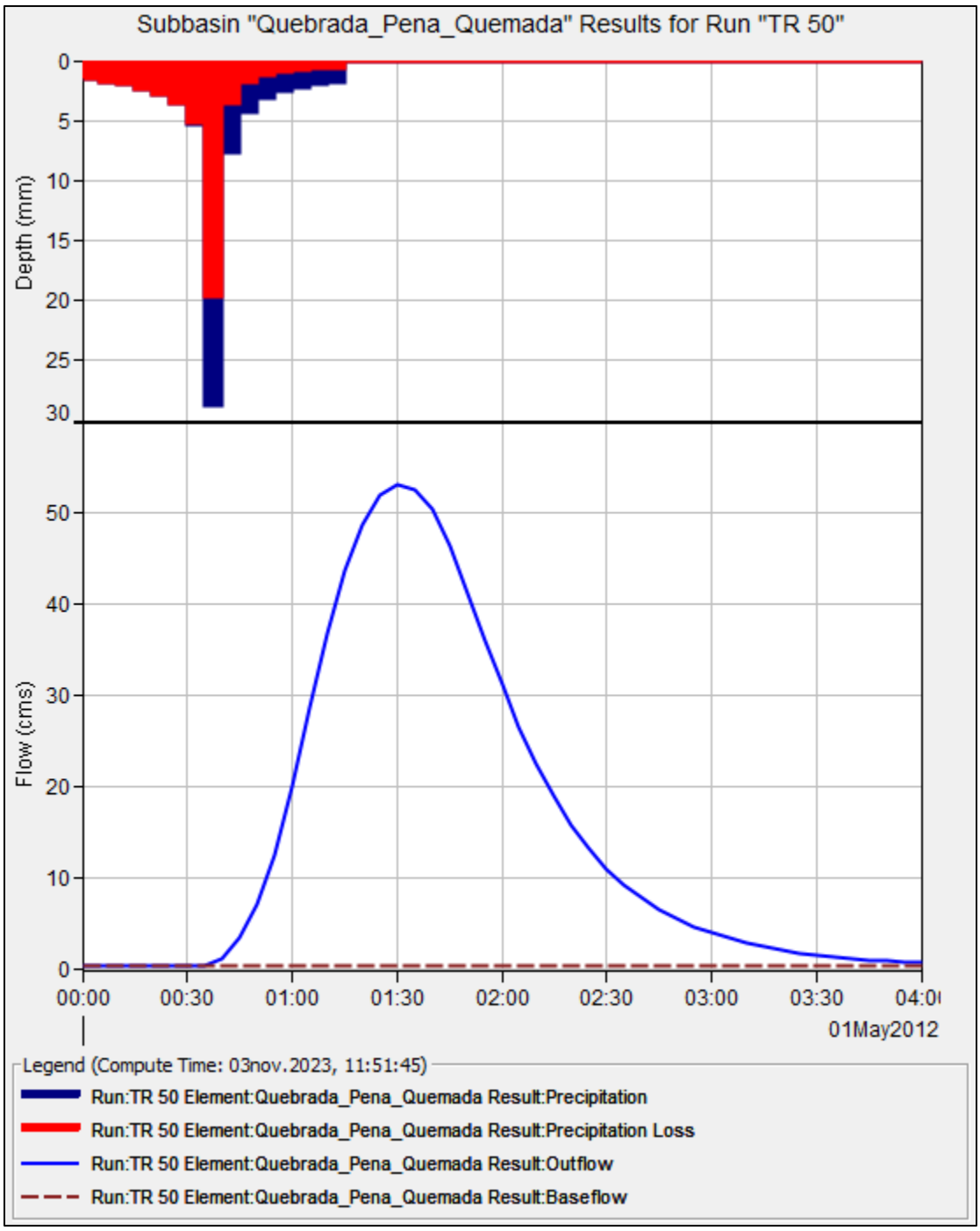

Subbasin "Quebrada_Pena_Quemada" Results for Run "TR 2.33"
Depth (mm)
0
2
4
6
8
10
12
14
16
18
Flow (cms)
14
12
10
8
6
4
2
0
00:00
00:30
01:00
01:30
02:00
02:30
03:00
03:30
04:0
01May2012
Legend (Compute Time: 03nov.2023, 11:51:45)
Run:TR 2.33 Element:Quebrada_Pena_Quemada Result:Precipitation
Run:TR 2.33 Element:Quebrada_Pena_Quemada Result:Precipitation Loss
Run:TR 2.33 Element:Quebrada_Pena_Quemada Result:Outflow
Run:TR 2.33 Element:Quebrada_Pena_Quemada Result:Baseflow

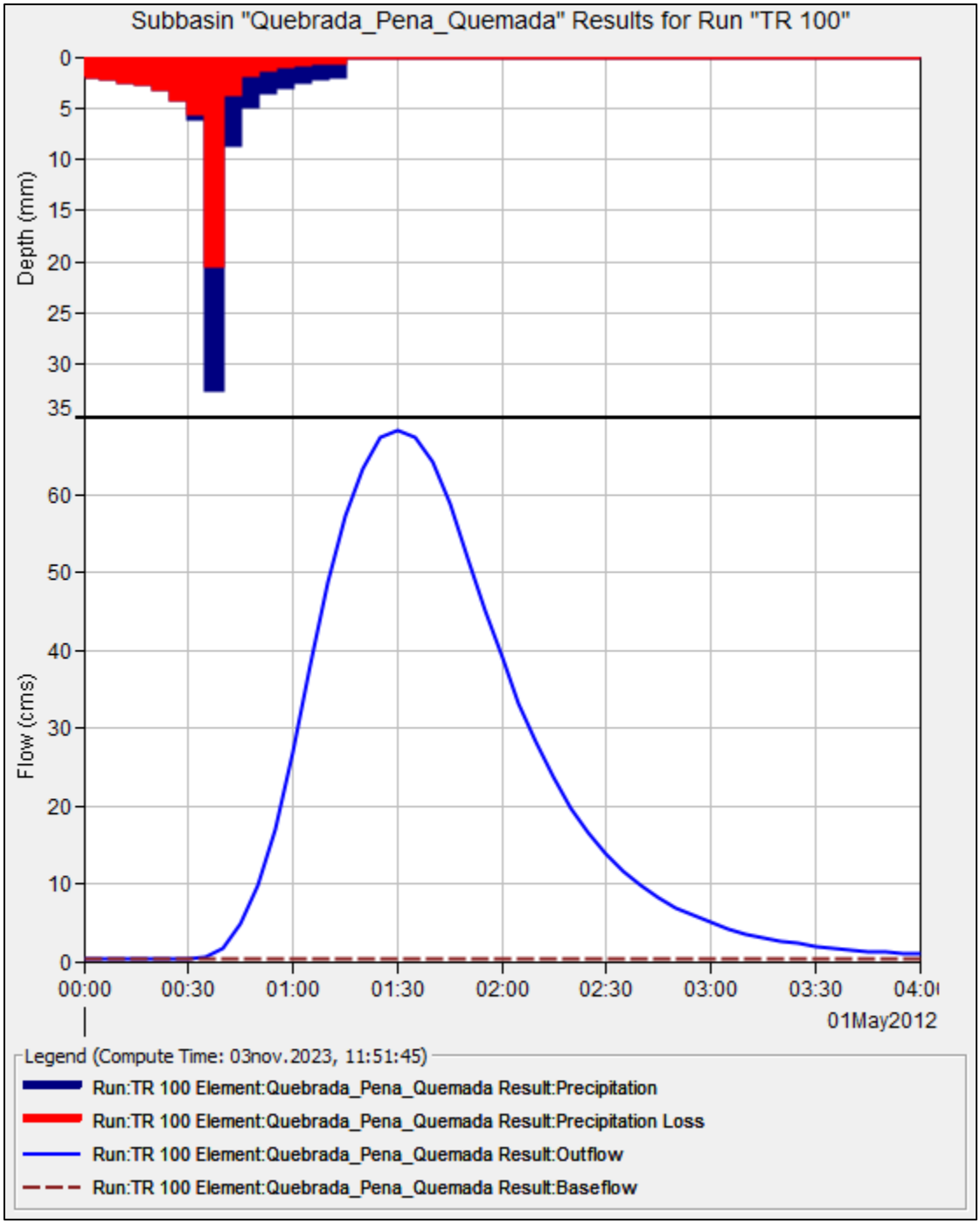

Subbasin "Quebrada_Pena_Quemada" Results for Run "TR 5"
Depth (mm)
0
2
4
6
8
10
12
14
16
18
20
Flow (cms)
20
15
10
5
0
00:00
00:30
01:00
01:30
02:00
02:30
03:00
03:30
04:0
01May2012
Legend (Compute Time: 03nov.2023, 11:51:45)
Run:TR 5 Element:Quebrada_Pena_Quemada Result:Precipitation
Run:TR 5 Element:Quebrada_Pena_Quemada Result:Precipitation Loss
Run:TR 5 Element:Quebrada_Pena_Quemada Result:Outflow
Run:TR 5 Element:Quebrada_Pena_Quemada Result:Baseflow


Subbasin "Quebrada_Pena_Quemada" Results for Run "TR 10"
Depth (mm)
0
5
10
15
20
Flow (cms)
0
5
10
15
20
25
00:00
00:30
01:00
01:30
02:00
02:30
03:00
03:30
01May2012
Legend (Compute Time: 03nov.2023, 11:51:44)
Run:TR 10 Element:Quebrada_Pena_Quemada Result:Precipitation
Run:TR 10 Element:Quebrada_Pena_Quemada Result:Precipitation Loss
Run:TR 10 Element:Quebrada_Pena_Quemada Result:Outflow
Run:TR 10 Element:Quebrada_Pena_Quemada Result:Baseflow


Subbasin "Quebrada_Pena_Quemada" Results for Run "TR 15"
Depth (mm)
0
5
10
15
20
Flow (cms)
0
5
10
15
20
25
30
00:00
00:30
01:00
01:30
02:00
02:30
03:00
03:30
01May2012
Legend (Compute Time: 03nov.2023, 11:51:45)
Run:TR 15 Element:Quebrada_Pena_Quemada Result:Precipitation
Run:TR 15 Element:Quebrada_Pena_Quemada Result:Precipitation Loss
Run:TR 15 Element:Quebrada_Pena_Quemada Result:Outflow
Run:TR 15 Element:Quebrada_Pena_Quemada Result:Baseflow


Subbasin "Quebrada_Pena_Quemada" Results for Run "TR 25"
Depth (mm)
0
5
10
15
20
25
30
Flow (cms)
40
35
30
25
20
15
10
5
0
00:00
00:30
01:00
01:30
02:00
02:30
03:00
03:30
01May2012
Legend (Compute Time: 03nov.2023, 11:51:45)
Run:TR 25 Element:Quebrada_Pena_Quemada Result:Precipitation
Run:TR 25 Element:Quebrada_Pena_Quemada Result:Precipitation Loss
Run:TR 25 Element:Quebrada_Pena_Quemada Result:Outflow
Run:TR 25 Element:Quebrada_Pena_Quemada Result:Baseflow


Subbasin "Quebrada_Pena_Quemada" Results for Run "TR 50"
Depth (mm)
0
5
10
15
20
25
30
Flow (cms)
50
40
30
20
10
0
00:00
00:30
01:00
01:30
02:00
02:30
03:00
03:30
01May2012
Legend (Compute Time: 03nov.2023, 11:51:45)
Run:TR 50 Element:Quebrada_Pena_Quemada Result:Precipitation
Run:TR 50 Element:Quebrada_Pena_Quemada Result:Precipitation Loss
Run:TR 50 Element:Quebrada_Pena_Quemada Result:Outflow
Run:TR 50 Element:Quebrada_Pena_Quemada Result:Baseflow


Subbasin "Quebrada_Pena_Quemada" Results for Run "TR 100"
Depth (mm)
0
5
10
15
20
25
30
35
Flow (cms)
60
50
40
30
20
10
0
00:00
00:30
01:00
01:30
02:00
02:30
03:00
03:30
04:0
01May2012
Legend (Compute Time: 03nov.2023, 11:51:45)
Run:TR 100 Element:Quebrada_Pena_Quemada Result:Precipitation
Run:TR 100 Element:Quebrada_Pena_Quemada Result:Precipitation Loss
Run:TR 100 Element:Quebrada_Pena_Quemada Result:Outflow
Run:TR 100 Element:Quebrada_Pena_Quemada Result:Baseflow

ANEXO 5

RESULTADOS EVALUACIÓN HIDRÁULICA MODELO HEC-RAS 6.1

HEC-RAS Plan: Q_Pena_Quemada River: Q_Pena_Quemada Reach: Q_Pena_Quemada

Reach	River Sta	Profile	Q Total	Min Ch El	W.S. Elev	Crit W.S.	E.G. Elev	E.G. Slope	Vel Chnl	Flow Area	Top Width	Froude # Chl
			(m3/s)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m/m)	(m/s)	(m2)	(m)	
Q_Pena_Quemada	267.01	TR 2	13.39	1286.07	1287.01	1287.01	1287.34	0.068493	2.53	5.29	8.03	0.99
Q_Pena_Quemada	267.01	TR 2.33	14.41	1286.07	1287.04	1287.04	1287.39	0.067675	2.60	5.55	8.09	1.00
Q_Pena_Quemada	267.01	TR 5	20.79	1286.07	1287.22	1287.24	1287.67	0.065001	2.97	7.04	8.44	1.01
Q_Pena_Quemada	267.01	TR 10	28.20	1286.07	1287.40	1287.45	1287.97	0.065019	3.35	8.53	8.78	1.05
Q_Pena_Quemada	267.01	TR 15	33.41	1286.07	1287.51	1287.57	1288.16	0.065043	3.58	9.51	8.99	1.06
Q_Pena_Quemada	267.01	TR 25	41.01	1286.07	1287.65	1287.71	1288.41	0.065011	3.88	10.87	9.28	1.08
Q_Pena_Quemada	267.01	TR 50	53.19	1286.07	1287.87	1288.02	1288.79	0.065081	4.30	12.89	9.69	1.11
Q_Pena_Quemada	267.01	TR 100	68.39	1286.07	1288.10	1288.31	1289.22	0.065100	4.73	15.24	10.14	1.14
Q_Pena_Quemada	262.09	TR 2	13.39	1285.63	1286.73	1286.50	1286.89	0.025572	1.79	7.49	9.12	0.63
Q_Pena_Quemada	262.09	TR 2.33	14.41	1285.63	1286.77	1286.53	1286.94	0.025458	1.83	7.87	9.19	0.63
Q_Pena_Quemada	262.09	TR 5	20.79	1285.63	1286.98	1286.72	1287.21	0.026753	2.11	9.86	9.57	0.66
Q_Pena_Quemada	262.09	TR 10	28.20	1285.63	1287.19	1286.91	1287.48	0.027141	2.38	11.87	9.97	0.68
Q_Pena_Quemada	262.09	TR 15	33.41	1285.63	1287.32	1287.04	1287.65	0.027290	2.55	13.17	10.23	0.70
Q_Pena_Quemada	262.09	TR 25	41.01	1285.63	1286.90	1287.19	1287.94	0.133817	4.51	9.09	9.42	1.47
Q_Pena_Quemada	262.09	TR 50	53.19	1285.63	1287.08	1287.44	1288.32	0.131571	4.93	10.80	9.76	1.48
Q_Pena_Quemada	262.09	TR 100	68.39	1285.63	1287.28	1287.71	1288.75	0.125161	5.37	12.81	10.15	1.49
Q_Pena_Quemada	257.12	TR 2	13.39	1285.42	1286.38	1286.38	1286.68	0.065896	2.43	5.50	8.82	0.98
Q_Pena_Quemada	257.12	TR 2.33	14.41	1285.42	1286.41	1286.41	1286.73	0.068148	2.52	5.71	8.86	1.00
Q_Pena_Quemada	257.12	TR 5	20.79	1285.42	1286.60	1286.60	1287.00	0.063445	2.80	7.42	9.17	0.99
Q_Pena_Quemada	257.12	TR 10	28.20	1285.42	1286.79	1286.79	1287.27	0.060426	3.06	9.23	9.51	0.99
Q_Pena_Quemada	257.12	TR 15	33.41	1285.42	1286.91	1286.91	1287.44	0.059038	3.21	10.40	9.71	0.99
Q_Pena_Quemada	257.12	TR 25	41.01	1285.42	1287.07	1287.07	1287.67	0.056499	3.43	11.98	9.99	0.99
Q_Pena_Quemada	257.12	TR 50	53.19	1285.42	1287.34	1287.31	1288.02	0.049275	3.65	14.70	10.43	0.95
Q_Pena_Quemada	257.12	TR 100	68.39	1285.42	1287.65	1287.58	1288.41	0.043050	3.87	18.02	10.96	0.92
Q_Pena_Quemada	252.10	TR 2	13.39	1285.10	1286.02	1286.03	1286.34	0.070578	2.52	5.32	8.41	1.01
Q_Pena_Quemada	252.10	TR 2.33	14.41	1285.10	1286.06	1286.06	1286.39	0.068247	2.55	5.64	8.46	1.00
Q_Pena_Quemada	252.10	TR 5	20.79	1285.10	1286.31	1286.25	1286.67	0.052489	2.66	7.81	8.83	0.90
Q_Pena_Quemada	252.10	TR 10	28.20	1285.10	1286.57	1286.45	1286.96	0.042849	2.76	10.21	9.17	0.83
Q_Pena_Quemada	252.10	TR 15	33.41	1285.10	1286.74	1286.58	1287.15	0.038308	2.86	11.71	9.37	0.81
Q_Pena_Quemada	252.10	TR 25	41.01	1285.10	1286.95	1286.73	1287.41	0.034461	3.00	13.74	9.64	0.79
Q_Pena_Quemada	252.10	TR 50	53.19	1285.10	1287.24	1286.98	1287.78	0.031905	3.25	16.58	10.00	0.78
Q_Pena_Quemada	252.10	TR 100	68.39	1285.10	1287.56	1287.26	1288.19	0.030175	3.53	19.85	10.41	0.78
Q_Pena_Quemada	247.04	TR 2	13.39	1284.70	1286.01	1285.56	1286.12	0.013696	1.48	9.03	8.54	0.46
Q_Pena_Quemada	247.04	TR 2.33	14.41	1284.70	1286.06	1285.59	1286.17	0.013894	1.53	9.44	8.59	0.47
Q_Pena_Quemada	247.04	TR 5	20.79	1284.70	1286.32	1285.77	1286.48	0.014498	1.77	11.78	8.97	0.49
Q_Pena_Quemada	247.04	TR 10	28.20	1284.70	1286.58	1285.99	1286.79	0.014728	2.01	14.17	9.33	0.50
Q_Pena_Quemada	247.04	TR 15	33.41	1284.70	1286.75	1286.12	1286.98	0.014933	2.15	15.71	9.57	0.52
Q_Pena_Quemada	247.04	TR 25	41.01	1284.70	1286.96	1286.30	1287.24	0.015242	2.35	17.81	9.88	0.53
Q_Pena_Quemada	247.04	TR 50	53.19	1284.70	1287.26	1286.55	1287.61	0.015994	2.64	20.79	10.29	0.56
Q_Pena_Quemada	247.04	TR 100	68.39	1284.70	1287.58	1286.84	1288.02	0.016711	2.95	24.22	10.75	0.58
Q_Pena_Quemada	241.97	TR 2	13.39	1284.61	1285.90	1285.54	1286.04	0.018866	1.65	8.11	8.21	0.53
Q_Pena_Quemada	241.97	TR 2.33	14.41	1284.61	1285.94	1285.57	1286.09	0.019121	1.70	8.48	8.27	0.54
Q_Pena_Quemada	241.97	TR 5	20.79	1284.61	1286.20	1285.75	1286.39	0.020438	1.96	10.63	8.64	0.56
Q_Pena_Quemada	241.97	TR 10	28.20	1284.61	1286.45	1285.99	1286.70	0.021561	2.19	12.87	9.00	0.59
Q_Pena_Quemada	241.97	TR 15	33.41	1284.61	1286.61	1286.12	1286.89	0.022263	2.33	14.32	9.24	0.60
Q_Pena_Quemada	241.97	TR 25	41.01	1284.61	1286.82	1286.30	1287.14	0.023000	2.51	16.32	9.56	0.61
Q_Pena_Quemada	241.97	TR 50	53.19	1284.61	1287.11	1286.56	1287.51	0.022948	2.78	19.16	9.98	0.63
Q_Pena_Quemada	241.97	TR 100	68.39	1284.61	1287.43	1286.84	1287.92	0.023067	3.08	22.43	10.45	0.65
Q_Pena_Quemada	236.78	TR 2	13.39	1284.52	1285.59	1285.52	1285.87	0.052519	2.33	5.75	7.66	0.86
Q_Pena_Quemada	236.78	TR 2.33	14.41	1284.52	1285.63	1285.56	1285.92	0.052738	2.39	6.03	7.72	0.86
Q_Pena_Quemada	236.78	TR 5	20.79	1284.52	1285.84	1285.77	1286.21	0.053477	2.71	7.67	8.08	0.89
Q_Pena_Quemada	236.78	TR 10	28.20	1284.52	1286.05	1285.98	1286.51	0.053580	2.99	9.43	8.45	0.90
Q_Pena_Quemada	236.78	TR 15	33.41	1284.52	1286.18	1286.11	1286.69	0.054115	3.16	10.56	8.68	0.92
Q_Pena_Quemada	236.78	TR 25	41.01	1284.52	1286.36	1286.30	1286.94	0.054982	3.39	12.11	8.98	0.93
Q_Pena_Quemada	236.78	TR 50	53.19	1284.52	1286.61	1286.57	1287.30	0.055008	3.68	14.47	9.42	0.94
Q_Pena_Quemada	236.78	TR 100	68.39	1284.52	1286.89	1286.84	1287.71	0.052702	4.01	17.10	9.79	0.95
Q_Pena_Quemada	231.52	TR 2	13.39	1284.37	1285.35	1285.26	1285.60	0.046040	2.21	6.07	8.08	0.81
Q_Pena_Quemada	231.52	TR 2.33	14.41	1284.37	1285.39	1285.29	1285.65	0.045586	2.26	6.39	8.13	0.81
Q_Pena_Quemada	231.52	TR 5	20.79	1284.37	1285.62	1285.49	1285.94	0.043297	2.51	8.28	8.44	0.81
Q_Pena_Quemada	231.52	TR 10	28.20	1284.37	1285.84	1285.69	1286.24	0.042776	2.77	10.19	8.73	0.82
Q_Pena_Quemada	231.52	TR 15	33.41	1284.37	1285.98	1285.83	1286.42	0.042588	2.93	11.39	8.91	0.83
Q_Pena_Quemada	231.52	TR 25	41.01	1284.37	1286.16	1285.98	1286.67	0.041775	3.16	13.00	9.15	0.83
Q_Pena_Quemada	231.52	TR 50	53.19	1284.37	1286.41	1286.25	1287.03	0.041065	3.49	15.37	9.48	0.85
Q_Pena_Quemada	231.52	TR 100	68.39	1284.37	1286.69	1286.54	1287.44	0.040853	3.85	18.07	9.85	0.87
Q_Pena_Quemada	226.31	TR 2	13.39	1284.13	1285.15	1285.01	1285.38	0.038281	2.10	6.38	8.00	0.75
Q_Pena_Quemada	226.31	TR 2.33	14.41	1284.13	1285.20	1285.05	1285.43	0.037781	2.14	6.73	8.08	0.75
Q_Pena_Quemada	226.31	TR 5	20.79	1284.13	1285.44	1285.25	1285.73	0.035958	2.38	8.74	8.48	0.75
Q_Pena_Quemada	226.31	TR 10	28.20	1284.13	1285.67	1285.45	1286.02	0.035767	2.63	10.71	8.86	0.76
Q_Pena_Quemada	226.31	TR 15	33.41	1284.13	1285.81	1285.59	1286.21	0.035016	2.80	11.98	9.09	0.76
Q_Pena_Quemada	226.31	TR 25	41.01	1284.13	1286.00	1285.76	1286.46	0.034258	3.01	13.71	9.41	0.77
Q_Pena_Quemada	226.31	TR 50	53.19	1284.13	1286.26	1286.01	1286.82	0.033849	3.33	16.26	9.84	0.79

HEC-RAS Plan: Q_Pena_Quemada River: Q_Pena_Quemada Reach: Q_Pena_Quemada (Continued)

Reach	River Sta	Profile	Q Total	Min Ch El	W.S. Elev	Crit W.S.	E.G. Elev	E.G. Slope	Vel Chnl	Flow Area	Top Width	Froude # Chl
			(m3/s)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m/m)	(m/s)	(m2)	(m)	
Q_Pena_Quemada	226.31	TR 100	68.39	1284.13	1286.55	1286.31	1287.23	0.033838	3.67	19.17	10.33	0.81
Q_Pena_Quemada	221.21	TR 2	13.39	1283.90	1285.04	1284.77	1285.21	0.024719	1.82	7.37	8.33	0.62
Q_Pena_Quemada	221.21	TR 2.33	14.41	1283.90	1285.08	1284.80	1285.26	0.024677	1.86	7.75	8.42	0.62
Q_Pena_Quemada	221.21	TR 5	20.79	1283.90	1285.33	1285.01	1285.56	0.024703	2.09	9.94	8.91	0.63
Q_Pena_Quemada	221.21	TR 10	28.20	1283.90	1285.57	1285.23	1285.85	0.023949	2.34	12.10	9.38	0.64
Q_Pena_Quemada	221.21	TR 15	33.41	1283.90	1285.72	1285.35	1286.04	0.023719	2.50	13.51	9.67	0.65
Q_Pena_Quemada	221.21	TR 25	41.01	1283.90	1285.92	1285.53	1286.29	0.023559	2.70	15.45	10.06	0.66
Q_Pena_Quemada	221.21	TR 50	53.19	1283.90	1286.20	1285.77	1286.65	0.023564	2.99	18.34	10.62	0.68
Q_Pena_Quemada	221.21	TR 100	68.39	1283.90	1286.50	1286.07	1287.05	0.023740	3.30	21.66	11.22	0.70
Q_Pena_Quemada	216.21	TR 2	13.39	1283.76	1284.97	1284.62	1285.09	0.015696	1.55	8.72	9.84	0.51
Q_Pena_Quemada	216.21	TR 2.33	14.41	1283.76	1285.02	1284.65	1285.15	0.015389	1.59	9.19	9.98	0.51
Q_Pena_Quemada	216.21	TR 5	20.79	1283.76	1285.28	1284.83	1285.45	0.014353	1.79	11.96	10.85	0.51
Q_Pena_Quemada	216.21	TR 10	28.20	1283.76	1285.54	1285.04	1285.74	0.014073	2.00	14.79	11.68	0.52
Q_Pena_Quemada	216.21	TR 15	33.41	1283.76	1285.69	1285.15	1285.92	0.013918	2.13	16.68	12.20	0.52
Q_Pena_Quemada	216.21	TR 25	41.01	1283.76	1285.91	1285.33	1286.16	0.013684	2.29	19.36	12.89	0.53
Q_Pena_Quemada	216.21	TR 50	53.19	1283.76	1286.21	1285.56	1286.51	0.013411	2.50	23.44	13.89	0.54
Q_Pena_Quemada	216.21	TR 100	68.39	1283.76	1286.55	1285.85	1286.90	0.013076	2.72	28.34	15.01	0.54
Q_Pena_Quemada	211.20	TR 2	13.39	1283.62	1284.89	1284.50	1285.02	0.015481	1.57	8.57	9.20	0.50
Q_Pena_Quemada	211.20	TR 2.33	14.41	1283.62	1284.94	1284.54	1285.07	0.015284	1.61	9.02	9.36	0.50
Q_Pena_Quemada	211.20	TR 5	20.79	1283.62	1285.20	1284.74	1285.37	0.014786	1.84	11.60	10.25	0.51
Q_Pena_Quemada	211.20	TR 10	28.20	1283.62	1285.44	1284.95	1285.66	0.015027	2.08	14.19	11.04	0.53
Q_Pena_Quemada	211.20	TR 15	33.41	1283.62	1285.60	1285.07	1285.84	0.015122	2.22	15.93	11.53	0.54
Q_Pena_Quemada	211.20	TR 25	41.01	1283.62	1285.81	1285.25	1286.09	0.015132	2.40	18.38	12.11	0.55
Q_Pena_Quemada	211.20	TR 50	53.19	1283.62	1286.10	1285.51	1286.44	0.015165	2.65	22.08	12.97	0.57
Q_Pena_Quemada	211.20	TR 100	68.39	1283.62	1286.43	1285.80	1286.82	0.015108	2.90	26.48	13.92	0.58
Q_Pena_Quemada	206.20	TR 2	13.39	1283.52	1284.82	1284.38	1284.94	0.014586	1.53	8.76	8.53	0.48
Q_Pena_Quemada	206.20	TR 2.33	14.41	1283.52	1284.87	1284.42	1284.99	0.014793	1.57	9.17	8.63	0.49
Q_Pena_Quemada	206.20	TR 5	20.79	1283.52	1285.13	1284.63	1285.30	0.015557	1.81	11.50	9.21	0.51
Q_Pena_Quemada	206.20	TR 10	28.20	1283.52	1285.37	1284.83	1285.58	0.016158	2.07	13.76	9.89	0.54
Q_Pena_Quemada	206.20	TR 15	33.41	1283.52	1285.51	1284.97	1285.76	0.016617	2.23	15.23	10.34	0.55
Q_Pena_Quemada	206.20	TR 25	41.01	1283.52	1285.71	1285.15	1286.01	0.017122	2.43	17.30	10.91	0.57
Q_Pena_Quemada	206.20	TR 50	53.19	1283.52	1285.98	1285.39	1286.35	0.017818	2.72	20.41	11.73	0.60
Q_Pena_Quemada	206.20	TR 100	68.39	1283.52	1286.28	1285.70	1286.74	0.018415	3.02	24.09	12.64	0.62
Q_Pena_Quemada	201.19	TR 2	13.39	1283.43	1284.75	1284.29	1284.87	0.013570	1.48	9.04	8.72	0.46
Q_Pena_Quemada	201.19	TR 2.33	14.41	1283.43	1284.80	1284.33	1284.92	0.013818	1.53	9.45	8.83	0.47
Q_Pena_Quemada	201.19	TR 5	20.79	1283.43	1285.06	1284.54	1285.22	0.015141	1.76	11.79	9.43	0.50
Q_Pena_Quemada	201.19	TR 10	28.20	1283.43	1285.29	1284.75	1285.50	0.015649	2.01	14.09	9.97	0.53
Q_Pena_Quemada	201.19	TR 15	33.41	1283.43	1285.44	1284.87	1285.68	0.016108	2.17	15.55	10.31	0.54
Q_Pena_Quemada	201.19	TR 25	41.01	1283.43	1285.63	1285.05	1285.92	0.016638	2.37	17.58	10.75	0.56
Q_Pena_Quemada	201.19	TR 50	53.19	1283.43	1285.90	1285.29	1286.26	0.017446	2.67	20.57	11.36	0.59
Q_Pena_Quemada	201.19	TR 100	68.39	1283.43	1286.20	1285.58	1286.64	0.018293	2.98	24.02	12.05	0.61
Q_Pena_Quemada	196.17	TR 2	13.39	1283.44	1284.66	1284.31	1284.79	0.016587	1.61	8.67	9.54	0.52
Q_Pena_Quemada	196.17	TR 2.33	14.41	1283.44	1284.71	1284.34	1284.84	0.016579	1.66	9.12	9.63	0.52
Q_Pena_Quemada	196.17	TR 5	20.79	1283.44	1284.96	1284.53	1285.13	0.016935	1.89	11.62	10.16	0.54
Q_Pena_Quemada	196.17	TR 10	28.20	1283.44	1285.20	1284.74	1285.42	0.017298	2.13	14.07	10.65	0.56
Q_Pena_Quemada	196.17	TR 15	33.41	1283.44	1285.34	1284.86	1285.59	0.017677	2.29	15.61	10.95	0.57
Q_Pena_Quemada	196.17	TR 25	41.01	1283.44	1285.53	1285.03	1285.83	0.018076	2.50	17.74	11.36	0.59
Q_Pena_Quemada	196.17	TR 50	53.19	1283.44	1285.80	1285.27	1286.17	0.018754	2.79	20.87	11.92	0.62
Q_Pena_Quemada	196.17	TR 100	68.39	1283.44	1286.09	1285.55	1286.55	0.019394	3.10	24.49	12.54	0.64
Q_Pena_Quemada	193.12	TR 2	13.39	1283.36	1284.59	1284.27	1284.73	0.019001	1.68	8.34	9.70	0.55
Q_Pena_Quemada	193.12	TR 2.33	14.41	1283.36	1284.64	1284.31	1284.79	0.018889	1.72	8.80	9.92	0.55
Q_Pena_Quemada	193.12	TR 5	20.79	1283.36	1284.90	1284.51	1285.08	0.018498	1.93	11.45	10.65	0.56
Q_Pena_Quemada	193.12	TR 10	28.20	1283.36	1285.14	1284.72	1285.36	0.018102	2.15	14.07	11.17	0.57
Q_Pena_Quemada	193.12	TR 15	33.41	1283.36	1285.28	1284.83	1285.54	0.018217	2.30	15.70	11.47	0.58
Q_Pena_Quemada	193.12	TR 25	41.01	1283.36	1285.48	1285.01	1285.77	0.018321	2.49	17.97	11.88	0.59
Q_Pena_Quemada	193.12	TR 50	53.19	1283.36	1285.75	1285.24	1286.11	0.018700	2.77	21.26	12.45	0.62
Q_Pena_Quemada	193.12	TR 100	68.39	1283.36	1286.05	1285.51	1286.48	0.019074	3.06	25.08	13.08	0.64
Q_Pena_Quemada	190.13	TR 2	13.39	1283.28	1284.49	1284.24	1284.67	0.025668	1.87	7.44	8.94	0.63
Q_Pena_Quemada	190.13	TR 2.33	14.41	1283.28	1284.54	1284.28	1284.72	0.025667	1.91	7.85	9.11	0.63
Q_Pena_Quemada	190.13	TR 5	20.79	1283.28	1284.78	1284.49	1285.01	0.025490	2.14	10.23	10.09	0.64
Q_Pena_Quemada	190.13	TR 10	28.20	1283.28	1285.02	1284.69	1285.29	0.025171	2.38	12.71	10.96	0.66
Q_Pena_Quemada	190.13	TR 15	33.41	1283.28	1285.16	1284.82	1285.47	0.024856	2.52	14.28	11.32	0.66
Q_Pena_Quemada	190.13	TR 25	41.01	1283.28	1285.35	1285.01	1285.71	0.024265	2.71	16.51	11.79	0.67
Q_Pena_Quemada	190.13	TR 50	53.19	1283.28	1285.62	1285.24	1286.04	0.024115	2.98	19.73	12.41	0.68
Q_Pena_Quemada	190.13	TR 100	68.39	1283.28	1285.91	1285.53	1286.41	0.023953	3.26	23.50	13.09	0.70
Q_Pena_Quemada	186.73	TR 2	13.39	1283.19	1284.17	1284.17	1284.52	0.063736	2.60	5.25	7.60	0.97
Q_Pena_Quemada	186.73	TR 2.33	14.41	1283.19	1284.21	1284.20	1284.57	0.063921	2.66	5.53	7.75	0.97
Q_Pena_Quemada	186.73	TR 5	20.79	1283.19	1284.43	1284.43	1284.86	0.061642	2.94	7.33	8.63	0.98
Q_Pena_Quemada	186.73	TR 10	28.20	1283.19	1284.65	1284.65	1285.15	0.059363	3.16	9.32	9.51	0.98
Q_Pena_Quemada	186.73	TR 15	33.41	1283.19	1284.79	1284.79	1285.32	0.057514	3.28	10.69	10.07	0.97

HEC-RAS Plan: Q_Pena_Quemada River: Q_Pena_Quemada Reach: Q_Pena_Quemada (Continued)

Reach	River Sta	Profile	Q Total	Min Ch El	W.S. Elev	Crit W.S.	E.G. Elev	E.G. Slope	Vel Chnl	Flow Area	Top Width	Froude # Chl
			(m3/s)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m/m)	(m/s)	(m2)	(m)	
Q_Pena_Quemada	186.73	TR 25	41.01	1283.19	1284.95	1284.95	1285.56	0.056311	3.51	12.40	10.69	0.98
Q_Pena_Quemada	186.73	TR 50	53.19	1283.19	1285.20	1285.20	1285.90	0.051792	3.78	15.11	11.26	0.97
Q_Pena_Quemada	186.73	TR 100	68.39	1283.19	1285.49	1285.48	1286.28	0.046865	4.03	18.50	11.98	0.95
Q_Pena_Quemada	183.63	TR 2	13.39	1282.98	1283.97	1283.95	1284.32	0.064013	2.63	5.15	7.28	0.97
Q_Pena_Quemada	183.63	TR 2.33	14.41	1282.98	1284.00	1284.00	1284.37	0.064010	2.68	5.43	7.44	0.98
Q_Pena_Quemada	183.63	TR 5	20.79	1282.98	1284.23	1284.23	1284.67	0.061790	2.96	7.18	8.32	0.98
Q_Pena_Quemada	183.63	TR 10	28.20	1282.98	1284.44	1284.45	1284.96	0.060785	3.23	9.02	9.15	0.99
Q_Pena_Quemada	183.63	TR 15	33.41	1282.98	1284.58	1284.60	1285.14	0.057088	3.36	10.38	9.75	0.98
Q_Pena_Quemada	183.63	TR 25	41.01	1282.98	1284.74	1284.77	1285.39	0.055715	3.60	11.97	10.09	0.99
Q_Pena_Quemada	183.63	TR 50	53.19	1282.98	1285.04	1285.01	1285.74	0.047237	3.78	15.04	10.70	0.94
Q_Pena_Quemada	183.63	TR 100	68.39	1282.98	1285.37	1285.30	1286.13	0.041092	3.98	18.70	11.39	0.90
Q_Pena_Quemada	180.56	TR 2	13.39	1282.76	1283.81	1283.76	1284.12	0.054426	2.48	5.41	7.24	0.90
Q_Pena_Quemada	180.56	TR 2.33	14.41	1282.76	1283.85	1283.80	1284.18	0.054527	2.54	5.70	7.41	0.91
Q_Pena_Quemada	180.56	TR 5	20.79	1282.76	1284.03	1284.03	1284.48	0.060608	2.97	7.09	8.11	0.98
Q_Pena_Quemada	180.56	TR 10	28.20	1282.76	1284.23	1284.24	1284.78	0.058268	3.30	8.79	8.85	0.99
Q_Pena_Quemada	180.56	TR 15	33.41	1282.76	1284.36	1284.38	1284.97	0.056283	3.48	9.96	9.13	0.99
Q_Pena_Quemada	180.56	TR 25	41.01	1282.76	1284.55	1284.57	1285.22	0.051804	3.67	11.75	9.55	0.97
Q_Pena_Quemada	180.56	TR 50	53.19	1282.76	1284.84	1284.84	1285.59	0.046054	3.91	14.63	10.35	0.94
Q_Pena_Quemada	180.56	TR 100	68.39	1282.76	1285.14	1285.14	1285.99	0.042919	4.20	17.91	11.26	0.94
Q_Pena_Quemada	177.49	TR 2	13.39	1282.54	1283.59	1283.59	1283.94	0.066206	2.62	5.11	7.14	0.99
Q_Pena_Quemada	177.49	TR 2.33	14.41	1282.54	1283.63	1283.63	1283.99	0.065446	2.66	5.42	7.34	0.99
Q_Pena_Quemada	177.49	TR 5	20.79	1282.54	1283.86	1283.86	1284.28	0.062664	2.88	7.21	8.28	0.99
Q_Pena_Quemada	177.49	TR 10	28.20	1282.54	1284.00	1284.07	1284.57	0.075041	3.36	8.39	8.72	1.10
Q_Pena_Quemada	177.49	TR 15	33.41	1282.54	1284.09	1284.21	1284.76	0.079773	3.61	9.26	9.05	1.14
Q_Pena_Quemada	177.49	TR 25	41.01	1282.54	1284.22	1284.38	1285.01	0.086434	3.94	10.41	9.43	1.20
Q_Pena_Quemada	177.49	TR 50	53.19	1282.54	1284.40	1284.62	1285.37	0.091642	4.37	12.18	9.98	1.25
Q_Pena_Quemada	177.49	TR 100	68.39	1282.54	1284.62	1284.89	1285.78	0.089280	4.78	14.38	10.60	1.27
Q_Pena_Quemada	174.45	TR 2	13.39	1282.34	1283.41	1283.39	1283.73	0.061700	2.52	5.31	7.57	0.96
Q_Pena_Quemada	174.45	TR 2.33	14.41	1282.34	1283.41	1283.43	1283.78	0.071663	2.72	5.31	7.56	1.03
Q_Pena_Quemada	174.45	TR 5	20.79	1282.34	1283.59	1283.65	1284.07	0.076069	3.05	6.81	8.50	1.09
Q_Pena_Quemada	174.45	TR 10	28.20	1282.34	1283.80	1283.85	1284.34	0.071279	3.28	8.60	9.09	1.08
Q_Pena_Quemada	174.45	TR 15	33.41	1282.34	1283.94	1283.98	1284.52	0.064015	3.35	9.98	9.47	1.04
Q_Pena_Quemada	174.45	TR 25	41.01	1282.34	1284.12	1284.15	1284.75	0.059191	3.52	11.71	9.93	1.01
Q_Pena_Quemada	174.45	TR 50	53.19	1282.34	1284.36	1284.39	1285.10	0.054679	3.80	14.18	10.55	1.00
Q_Pena_Quemada	174.45	TR 100	68.39	1282.34	1284.52	1284.66	1285.50	0.063749	4.39	15.88	10.96	1.10
Q_Pena_Quemada	171.45	TR 2	13.39	1282.16	1283.33	1283.20	1283.55	0.040221	2.10	6.36	8.67	0.78
Q_Pena_Quemada	171.45	TR 2.33	14.41	1282.16	1283.36	1283.23	1283.60	0.040824	2.16	6.66	8.82	0.79
Q_Pena_Quemada	171.45	TR 5	20.79	1282.16	1283.55	1283.45	1283.86	0.043862	2.47	8.43	9.62	0.84
Q_Pena_Quemada	171.45	TR 10	28.20	1282.16	1283.73	1283.64	1284.12	0.046429	2.76	10.23	10.25	0.88
Q_Pena_Quemada	171.45	TR 15	33.41	1282.16	1283.66	1283.77	1284.29	0.081979	3.53	9.47	10.05	1.16
Q_Pena_Quemada	171.45	TR 25	41.01	1282.16	1283.78	1283.93	1284.53	0.086706	3.84	10.68	10.36	1.21
Q_Pena_Quemada	171.45	TR 50	53.19	1282.16	1283.95	1284.15	1284.87	0.087213	4.24	12.56	10.82	1.24
Q_Pena_Quemada	171.45	TR 100	68.39	1282.16	1284.15	1284.42	1285.26	0.086248	4.67	14.75	11.33	1.26
Q_Pena_Quemada	168.37	TR 2	13.39	1282.02	1283.25	1283.08	1283.43	0.032347	1.89	7.09	9.71	0.71
Q_Pena_Quemada	168.37	TR 2.33	14.41	1282.02	1283.28	1283.11	1283.47	0.032650	1.94	7.43	9.85	0.71
Q_Pena_Quemada	168.37	TR 5	20.79	1282.02	1283.48	1283.30	1283.72	0.034224	2.20	9.44	10.66	0.75
Q_Pena_Quemada	168.37	TR 10	28.20	1282.02	1283.67	1283.49	1283.97	0.034002	2.45	11.53	11.20	0.76
Q_Pena_Quemada	168.37	TR 15	33.41	1282.02	1283.78	1283.61	1284.13	0.033634	2.61	12.84	11.51	0.77
Q_Pena_Quemada	168.37	TR 25	41.01	1282.02	1283.94	1283.75	1284.35	0.033092	2.82	14.69	11.96	0.78
Q_Pena_Quemada	168.37	TR 50	53.19	1282.02	1284.17	1283.97	1284.66	0.032425	3.10	17.49	12.58	0.80
Q_Pena_Quemada	168.37	TR 100	68.39	1282.02	1284.44	1284.22	1285.01	0.031003	3.37	20.96	13.27	0.80
Q_Pena_Quemada	165.23	TR 2	13.39	1281.98	1283.17	1282.98	1283.33	0.028229	1.75	7.65	10.70	0.66
Q_Pena_Quemada	165.23	TR 2.33	14.41	1281.98	1283.21	1283.01	1283.37	0.028298	1.79	8.04	10.85	0.66
Q_Pena_Quemada	165.23	TR 5	20.79	1281.98	1283.41	1283.19	1283.62	0.027939	2.02	10.31	11.45	0.68
Q_Pena_Quemada	165.23	TR 10	28.20	1281.98	1283.61	1283.36	1283.86	0.027405	2.23	12.67	12.01	0.69
Q_Pena_Quemada	165.23	TR 15	33.41	1281.98	1283.73	1283.47	1284.02	0.026541	2.36	14.20	12.36	0.69
Q_Pena_Quemada	165.23	TR 25	41.01	1281.98	1283.91	1283.62	1284.23	0.025542	2.53	16.34	12.83	0.69
Q_Pena_Quemada	165.23	TR 50	53.19	1281.98	1284.15	1283.82	1284.54	0.024494	2.77	19.58	13.50	0.70
Q_Pena_Quemada	165.23	TR 100	68.39	1281.98	1284.44	1284.06	1284.89	0.023031	2.99	23.58	14.31	0.69
Q_Pena_Quemada	162.15	TR 2	13.39	1281.93	1283.10	1282.89	1283.24	0.024662	1.65	8.11	11.19	0.62
Q_Pena_Quemada	162.15	TR 2.33	14.41	1281.93	1283.14	1282.92	1283.28	0.024566	1.69	8.52	11.29	0.62
Q_Pena_Quemada	162.15	TR 5	20.79	1281.93	1283.34	1283.09	1283.53	0.024151	1.90	10.92	11.85	0.63
Q_Pena_Quemada	162.15	TR 10	28.20	1281.93	1283.55	1283.25	1283.78	0.022977	2.10	13.44	12.43	0.64
Q_Pena_Quemada	162.15	TR 15	33.41	1281.93	1283.68	1283.36	1283.93	0.022252	2.23	15.08	12.79	0.64
Q_Pena_Quemada	162.15	TR 25	41.01	1281.93	1283.86	1283.50	1284.15	0.021448	2.39	17.38	13.28	0.64
Q_Pena_Quemada	162.15	TR 50	53.19	1281.93	1284.11	1283.71	1284.46	0.020634	2.61	20.83	13.89	0.65
Q_Pena_Quemada	162.15	TR 100	68.39	1281.93	1284.41	1283.95	1284.81	0.019475	2.83	25.05	14.55	0.64
Q_Pena_Quemada	159.06	TR 2	13.39	1281.89	1283.01	1282.82	1283.16	0.026234	1.69	7.91	10.94	0.64
Q_Pena_Quemada	159.06	TR 2.33	14.41	1281.89	1283.05	1282.85	1283.20	0.026095	1.73	8.31	11.00	0.64
Q_Pena_Quemada	159.06	TR 5	20.79	1281.89	1283.25	1283.01	1283.45	0.025702	1.96	10.59	11.36	0.65

HEC-RAS Plan: Q_Pena_Quemada River: Q_Pena_Quemada Reach: Q_Pena_Quemada (Continued)

Reach	River Sta	Profile	Q Total	Min Ch El	W.S. Elev	Crit W.S.	E.G. Elev	E.G. Slope	Vel Chnl	Flow Area	Top Width	Froude # Chl
			(m3/s)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m/m)	(m/s)	(m2)	(m)	
Q_Pena_Quemada	159.06	TR 10	28.20	1281.89	1283.46	1283.18	1283.70	0.025722	2.18	12.94	11.71	0.66
Q_Pena_Quemada	159.06	TR 15	33.41	1281.89	1283.59	1283.29	1283.86	0.025379	2.31	14.47	11.94	0.67
Q_Pena_Quemada	159.06	TR 25	41.01	1281.89	1283.76	1283.44	1284.07	0.024661	2.48	16.55	12.24	0.67
Q_Pena_Quemada	159.06	TR 50	53.19	1281.89	1284.01	1283.65	1284.39	0.023825	2.72	19.76	13.21	0.68
Q_Pena_Quemada	159.06	TR 100	68.39	1281.89	1284.30	1283.89	1284.74	0.022647	2.96	23.68	13.87	0.68
Q_Pena_Quemada	156.07	TR 2	13.39	1281.72	1282.74	1282.74	1283.03	0.067427	2.37	5.65	9.56	0.98
Q_Pena_Quemada	156.07	TR 2.33	14.41	1281.72	1282.77	1282.77	1283.07	0.066980	2.42	5.96	9.74	0.99
Q_Pena_Quemada	156.07	TR 5	20.79	1281.72	1282.95	1282.95	1283.32	0.062525	2.69	7.74	10.12	0.98
Q_Pena_Quemada	156.07	TR 10	28.20	1281.72	1283.16	1283.13	1283.57	0.055396	2.86	9.85	10.55	0.95
Q_Pena_Quemada	156.07	TR 15	33.41	1281.72	1283.29	1283.24	1283.74	0.052532	2.97	11.24	10.87	0.93
Q_Pena_Quemada	156.07	TR 25	41.01	1281.72	1283.46	1283.38	1283.96	0.048752	3.10	13.21	11.21	0.91
Q_Pena_Quemada	156.07	TR 50	53.19	1281.72	1283.71	1283.62	1284.27	0.044742	3.31	16.07	11.67	0.89
Q_Pena_Quemada	156.07	TR 100	68.39	1281.72	1284.00	1283.86	1284.63	0.039710	3.53	19.48	12.19	0.87
Q_Pena_Quemada	153.99	TR 2	13.39	1281.53	1282.57	1282.58	1282.88	0.072313	2.48	5.40	9.00	1.02
Q_Pena_Quemada	153.99	TR 2.33	14.41	1281.53	1282.60	1282.62	1282.93	0.071039	2.52	5.71	9.11	1.02
Q_Pena_Quemada	153.99	TR 5	20.79	1281.53	1282.80	1282.80	1283.18	0.063239	2.75	7.57	9.65	0.99
Q_Pena_Quemada	153.99	TR 10	28.20	1281.53	1282.98	1282.98	1283.44	0.062284	3.03	9.31	10.00	1.00
Q_Pena_Quemada	153.99	TR 15	33.41	1281.53	1283.10	1283.10	1283.61	0.060337	3.17	10.54	10.25	1.00
Q_Pena_Quemada	153.99	TR 25	41.01	1281.53	1283.26	1283.26	1283.83	0.058872	3.36	12.20	10.57	1.00
Q_Pena_Quemada	153.99	TR 50	53.19	1281.53	1283.49	1283.49	1284.16	0.054453	3.62	14.71	11.05	0.99
Q_Pena_Quemada	153.99	TR 100	68.39	1281.53	1283.74	1283.74	1284.53	0.051742	3.94	17.49	11.54	0.99
Q_Pena_Quemada	151.95	TR 2	13.39	1281.34	1282.38	1282.42	1282.72	0.084513	2.60	5.15	9.02	1.10
Q_Pena_Quemada	151.95	TR 2.33	14.41	1281.34	1282.40	1282.45	1282.77	0.084943	2.67	5.40	9.11	1.11
Q_Pena_Quemada	151.95	TR 5	20.79	1281.34	1282.56	1282.63	1283.03	0.084476	3.03	6.87	9.43	1.13
Q_Pena_Quemada	151.95	TR 10	28.20	1281.34	1282.73	1282.81	1283.29	0.080715	3.31	8.51	9.74	1.13
Q_Pena_Quemada	151.95	TR 15	33.41	1281.34	1282.84	1282.93	1283.46	0.078772	3.48	9.60	9.93	1.13
Q_Pena_Quemada	151.95	TR 25	41.01	1281.34	1283.00	1283.10	1283.69	0.075962	3.68	11.14	10.20	1.12
Q_Pena_Quemada	151.95	TR 50	53.19	1281.34	1283.21	1283.32	1284.02	0.070872	3.98	13.39	10.58	1.12
Q_Pena_Quemada	151.95	TR 100	68.39	1281.34	1283.46	1283.58	1284.40	0.064809	4.28	16.10	11.02	1.10
Q_Pena_Quemada	149.97	TR 2	13.39	1281.15	1282.20	1282.25	1282.55	0.086781	2.62	5.10	9.00	1.11
Q_Pena_Quemada	149.97	TR 2.33	14.41	1281.15	1282.22	1282.28	1282.60	0.087745	2.70	5.33	9.07	1.13
Q_Pena_Quemada	149.97	TR 5	20.79	1281.15	1282.38	1282.44	1282.86	0.086560	3.06	6.79	9.36	1.15
Q_Pena_Quemada	149.97	TR 10	28.20	1281.15	1282.55	1282.63	1283.13	0.083203	3.36	8.40	9.65	1.15
Q_Pena_Quemada	149.97	TR 15	33.41	1281.15	1282.66	1282.77	1283.30	0.082590	3.55	9.42	9.84	1.16
Q_Pena_Quemada	149.97	TR 25	41.01	1281.15	1283.07	1282.93	1283.53	0.041225	3.00	13.66	10.57	0.84
Q_Pena_Quemada	149.97	TR 50	53.19	1281.15	1283.36	1283.16	1283.88	0.035230	3.17	16.82	11.08	0.81
Q_Pena_Quemada	149.97	TR 100	68.39	1281.15	1283.70	1283.42	1284.27	0.030310	3.35	20.68	11.69	0.77
Q_Pena_Quemada	147.97	TR 2	13.39	1280.98	1282.16	1282.05	1282.39	0.042586	2.13	6.30	8.79	0.80
Q_Pena_Quemada	147.97	TR 2.33	14.41	1280.98	1282.20	1282.09	1282.44	0.041931	2.17	6.64	8.85	0.80
Q_Pena_Quemada	147.97	TR 5	20.79	1280.98	1282.43	1282.28	1282.72	0.038146	2.38	8.73	9.25	0.78
Q_Pena_Quemada	147.97	TR 10	28.20	1280.98	1282.68	1282.48	1283.01	0.034717	2.55	11.07	9.72	0.76
Q_Pena_Quemada	147.97	TR 15	33.41	1280.98	1282.84	1282.61	1283.19	0.032990	2.64	12.65	10.02	0.75
Q_Pena_Quemada	147.97	TR 25	41.01	1280.98	1283.05	1282.77	1283.44	0.030206	2.77	14.83	10.43	0.73
Q_Pena_Quemada	147.97	TR 50	53.19	1280.98	1283.34	1283.01	1283.80	0.027396	2.98	17.98	11.00	0.72
Q_Pena_Quemada	147.97	TR 100	68.39	1280.98	1283.68	1283.27	1284.20	0.024782	3.19	21.84	11.64	0.71
Q_Pena_Quemada	146.01	TR 2	13.39	1280.91	1282.09	1281.96	1282.31	0.038186	2.08	6.43	8.43	0.76
Q_Pena_Quemada	146.01	TR 2.33	14.41	1280.91	1282.13	1281.99	1282.36	0.037925	2.13	6.76	8.48	0.76
Q_Pena_Quemada	146.01	TR 5	20.79	1280.91	1282.36	1282.19	1282.64	0.036078	2.37	8.77	8.82	0.76
Q_Pena_Quemada	146.01	TR 10	28.20	1280.91	1282.61	1282.38	1282.94	0.034021	2.56	11.01	9.27	0.75
Q_Pena_Quemada	146.01	TR 15	33.41	1280.91	1282.76	1282.51	1283.13	0.033015	2.67	12.50	9.56	0.75
Q_Pena_Quemada	146.01	TR 25	41.01	1280.91	1282.97	1282.69	1283.38	0.030937	2.82	14.56	9.96	0.74
Q_Pena_Quemada	146.01	TR 50	53.19	1280.91	1283.26	1282.94	1283.74	0.028787	3.06	17.51	10.50	0.73
Q_Pena_Quemada	146.01	TR 100	68.39	1280.91	1283.60	1283.21	1284.15	0.026616	3.30	21.13	11.14	0.72
Q_Pena_Quemada	144.02	TR 2	13.39	1280.84	1281.99	1281.86	1282.23	0.040263	2.14	6.25	8.09	0.78
Q_Pena_Quemada	144.02	TR 2.33	14.41	1280.84	1282.03	1281.90	1282.28	0.039994	2.19	6.57	8.14	0.78
Q_Pena_Quemada	144.02	TR 5	20.79	1280.84	1282.26	1282.11	1282.57	0.038980	2.46	8.46	8.43	0.78
Q_Pena_Quemada	144.02	TR 10	28.20	1280.84	1282.49	1282.29	1282.86	0.038310	2.70	10.46	8.77	0.79
Q_Pena_Quemada	144.02	TR 15	33.41	1280.84	1282.64	1282.45	1283.05	0.037936	2.83	11.80	9.03	0.79
Q_Pena_Quemada	144.02	TR 25	41.01	1280.84	1282.85	1282.62	1283.31	0.036477	2.99	13.71	9.42	0.79
Q_Pena_Quemada	144.02	TR 50	53.19	1280.84	1283.13	1282.88	1283.67	0.034545	3.27	16.38	9.94	0.79
Q_Pena_Quemada	144.02	TR 100	68.39	1280.84	1283.45	1283.16	1284.08	0.032510	3.54	19.63	10.53	0.79
Q_Pena_Quemada	143.01	TR 2	13.39	1280.80	1281.88	1281.82	1282.17	0.056632	2.42	5.54	7.76	0.91
Q_Pena_Quemada	143.01	TR 2.33	14.41	1280.80	1281.92	1281.87	1282.23	0.054698	2.45	5.89	7.84	0.90
Q_Pena_Quemada	143.01	TR 5	20.79	1280.80	1282.14	1282.08	1282.52	0.051972	2.72	7.64	8.13	0.90
Q_Pena_Quemada	143.01	TR 10	28.20	1280.80	1282.36	1282.29	1282.81	0.050815	2.98	9.45	8.41	0.90
Q_Pena_Quemada	143.01	TR 15	33.41	1280.80	1282.50	1282.42	1283.00	0.050564	3.14	10.62	8.59	0.90
Q_Pena_Quemada	143.01	TR 25	41.01	1280.80	1282.67	1282.59	1283.25	0.051362	3.37	12.18	8.89	0.92
Q_Pena_Quemada	143.01	TR 50	53.19	1280.80	1282.95	1282.85	1283.62	0.049038	3.62	14.69	9.41	0.92
Q_Pena_Quemada	143.01	TR 100	68.39	1280.80	1283.26	1283.15	1284.03	0.044374	3.89	17.74	9.99	0.90
Q_Pena_Quemada	139.235		Bridge									

HEC-RAS Plan: Q_Pena_Quemada River: Q_Pena_Quemada Reach: Q_Pena_Quemada (Continued)

Reach	River Sta	Profile	Q Total	Min Ch El	W.S. Elev	Crit W.S.	E.G. Elev	E.G. Slope	Vel Chnl	Flow Area	Top Width	Froude # Chl
			(m3/s)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m/m)	(m/s)	(m2)	(m)	
Q_Pena_Quemada	135.46	TR 2	13.39	1280.15	1281.37	1281.37	1281.71	0.069318	2.57	5.20	7.52	0.99
Q_Pena_Quemada	135.46	TR 2.33	14.41	1280.15	1281.40	1281.40	1281.76	0.069436	2.64	5.46	7.58	0.99
Q_Pena_Quemada	135.46	TR 5	20.79	1280.15	1281.61	1281.61	1282.05	0.066640	2.95	7.05	7.86	0.99
Q_Pena_Quemada	135.46	TR 10	28.20	1280.15	1281.82	1281.82	1282.35	0.064215	3.23	8.74	8.07	0.99
Q_Pena_Quemada	135.46	TR 15	33.41	1280.15	1281.95	1281.95	1282.54	0.064708	3.42	9.77	8.19	1.00
Q_Pena_Quemada	135.46	TR 25	41.01	1280.15	1282.14	1282.14	1282.80	0.062839	3.62	11.34	8.37	0.99
Q_Pena_Quemada	135.46	TR 50	53.19	1280.15	1282.40	1282.40	1283.19	0.059581	3.93	13.55	8.65	0.99
Q_Pena_Quemada	135.46	TR 100	68.39	1280.15	1282.70	1282.70	1283.62	0.055104	4.24	16.24	9.08	0.98
Q_Pena_Quemada	134.45	TR 2	13.39	1280.07	1281.25	1281.29	1281.63	0.086555	2.71	4.94	7.90	1.09
Q_Pena_Quemada	134.45	TR 2.33	14.41	1280.07	1281.28	1281.33	1281.68	0.087505	2.79	5.16	7.95	1.11
Q_Pena_Quemada	134.45	TR 5	20.79	1280.07	1281.44	1281.52	1281.97	0.091138	3.21	6.48	8.21	1.15
Q_Pena_Quemada	134.45	TR 10	28.20	1280.07	1281.61	1281.73	1282.26	0.092597	3.59	7.87	8.38	1.18
Q_Pena_Quemada	134.45	TR 15	33.41	1280.07	1281.72	1281.86	1282.45	0.092255	3.79	8.81	8.48	1.19
Q_Pena_Quemada	134.45	TR 25	41.01	1280.07	1281.87	1282.02	1282.71	0.091275	4.06	10.10	8.63	1.20
Q_Pena_Quemada	134.45	TR 50	53.19	1280.07	1282.09	1282.28	1283.09	0.086842	4.44	12.01	8.85	1.20
Q_Pena_Quemada	134.45	TR 100	68.39	1280.07	1282.35	1282.56	1283.53	0.081762	4.82	14.30	9.10	1.20
Q_Pena_Quemada	132.42	TR 2	13.39	1280.05	1281.26	1281.18	1281.50	0.047360	2.16	6.20	8.91	0.83
Q_Pena_Quemada	132.42	TR 2.33	14.41	1280.05	1281.29	1281.21	1281.54	0.048313	2.23	6.47	8.99	0.84
Q_Pena_Quemada	132.42	TR 5	20.79	1280.05	1281.46	1281.40	1281.80	0.053079	2.61	7.96	9.19	0.90
Q_Pena_Quemada	132.42	TR 10	28.20	1280.05	1281.60	1281.58	1282.07	0.059236	3.02	9.34	9.33	0.96
Q_Pena_Quemada	132.42	TR 15	33.41	1280.05	1281.61	1281.69	1282.25	0.080810	3.55	9.42	9.34	1.12
Q_Pena_Quemada	132.42	TR 25	41.01	1280.05	1281.70	1281.87	1282.52	0.091435	3.99	10.28	9.43	1.21
Q_Pena_Quemada	132.42	TR 50	53.19	1280.05	1281.87	1282.10	1282.90	0.097080	4.51	11.83	9.59	1.28
Q_Pena_Quemada	132.42	TR 100	68.39	1280.05	1282.07	1282.38	1283.34	0.097533	4.99	13.80	9.79	1.31
Q_Pena_Quemada	129.41	TR 2	13.39	1280.04	1281.18	1281.03	1281.36	0.035112	1.90	7.04	9.82	0.72
Q_Pena_Quemada	129.41	TR 2.33	14.41	1280.04	1281.20	1281.06	1281.40	0.035935	1.97	7.33	9.89	0.73
Q_Pena_Quemada	129.41	TR 5	20.79	1280.04	1281.37	1281.24	1281.64	0.040196	2.33	8.96	10.26	0.79
Q_Pena_Quemada	129.41	TR 10	28.20	1280.04	1281.51	1281.41	1281.88	0.045866	2.70	10.47	10.60	0.86
Q_Pena_Quemada	129.41	TR 15	33.41	1280.04	1281.61	1281.53	1282.04	0.048151	2.92	11.47	10.78	0.90
Q_Pena_Quemada	129.41	TR 25	41.01	1280.04	1281.70	1281.69	1282.26	0.054830	3.30	12.50	10.88	0.97
Q_Pena_Quemada	129.41	TR 50	53.19	1280.04	1281.86	1281.89	1282.58	0.060859	3.78	14.21	11.03	1.04
Q_Pena_Quemada	129.41	TR 100	68.39	1280.04	1281.92	1282.16	1283.01	0.086735	4.64	14.88	11.09	1.25
Q_Pena_Quemada	126.41	TR 2	13.39	1280.13	1280.93	1280.93	1281.20	0.072818	2.32	5.78	10.40	0.99
Q_Pena_Quemada	126.41	TR 2.33	14.41	1280.13	1280.96	1280.96	1281.25	0.071220	2.36	6.10	10.49	0.99
Q_Pena_Quemada	126.41	TR 5	20.79	1280.13	1281.13	1281.13	1281.48	0.066154	2.62	7.94	11.01	0.98
Q_Pena_Quemada	126.41	TR 10	28.20	1280.13	1281.30	1281.30	1281.72	0.063169	2.86	9.88	11.54	0.99
Q_Pena_Quemada	126.41	TR 15	33.41	1280.13	1281.40	1281.40	1281.87	0.063710	3.03	11.03	11.86	1.00
Q_Pena_Quemada	126.41	TR 25	41.01	1280.13	1281.54	1281.54	1282.08	0.060231	3.22	12.74	12.29	1.00
Q_Pena_Quemada	126.41	TR 50	53.19	1280.13	1281.66	1281.76	1282.39	0.072527	3.78	14.14	12.65	1.11
Q_Pena_Quemada	126.41	TR 100	68.39	1280.13	1281.97	1282.00	1282.71	0.053768	3.81	18.27	13.42	1.00
Q_Pena_Quemada	123.40	TR 2	13.39	1279.49	1280.28	1280.46	1280.84	0.188977	3.32	4.04	8.97	1.58
Q_Pena_Quemada	123.40	TR 2.33	14.41	1279.49	1280.31	1280.49	1280.88	0.197450	3.35	4.30	9.75	1.61
Q_Pena_Quemada	123.40	TR 5	20.79	1279.49	1280.43	1280.64	1281.12	0.206916	3.67	5.66	11.62	1.68
Q_Pena_Quemada	123.40	TR 10	28.20	1279.49	1280.55	1280.80	1281.37	0.196268	4.01	7.03	12.11	1.68
Q_Pena_Quemada	123.40	TR 15	33.41	1279.49	1280.63	1280.90	1281.52	0.188249	4.19	7.98	12.45	1.67
Q_Pena_Quemada	123.40	TR 25	41.01	1279.49	1280.72	1281.03	1281.73	0.181606	4.45	9.22	12.81	1.67
Q_Pena_Quemada	123.40	TR 50	53.19	1279.49	1280.88	1281.23	1282.03	0.161948	4.75	11.23	13.35	1.63
Q_Pena_Quemada	123.40	TR 100	68.39	1279.49	1281.03	1281.46	1282.39	0.153729	5.17	13.36	13.89	1.63
Q_Pena_Quemada	119.39	TR 2	13.39	1278.67	1279.25	1279.45	1279.90	0.295143	3.57	3.75	10.53	1.91
Q_Pena_Quemada	119.39	TR 2.33	14.41	1278.67	1279.27	1279.48	1279.94	0.280555	3.61	3.99	10.57	1.88
Q_Pena_Quemada	119.39	TR 5	20.79	1278.67	1279.39	1279.63	1280.20	0.249991	3.99	5.21	10.82	1.84
Q_Pena_Quemada	119.39	TR 10	28.20	1278.67	1279.50	1279.79	1280.48	0.239761	4.40	6.40	11.03	1.85
Q_Pena_Quemada	119.39	TR 15	33.41	1278.67	1279.57	1279.90	1280.66	0.232618	4.64	7.21	11.18	1.84
Q_Pena_Quemada	119.39	TR 25	41.01	1278.67	1279.67	1280.05	1280.91	0.222764	4.93	8.32	11.39	1.84
Q_Pena_Quemada	119.39	TR 50	53.19	1278.67	1279.81	1280.26	1281.27	0.207253	5.34	9.97	11.69	1.83
Q_Pena_Quemada	119.39	TR 100	68.39	1278.67	1279.98	1280.51	1281.67	0.191811	5.77	11.94	12.16	1.81
Q_Pena_Quemada	115.38	TR 2	13.39	1277.50	1278.20	1278.37	1278.74	0.267829	3.27	4.10	12.15	1.80
Q_Pena_Quemada	115.38	TR 2.33	14.41	1277.50	1278.21	1278.39	1278.80	0.277008	3.40	4.24	12.18	1.84
Q_Pena_Quemada	115.38	TR 5	20.79	1277.50	1278.29	1278.54	1279.11	0.300550	4.00	5.20	12.35	1.97
Q_Pena_Quemada	115.38	TR 10	28.20	1277.50	1278.38	1278.69	1279.41	0.302361	4.50	6.27	12.51	2.03
Q_Pena_Quemada	115.38	TR 15	33.41	1277.50	1278.43	1278.78	1279.60	0.301042	4.80	6.97	12.60	2.06
Q_Pena_Quemada	115.38	TR 25	41.01	1277.50	1278.51	1278.92	1279.87	0.297556	5.17	7.94	12.74	2.08
Q_Pena_Quemada	115.38	TR 50	53.19	1277.50	1278.62	1279.11	1280.27	0.294741	5.69	9.37	12.93	2.12
Q_Pena_Quemada	115.38	TR 100	68.39	1277.50	1278.75	1279.33	1280.71	0.288214	6.21	11.05	13.16	2.15
Q_Pena_Quemada	111.36	TR 2	13.39	1276.72	1277.41	1277.56	1277.88	0.168035	3.04	4.40	10.36	1.49
Q_Pena_Quemada	111.36	TR 2.33	14.41	1276.72	1277.43	1277.59	1277.92	0.167330	3.10	4.65	10.63	1.49
Q_Pena_Quemada	111.36	TR 5	20.79	1276.72	1277.56	1277.75	1278.15	0.167983	3.41	6.09	12.04	1.53
Q_Pena_Quemada	111.36	TR 10	28.20	1276.72	1277.66	1277.89	1278.40	0.178257	3.80	7.41	13.01	1.61
Q_Pena_Quemada	111.36	TR 15	33.41	1276.72	1277.73	1277.98	1278.56	0.186457	4.06	8.24	13.57	1.66
Q_Pena_Quemada	111.36	TR 25	41.01	1276.72	1277.80	1278.10	1278.80	0.196392	4.42	9.27	14.15	1.73

HEC-RAS Plan: Q_Pena_Quemada River: Q_Pena_Quemada Reach: Q_Pena_Quemada (Continued)

Reach	River Sta	Profile	Q Total	Min Ch El	W.S. Elev	Crit W.S.	E.G. Elev	E.G. Slope	Vel Chnl	Flow Area	Top Width	Froude # Chl
			(m3/s)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m/m)	(m/s)	(m2)	(m)	
Q_Pena_Quemada	111.36	TR 50	53.19	1276.72	1277.90	1278.29	1279.17	0.206839	4.99	10.70	14.38	1.82
Q_Pena_Quemada	111.36	TR 100	68.39	1276.72	1278.01	1278.49	1279.60	0.215882	5.58	12.33	14.60	1.90
Q_Pena_Quemada	107.29	TR 2	13.39	1276.42	1277.41	1277.37	1277.64	0.056357	2.14	6.26	10.96	0.90
Q_Pena_Quemada	107.29	TR 2.33	14.41	1276.42	1277.45	1277.40	1277.68	0.054142	2.15	6.71	11.31	0.89
Q_Pena_Quemada	107.29	TR 5	20.79	1276.42	1277.66	1277.58	1277.92	0.046498	2.23	9.32	13.19	0.85
Q_Pena_Quemada	107.29	TR 10	28.20	1276.42	1277.85	1277.73	1278.14	0.041622	2.38	11.87	14.00	0.82
Q_Pena_Quemada	107.29	TR 15	33.41	1276.42	1277.97	1277.84	1278.28	0.039204	2.46	13.59	14.51	0.81
Q_Pena_Quemada	107.29	TR 25	41.01	1276.42	1278.13	1277.96	1278.47	0.036084	2.58	15.91	15.07	0.80
Q_Pena_Quemada	107.29	TR 50	53.19	1276.42	1278.36	1278.16	1278.74	0.031348	2.74	19.54	15.85	0.77
Q_Pena_Quemada	107.29	TR 100	68.39	1276.42	1278.64	1278.37	1279.07	0.026701	2.88	24.12	16.50	0.73
Q_Pena_Quemada	103.02	TR 2	13.39	1276.14	1277.25	1277.10	1277.44	0.036230	1.94	6.91	9.91	0.74
Q_Pena_Quemada	103.02	TR 2.33	14.41	1276.14	1277.29	1277.13	1277.48	0.037034	1.98	7.28	10.29	0.75
Q_Pena_Quemada	103.02	TR 5	20.79	1276.14	1277.49	1277.34	1277.73	0.038201	2.16	9.62	12.19	0.78
Q_Pena_Quemada	103.02	TR 10	28.20	1276.14	1277.70	1277.53	1277.97	0.035299	2.31	12.19	13.10	0.77
Q_Pena_Quemada	103.02	TR 15	33.41	1276.14	1277.82	1277.64	1278.12	0.034102	2.41	13.88	13.65	0.76
Q_Pena_Quemada	103.02	TR 25	41.01	1276.14	1277.99	1277.78	1278.32	0.031460	2.52	16.26	14.40	0.75
Q_Pena_Quemada	103.02	TR 50	53.19	1276.14	1278.25	1277.97	1278.61	0.026922	2.67	20.12	15.29	0.72
Q_Pena_Quemada	103.02	TR 100	68.39	1276.14	1278.55	1278.20	1278.95	0.023120	2.81	24.83	15.95	0.68
Q_Pena_Quemada	98.89	TR 2	13.39	1276.05	1277.14	1276.95	1277.30	0.029587	1.77	7.55	10.63	0.67
Q_Pena_Quemada	98.89	TR 2.33	14.41	1276.05	1277.17	1276.98	1277.34	0.029772	1.82	7.93	10.79	0.68
Q_Pena_Quemada	98.89	TR 5	20.79	1276.05	1277.37	1277.16	1277.58	0.030096	2.04	10.17	11.62	0.70
Q_Pena_Quemada	98.89	TR 10	28.20	1276.05	1277.58	1277.34	1277.83	0.028669	2.23	12.68	12.33	0.70
Q_Pena_Quemada	98.89	TR 15	33.41	1276.05	1277.71	1277.45	1277.99	0.027386	2.35	14.27	12.71	0.70
Q_Pena_Quemada	98.89	TR 25	41.01	1276.05	1277.88	1277.59	1278.20	0.025897	2.50	16.51	13.19	0.69
Q_Pena_Quemada	98.89	TR 50	53.19	1276.05	1278.13	1277.80	1278.51	0.024170	2.72	19.94	13.92	0.69
Q_Pena_Quemada	98.89	TR 100	68.39	1276.05	1278.42	1278.04	1278.85	0.022632	2.94	24.07	14.99	0.68
Q_Pena_Quemada	95.78	TR 2	13.39	1275.98	1276.93	1276.88	1277.17	0.052954	2.17	6.17	10.04	0.88
Q_Pena_Quemada	95.78	TR 2.33	14.41	1275.98	1276.96	1276.89	1277.21	0.052476	2.22	6.50	10.17	0.89
Q_Pena_Quemada	95.78	TR 5	20.79	1275.98	1277.13	1277.08	1277.45	0.052050	2.51	8.28	10.56	0.91
Q_Pena_Quemada	95.78	TR 10	28.20	1275.98	1277.28	1277.26	1277.70	0.055348	2.84	9.92	10.89	0.95
Q_Pena_Quemada	95.78	TR 15	33.41	1275.98	1277.40	1277.37	1277.85	0.054532	3.00	11.15	11.13	0.96
Q_Pena_Quemada	95.78	TR 25	41.01	1275.98	1277.54	1277.52	1278.07	0.055145	3.22	12.75	11.44	0.97
Q_Pena_Quemada	95.78	TR 50	53.19	1275.98	1277.74	1277.74	1278.37	0.054873	3.53	15.07	11.88	0.99
Q_Pena_Quemada	95.78	TR 100	68.39	1275.98	1277.98	1277.98	1278.72	0.051366	3.83	17.98	12.43	0.99
Q_Pena_Quemada	92.79	TR 2	13.39	1275.91	1276.70	1276.70	1276.98	0.068260	2.37	5.66	9.83	1.00
Q_Pena_Quemada	92.79	TR 2.33	14.41	1275.91	1276.73	1276.73	1277.03	0.068054	2.43	5.94	9.90	1.00
Q_Pena_Quemada	92.79	TR 5	20.79	1275.91	1276.90	1276.90	1277.27	0.064714	2.71	7.67	10.29	1.00
Q_Pena_Quemada	92.79	TR 10	28.20	1275.91	1277.09	1277.09	1277.52	0.059493	2.92	9.65	10.74	0.99
Q_Pena_Quemada	92.79	TR 15	33.41	1275.91	1277.19	1277.19	1277.68	0.059121	3.09	10.83	11.00	0.99
Q_Pena_Quemada	92.79	TR 25	41.01	1275.91	1277.34	1277.34	1277.89	0.056479	3.29	12.48	11.35	0.99
Q_Pena_Quemada	92.79	TR 50	53.19	1275.91	1277.55	1277.56	1278.21	0.054495	3.61	14.83	11.82	1.00
Q_Pena_Quemada	92.79	TR 100	68.39	1275.91	1277.78	1277.81	1278.56	0.052496	3.94	17.61	12.36	1.01
Q_Pena_Quemada	89.80	TR 2	13.39	1275.67	1276.40	1276.45	1276.74	0.093950	2.59	5.17	9.87	1.14
Q_Pena_Quemada	89.80	TR 2.33	14.41	1275.67	1276.43	1276.49	1276.79	0.092196	2.64	5.45	9.94	1.14
Q_Pena_Quemada	89.80	TR 5	20.79	1275.67	1276.57	1276.64	1277.04	0.092765	3.02	6.90	10.27	1.18
Q_Pena_Quemada	89.80	TR 10	28.20	1275.67	1276.72	1276.83	1277.29	0.093112	3.35	8.41	10.61	1.20
Q_Pena_Quemada	89.80	TR 15	33.41	1275.67	1276.81	1276.94	1277.45	0.091411	3.53	9.46	10.84	1.21
Q_Pena_Quemada	89.80	TR 25	41.01	1275.67	1276.94	1277.09	1277.67	0.090042	3.76	10.89	11.15	1.22
Q_Pena_Quemada	89.80	TR 50	53.19	1275.67	1277.13	1277.31	1277.99	0.087882	4.10	12.97	11.58	1.23
Q_Pena_Quemada	89.80	TR 100	68.39	1275.67	1277.34	1277.55	1278.35	0.082871	4.46	15.43	12.07	1.23
Q_Pena_Quemada	86.84	TR 2	13.39	1275.29	1276.20	1276.23	1276.51	0.087832	2.48	5.39	10.29	1.10
Q_Pena_Quemada	86.84	TR 2.33	14.41	1275.29	1276.29	1276.26	1276.55	0.061420	2.27	6.34	10.51	0.93
Q_Pena_Quemada	86.84	TR 5	20.79	1275.29	1276.42	1276.43	1276.79	0.069880	2.70	7.71	10.84	1.02
Q_Pena_Quemada	86.84	TR 10	28.20	1275.29	1276.60	1276.60	1277.03	0.063791	2.91	9.71	11.30	1.00
Q_Pena_Quemada	86.84	TR 15	33.41	1275.29	1276.70	1276.71	1277.18	0.063916	3.08	10.85	11.55	1.01
Q_Pena_Quemada	86.84	TR 25	41.01	1275.29	1276.78	1276.85	1277.40	0.075390	3.49	11.77	11.75	1.11
Q_Pena_Quemada	86.84	TR 50	53.19	1275.29	1276.93	1277.07	1277.71	0.079922	3.93	13.55	12.12	1.17
Q_Pena_Quemada	86.84	TR 100	68.39	1275.29	1277.07	1277.31	1278.09	0.087738	4.47	15.39	12.48	1.25
Q_Pena_Quemada	83.85	TR 2	13.39	1275.16	1276.10	1276.07	1276.33	0.056539	2.09	6.40	11.45	0.89
Q_Pena_Quemada	83.85	TR 2.33	14.41	1275.16	1276.13	1276.09	1276.37	0.057322	2.16	6.67	11.50	0.91
Q_Pena_Quemada	83.85	TR 5	20.79	1275.16	1276.26	1276.25	1276.59	0.061392	2.52	8.26	11.81	0.96
Q_Pena_Quemada	83.85	TR 10	28.20	1275.16	1276.36	1276.40	1276.82	0.075062	2.99	9.42	12.05	1.08
Q_Pena_Quemada	83.85	TR 15	33.41	1275.16	1276.45	1276.52	1276.97	0.076658	3.20	10.45	12.24	1.10
Q_Pena_Quemada	83.85	TR 25	41.01	1275.16	1276.60	1276.65	1277.16	0.067685	3.32	12.37	12.59	1.06
Q_Pena_Quemada	83.85	TR 50	53.19	1275.16	1276.75	1276.85	1277.46	0.071504	3.74	14.27	12.94	1.12
Q_Pena_Quemada	83.85	TR 100	68.39	1275.16	1276.90	1277.08	1277.82	0.078205	4.25	16.23	13.27	1.19
Q_Pena_Quemada	79.87	TR 2	13.39	1275.07	1275.98	1275.86	1276.13	0.034109	1.71	7.83	13.23	0.71
Q_Pena_Quemada	79.87	TR 2.33	14.41	1275.07	1276.01	1275.88	1276.17	0.035614	1.78	8.10	13.31	0.73
Q_Pena_Quemada	79.87	TR 5	20.79	1275.07	1276.14	1276.03	1276.36	0.040350	2.10	9.89	13.88	0.79
Q_Pena_Quemada	79.87	TR 10	28.20	1275.07	1276.25	1276.18	1276.56	0.046714	2.47	11.42	14.33	0.87

HEC-RAS Plan: Q_Pena_Quemada River: Q_Pena_Quemada Reach: Q_Pena_Quemada (Continued)

Reach	River Sta	Profile	Q Total	Min Ch El	W.S. Elev	Crit W.S.	E.G. Elev	E.G. Slope	Vel Chnl	Flow Area	Top Width	Froude # Chl
			(m3/s)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m/m)	(m/s)	(m2)	(m)	
Q_Pena_Quemada	79.87	TR 15	33.41	1275.07	1276.33	1276.27	1276.69	0.046665	2.64	12.69	14.71	0.89
Q_Pena_Quemada	79.87	TR 25	41.01	1275.07	1276.31	1276.40	1276.88	0.077472	3.34	12.31	14.59	1.14
Q_Pena_Quemada	79.87	TR 50	53.19	1275.07	1276.44	1276.58	1277.16	0.081783	3.76	14.25	15.12	1.20
Q_Pena_Quemada	79.87	TR 100	68.39	1275.07	1277.04	1276.78	1277.48	0.027397	2.98	23.86	16.80	0.75
Q_Pena_Quemada	74.89	TR 2	13.39	1274.96	1275.66	1275.66	1275.89	0.073838	2.11	6.34	14.10	1.01
Q_Pena_Quemada	74.89	TR 2.33	14.41	1274.96	1275.69	1275.69	1275.92	0.069075	2.12	6.79	14.26	0.98
Q_Pena_Quemada	74.89	TR 5	20.79	1274.96	1275.84	1275.82	1276.11	0.060616	2.32	8.95	14.80	0.95
Q_Pena_Quemada	74.89	TR 10	28.20	1274.96	1276.04	1275.96	1276.32	0.044379	2.35	12.00	15.54	0.85
Q_Pena_Quemada	74.89	TR 15	33.41	1274.96	1276.18	1276.05	1276.46	0.035606	2.35	14.27	16.09	0.78
Q_Pena_Quemada	74.89	TR 25	41.01	1274.96	1276.39	1276.16	1276.67	0.027542	2.36	17.59	16.76	0.71
Q_Pena_Quemada	74.89	TR 50	53.19	1274.96	1276.68	1276.34	1276.97	0.020815	2.40	22.75	17.77	0.64
Q_Pena_Quemada	74.89	TR 100	68.39	1274.96	1277.04	1276.54	1277.33	0.016079	2.44	29.22	18.97	0.59
Q_Pena_Quemada	69.78	TR 2	13.39	1274.43	1275.47	1275.32	1275.61	0.031105	1.66	8.05	13.24	0.68
Q_Pena_Quemada	69.78	TR 2.33	14.41	1274.43	1275.51	1275.35	1275.65	0.030403	1.69	8.53	13.46	0.68
Q_Pena_Quemada	69.78	TR 5	20.79	1274.43	1275.72	1275.51	1275.89	0.025617	1.82	11.45	14.15	0.64
Q_Pena_Quemada	69.78	TR 10	28.20	1274.43	1275.96	1275.65	1276.14	0.021366	1.90	14.87	14.90	0.61
Q_Pena_Quemada	69.78	TR 15	33.41	1274.43	1276.12	1275.75	1276.31	0.019051	1.93	17.31	15.41	0.58
Q_Pena_Quemada	69.78	TR 25	41.01	1274.43	1276.34	1275.86	1276.54	0.016727	1.97	20.78	16.13	0.56
Q_Pena_Quemada	69.78	TR 50	53.19	1274.43	1276.65	1276.06	1276.87	0.014006	2.05	26.01	17.13	0.52
Q_Pena_Quemada	69.78	TR 100	68.39	1274.43	1277.01	1276.27	1277.25	0.011476	2.13	32.44	18.31	0.49
Q_Pena_Quemada	64.63	TR 2	13.39	1274.26	1275.33	1275.13	1275.47	0.026009	1.62	8.28	12.18	0.63
Q_Pena_Quemada	64.63	TR 2.33	14.41	1274.26	1275.37	1275.16	1275.51	0.025220	1.64	8.76	12.24	0.62
Q_Pena_Quemada	64.63	TR 5	20.79	1274.26	1275.60	1275.33	1275.77	0.021712	1.79	11.63	12.56	0.59
Q_Pena_Quemada	64.63	TR 10	28.20	1274.26	1275.85	1275.48	1276.04	0.019181	1.91	14.75	12.89	0.57
Q_Pena_Quemada	64.63	TR 15	33.41	1274.26	1276.01	1275.58	1276.21	0.017937	1.98	16.85	13.11	0.56
Q_Pena_Quemada	64.63	TR 25	41.01	1274.26	1276.23	1275.72	1276.45	0.016750	2.08	19.72	13.41	0.55
Q_Pena_Quemada	64.63	TR 50	53.19	1274.26	1276.53	1275.91	1276.79	0.015015	2.23	23.88	13.84	0.53
Q_Pena_Quemada	64.63	TR 100	68.39	1274.26	1276.88	1276.14	1277.18	0.013513	2.39	28.98	15.29	0.52
Q_Pena_Quemada	59.56	TR 2	13.39	1274.08	1275.24	1274.96	1275.35	0.018645	1.48	9.06	11.63	0.53
Q_Pena_Quemada	59.56	TR 2.33	14.41	1274.08	1275.28	1274.99	1275.40	0.018343	1.51	9.55	11.67	0.53
Q_Pena_Quemada	59.56	TR 5	20.79	1274.08	1275.52	1275.15	1275.66	0.016945	1.68	12.39	11.92	0.53
Q_Pena_Quemada	59.56	TR 10	28.20	1274.08	1275.77	1275.30	1275.94	0.015940	1.83	15.42	12.18	0.52
Q_Pena_Quemada	59.56	TR 15	33.41	1274.08	1275.94	1275.41	1276.12	0.015415	1.92	17.42	12.34	0.52
Q_Pena_Quemada	59.56	TR 25	41.01	1274.08	1276.15	1275.55	1276.36	0.015010	2.04	20.13	12.53	0.51
Q_Pena_Quemada	59.56	TR 50	53.19	1274.08	1276.46	1275.76	1276.71	0.014423	2.21	24.03	12.79	0.51
Q_Pena_Quemada	59.56	TR 100	68.39	1274.08	1276.81	1276.00	1277.11	0.013528	2.40	28.58	13.10	0.51
Q_Pena_Quemada	54.55	TR 2	13.39	1274.03	1275.16	1274.82	1275.26	0.015256	1.42	9.42	10.81	0.49
Q_Pena_Quemada	54.55	TR 2.33	14.41	1274.03	1275.20	1274.85	1275.31	0.015269	1.46	9.87	10.86	0.49
Q_Pena_Quemada	54.55	TR 5	20.79	1274.03	1275.44	1275.01	1275.58	0.015300	1.66	12.52	11.12	0.50
Q_Pena_Quemada	54.55	TR 10	28.20	1274.03	1275.69	1275.18	1275.86	0.015240	1.84	15.32	11.38	0.51
Q_Pena_Quemada	54.55	TR 15	33.41	1274.03	1275.85	1275.29	1276.05	0.015176	1.95	17.17	11.56	0.51
Q_Pena_Quemada	54.55	TR 25	41.01	1274.03	1276.07	1275.43	1276.29	0.015282	2.09	19.66	11.78	0.52
Q_Pena_Quemada	54.55	TR 50	53.19	1274.03	1276.37	1275.65	1276.64	0.014856	2.29	23.29	12.11	0.52
Q_Pena_Quemada	54.55	TR 100	68.39	1274.03	1276.72	1275.91	1277.03	0.014241	2.50	27.56	12.48	0.52
Q_Pena_Quemada	49.55	TR 2	13.39	1274.04	1274.86	1274.80	1275.12	0.053667	2.26	5.94	8.79	0.88
Q_Pena_Quemada	49.55	TR 2.33	14.41	1274.04	1274.89	1274.83	1275.16	0.053809	2.32	6.22	8.83	0.88
Q_Pena_Quemada	49.55	TR 5	20.79	1274.04	1275.06	1275.01	1275.43	0.056065	2.67	7.78	9.04	0.92
Q_Pena_Quemada	49.55	TR 10	28.20	1274.04	1275.23	1275.21	1275.70	0.060435	3.04	9.27	9.24	0.97
Q_Pena_Quemada	49.55	TR 15	33.41	1274.04	1275.33	1275.33	1275.87	0.063001	3.26	10.23	9.36	1.00
Q_Pena_Quemada	49.55	TR 25	41.01	1274.04	1275.50	1275.50	1276.11	0.061760	3.47	11.81	9.56	1.00
Q_Pena_Quemada	49.55	TR 50	53.19	1274.04	1275.74	1275.74	1276.46	0.057549	3.75	14.20	9.83	0.99
Q_Pena_Quemada	49.55	TR 100	68.39	1274.04	1276.01	1276.01	1276.86	0.054151	4.07	16.90	10.12	0.98
Q_Pena_Quemada	42.54	TR 2	13.39	1273.21	1274.68	1274.47	1274.83	0.026181	1.71	7.82	10.37	0.63
Q_Pena_Quemada	42.54	TR 2.33	14.41	1273.21	1274.71	1274.50	1274.87	0.027160	1.78	8.11	10.47	0.64
Q_Pena_Quemada	42.54	TR 5	20.79	1273.21	1274.85	1274.67	1275.09	0.034311	2.16	9.64	11.06	0.74
Q_Pena_Quemada	42.54	TR 10	28.20	1273.21	1274.97	1274.86	1275.31	0.042229	2.56	11.03	11.61	0.83
Q_Pena_Quemada	42.54	TR 15	33.41	1273.21	1275.04	1274.97	1275.45	0.046892	2.82	11.85	11.90	0.89
Q_Pena_Quemada	42.54	TR 25	41.01	1273.21	1275.05	1275.11	1275.65	0.068780	3.44	11.95	11.93	1.08
Q_Pena_Quemada	42.54	TR 50	53.19	1273.21	1275.18	1275.33	1275.98	0.078844	3.97	13.49	12.39	1.17
Q_Pena_Quemada	42.54	TR 100	68.39	1273.21	1275.32	1275.57	1276.36	0.087248	4.52	15.35	12.93	1.26
Q_Pena_Quemada	35.42	TR 2	13.39	1273.61	1274.32	1274.32	1274.53	0.071684	2.05	6.53	14.65	0.98
Q_Pena_Quemada	35.42	TR 2.33	14.41	1273.61	1274.34	1274.34	1274.57	0.071371	2.10	6.87	14.85	0.98
Q_Pena_Quemada	35.42	TR 5	20.79	1273.61	1274.48	1274.48	1274.75	0.066901	2.32	8.96	15.84	0.99
Q_Pena_Quemada	35.42	TR 10	28.20	1273.61	1274.60	1274.60	1274.94	0.063775	2.58	10.97	16.44	0.99
Q_Pena_Quemada	35.42	TR 15	33.41	1273.61	1274.69	1274.69	1275.06	0.060773	2.72	12.37	16.82	0.99
Q_Pena_Quemada	35.42	TR 25	41.01	1273.61	1274.81	1274.81	1275.23	0.056195	2.88	14.42	17.41	0.97
Q_Pena_Quemada	35.42	TR 50	53.19	1273.61	1274.95	1274.98	1275.47	0.056652	3.19	17.00	18.45	1.00
Q_Pena_Quemada	35.42	TR 100	68.39	1273.61	1275.10	1275.17	1275.74	0.058772	3.56	19.89	19.87	1.04
Q_Pena_Quemada	28.29	TR 2	13.39	1272.76	1273.64	1273.69	1273.91	0.109471	2.27	5.90	15.36	1.17
Q_Pena_Quemada	28.29	TR 2.33	14.41	1272.76	1273.66	1273.72	1273.94	0.109946	2.33	6.18	15.53	1.18

HEC-RAS Plan: Q_Pena_Quemada River: Q_Pena_Quemada Reach: Q_Pena_Quemada (Continued)

Reach	River Sta	Profile	Q Total	Min Ch El	W.S. Elev	Crit W.S.	E.G. Elev	E.G. Slope	Vel Chnl	Flow Area	Top Width	Froude # Chl
			(m3/s)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m/m)	(m/s)	(m2)	(m)	
Q_Pena_Quemada	28.29	TR 5	20.79	1272.76	1273.76	1273.84	1274.13	0.115858	2.68	7.75	16.38	1.25
Q_Pena_Quemada	28.29	TR 10	28.20	1272.76	1273.86	1273.97	1274.32	0.121686	3.01	9.37	17.33	1.31
Q_Pena_Quemada	28.29	TR 15	33.41	1272.76	1273.91	1274.05	1274.44	0.126076	3.23	10.35	17.70	1.35
Q_Pena_Quemada	28.29	TR 25	41.01	1272.76	1273.98	1274.16	1274.62	0.130949	3.54	11.60	18.10	1.40
Q_Pena_Quemada	28.29	TR 50	53.19	1272.76	1274.10	1274.31	1274.86	0.125148	3.87	13.82	18.77	1.41
Q_Pena_Quemada	28.29	TR 100	68.39	1272.76	1274.24	1274.49	1275.14	0.117488	4.19	16.52	19.58	1.40
Q_Pena_Quemada	21.14	TR 2	13.39	1271.22	1271.75	1271.97	1272.49	0.419395	3.79	3.53	11.96	2.23
Q_Pena_Quemada	21.14	TR 2.33	14.41	1271.22	1271.77	1272.00	1272.53	0.406551	3.86	3.74	12.05	2.21
Q_Pena_Quemada	21.14	TR 5	20.79	1271.22	1271.87	1272.14	1272.75	0.340216	4.15	5.00	12.63	2.11
Q_Pena_Quemada	21.14	TR 10	28.20	1271.22	1271.98	1272.28	1272.97	0.295440	4.41	6.40	13.28	2.03
Q_Pena_Quemada	21.14	TR 15	33.41	1271.22	1272.05	1272.37	1273.11	0.272568	4.56	7.33	13.63	1.98
Q_Pena_Quemada	21.14	TR 25	41.01	1271.22	1272.14	1272.49	1273.30	0.253270	4.76	8.61	14.20	1.95
Q_Pena_Quemada	21.14	TR 50	53.19	1271.22	1272.26	1272.68	1273.61	0.234858	5.14	10.37	14.70	1.93
Q_Pena_Quemada	21.14	TR 100	68.39	1271.22	1272.40	1272.87	1273.96	0.213922	5.52	12.45	14.92	1.90
Q_Pena_Quemada	14.00	TR 2	13.39	1269.80	1270.43	1270.52	1270.79	0.137255	2.63	5.08	12.91	1.34
Q_Pena_Quemada	14.00	TR 2.33	14.41	1269.80	1270.45	1270.54	1270.83	0.139964	2.72	5.29	12.96	1.36
Q_Pena_Quemada	14.00	TR 5	20.79	1269.80	1270.54	1270.68	1271.07	0.155602	3.22	6.45	13.25	1.47
Q_Pena_Quemada	14.00	TR 10	28.20	1269.80	1270.63	1270.83	1271.32	0.168264	3.70	7.62	13.45	1.57
Q_Pena_Quemada	14.00	TR 15	33.41	1269.80	1270.68	1270.92	1271.50	0.175438	4.00	8.35	13.53	1.63
Q_Pena_Quemada	14.00	TR 25	41.01	1269.80	1270.76	1271.05	1271.73	0.180224	4.37	9.38	13.64	1.68
Q_Pena_Quemada	14.00	TR 50	53.19	1269.80	1270.87	1271.24	1272.09	0.185586	4.89	10.89	13.80	1.74
Q_Pena_Quemada	14.00	TR 100	68.39	1269.80	1270.99	1271.45	1272.50	0.191171	5.46	12.58	13.98	1.81
Q_Pena_Quemada	7.00	TR 2	13.39	1269.07	1270.00	1269.93	1270.17	0.044013	1.82	7.34	13.64	0.79
Q_Pena_Quemada	7.00	TR 2.33	14.41	1269.07	1270.03	1269.95	1270.21	0.043788	1.87	7.69	13.68	0.80
Q_Pena_Quemada	7.00	TR 5	20.79	1269.07	1270.16	1270.09	1270.41	0.045822	2.18	9.52	13.89	0.84
Q_Pena_Quemada	7.00	TR 10	28.20	1269.07	1270.30	1270.24	1270.61	0.046892	2.48	11.39	14.08	0.88
Q_Pena_Quemada	7.00	TR 15	33.41	1269.07	1270.37	1270.32	1270.74	0.049441	2.69	12.42	14.19	0.91
Q_Pena_Quemada	7.00	TR 25	41.01	1269.07	1270.47	1270.44	1270.92	0.052224	2.97	13.84	14.33	0.95
Q_Pena_Quemada	7.00	TR 50	53.19	1269.07	1270.56	1270.63	1271.19	0.064725	3.52	15.21	14.47	1.08
Q_Pena_Quemada	7.00	TR 100	68.39	1269.07	1270.70	1270.84	1271.52	0.072521	4.02	17.15	14.71	1.16
Q_Pena_Quemada	0.00	TR 2	13.39	1268.52	1269.54	1269.54	1269.78	0.071279	2.19	6.12	12.50	1.00
Q_Pena_Quemada	0.00	TR 2.33	14.41	1268.52	1269.56	1269.56	1269.82	0.070959	2.24	6.45	12.67	1.00
Q_Pena_Quemada	0.00	TR 5	20.79	1268.52	1269.72	1269.72	1270.02	0.064459	2.43	8.55	13.77	0.98
Q_Pena_Quemada	0.00	TR 10	28.20	1268.52	1269.86	1269.86	1270.23	0.062469	2.67	10.56	14.33	0.99
Q_Pena_Quemada	0.00	TR 15	33.41	1268.52	1269.96	1269.96	1270.36	0.059261	2.80	11.95	14.61	0.98
Q_Pena_Quemada	0.00	TR 25	41.01	1268.52	1270.08	1270.08	1270.54	0.057002	2.99	13.72	14.96	0.99
Q_Pena_Quemada	0.00	TR 50	53.19	1268.52	1270.26	1270.26	1270.80	0.053275	3.25	16.46	15.39	0.98
Q_Pena_Quemada	0.00	TR 100	68.39	1268.52	1270.45	1270.45	1271.10	0.051912	3.57	19.43	15.84	0.99

HEC-RAS Plan: Q_Pena_Quemada River: Q_Pena_Quemada Reach: Q_Pena_Quemada

Reach	River Sta	Profile	E.G. Elev	W.S. Elev	Crit W.S.	Frctn Loss	C & E Loss	Top Width	Q Left	Q Channel	Q Right	Vel Chnl
			(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m3/s)	(m3/s)	(m3/s)	(m/s)
Q_Pena_Quemada	144.02	TR 2	1282.23	1281.99	1281.86	0.05	0.01	8.09		13.39		2.14
Q_Pena_Quemada	144.02	TR 2.33	1282.28	1282.03	1281.90	0.05	0.01	8.14		14.41		2.19
Q_Pena_Quemada	144.02	TR 5	1282.57	1282.26	1282.11	0.05	0.01	8.43		20.79		2.46
Q_Pena_Quemada	144.02	TR 10	1282.86	1282.49	1282.29	0.04	0.01	8.77		28.20		2.70
Q_Pena_Quemada	144.02	TR 15	1283.05	1282.64	1282.45	0.04	0.01	9.03		33.41		2.83
Q_Pena_Quemada	144.02	TR 25	1283.31	1282.85	1282.62	0.04	0.01	9.42	0.00	41.01	0.00	2.99
Q_Pena_Quemada	144.02	TR 50	1283.67	1283.13	1282.88	0.04	0.01	9.94	0.02	53.13	0.03	3.27
Q_Pena_Quemada	144.02	TR 100	1284.08	1283.45	1283.16	0.04	0.01	10.53	0.14	68.07	0.18	3.54
Q_Pena_Quemada	143.01	TR 2	1282.17	1281.88	1281.82	0.00	0.00	7.76		13.39		2.42
Q_Pena_Quemada	143.01	TR 2.33	1282.23	1281.92	1281.87	0.00	0.00	7.84		14.41		2.45
Q_Pena_Quemada	143.01	TR 5	1282.52	1282.14	1282.08	0.00	0.01	8.13		20.79		2.72
Q_Pena_Quemada	143.01	TR 10	1282.81	1282.36	1282.29	0.00	0.01	8.41		28.20		2.98
Q_Pena_Quemada	143.01	TR 15	1283.00	1282.50	1282.42	0.00	0.01	8.59		33.41		3.14
Q_Pena_Quemada	143.01	TR 25	1283.25	1282.67	1282.59	0.00	0.01	8.89		41.01		3.37
Q_Pena_Quemada	143.01	TR 50	1283.62	1282.95	1282.85	0.00	0.01	9.41	0.00	53.19	0.00	3.62
Q_Pena_Quemada	143.01	TR 100	1284.03	1283.26	1283.15	0.00	0.01	9.99	0.05	68.27	0.06	3.89
Q_Pena_Quemada	139.235 BR U	TR 2	1282.17	1281.85	1281.82	0.44	0.01	7.71		13.39		2.52
Q_Pena_Quemada	139.235 BR U	TR 2.33	1282.22	1281.88	1281.87	0.44	0.01	7.77		14.41		2.58
Q_Pena_Quemada	139.235 BR U	TR 5	1282.51	1282.08	1282.08	0.43	0.01	8.06		20.79		2.90
Q_Pena_Quemada	139.235 BR U	TR 10	1282.80	1282.29	1282.29	0.42	0.02	8.32		28.20		3.19
Q_Pena_Quemada	139.235 BR U	TR 15	1282.99	1282.42	1282.42	0.42	0.02	8.48		33.41		3.34
Q_Pena_Quemada	139.235 BR U	TR 25	1283.25	1282.61	1282.59	0.41	0.02	8.76		41.01		3.54
Q_Pena_Quemada	139.235 BR U	TR 50	1283.61	1282.87	1282.85	0.40	0.02	9.25	0.00	53.19	0.00	3.82
Q_Pena_Quemada	139.235 BR U	TR 100	1284.02	1283.15	1283.15	0.37	0.02	9.77	0.03	68.33	0.03	4.13
Q_Pena_Quemada	139.235 BR D	TR 2	1281.71	1281.43	1281.37	0.00	0.01	7.62		13.39		2.37
Q_Pena_Quemada	139.235 BR D	TR 2.33	1281.77	1281.46	1281.40	0.00	0.01	7.68		14.41		2.43
Q_Pena_Quemada	139.235 BR D	TR 5	1282.06	1281.68	1281.61	0.00	0.01	7.93		20.79		2.73
Q_Pena_Quemada	139.235 BR D	TR 10	1282.36	1281.90	1281.82	0.00	0.01	8.15		28.20		3.00
Q_Pena_Quemada	139.235 BR D	TR 15	1282.55	1282.04	1281.95	0.00	0.01	8.28		33.41		3.18
Q_Pena_Quemada	139.235 BR D	TR 25	1282.82	1282.23	1282.14	0.00	0.01	8.47	0.00	41.01	0.00	3.37
Q_Pena_Quemada	139.235 BR D	TR 50	1283.20	1282.51	1282.40	0.00	0.01	8.81	0.01	53.17	0.01	3.68
Q_Pena_Quemada	139.235 BR D	TR 100	1283.63	1282.83	1282.70	0.00	0.01	9.26	0.09	68.21	0.09	3.98
Q_Pena_Quemada	135.46	TR 2	1281.71	1281.37	1281.37	0.08	0.00	7.52		13.39		2.57
Q_Pena_Quemada	135.46	TR 2.33	1281.76	1281.40	1281.40	0.08	0.00	7.58		14.41		2.64
Q_Pena_Quemada	135.46	TR 5	1282.05	1281.61	1281.61	0.08	0.01	7.86		20.79		2.95
Q_Pena_Quemada	135.46	TR 10	1282.35	1281.82	1281.82	0.08	0.01	8.07		28.20		3.23
Q_Pena_Quemada	135.46	TR 15	1282.54	1281.95	1281.95	0.08	0.01	8.19		33.41		3.42
Q_Pena_Quemada	135.46	TR 25	1282.80	1282.14	1282.14	0.08	0.02	8.37		41.01		3.62
Q_Pena_Quemada	135.46	TR 50	1283.19	1282.40	1282.40	0.07	0.02	8.65	0.00	53.18	0.00	3.93
Q_Pena_Quemada	135.46	TR 100	1283.62	1282.70	1282.70	0.07	0.03	9.08	0.06	68.28	0.05	4.24
Q_Pena_Quemada	134.45	TR 2	1281.63	1281.25	1281.29	0.11	0.02	7.90		13.39		2.71
Q_Pena_Quemada	134.45	TR 2.33	1281.68	1281.28	1281.33	0.11	0.02	7.95		14.41		2.79
Q_Pena_Quemada	134.45	TR 5	1281.97	1281.44	1281.52	0.12	0.03	8.21		20.79		3.21
Q_Pena_Quemada	134.45	TR 10	1282.26	1281.61	1281.73	0.13	0.01	8.38		28.20		3.59
Q_Pena_Quemada	134.45	TR 15	1282.45	1281.72	1281.86	0.18	0.03	8.48		33.41		3.79
Q_Pena_Quemada	134.45	TR 25	1282.71	1281.87	1282.02	0.19	0.01	8.63	0.00	41.01	0.00	4.06
Q_Pena_Quemada	134.45	TR 50	1283.09	1282.09	1282.28	0.19	0.00	8.85	0.01	53.17	0.00	4.44
Q_Pena_Quemada	134.45	TR 100	1283.53	1282.35	1282.56	0.18	0.01	9.10	0.07	68.29	0.03	4.82

ANEXO 6

CLASIFICACIÓN GRANULOMÉTRICA MATERIAL DEL LECHO QUEBRADA PEÑA QUEMADA

Laboratorio de Suelos
GlobalCivil
Interventorias y Construccion

Página 1 de 2	ENSAYO
NORMA INV E – 123 –13	ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO INV E–123.

PROYECTO:	**ESTABILIZACIÓN ALETAS PUENTE SOBRE QUEBRADA SABAMA (PEÑA QUEMADA) MUNICIPIO DE BRICEÑO DEPARTAMENTO DE BOYACÁ**		
MUNICIPIO	**BRICEÑO - BOYACÁ**	FECHA DE ENSAYO	**23/09/2023**
DIRIGIDO A :	**GOBERNACIÓN DEPARTAMENTAL BOYACÁ**	MATERIAL:	**Lecho del Rio**
PROCEDENCIA:			
DESCRIPCIÓN MATERIAL:	Material granular de color Negro		

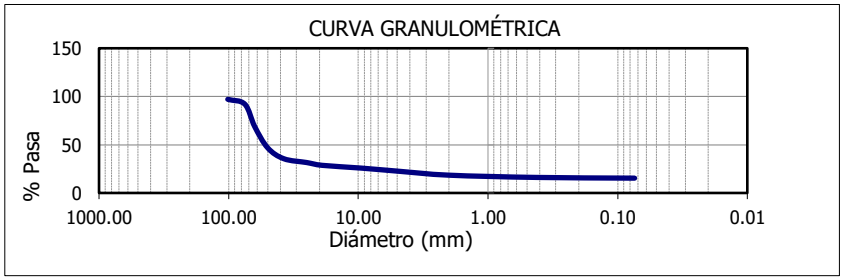
ANTES DE LAVADO

No. PLATÓN	5
PESO PLATÓN (g)	234
PESO PLATÓN + MUESTRA (g)	11264
PESO MUESTRA (g)	11030

DESPUÉS DE LAVADO

PESO PLATÓN (g)	234
PESO PLATÓN + MUESTRA (g)	9571
PESO MUESTRA SECA (g)	9337
PASA TAMIZ Nº 200 (%)	15.35

TAMIZ Nº	DIÁMETRO (mm)	PESO RETENIDO (g)	PESO CORR. (g)	%RETENIDO. (g)	% RETENIDO ACUMULADO. (g)	% QUE PASA. (g)
4"	101.60	326	324.93	2.95	2.95	97.05
3"	75.00	562.3	560.45	5.08	8.03	91.97
2 1/2"	63.00	2563	2554.56	23.16	31.19	68.81
2"	50.00	2441.6	2433.56	22.06	53.25	46.75
1 1/2"	37.50	1250.3	1246.18	11.30	64.55	35.45
1"	25.00	432.6	431.18	3.91	68.46	31.54
3/4"	19.00	320.1	319.05	2.89	71.35	28.65
3/8"	9.51	315.0	313.96	2.85	74.20	25.80
4	4.76	378.7	377.45	3.42	77.62	22.38
10	2.00	436.0	434.56	3.94	81.56	18.44
40	0.43	258.1	257.25	2.33	83.89	16.11
200	0.07	82.1	81.83	0.74	84.63	15.37
FONDO		1700.52	1694.92	15.37	100.00	0.00
	Σ	11066.32	11029.88			



ING.JIMMY VERGARA SILVA
MP 15202-130100 BYC

Carrera 9 Bis N° 0 – 36 Sur
Cel: 3138912400 – 7265804
e–mail: globalcivilsas@gmail.com

MEMORIAL DE RESPONSABILIDAD

Chiquinquirá, noviembre 21 de 2023

Señores:
GOBERNACIÓN DE BOYACÁ
Municipio de Chiquinquirá – Boyacá Ciudad

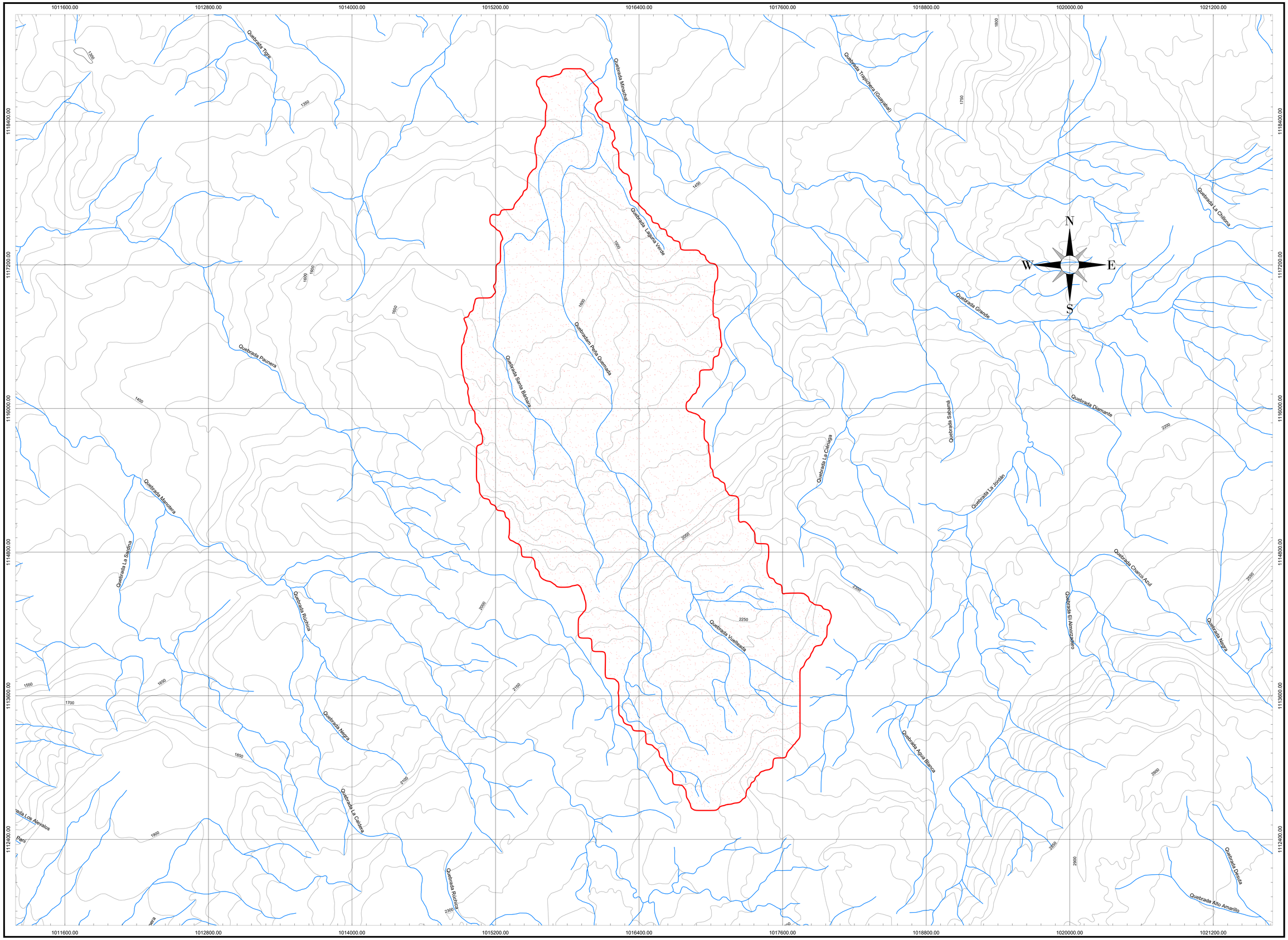
Yo, VICTOR MANUEL CAMACHO REYES, Ingeniero Civil, con Matrícula Profesional N. 25202099234 CND, debidamente registrado del consejo profesional nacional de Ingeniería, presento el Componente Hidraulico elaborado para el proyecto **"CONSTRUCCIÓN DE OBRAS DE MITIGACIÓN SOBRE LA RED VIAL DEPARTAMENTAL AFECTADA POR TEMPORADA DE LLUVIAS PROVINCIA DE OCCIDENTE DEPARTAMENTO DE BOYACÁ",** del punto localizado en el municipio de Briceño, sector Puente Peña Quemada. Declaro que asumo la responsabilidad por los perjuicios que causa de ellos puedan deducirse, exonerando a la Gobernación de Boyacá de cualquier responsabilidad.

Acepto y reconozco que la revisión efectuada por la Gobernación de Boyacá no constituye una aprobación, sino una verificación del cumplimiento de las normativas vigentes.

Atentamente,



VICTOR MANUEL CAMACHO REYES
M.P. 25202099234 CND
Magister en Ingeniería Civil "Área de Recursos Hídricos e Hidro informática"
Universidad de Los Andes



DEPARTAMENTO DE BOYACÁ MUNICIPIO DE BRICEÑO

PROYECTO:

CONSTRUCCIÓN DE OBRAS DE MITIGACIÓN SOBRE LA RED VIAL DEPARTAMENTAL AFECTADA POR TEMPORADA DE LLUVIAS PROVINCIA OCCIDENTE DEPARTAMENTO DE BOYACA.
BRICEÑO
BOYACA: SECTOR - PUENTE SOBRA LA QUEBRADA SABAMA (PEÑA QUEMADA)

CONVENCIONES:

- *Curvas de Nivel*
- *Drenaje Sencillo*
- *Drenaje Doble*
- *Cuenca Hidrografica*

LOCALIZACIÓN:



PARAMETROS GEODESICOS

Datum:	*MAGNA*
Latitud:	*4º 35' 46.3215" N*
Longitud:	*74º 04' 39.0285" W*
Falso Este:	*1000000*
Falso Norte:	*1000000*
Factor de escala:	*1.00000*
Elipsoide:	*WGS84 = GRS80*
Proyección:	*TM LOCAL*
Zona:	*Bogotá - Magna*
Datum Vertical:	*m.s.n.m.m*
Modelo Geoidal:	*EGM 96*

BASE CARTOGRAFICA:

IGAC

ESCALA. 1:25.000

ELABORÓ:

Victor Manuel Camacho Reyes
I.C. M.P 252020992340 CND

APROBÓ:

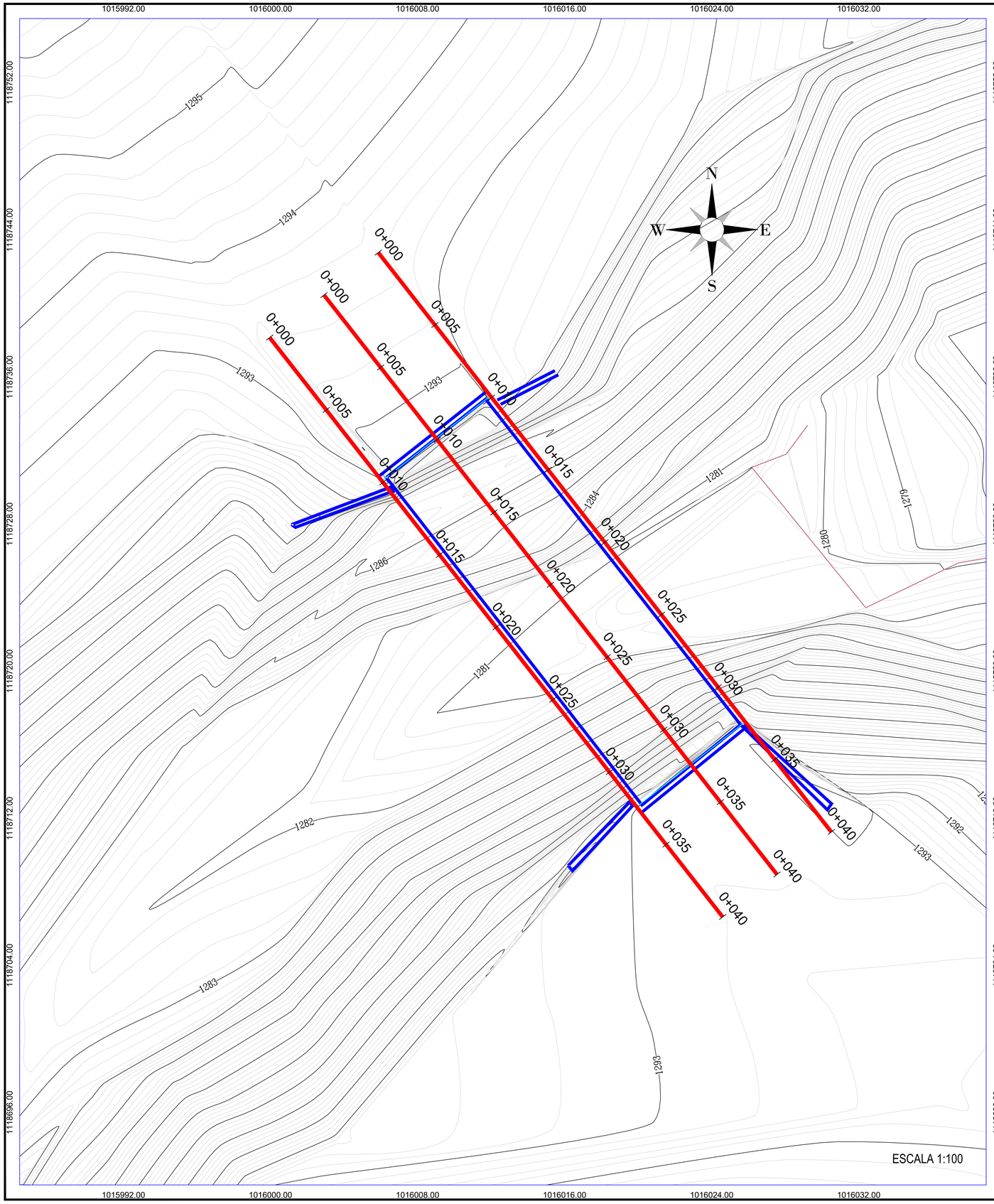
JUAN CARLOS VELAZQUEZ FORERO
CONTRATISTA DE OBRA

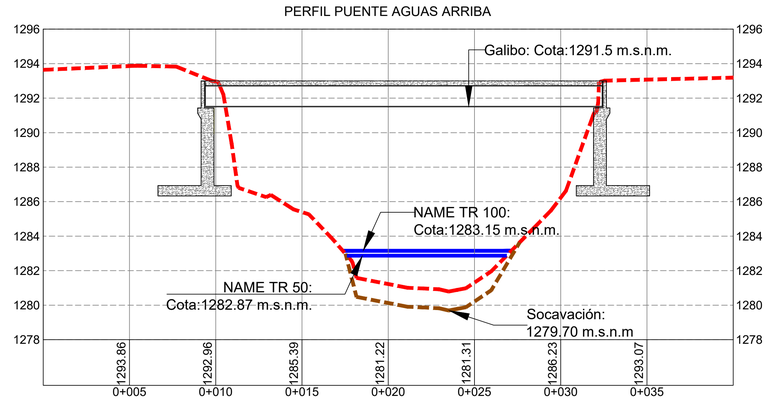
Contiene:

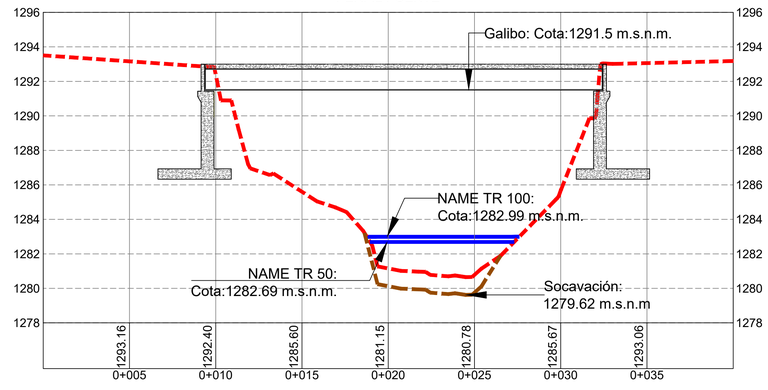
DELIMITACIÓN DE CUENCA QUEBRADA PEÑA QUEMADA

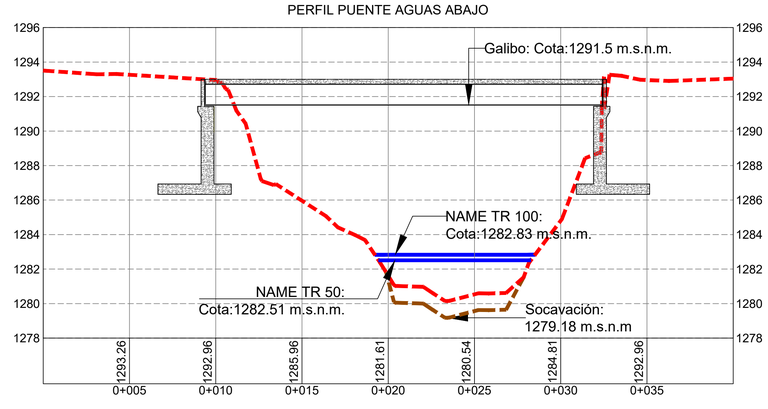
Observaciones:

Archivo:	Plano: 01/01
Fecha	
Escala: 1:12.000	









ESCALA 1:150

GOBERNACIÓN DE BOYACÁ

PROYECTO:

CONSTRUCCIÓN DE OBRAS DE MITIGACIÓN SOBRE LA RED VIAL DEPARTAMENTAL AFECTADA POR TEMPORADA DE LLUVIAS PROVINCIA DE OCCIDENTE DEPARTAMENTO DE BOYACA.
"BRICEÑO BOYACA: SECTOR-PUENTE SOBRE LA QUEBRADA SABAMA (PEÑA QUEMADA)

CONVENCIONES:

- *Curvas de Nivel*
- *Perfil Terreno Natural*
- *Perfil Socavación*
- *NAME*

LOCALIZACIÓN:



PARAMETROS GEODESICOS

Datum:	*MAGNA*
Latitud:	*4º 35' 46.3215" N*
Longitud:	*74º 04' 39.0285" W*
Falso Este:	*1000000*
Falso Norte:	*1000000*
Factor de escala:	*1.00000*
Elipsoide:	*WGS84 = GRS80*
Proyección:	*TM LOCAL*
Zona:	*Bogotá - Magna*
Datum Vertical:	*m.s.n.m.m*
Modelo Geoidal:	*EGM 96*

LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO:

CAMILO HERNAN CUBIDES MESA
CPNT 01-1390 DE 24/09/2012

ELABORÓ:

Victor Manuel Camacho Reyes
I.C. M.P 25202099234 CND

APROBÓ:

Jhonatan Meneses

INTERVENTORIA
R/L ING. JHONATAN MENESES
CONSORCIO CARINGA

Contiene:

IMPLANTACIÓN PUENTE QUEBRADA PEÑA QUEMADA

Observaciones:

Archivo:	Plano: 01/01
Fecha	
Escala: INDICADAS	

ESTUDIO DE SUELOS Y RECOMENDACIONES DE CIMENTACIÓN

FRENTE DE OBRA

MUNICIPIO DE BRICEÑO – SECTOR PUENTE PEÑA QUEMADA.

Laboratorio de Suelos
GlobalCivil
Interventorias y Construccion

SEPTIEMBRE 2023

INFORME DE ESTUDIO GEOTÉCNICO ATENCIÓN DE EMERGENCIA PUENTE SOBRE QUEBRADA SABAMA (PEÑA QUEMADA) MUNICIPIO DE BRICEÑO DEPARTAMENTO DE BOYACÁ

LOCALIZACIÓN: **PUENTE QUEBRADA SABAMA MUNICIPIO DE BRICEÑO DEPARTAMENTO DE BOYACÁ**

PROPIETARIO: **MUNICIPIO DE BRICEÑO**

DIRIGIDO A: **GOBERNACIÓN DE BOYACÁ**

TABLA DE CONTENIDO

Pág.

1 GENERALIDADES 6
1.1 DEL PROYECTO 6
1.2 LOCALIZACIÓN GENERAL 7
1.2.1 Localización zona de estudio 8
1.3 GEOLOGÍA GENERAL[3] 8
1.4 GEOLOGIA REGIONAL 11
1.4.1 Formación Tablazo (K1t) 11
1.4.2 Formación Paja (Kip) 12
1.4.3 Depósitos Coluviales (Q2c) 13
2 EXPLORACIÓN GEOTÉCNICA 15
2.1 OBJETIVO Y ALCANCES DEL ESTUDIO 20
2.2 ENSAYOS REALIZADOS 20
2.3 ENSAYO DE PENETRACIÓN ESTANDAR 22
2.4 PRESENCIA DE CUERPOS DE AGUA, VEGETACION Y PRECIPITACION 26
2.4.1 Presencia de Cuerpos de agua 26
2.4.2 Distribución Temporal de la Precipitación 27
3 CARACTERÍSTICAS DEL SUBSUELO 28
3.1 PERFIL DEL SUBSUELO 28
4 ANÁLISIS DE RESULTADOS 28
4.1 HUMEDAD DEL MATERIAL 28
4.2 PLASTICIDAD DEL MATERIAL 29
4.3 RESISTENCIA DEL MATERIAL DEL SUELO DE FUNDACIÓN 31
4.4 ANÁLISIS DE SUELOS EXPANSIVOS 32
4.5 ANÁLISIS DE SUELOS COLAPSABLES 32
4.6 ABLANDAMIENTO CICLICO DE SUELOS FINOS 33
5 RECOMENDACIONES 35
5.1 Tipo de cimentación 35
5.2 Nivel de cimentación 35
5.3 TIPO DE PERFIL ESTRATIGRÁFICO 37
6 EVALUACION DE CARGAS A CIMENTACION 41
6.1 CAPACIDAD PORTANTE 41
6.2 PRESIÓN DE TRABAJO (CAPACIDAD PORTANTE) 41
6.3 EVALUACION DE ASENTAMIENTOS INMEDIATOS 41
6.4 EVALUACION DE ASENTAMIENTOS POR CONSOLIDACION 42

6.5 MÓDULO DE BALASTO EN SUELOS COHESIVOS 42
6.6 FACTOR DE SEGURIDAD ADOPTADO 42
6.6.1 REVISION FACTORES DE SEGURIDAD 43
6.6.2 ASENTAMIENTOS DEBIDO A LAS CARGAS Y CALCULO DELMODULO DE BALASTO 44
6.7 PARÁMETROS DE DISEÑO MUROS DE CONTENCION 45
7 RECOMENDACIONES GENERALES 46
8 ANEXOS – PERFILES DE CAMPO 49
9 ANEXOS ENSAYOS DE LABORATORIO 52

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Localización general de la zona de estudio. Modificado Google Earth. 6
Figura 2 Localización general del municipio de Briceño dentro de la geografía nacional, y el proyecto en general..... 7
Figura 3. Definición de cada uno de los bloques estructurales de acuerdo con el Ingeominas. 10
Figura 4. Vista general de la zona de estudio. 13
Figura 5. Ubicación geológica del sitio de estudio. 14
Figura 6. Localización general de los sondeos dentro de la zona de estudio. 16
Figura 7. Actividades de exploración mediante la utilización del barreno helicoidal, ensayos de campo de pruebas de penetración estándar SPT. 20
Figura 8. Ejemplo cálculo de N corregido por energía 24
Figura 9. Resistencia al corte no drenado estimado con el ensayo de SPT. 26
Figura 10. Climograma municipio de Briceño. 27
Figura 11 Variación de la humedad con la profundidad para los sondeos. 29
Figura 12. Variación del límite líquido con la profundidad de exploración.....30
Figura 13 Variación de la resistencia con la profundidad para los sondeos 1 al 3 con base en los ensayos de resistencia realizados tanto en el campo como en el laboratorio 31
Figura 14. Criterio propuesto para la evaluación de susceptibilidad a la licuación de suelos finos. Fuente Bray J.D. Sancio R.B. Durgunoglu H.T. (2004).....33
Figura 15. Evaluación de susceptibilidad a la licuación de suelos finos, por medio del criterio propuesto por Bray J.D. Sancio R.B. Durgunoglu H.T. (2004). 34
Figura 16. Esquema de cimentación.....35
Figura 17. Espectro elástico de aceleraciones. (A.2.6.1 de la NSR-10). 39
Figura 18. Espectro elástico de velocidades. (A.2.6.2 de la NSR-10).....39
Figura 19.Espectro elástico de desplazamientos. (A.2.6.2 de la NSR-10). 40

LISTA DE TABLAS

Pág.

Tabla 1. Cantidad y tipo de ensayos programados.....21
Tabla 2. Tabla resumen resultados de laboratorio.....22
Tabla 3. Descripción estratos. 22
Tabla 4. Tabla resumen resultados de laboratorio (SPT).....25
Tabla 5. Clasificación de suelos expansivos. Tomado NSR-10 32
Tabla 6. Parámetros geotécnicos 37
Tabla 7. Coeficientes de diseño sísmico. 38
Tabla 8. Valores de aceleración, velocidad y desplazamiento espectral. 38
Tabla 9. Cálculo de capacidad portante 43
Tabla 10. Asentamientos inmediatos. 44
Tabla 11. Asentamientos totales.....45
Tabla 12. Parámetros de diseño de muros de contención.....45

1 GENERALIDADES

1.1 DEL PROYECTO

La Gobernación de Boyacá está adelantando el proyecto para la atención de emergencia del puente sobre la quebrada Sabama (Peña Quemada) del municipio de Briceño departamento Boyacá, en su zona rural, ver figura 1.



Figura 1. Localización general de la zona de estudio. Modificado Google Earth.

Revisada la información proporcionada por el cliente se tiene que proyectar la estabilización de obras de un puente vehicular existente.

El sitio de estudio se encuentra unos estribos de acceso al puente fallados al momento de ejecutar las perforaciones. El lote se caracteriza por presentar pendiente de 25° aproximadamente en el acceso y 2° en la salida del puente. Para conocer propiedades mecánicas e índices, parámetros de resistencia y de asentamientos del subsuelo bajo el área de la obra, el cliente ordenó el estudio

de suelos y recomendaciones necesarias para el diseño de la cimentación de la obra a construir.

1.2 LOCALIZACIÓN GENERAL[1]

En la figura 2 se puede apreciar la localización general del municipio de Briceño dentro de la geografía nacional, y el proyecto en general

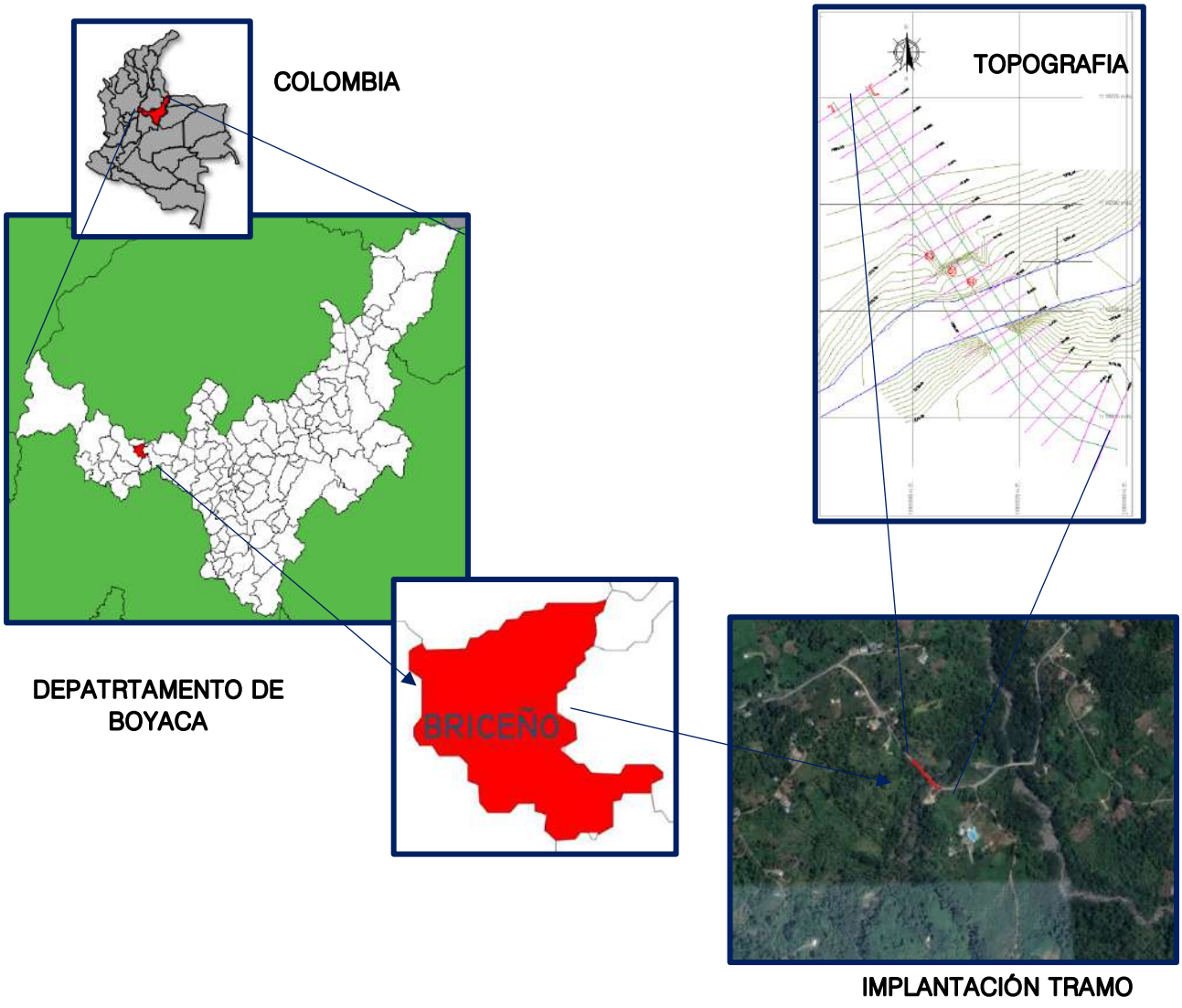


Figura 2 Localización general del municipio de Briceño dentro de la geografía nacional, y el proyecto en general

[1] Diccionario Geográfico de Colombia. Instituto Geográfico Agustín Codazzi. 1996

BRICEÑO: Es un municipio colombiano del departamento de Boyacá. Se encuentra bañado por afluentes hídricas como la quebrada Sabamá, quebrada Nacupay, quebrada Peña quemada, quebrada Minachal, quebrada Guayabal, quebrada Trapichera, quebrada los Toros, quebrada Zapote, quebrada la Lumbre, quebrada Blanca, quebrada la Vega; por lo cual posee un amplia vegetación nativa propia de los climas templado húmedo, posee 14 veredas que reciben el nombre de Campo Grande, Media Luna, Tarpeya, Cucaita, Tabor, Betania, Buenavista, Palo Blanco, Santa Isabel, Diamante, Moray, Minacha, Yopos y Centro Rural. Todas con una topografía quebrada, con abundante vegetación y fauna. Su extensión total es de 64 kilómetros Km2 y tiene una temperatura media de 20 º C. Cuenta con una altitud de la cabecera municipal (metros sobre el nivel del mar) de 1.500 grados centígrados y dista de la capital Boyacense Tunja, a 150 Kms Limita por el norte con los municipios de Tunungúa y Albania Santander; Al sur con Caldas y Pauna, por el Oriente con Saboya y Chiquinquirá y al Occidente con el municipio de Pauna. [2]

1.2.1 Localización zona de estudio

El proyecto se localiza en el Municipio de Briceño, sobre las coordenadas referidas al datum Bogotá:

Coordenadas Magna Sirgas	Norte	Oeste
Elipsoidal	5°40'11,4''	73°55'59,0''
Gauss-Krueger	1118727,752	1016002,233

Estas coordenadas corresponden a la carta geológica de Chiquinquirá que en nomenclatura propia del IGAC corresponde a la plancha número 190-I-A-4.

1.3 GEOLOGÍA GENERAL[3]

Para describir la estratigrafía del Departamento de Boyacá Ingeominas (2000) ha dividido el área departamental en cuatro cuencas sedimentarias que de occidente a oriente se designan así:

[2] FUENTE: Pagina web municipio de Briceño. http://www.briceño-boyaca.gov.co/

- Cuenca Valle Medio del Magdalena:
  - Bloque Valle del Río Magdalena: Puerto Boyacá
  - Bloque Vertiente Occidental de la Cordillera Oriental: Otanche
- Cuenca Cordillera Oriental
  - Bloque Chiquinquirá – Arcabuco
  - Bloque Tunja – Duitama
  - Bloque Tota – Paz de Río
  - Bloque Macizo de Floresta
- Cuenca Sierra Nevada del Cocuy
  - Bloque Cocuy – Cubará – Margua
- Cuenca Piedemonte Llanero
  - Bloque San Luís de Gaceno

La zona de estudio se encuentra en la Cuenca de la Cordillera Oriental, que corresponde a una serie de bloques diferencialmente levantados constituidos por rocas sedimentarias Mesozoicas. En esta Cuenca se distinguen cuatro bloques estratigráfica y tectónicamente diferentes, los cuales se mencionaban anteriormente: Bloque Chiquinquirá – Arcabuco, Bloque Tunja – Duitama, Bloque Tota – Paz de Río y Bloque Macizo de Floresta.
El sitio de estudio se encuentra localizado en el Bloque Chiquinquirá – Arcabuco el cual está localizado inmediatamente al oriente del bloque de Otanche y está limitado por la Falla de cabalgamiento de La Salina al occidente y la Falla inversa de Boyacá al oriente.
Entre los pliegues presentes en este bloque cabe mencionar de occidente a oriente: el Sinclinal de La Palma – Otanche, el Sinclinal de Santa Bárbara, el Anticlinal de La Victoria, el Anticlinal de Coscuez, el Anticlinal de Santa Helena, el Sinclinal de Coscuez, el Sinclinal de Quipama, el Anticlinal del Alto La Chapa, el Sinclinal y Anticlinal de Muzo, el Sinclinal del Almendro y el Anticlinal de Pauna; el Sinclinal de Coper, el Anticlinal del Río Piedras, el Sinclinal y Anticlinal de Caldas, el Sinclinal de Chiquinquirá – San José de Pare, el Anticlinal de Oiba, el Anticlinal de Tinjacá y el Anticlinal de Arcabuco, el cual cabecea o se hunde al nororiente del Municipio de Sáchica, para presentarse como una bifurcación en relevo al suroccidente de esta población, formando el Sinclinal y Anticlinal de Ráquira, el Sinclinal de La Isla y el Anticlinal del Rabanal.

En general son estructuras simétricas, de gran extensión longitudinal, cuyos ejes se orientan en dirección N30°E a N40°E, algunos de los cuales presentan

inversión, generalmente en uno de sus flancos, tales como el Anticlinal de Tinjacá que presenta una inversión en su flanco occidental.
En la siguiente figura se presenta la definición de cada uno de los bloques en los cuales se encuentra dividido el departamento de Boyacá de acuerdo con la información suministrada por el Ingeominas.

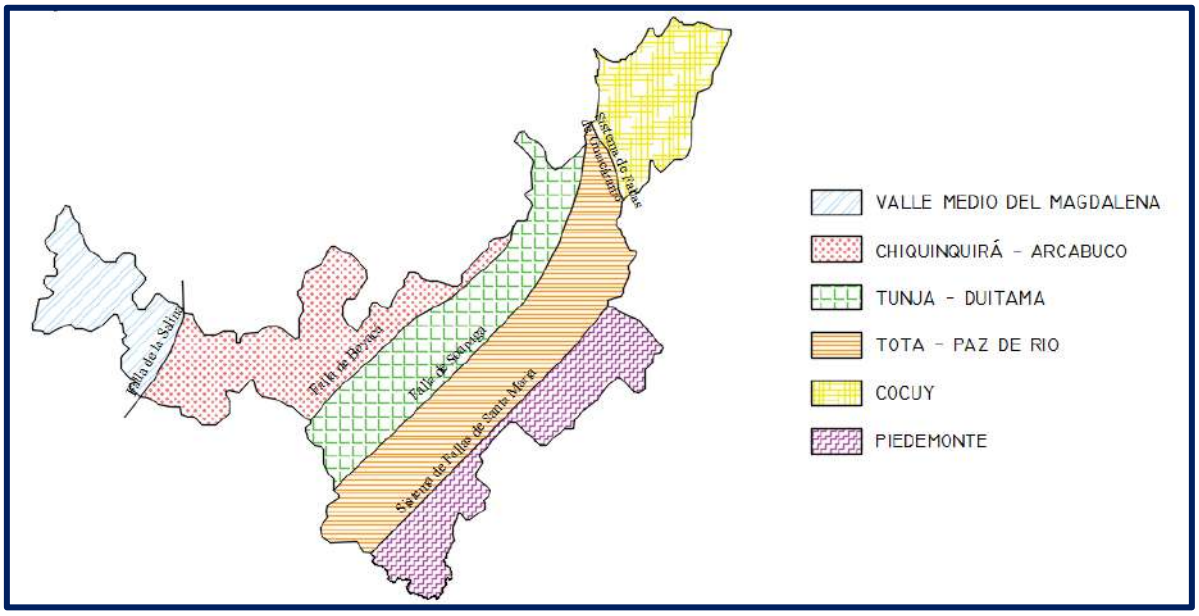


Figura 3. Definición de cada uno de los bloques estructurales de acuerdo con el Ingeominas.

La zona de estudio se encuentra en la Región de la cordillera oriental la cual se describe como, región montañosa de la Cordillera Oriental ocupa la mayor parte (65%) del área del departamento en dirección general sur occidente nororiente, caracterizada por una variedad de climas que abarca desde los templados suaves hasta los fríos intensos y el típico clima de páramo. En función de los diferentes relieves y las características climáticas que tiene la región, pueden distinguirse tres zonas importantes: el Macizo de Santander, la zona de la Serranía de Los Cobardes o y Ariguíes, que forma una barrera con elevaciones de hasta 3.000 m para separar el Valle del Magdalena al occidente del Valle del Suárez al oriente y zona de relieves glaciares y periglaciares que representen las partes más altas de los páramos con los más pintorescos y exóticos paisajes santandereanos.

1.4 GEOLOGIA REGIONAL [3]

Para esta zona de encuentran diferenciados los siguientes tipos de formas

1.4.1 Formación Tablazo (K1t)

El nombre de Formación Tablazo fue dado por Wheeler, O. C., (informe inédito), según Morales, L., et. al., (1955), para designar una serie de calizas y margas fosilíferas, macizas, con predominio de calizas en la parte alta y margas en la parte baja, que afloran en La población del. Tablazo, en el lado norte del río Sogamoso.

La Formación Tablazo, aflora en el área estudiada (planchas 170 y 190), concordantemente a los estratos de la Formación Paja, y se caracteriza por presentar una topografía escarpada que contrasta con la morfología suavemente ondulada, de las unidades que le infrayacen y suprayacen. Su estudio litológico se hizo con base en las secciones del Alto de Granadillo (plancha 170, parte más sur de la cuadrícula 11D), noroeste de la población de Sutamarchán (plancha 190, parte más sur de la cuadrícula 10A) y fuera de la zona estudiada en la localidad del Tablazo (cuadrángulo H–12, cuadrículas 5a y 5B).

En el Alto de Granadino, la unidad se subdivide en los siguientes conjuntos: a) – 4 m de calizas grises oscuras, algo arcillosas, en estratos de 0,50 a 1,50 m de espesor, con venas de calcita perpendiculares a la estratificación, b)– 92 m de lutitas grises oscuras a negras, con nódulos arcillosos, ferruginosos, e intercalaciones delgadas de 'imantas grises, a veces calcáreas, con una intercalación de arenisca arcillosa, de grano fino, color crema, algo micácea, friable, en un espesor de 5 m, c)– calizas negras, fosilíferas, macizas, de 5 y 10 m de espesor, respectivamente, separadas por 2,50 m de alternancia de margas y lutitas grises oscuras, d)– 35 m de lutitas grises oscuras, algo micáceas que hacia la parte superior presentan esporádicas intercalaciones de areniscas arcillosas, de grano fino, grises claras, de alteración amarillenta y .micáceas, e)– 9 m de areniscas arcillosas, grano fino, grises claras, de alteración amarillenta, micáceas, que hacia el tope son algo calcáreas y contienen nódulos calcáreos, f)– 80 m de lutitas grises claras a negras, micáceas, con delgadas intercalaciones de areniscas arcillosas, de grano fino,

FUENTE: GEOLOGÍA DE LAS PLANCHAS 170, VÉLEZ, 190 CHIQUINQUIRÁ, COLOMBIA Carlos E. Ulloa M. Erasmo Rodríguez M. INSTITUTO COLOMBIANO DE GEOLOGÍA Y MINERÍA INGEOMINAS, Bogotá, julio de 1979. Recuperado de https://www.sgc.gov.co

grises claras, de alteración amarillenta, algo micáceas, g)– un conjunto compuesto por: 23 ni de alternancia de areniscas arcillosas, de grano fino, grises oscuras, de alteración amarillenta, micáceas y lutitas negras bituminosas, con nódulos arcillosos; hacia el tope se presenta una caliza de 2,50 m de espesor, de color negro, fosilífera, compacta, estratificada en bancos de 0, 50 m de espesor; 21 m de lutitas negras, con concreciones ferruginosas, a las cuales le suprayacen 2,50 ni de arenisca calcárea, gris oscura, compacta, con nódulos huecos y 12,50 m de lutitas negras con lentejones de caliza. El techo del conjunto, lo constituye una arenisca arcillosa, de grano fino, gris clara y micácea de 1 m de espesor.

1.4.2 Formación Paja (Kip)

El nombre fué dado por wheeler, O. C., (informe inédito), según Morales, L., (1955), para designar una sucesión de shales negros, ligeramente calcáreos y micáceos, con concreciones de calizas hasta de 30 cm de diámetro, que afloran en la quebrada La Paja, afluente del río Sogamoso, entre Bucaramanga y San Vicente. La Formación Paja, aflora en la zona estudiada (planchas 170 y 190) en un área de 850 Km2, concordantemente a la Formación Bitoque en el lado oriental de la plancha 170 y de igual manera sobre la Formación Rosa– blanca en la región occidental (Anticlinal de Portones). La unidad se caracteriza por una morfología suavemente ondulada, debido a su carácter predominantemente arcilloso. Sus numerosos repliegues, impidieron el levantamiento detallado de su litología, y por tal razón, su descripción se hace en forma general, basados en secciones discontinuas. Está constituida en su base por lutitas y limolitas grises oscuras a negras„ ferruginosas, con delgadas intercalaciones de areniscas arcillosas; su parte media la componen una sucesión de frutitas, arcillolitas, grises, con intercalaciones de areniscas, con concreciones limolíticas, piritosas, hasta de 10 cm de diámetro, y niveles de yeso (selenita), y la parte superior está formada por lutitas grises claras a oscuras micáceas, interestratificadas con areniscas arcillosas, de grano fino, en estratos hasta de 5 m de es– pesor.

Un estudio detallado de esta unidad ha sido realizado por Etayo, Fernando (1968, pp. 18–30) en el área de Villa de Leiva–Sáchica, quien le asigna una edad de Hauteriviano–Aptiano Superior; por sus características paleontológicas y litológicas, este mismo autor supone para esta unidad un ambiente marino de aguas poco profundas y de circulación restringida. Su correlación puede

hacerse con la parte inferior a media del Tibú–Mercedes Tibasosa Arenisca de Las Juntas y parte inferior del Fómeque.

1.4.3 Depósitos Coluviales (Q2c)

Con este término se incluyen los depósitos de talud y derrubios; están constituidos por acumulaciones de materiales de composición heterogénea y de tamaño variable, predominantemente bloques angulares.

En el contexto regional la zona de estudio se ubica sobre la Formación Tablazo (k1t), ver Figura 5. Desde una perspectiva local se Areniscas de grano fino muscoviticas y ferruginosas intercaladas con limolitas de color negro y capas de caliza gris oscura. La geomorfología de la zona se caracteriza por presentar una pendiente del 12%, la cual se puede observar en la figura 4.



Figura 4. Vista general de la zona de estudio.

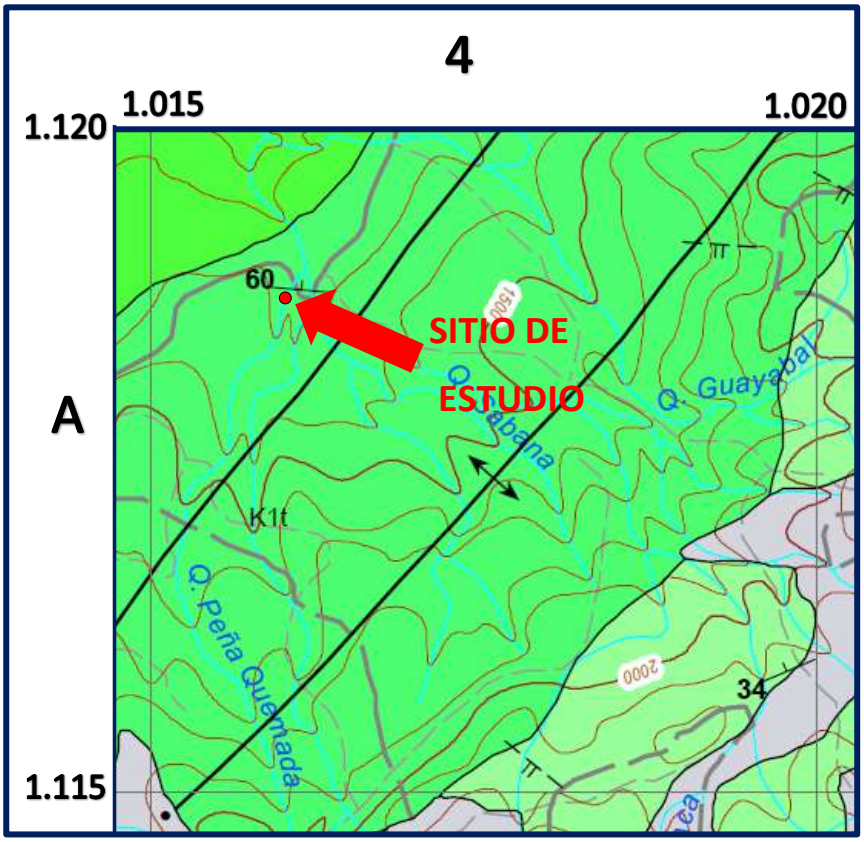


Figura 5. Ubicación geológica del sitio de estudio. [4]

[4] FUENTE: Servicio Geológico de Colombia. Estado de la Cartografía Geológica de Colombia 2015 Plancha 190. Escala 1:100.000. Recuperado de https://www.sgc.gov.co

2 EXPLORACIÓN GEOTÉCNICA

Para determinar las condiciones geotécnicas del subsuelo en el sitio del proyecto, se realizaron tres (03) sondeos de reconocimiento y muestreo entre 2.50 y 3.50 metros de profundidad aproximadamente, a los cuales se le tomaron muestras alteradas con cuchara partida (Ensayo SPT) y muestras inalteradas en tubo shelby, con el fin de determinar propiedades físicas y mecánicas del subsuelo, las condiciones de agua subterránea y las características geotécnicas para cada nivel de suelo explorado. De la misma manera se realizaron ensayos de resistencia en campo correspondientes a ensayos de penetración estándar SPT en donde por medio de correlaciones derivadas de la geotecnia se determinó la resistencia del material.

De acuerdo a la geología del sector la zona de estudio reposa sobre la formación Tablazo (K1t) el cual está constituida por Areniscas de grano fino muscoviticas y ferruginosas intercaladas con limolitas de color negro y capas de caliza gris oscura.

Para llevar a cabo la realización de los ensayos de penetración estándar se utilizó un peso estándar del martillo de 63,5 ± 1,00 Kg y en cada golpe el martillo tiene una altura de caída de 762mm. Es de recordar que el número de golpes requeridos para los dos últimos intervalos se suman para dar el número de penetración estándar a la profundidad indicada de acuerdo con la norma ASTM D-1586 (INV E-111). En los formatos anexos al presente informe se presentan los parámetros de resistencia encontrados mediante la realización de los ensayos, en donde por medio de correlaciones derivadas de la geotecnia y con diversos autores se evaluaron dichos parámetros. Debido al peso de martillo que se utilizó para la realización de los ensayos de campo se realizaron las correspondientes correcciones.

En las siguientes fotografías se puede apreciar las actividades de exploración manual con la realización de los ensayos de campo correspondientes a pruebas de penetración estándar SPT con la utilización de la cuchara y la recuperación de muestras inalteradas con tubo shleby.

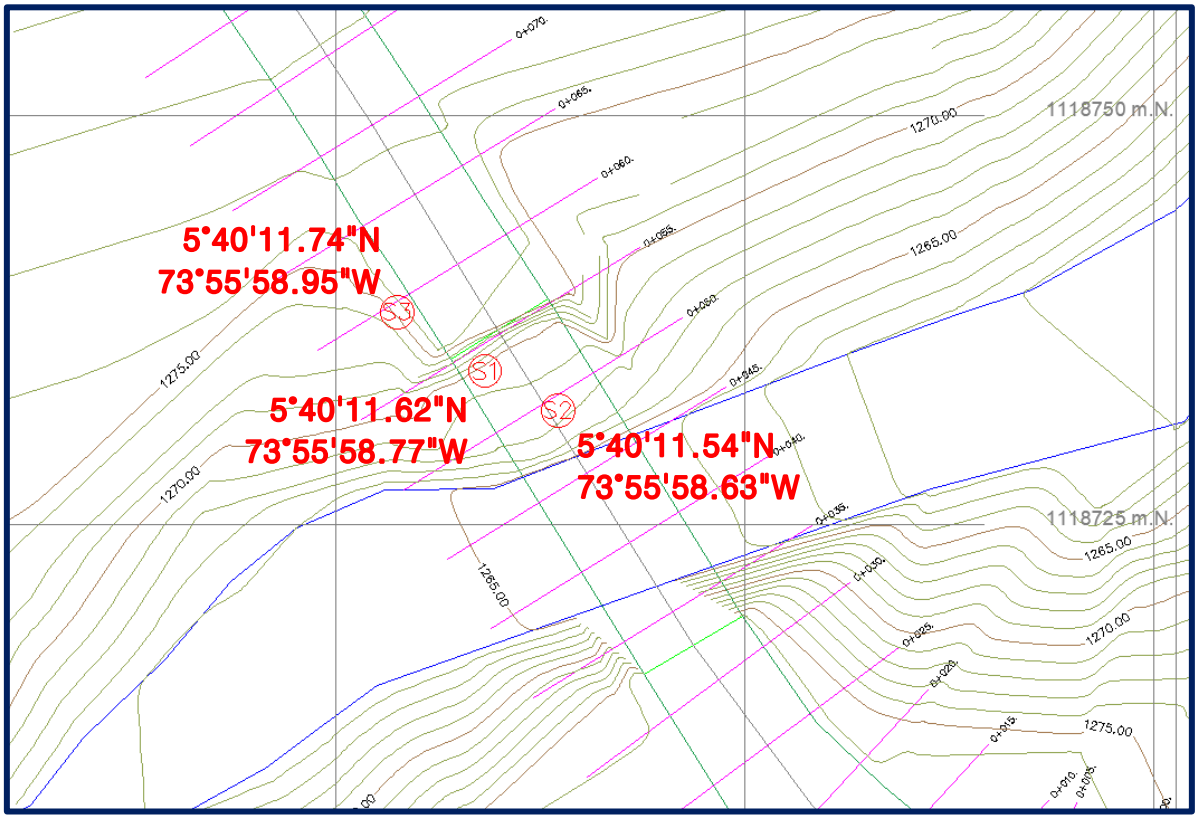


Figura 6. Localización general de los sondeos dentro de la zona de estudio.










Carrera 9 Bis N° 0 – 36 Sur
Cel: 3138912400 - 7265804
e-mail: globalcivilsas@gmail.com













Carrera 9 Bis N° 0 – 36 Sur
Cel: 3138912400 - 7265804
e-mail: globalcivilsas@gmail.com








Carrera 9 Bis N° 0 – 36 Sur
Cel: 3138912400 - 7265804
e-mail: globalcivilsas@gmail.com



Figura 7. Actividades de exploración mediante la utilización del barreno helicoidal, ensayos de campo de pruebas de penetración estándar SPT.

2.1 OBJETIVO Y ALCANCES DEL ESTUDIO

El presente estudio tiene como propósito el reconocimiento de las condiciones geotécnicas, estratigráficas e hidrogeológicas presentes en la zona con las cuales servirán de base para la determinación de las características de capacidad portante y análisis de asentamientos para la obra proyectada. El alcance del estudio prevé análisis de estabilidad de taludes, la zona de estudio presenta pendientes de 2° a 25°. No se prevé ensayos de colapso y tipo REMI.

2.2 ENSAYOS REALIZADOS

La determinación de las características de cada uno de los estratos, incluye los siguientes ensayos:

- Contenido de agua (Humedad) NTC – 1495
- Análisis Granulométrico por lavado Tamiz No. 200 NTC –77
- Determinación del Límite Líquido NTC – 4630 Método A
- Determinación del Límite Plástico e Índice de Plasticidad NTC–4630 Mét. A
- Compresión Inconfinada en muestras de suelos NTC – 1527.
- Ensayos de penetración estándar SPT ASTM D1586

La totalidad de las muestras obtenidas fueron identificadas en campo y laboratorio y sobre un número representativo de ellas se efectuaron los diferentes ensayos.

En la Tabla 1 se presenta el número y tipo de ensayos efectuados para cada sondeo realizado, y en los Anexos se registran los resultados de los ensayos de laboratorio.

Ensayo	S1	S2	S3
Profundidad del sondeo (m)	2.50	3.50	3.50
Humedad natural	5	7	7
Límites de Atterberg	2	1	2
Lavado sobre el tamiz Nº200	2	1	2
Ensayos de penetración estándar	3	5	5

Tabla 1. Cantidad y tipo de ensayos programados

A continuación, se presenta la tabla resumen con los resultados de los ensayos realizados en campo y laboratorio.

Barreno N° Prof. (m)	*Propiedades físicas y clasificación*										
	Profundidad promedio del Estrato	Humedad natural (%)	Límite Líquido (%)	Límite plástico (%)	Índice de plasticidad (%)	Índice de liquidez	Humedad de equilibrio	Pasa 200 (<0.075mm)	% Arenas	% Gravas	Clasificación USC
S-1 (0,05-1,30)	**0.68**	**16.79**	39.44	23.04	16.4	-0.38	11	83.01	17.0		C L
S-1 (1,30-2,50)	**1.90**	**15.70**	41.69	21.29	20.4	-0.27	11	51.30	22.2	26.5	C L
S-2 (0,00-3,50)	**1.75**	**15.58**	37.99	23.93	14.1	-0.59	11	58.78	18.2	23.0	C L
S-3 (0,05-2,70)	**1.38**	**23.57**	35.32	18.77	16.5	0.29	15	77.91	22.1		C L
S-3 (2,70-3,50)	**3.10**	**17.76**	40.82	21.76	19.1	-0.21	12	58.10	41.9		C L

Tabla 2. Tabla resumen resultados de laboratorio

Barreno N° Prof. (m)	DESCRIPCION DEL MATERIAL
S-1 (0,05-1,30)	Material compuesto por arcilla delgada con grava de color café.
S-1 (1,30-2,50)	Material compuesto por arcilla delgada con mucha grava de color gris oscuro.
S-2 (0,00-3,50)	Material compuesto por arcilla delgada con mucha grava de color gris oscuro
S-3 (0,05-2,70)	Material compuesto por arcilla delgada con grava de color café.
S-3 (2,70-3,50)	Material compuesto por arcilla delgada con mucha grava de color gris oscuro.

Tabla 3. Descripción estratos.

2.3 ENSAYO DE PENETRACIÓN ESTANDAR

En el ensayo de penetración estandar se entierra un tubo partido, aplicando golpes con un martillo de 63 Kg. que cae de una altura de 750 mm. El número de golpes requerido para enterrar el tubo 300 mm se denomina N de penetración estándar.

Con el número de golpes se puede estimar el valor del ángulo de fricción interna ϕ´ para arenas (Peck, 1974). También se puede obtener la densidad relativa y con esa densidad relativa obtener el valor de ϕ´ (Schmertmann, 1975).

El ensayo de penetración estándar se desarrolló inicialmente para determinar la resistencia de suelos no cohesivos y la mayoría de las correlaciones que existen en la literatura son útiles solamente para gravas y arenas.

Correcciones ensayo SPT

Para casi todas estas variantes hay factores de corrección a la energía teórica de referencia Er y el valor de N de campo debe corregirse de la siguiente forma (Bowles,1988):

$N_{corregido} = N \times Cn \times e1 \times e2 \times e3 \times e4 = N_{50}$

En la cual:

$N_{corregido}$ = valor de N corregido

N = valor de N de campo

Cn = factor de corrección por confinamiento efectivo 2/ (1+ σ)

e1 = factor por energía del martillo (0.45 ≤ h1 ≤ 1)

e2 = factor por longitud de la varilla (0.75 ≤ h2 ≤ 1)

e3 = factor por revestimiento interno de tomamuestras (0.8 ≤ h3 ≤ 1)

e4 = factor por diámetro de la perforación (> 1 para D> 5'", = 1.15 para D=8")

Corrección por Energía (h1)

Se considera que el valor de N es inversamente proporcional a la energía efectiva aplicada al martillo y entonces, para obtener un valor de Ne1 a una energía dada "e1", sabiendo su valor Ne2 a otra energía "e2" se aplica sencillamente la relación:

$Ne_{corregido} = N_{50} \times (e2/e1)$

Sondeo 1 Prof. 1,00					
Condiciones del Ensayo			Propiedades del suelo		
Profundidad de inicio (m):	1,00		Peso unitario (T/m³):	1,80	
Profundidad del Nivel Freático (m):			Nº de golpes		
Peso del Martillo (kg):	63,50		N1	4	
Peso del Cabezote (kg)	10,35		N2	3	
Peso del Varillaje (kg/m)	3,48		N3	14	
Determinación de N corregido			Determinación de C y f		
sV (T/m²)	1,80		Peck, Hanson, Thornburn f (º):	29,1	
CN	1,00		Hatanaka f (º):	28,6	
e1	0,85		Uchida f (º):	34,6	
e2	0,72		Promedio f (º):	30,8	
Longitud de Tubería (m)	3,00		Cu no drenada en arcillas (KN/m²):	114,6	
Mr (kg)	20,79		Cu Stroud (KN/m²):	74,8	
m	0,33		Cu Promedio (kg/cm²):	0,9	
e3	0,73		Cu Promedio (KN/m²):	94,7	
e4	1,00				
N de campo	17				
N 50	8				
N corregido	7				

Figura 8. Ejemplo cálculo de N corregido por energía

Los valores varían entre 7 a 68 golpes/pie entre profundidades de 1,00 a 3,50 metros explorados. A partir de este nivel se presentó rechazo en el ensayo de SPT.

En la tabla 4, se presenta un resumen de los parámetros obtenido con el ensayo de SPT, correspondiente al N de campo, N corregido por energía, resistencia al corte no drenada y la resistencia a la compresión inconfinada tomada como 2*Cu.

En la Figura 9, se presentan las variaciones de la resistencia al corte con la profundidad para cada una de las exploraciones realizadas. Se puede ver como se tienen condiciones de resistencia mediana a dura a mayor profundidad dando condiciones adecuadas para la cimentación de la estructura proyectada.

SONDEO	PROFUNDIDAD INICIAL	PROFUNDIDAD FINAL	N(SPT) CAMPO	Penetración normal corregida N(SPT)	ϕ	Cu(Kg/cm2)	qu(Kg/cm2)	Consistencia	Compacidad
1	1,00	1,50	17	7	29	0,75	1,50	Firme	Compacta
	1,50	2,00	37	15	32	1,63	3,26	Muy firme	Densa
	2,00	2,50	49	20	33	2,16	4,31	Dura	Densa
2	1,00	1,50	9	3	25	0,40	0,79	Mediana	Suelta
	1,50	2,00	22	9	30	0,97	1,94	Firme	Compacta
	2,00	2,50	31	13	31	1,36	2,73	Muy firme	Densa
	2,50	3,00	55	23	34	2,42	4,84	Dura	Muy densa
	3,00	3,50	68	30	35	2,99	5,98	Dura	Muy densa
3	1,00	1,50	7	3	25	0,31	0,62	Mediana	Suelta
	1,50	2,00	10	5	27	0,44	0,88	Mediana	Compacta
	2,00	2,50	9	4	26	0,40	0,79	Mediana	Suelta
	2,50	3,00	18	9	30	0,79	1,58	Firme	Compacta
	3,00	3,50	51	25	34	2,24	4,49	Dura	Muy densa

Tabla 4. Tabla resumen resultados de laboratorio (SPT).

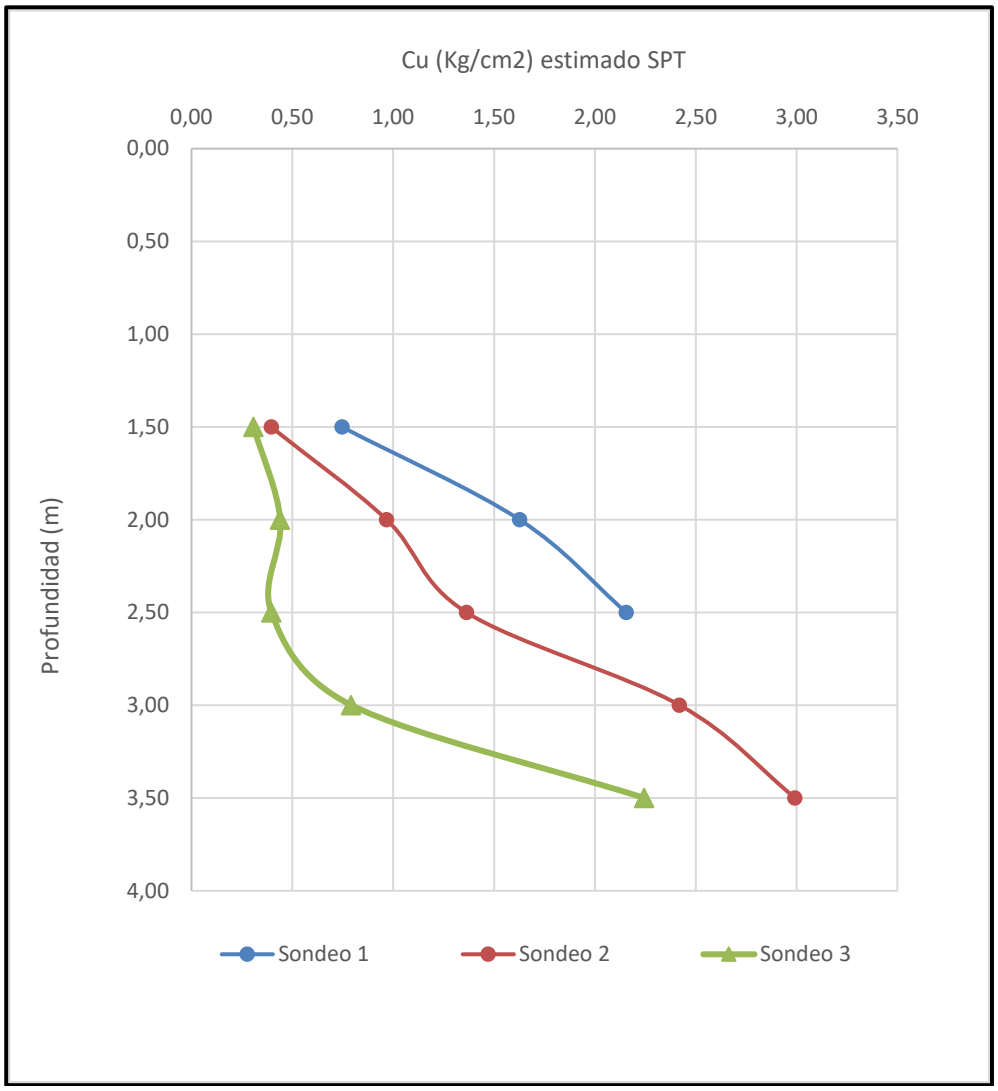


Figura 9. Resistencia al corte no drenado estimado con el ensayo de SPT.

2.4 PRESENCIA DE CUERPOS DE AGUA, VEGETACION Y PRECIPITACION

2.4.1 Presencia de Cuerpos de agua

Se evidencia cuerpo de agua cercana al proyecto de la estabilización por el paso del rio. Adicionalmente durante las perforaciones no se presentó nivel freático. La zona de estudio se evidencia cobertura vegetal de poco espesor, pero la cual no se cataloga como reserva forestal.

2.4.2 Distribución Temporal de la Precipitación

El clima de Briceño está clasificado como tropical. Hay precipitaciones durante todo el año en Briceño. Hasta el mes más seco aún tiene mucha lluvia. Este clima es considerado Af según la clasificación climática de Köppen-Geiger. En Briceño, la temperatura media anual es de 21.4 ° C. Precipitaciones aquí promedios 2564 mm.

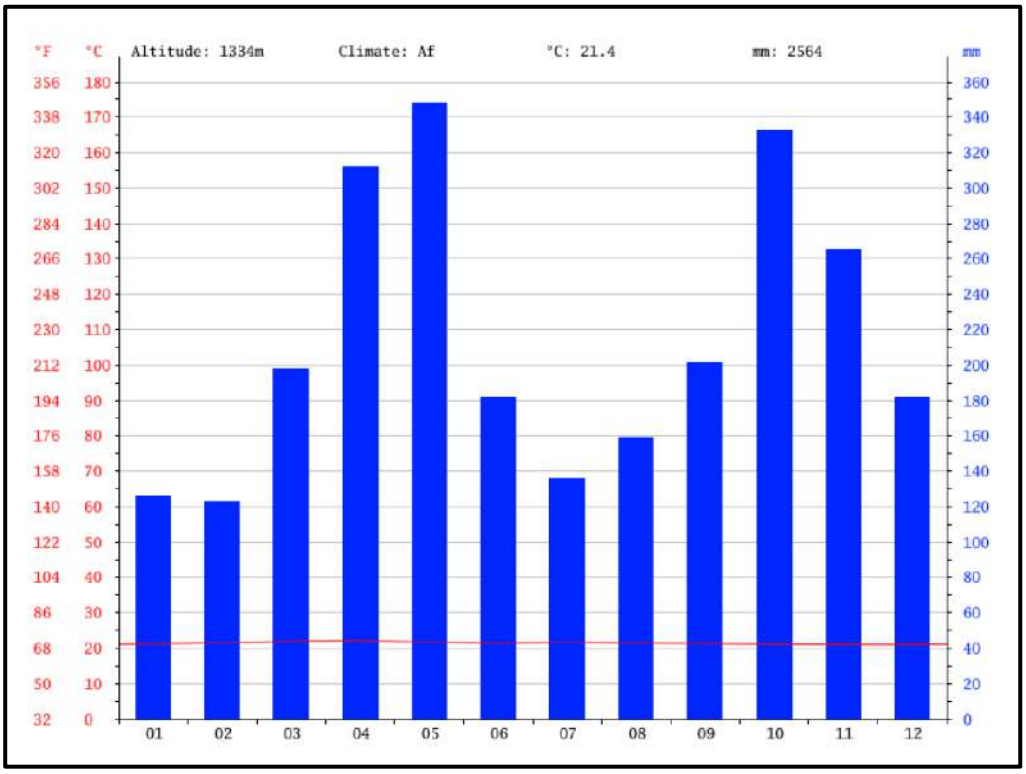


Figura 10. Climograma municipio de Briceño.

La precipitación es la más baja en febrero, con un promedio de 123 mm. 348 mm, mientras que la caída media en mayo. El mes en el que tiene las mayores precipitaciones del año.

3 CARACTERÍSTICAS DEL SUBSUELO

3.1 PERFIL DEL SUBSUELO

En los tres (03) sitios de investigación se encontraron la siguiente estratigrafía, empezando por la superficie.

GCI Subsuelo: Constituido por estratos organizados de la siguiente forma:

- CL: Arcilla delgada con grava de color cafe, estado solido, expansividad de baja, plasticidad baja, con un Limite plástico de 18% a 23%, con un Limite liquido de 35 a 39%, y un indice de plásticidad de 16 a 17%, consistencia media a firme. Presenta porcentajes de arenas variable de 17 a 22%.
- CL: Arcilla delgada con mucha grava de color gris oscuro, estado solido, expansividad de baja a media, plasticidad baja a media, con un Limite plástico de 21% a 23%, con un Limite liquido de 37 a 41%, y un indice de plásticidad de 19 a 20%, consistencia media a muy firme. Presenta porcentajes de arenas variable de 18 a 41%.

4 ANÁLISIS DE RESULTADOS

4.1 HUMEDAD DEL MATERIAL

En la figura 11 se puede observar la variación de la humedad natural en función de la profundidad para cada una de las exploraciones realizadas. Se puede apreciar valores moderados a altos de humedad en los tres sectores explorados que se mantienen con la profundidad encontrando valores entre 12% y 31%. Se esperan pocos cambios volumétricos por infiltración de aguas, adicionalmente no se evidencio la presencia de nivel freático.

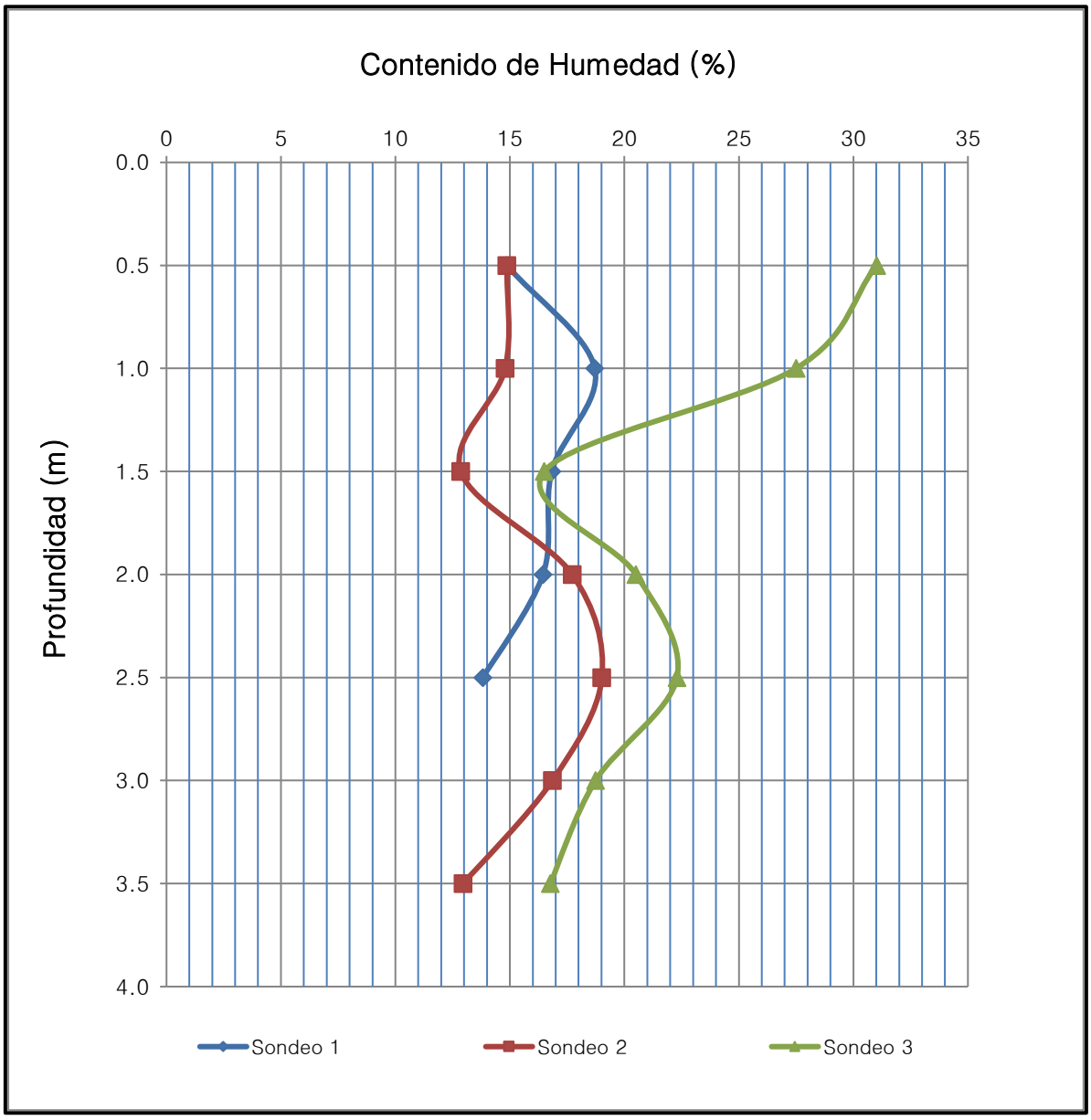


Figura 11 Variación de la humedad con la profundidad para los sondeos.

4.2 PLASTICIDAD DEL MATERIAL

Con base en los ensayos de clasificación realizados a las muestras seleccionadas los suelos corresponden principalmente a material de arcilla delgada de moderada plasticidad, con límite líquido promedio entre 33% y 41%, dando condiciones de moderada expansión. En la figura 12 se observa

la variación del límite líquido en función de la profundidad para las muestras evaluadas de cada uno de los sondeos realizados. De la misma manera se puede encontrar que los valores de humedad se presentan por debajo de los valores de límite plástico presentando un comportamiento de tipo solido por lo que se encuentran condiciones favorables de estabilidad ante la aplicación de cargas verticales.

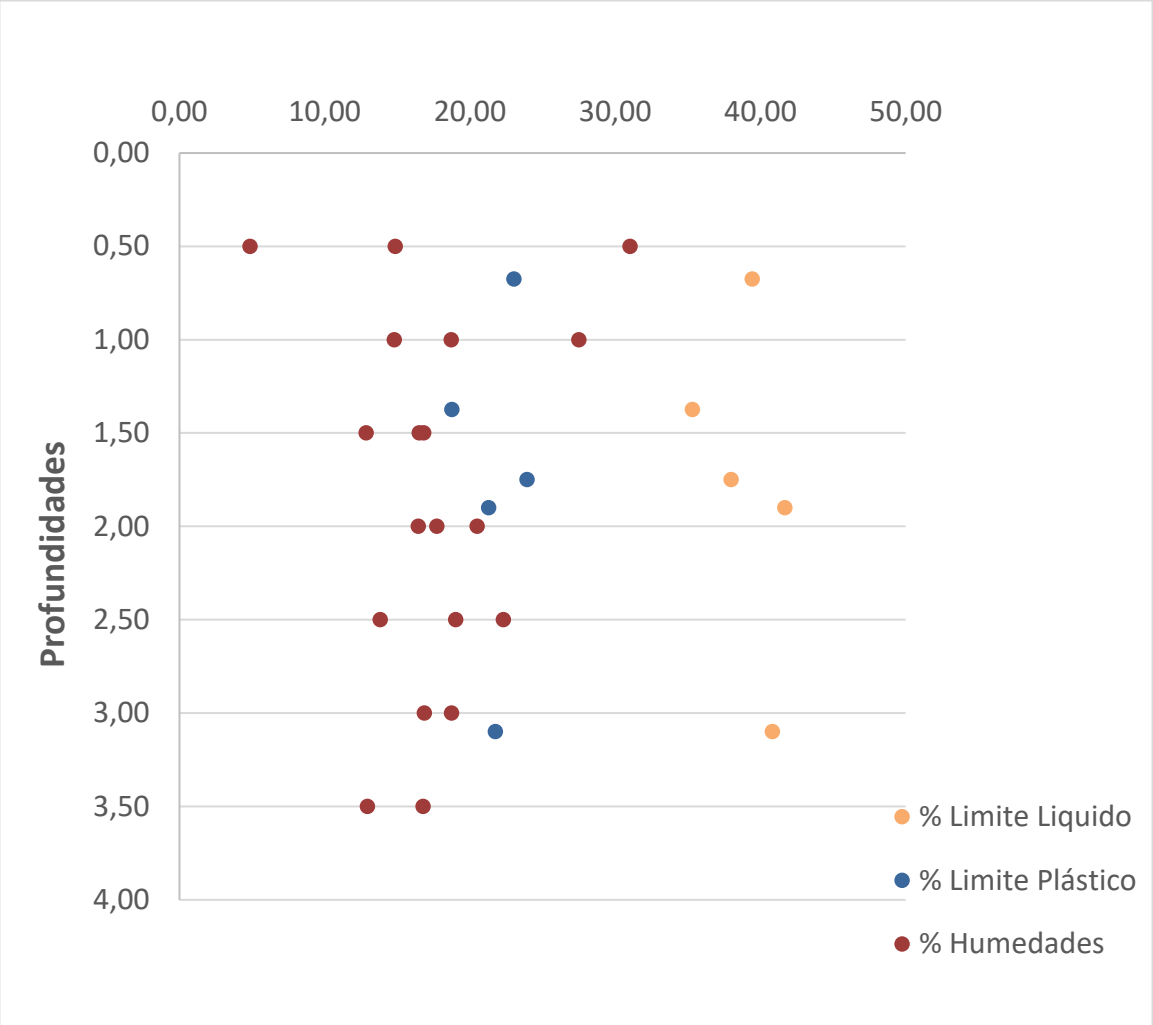


Figura 12. Variación del límite líquido con la profundidad de exploración

4.3 RESISTENCIA DEL MATERIAL DEL SUELO DE FUNDACIÓN

Para determinar los parámetros de resistencia se tuvieron en cuenta los valores obtenidos en las pruebas obtenidos de la penetración estándar mediante el SPT determinadas en campo. En la figura 13 se presentan las variaciones de la resistencia al corte con la profundidad para cada una de las exploraciones realizadas. Se puede ver como se tienen valores de resistencia mediana a firme inicialmente y aumenta a mayor profundidad presentando rechazo en el ensayo de SPT entre los 2.50 y 3.50 metros explorados dando condiciones adecuadas para la cimentación de la estructura proyectada.

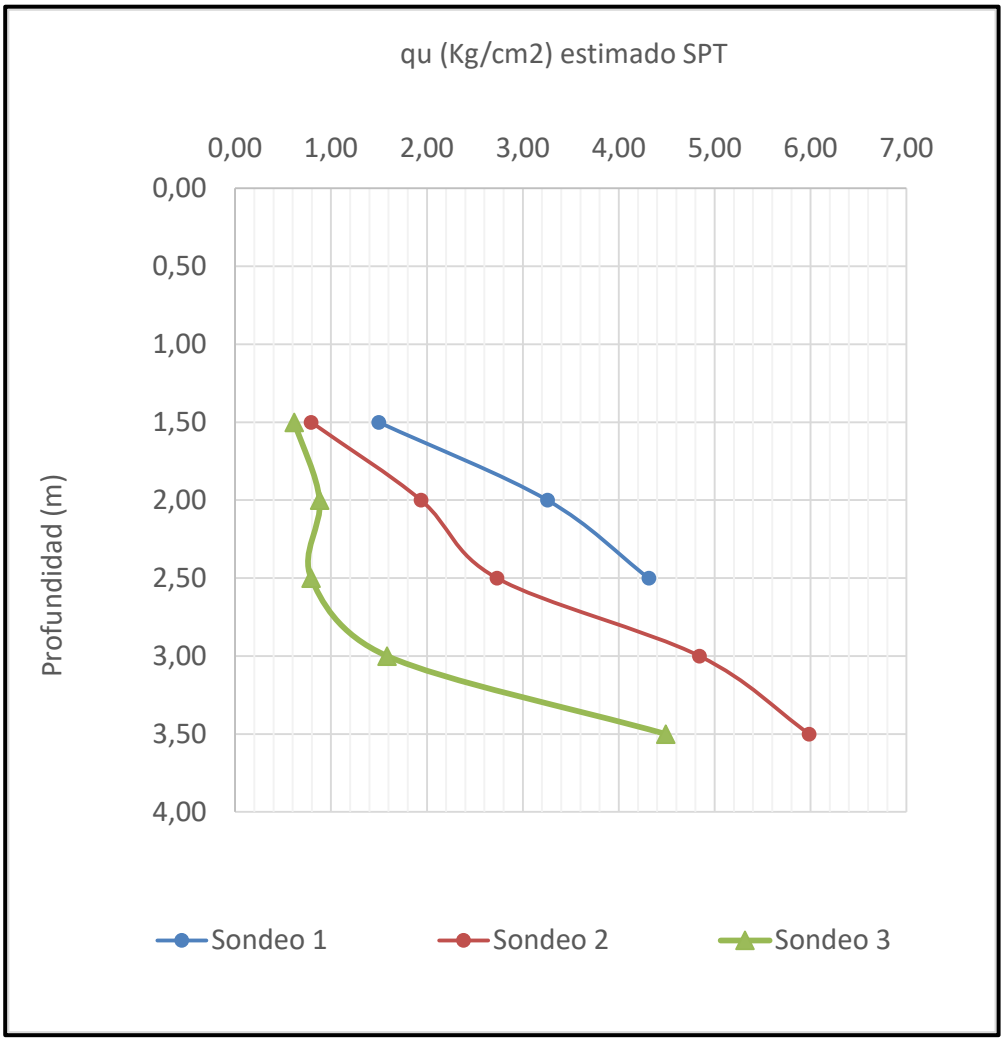


Figura 13 Variación de la resistencia con la profundidad para los sondeos 1 al 3 con base en los ensayos de resistencia realizados tanto en el campo como en el laboratorio

4.4 ANÁLISIS DE SUELOS EXPANSIVOS

De acuerdo a la NSR-10, se considera la tabla 5, para clasificar de forma cualitativa el grado de expansión de los suelos.

Potencial de expansión	Expansión (%) medida en consolidómetro bajo presión vertical de 0.07 kgf/cm^2	Límite líquido LL, en (%)	Límite de contracción en (%)	Índice de plasticidad, IP, en (%)	Porcentaje de partículas menores de una micra (μ)	Expansión libre EL en (%), medida en probeta
Muy alto	> 30	> 63	< 10	> 32	> 37	> 100
Alto	20 – 30	50 – 63	6 – 12	23 – 45	18 – 37	> 100
Medio	10 –20	39 – 50	8 – 18	12 –34	12 – 27	50 100
Bajo	< 10	< 39	> 13	< 20	< 17	< 50

Tabla 5. Clasificación de suelos expansivos. Tomado NSR-10

De acuerdo a los valores obtenidos de límite liquido (LL) e índice de plasticidad (IP), se tiene valores que oscilan de 35% a 41% y de 14% a 20%, respectivamente, catalogando al suelo con un potencial de expansión medio; por lo cual no se requieren obras de mitigación para este tipo de suelo.

4.5 ANÁLISIS DE SUELOS COLAPSABLES

Se identifica la colapsabilidad de estos depósitos, cuando el volumen de vacíos iguala la cantidad de agua en el punto del límite líquido. Para mayor cantidad de agua o menor volumen de vacíos el depósito es inestable. La evaluación se puede hacer mediante la siguiente formulación:

$$\gamma d\ crit = \frac{1}{\left(\frac{1}{\mathrm{Gs}}\right) + \mathrm{LL}}$$

$$\frac{\gamma \mathrm{d}}{\gamma crit} > 1\ Estable \qquad \frac{\gamma \mathrm{d}}{\gamma crit} \leq 1\ Inestable$$

Los valores de gravedad específica se demuestran a continuación, donde se toma un valor de Gs=2.68.

$$\gamma d\ crit = \frac{1}{\left(\frac{1}{2.68}\right) + 39.44} = 1.30$$

$$\frac{\gamma d}{\gamma crit} \leq 1 \; Inestable$$

$$\frac{1.65}{1.30} = 1.18 \qquad Estable$$

El suelo no presenta susceptibilidad a suelos colapsables. A demás es de anotar que los suelos del sector no presentan estructura cementada. Por otra parte, el índice de liquidez presenta valores negativos lo cual indica que la humedad es menor al límite plástico y por ende el suelo presenta un estado sólido, por lo que no hay problema que se presenten suelos colapsables.

4.6 ABLANDAMIENTO CICLICO DE SUELOS FINOS

De acuerdo a la NSR –10 en su título H son suelos susceptibles a la licuación aquellos limos, limos arcillosos y arcillas limosas de baja plasticidad y con la humedad natural cercana al límite líquido. Para evaluar si los suelos finos presentes en la zona de estudio presentan ablandamiento cíclico o no, se realizó el análisis sugerido por Bray, Sancio & Durgunoglu (2004), donde se concluye que los suelos no presentan susceptibilidad a la licuación, ver Figura 15.

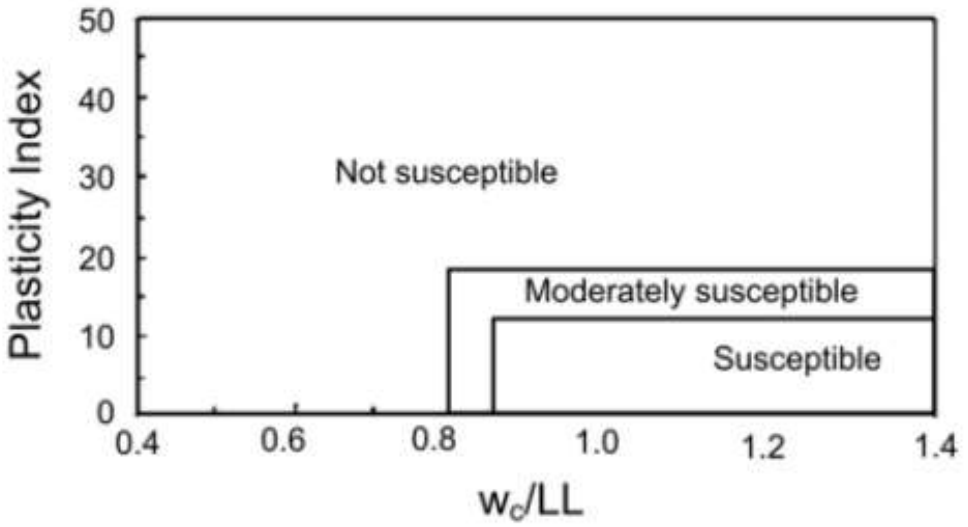


Figura 14. Criterio propuesto para la evaluación de susceptibilidad a la licuación de suelos finos. Fuente Bray J.D. Sancio R.B. Durgunoglu H.T. (2004)

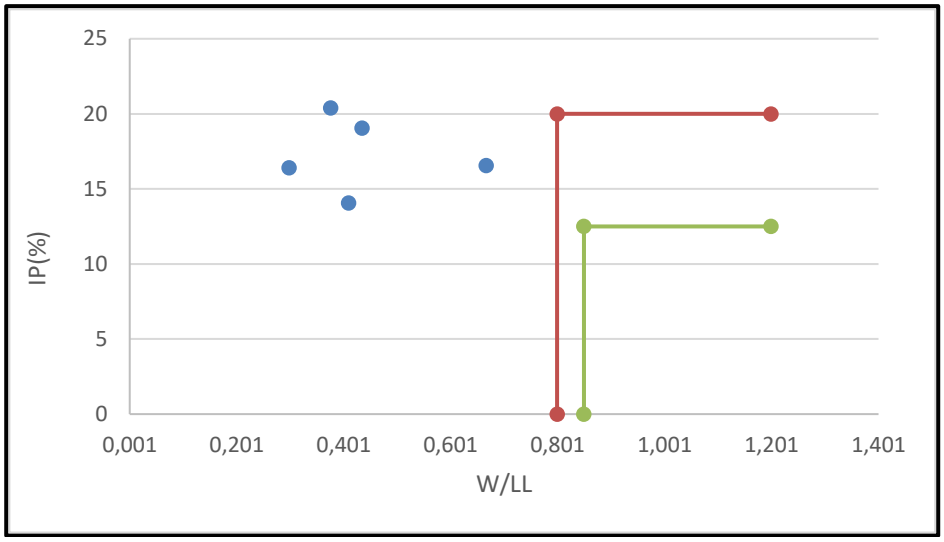


Figura 15. Evaluación de susceptibilidad a la licuación de suelos finos, por medio del criterio propuesto por Bray J.D. Sancio R.B. Durgunoglu H.T. (2004).

5 RECOMENDACIONES

5.1 Tipo de cimentación

De acuerdo al tipo de suelos, la resistencia presente en la zona de estudio, y el talud a estabilizar del proyecto, se recomienda la construcción de un muro en tierra armada y rellenar con material del rio de tal forma que se induzca el cause por la parte externa del estribo y se mitigue el proceso de socavación aguas arriba del puente.

5.2 Nivel de cimentación

El muro en tierra armada debe implantarse en el costado donde se falló la aleta del puente en su costado izquierdo la altura del muro en tierra armada es de 5.50 metros de altura y longitud de 7.0 metros.

En la siguiente figura se muestra el esquema de cimentación propuesto:

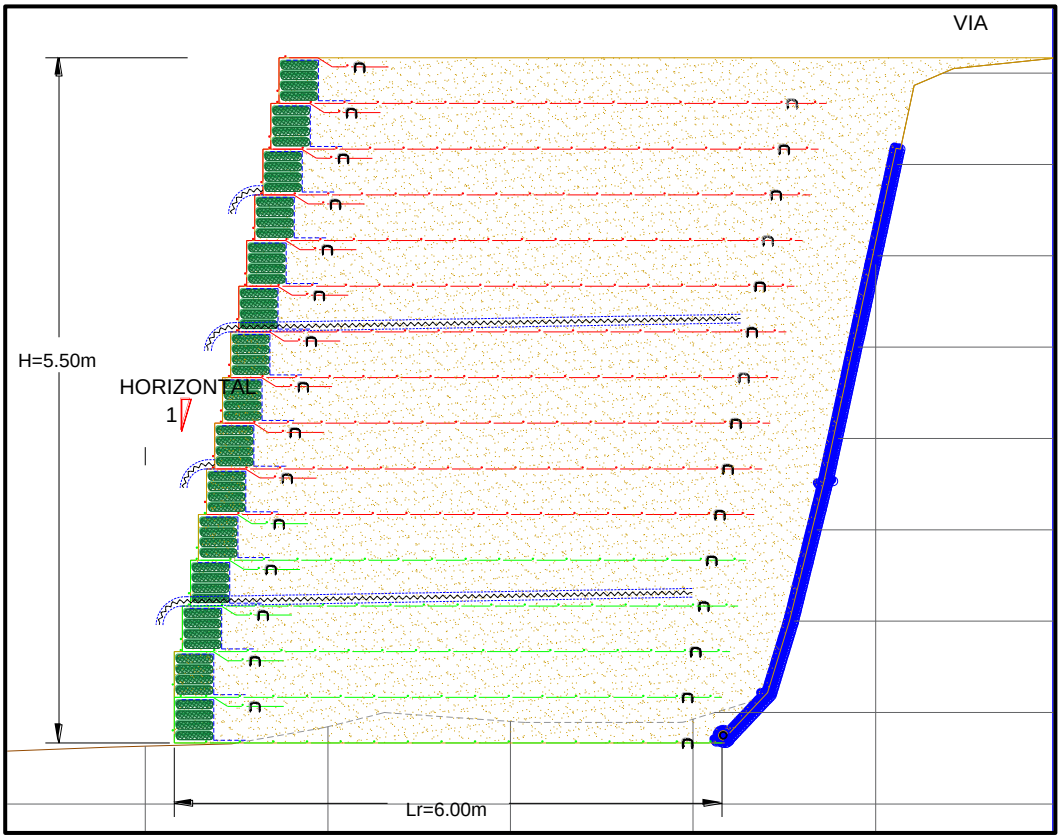


Figura 16. Esquema de cimentación.

Las condiciones en las que se encuentra el subsuelo, arcilla delgada de consistencia mediana a dura, con LL= 35% a 41% y presencia de arenas del 17% al 41% y sin presencia de nivel freático; además de los rangos de lluvias bajos se emplearan parámetros drenados del suelo, determinados de las pruebas de campo de SPT, a través de la metodología de Álvaro González (ver anexos memorias de cálculo).

La metodología arrojo valores de cohesión variables entre 3.1 a 29.9 T/m2 y ángulo de fricción 25° a 35°, se adoptará un valor conservativo de 4.8 T/m2, de acuerdo con la experiencia en este tipo de suelos a 3.00 metros de profundidad.

- MÓDULO DE ELASTICIDAD: Se evaluó el módulo de elasticidad con la relación de 250Cu en donde se obtiene un módulo de elasticidad de 1200 Ton/m2.

- PARAMETROS PARA ESTIMACION DE ASENTAMIENTOS POR CONSOLIDACION

Debido a que la geología del sector y a los ensayos realizados se caracteriza por presentar suelos sobreconsolidados, con material en estado sólido a plástico y consistencia blandas a dura a lo largo de los 6.0 metros explorados. El valor de RSC será igual a 1,5.

Para el cálculo de los asentamientos por consolidación se usa el índice de recompresíon Cr, calculado con la siguiente expresión:

$$Cr = \frac{Cc}{5}$$

$$Cc = 0{,}009(LL - 10)$$

Las correlaciones de Cc=0,009(LL−10) y de Cr fueron tomada del libro Fundamentos de Ingeniería de Cimentaciones, autor Braja M. Das, séptima edición, capítulo 1.13 Consolidación.

Los valores de gravedad específica y relación de vacíos para una arcilla se tomó de la literatura (referencia Braja Cuarta edición pag 11 tablas 1.4 y 1.5), donde se adoptaron los valores de Gs=2.6 y e=0.40.

No se presenta nivel freático en la zona de estudio, el régimen de lluvias oscila en el orden de 1300 mm/año, se presentan quebradas cercanas al sitio donde se proyecta la estabilización del puente, por tal razón se emplearán parámetros en condiciones drenadas.

Los valores presentados en la Tabla 6 se presentan los parámetros geotécnicos para la zona geotecnia tomando un valor promedio de las propiedades físicas y mecánicas por cada capa. Para el cálculo de los pesos unitarios se empelaron las siguientes expresiones.

$$\gamma h = \frac{Peso\ Muestra}{Volumen}$$

$$\gamma d = \frac{\gamma h}{1 + w}$$

Capa	Parámetros de Resistencia	Parámetros de Asentamientos
Capa 1 CL (0.00/6.00) Arena 17% a 41% LL=35-41% ω= 15-23% Gs=2,68	Parámetros Drenados C= 0.44 Kg/cm^2 ϕ = 0° γt=1,90 ton/m^3 γd =1,63 ton/m^3	Es=1200 Ton/m^2 RSC=1.5 μ=0,45 Cc=0,29 Cr=0,06 $e_{0=}$ 0,40

Tabla 6. Parámetros geotécnicos

5.3 TIPO DE PERFIL ESTRATIGRÁFICO

Según el reglamento colombiano de diseño y construcción sismo resistente NSR-10, el tipo de perfil de suelo se define con base en las características de

suelo hasta los 30 metros de profundidad. Sin embargo, aunque no se realizaron perforaciones hasta los 30 metros, la resistencia al corte no drenado es de 0.44 kg/cm^2, por lo que el tipo de perfil de suelo corresponde al Tipo D, el cual describe a suelos rígidos, esto de acuerdo a la NSR-10.
Para el diseño se pueden considerar los siguientes coeficientes sísmicos:

COEFICIENTE	NSR 10
Zona de amenaza sísmica	INTERMEDIA
Tipo de perfil sismo resistente	D
Coeficiente de Importancia, [I]	1.10
Aceleración Pico efectiva para Diseño, [Aa]	0.15
Velocidad Pico efectiva para Diseño, [Av]	0.15
Coeficiente Pico efectiva para umbral de daño,[Ad]	0.07
Coeficiente de amplificación periodos cortos (Fa)	1.50
Coeficiente de amplificación periodos largos (Fv)	2.20
Categoría del Proyecto	Normal

Tabla 7. Coeficientes de diseño sísmico.

	T (s)	Sa (g)	Sv (m/s)	Sd (m)
	0.00	0.62	0.00	0.00
T0	0.15	0.62	0.14	0.00
Tc	0.70	0.62	0.68	0.08
	2.00	0.22	0.68	0.22
	3.00	0.15	0.68	0.33
	4.00	0.11	0.68	0.44
	5.00	0.09	0.68	0.54
	6.00	0.07	0.68	0.65
TL	6.00	0.07	0.68	0.65
	9.00	0.03	0.45	0.65
	10.00	0.03	0.41	0.65

Tabla 8. Valores de aceleración, velocidad y desplazamiento espectral.

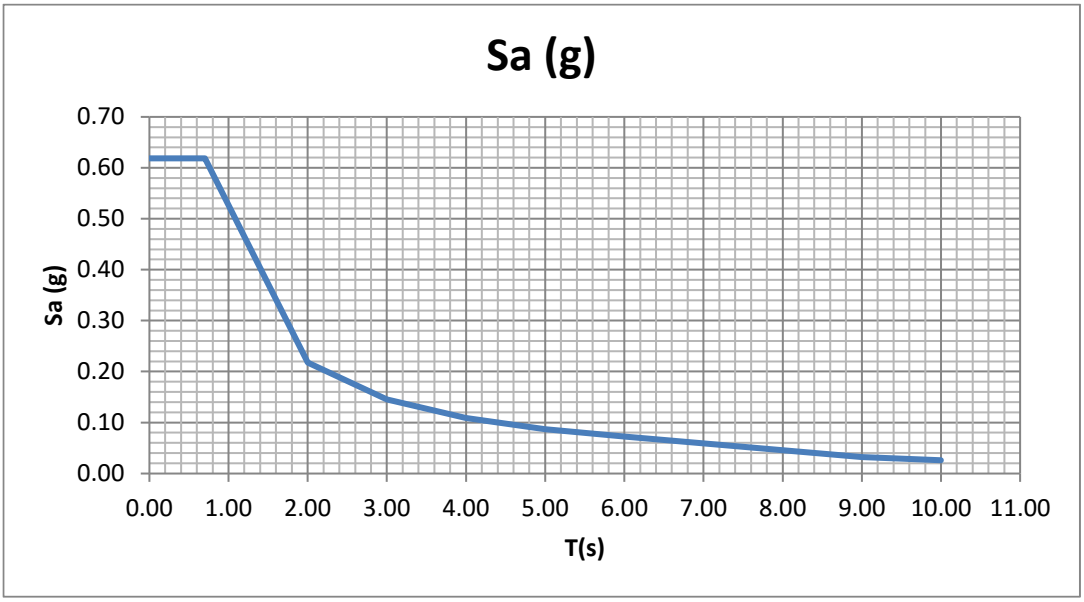


Figura 17. Espectro elástico de aceleraciones. (A.2.6.1 de la NSR-10).

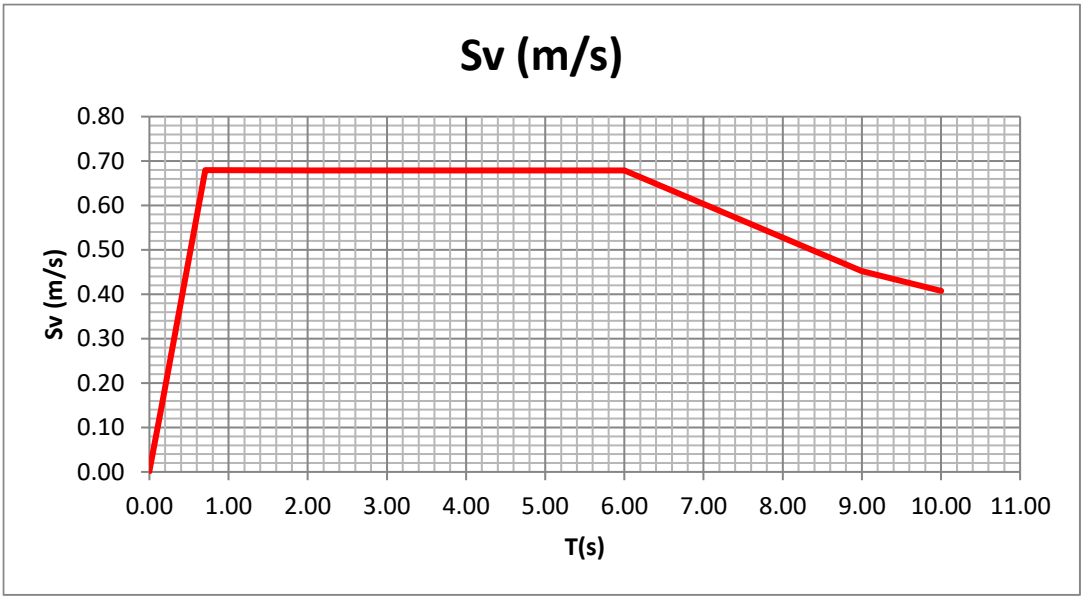


Figura 18. Espectro elástico de velocidades. (A.2.6.2 de la NSR-10).

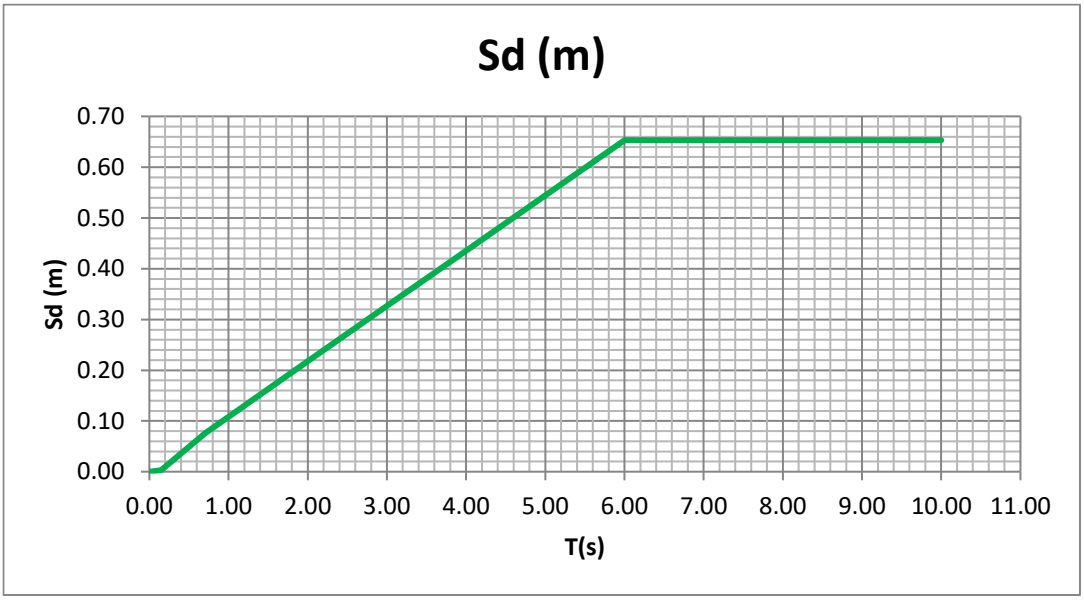


Figura 19.Espectro elástico de desplazamientos. (A.2.6.2 de la NSR-10).

6 EVALUACION DE CARGAS A CIMENTACION

El suelo analizado presenta una capa CL de espesor superior de 2.50 a 3.50 metros encontrando buenas características como suelo de fundación ya que estos estratos tienden capacidad portante adecuada a lo que generaría bajos asentamientos por lo cual es conveniente la construcción de la aleta del puente a una profundidad de 3.00 metros de profundidad.

6.1 CAPACIDAD PORTANTE

Después de conocer las propiedades mecánicas de los materiales, y con una evaluación preliminar de las cargas que llegan a cimentación, se procede a determinar los factores de seguridad indirectos, asentamientos totales y diferenciales para las estructuras contempladas en el proyecto.

6.2 PRESIÓN DE TRABAJO (CAPACIDAD PORTANTE)

La presión máxima que pueda transmitir la cimentación estará próxima a la capacidad portante del suelo natural localizado por debajo de los niveles de cimentación recomendados, la cuantía depende del tipo y ancho de cimentación. La presión de contacto está condicionada a la capacidad de carga del suelo a nivel de contacto, pues la resistencia al corte aumenta con la profundidad. En este caso, la capacidad de soporte se expresa como:

$$\sigma_u = cN_c F_{cs} F_{cd} F_{ci} + qN_q F_{qs} F_{qd} F_{qi} + \frac{1}{2}\gamma N_\gamma N_\gamma F_{\gamma s} F_{\gamma d} F_{\gamma i}$$

$$\sigma_{seguridad} = \frac{\sigma_u}{FS}$$

6.3 EVALUACION DE ASENTAMIENTOS INMEDIATOS

Los asentamientos por elasticidad dependerán principalmente de la magnitud del cimiento, los asentamientos se calculan con las cargas por zapatas Para cimentaciones flexible se evalúa con la expresión que se presenta a continuación. A pesar que las zapatas corresponden a cimientos rígidos (93% del asentamiento dado para una cimentación flexible), para los cálculos se tomó el valor obtenido de una cimentación flexible en el centro de la zapata. La metodología empleada corresponde a la de Bowles (1987).

Cimentación Flexible

$$S_e = 2qB\frac{1-\mu^2}{E_s}I_s I_f$$

Cimentación Rigida

$$Se = 0{,}93, Se(flexible, centro)$$

6.4 EVALUACION DE ASENTAMIENTOS POR CONSOLIDACION

Los asentamientos por consolidación, se evalúan con la siguiente expresión:

$$S = \sum \frac{c_r Hc}{1+e_0} \log\left(\frac{\bar{\sigma} + \Delta\sigma}{\bar{\sigma}}\right)$$

Donde Cr es el índice de compresión, H el espesor del estrato considerado, e_o es la relación de vacíos inicial, $\bar{\sigma}$, (t/m^2) el esfuerzo efectivo inicial y $\Delta\sigma$ es el incremento de esfuerzos por la aplicación de la sobrecarga.

6.5 MÓDULO DE BALASTO EN SUELOS COHESIVOS

Uno de los métodos de cálculo más utilizado para modelizar la interacción entre estructuras de cimentación y terreno es el que supone el suelo equivalente a un número infinito de resortes elásticos–muelles o bielas biarticuladas– cuya rigidez, denominada módulo o coeficiente de balasto (Ks), se corresponde con el cociente entre la presión de contacto (q) y el desplazamiento, el cual se presenta en la tablas de asentamientos totales.

6.6 FACTOR DE SEGURIDAD ADOPTADO

De acuerdo a la magnitud de la obra, la cual corresponde a una obra de contención para paso vehicular, y una posible falla de la estructura o de sus cimientos abarcara graves consecuencias a esta y por ende a la integridad física de las personas que la circulan. A pesar que se cuenta con la caracterización física y mecánica de los suelos de la zona de estudio y teniendo en cuenta lo enmarcado por la NSR–10, se adoptan los siguientes factores de seguridad para su verificación con las cargas dadas por el diseñador estructural.

Factores de seguridad Indirectos

- Carga muerta más viva normal – Factor de seguridad (FS) = 3.0.
- Carga muerta + viva máxima– Factor de seguridad (FS) = 2.5

- Carga muerta más viva máxima y carga muerta más viva más sismo de diseño: Factor de seguridad (FS) = 1.5

A continuación, se presenta el cálculo de los Factores de seguridad mínimos, lo cual se presentó para las combinaciones de carga: donde se presenta el cálculo de capacidad portante para diferentes dimensiones de zapatas.

6.6.1 REVISION FACTORES DE SEGURIDAD

		Capacidad de Carga						
B (m)	L (m)	σ ultimo (Ton/m2)	σ adm (Ton/m2) FS=3	σ seguridad (KPa) (FS =3,0)	σ seguridad (Ton/m^2) (FS=2,5)	σ seguridad (Kpa) (FS=2,5)	σ seguridad (Ton/m^2) (FS=1,5)	σ seguridad (KPa) (FS =1,5)
1.50	3.00	48	16.00	160	19.20	192	32.00	320
1.50	4.00	47	15.72	157	18.87	189	31.45	314
1.50	5.00	47	15.56	156	18.67	187	31.11	311
1.50	6.00	46	15.44	154	18.53	185	30.89	309
2.00	3.00	48	16.09	161	19.31	193	32.19	322
2.00	4.00	47	15.73	157	18.87	189	31.46	315
2.00	5.00	47	15.51	155	18.61	186	31.02	310
2.00	6.00	46	15.36	154	18.44	184	30.73	307
2.50	3.00	49	16.18	162	19.42	194	32.37	324
2.50	4.00	47	15.74	157	18.89	189	31.48	315
2.50	5.00	46	15.47	155	18.57	186	30.94	309
2.50	6.00	46	15.29	153	18.35	184	30.59	306
3.00	3.00	49	16.28	163	19.53	195	32.56	326
3.00	4.00	47	15.75	158	18.91	189	31.51	315
3.00	5.00	46	15.44	154	18.53	185	30.88	309
3.00	6.00	46	15.23	152	18.28	183	30.46	305
3.50	3.00	49	16.38	164	19.65	197	32.76	328
3.50	4.00	47	15.78	158	18.93	189	31.56	316
3.50	5.00	46	15.42	154	18.50	185	30.84	308
3.50	6.00	46	15.18	152	18.21	182	30.36	304

Tabla 9. Cálculo de capacidad portante

6.6.2 ASENTAMIENTOS DEBIDO A LAS CARGAS Y CALCULO DELMODULO DE BALASTO

Es (KPa)	1,200					
m	0.45					
NC (m)	B (m)	L (m)	B/L	ar	Q_{adm} (KPa)	Se (cm)
5.5	1.5	3.0	0.50	0.71	156.98	0.22
5.5	1.5	4.0	0.38	0.67	154.24	0.21
5.5	1.5	5.0	0.30	0.64	152.60	0.20
5.5	1.5	6.0	0.25	0.63	151.51	0.19
5.5	2.0	3.0	0.67	0.76	157.87	0.32
5.5	2.0	4.0	0.50	0.71	154.30	0.29
5.5	2.0	5.0	0.40	0.68	152.16	0.27
5.5	2.0	6.0	0.33	0.65	150.73	0.26
5.5	2.5	3.0	0.83	0.82	158.76	0.43
5.5	2.5	4.0	0.63	0.75	154.39	0.38
5.5	2.5	5.0	0.50	0.71	151.77	0.36
5.5	2.5	6.0	0.42	0.68	150.03	0.34
5.5	3.0	3.0	1.00	0.88	159.69	0.56
5.5	3.0	4.0	0.75	0.79	154.55	0.49
5.5	3.0	5.0	0.60	0.74	151.47	0.45
5.5	3.0	6.0	0.50	0.71	149.41	0.42
5.5	3.5	3.0	1.17	0.93	160.67	0.70
5.5	3.5	4.0	0.88	0.83	154.79	0.60
5.5	3.5	5.0	0.70	0.78	151.26	0.55
5.5	3.5	6.0	0.58	0.74	148.90	0.51

Tabla 10. Asentamientos inmediatos.

B (m)	L (m)	Z(m)=2 B	σ neto (ton/m^2)	σ efectivo mitad (Ton/m2)	σ efectivo mitad + Δ σ	Consolidaciòn ΔHc (cm)	Inmediatos ΔH (cm)	Asentamientos Totales (cm)	Modulo de la Balasto (ton/m^3)
1.50	3.00	3.00	16.00	4.15	10.81	0.84	0.22	1.1	1508.78
1.50	4.00	3.00	15.72	4.15	11.08	0.86	0.21	1.1	1475.87
1.50	5.00	3.00	15.56	4.15	11.27	0.87	0.20	1.1	1452.69
1.50	6.00	3.00	15.44	4.15	11.41	0.89	0.19	1.1	1435.63
2.00	3.00	4.00	16.09	4.56	10.84	1.01	0.32	1.3	1208.47
2.00	4.00	4.00	15.73	4.56	11.11	1.04	0.29	1.3	1182.36
2.00	5.00	4.00	15.51	4.56	11.31	1.06	0.27	1.3	1162.52
2.00	6.00	4.00	15.36	4.56	11.47	1.08	0.26	1.3	1147.28
2.50	3.00	5.00	16.18	4.97	10.95	1.15	0.43	1.6	1021.32
2.50	4.00	5.00	15.74	4.97	11.21	1.19	0.38	1.6	1001.76
2.50	5.00	5.00	15.47	4.97	11.42	1.21	0.36	1.6	985.32
2.50	6.00	5.00	15.29	4.97	11.58	1.23	0.34	1.6	972.01
3.00	3.00	6.00	16.28	5.38	11.11	1.27	0.56	1.8	890.86
3.00	4.00	6.00	15.75	5.38	11.36	1.31	0.49	1.8	877.45
3.00	5.00	6.00	15.44	5.38	11.56	1.34	0.45	1.8	864.41
3.00	6.00	6.00	15.23	5.38	11.73	1.36	0.42	1.8	853.11
3.50	3.00	7.00	16.38	5.79	11.32	1.37	0.70	2.1	793.02
3.50	4.00	7.00	15.78	5.79	11.55	1.41	0.60	2.0	785.25
3.50	5.00	7.00	15.42	5.79	11.74	1.44	0.55	2.0	775.52
3.50	6.00	7.00	15.18	5.79	11.91	1.47	0.51	2.0	766.26

Tabla 11. Asentamientos totales

6.7 PARÁMETROS DE DISEÑO MUROS DE CONTENCION

Para el cálculo de las presiones de tierra, se recomiendan los siguientes parámetros de diseño:

Parámetro	Muro en relleno (Material de préstamo)	Muro en corte (Suelo natural)
Ángulo de fricción interna	30°	26°
Coeficiente de presión de tierras (Ko)	0.50	0.56
Coeficiente de presión de tierras (Ka)	0.33	0.39
Coeficiente de fricción suelo – muro	0.35	0.30

Tabla 12. Parámetros de diseño de muros de contención

7 RECOMENDACIONES GENERALES

- Las características de los suelos encontrados en el sitio de estudio permiten establecer una serie de comentarios finales y recomendaciones que se deben tener en cuenta en los procesos de diseño y construcción de las fundaciones que se pretendan realizar.

- Las características de los suelos definen una única zona geotécnica, el sitio está haciendo parte de la Formación Tablazo (K1t), donde se presentan Areniscas de grano fino muscoviticas y ferruginosas intercaladas con limolitas de color negro y capas de caliza gris oscura.

- El sistema de cimentación recomendado para la construcción de las obras de estabilización de la aleta del puente corresponde con un muro en tierra armada de 5.50 metros de altura.

- Se realizó la verificación de los factores de seguridad indirectos con las 3 combinaciones de carga establecido en la NSR-10. En las tablas del capítulo correspondiente se describen las dimensiones a adoptar para el proyecto.

- Se evalúa la capacidad portante para varias dimensiones de cimentación variando de 1.5 a 3.5 metros, ver tabla 9, donde los valores varían de 15.1 a 16.0 Ton/m^2. Se estiman los asentamientos totales con la carga admisible obtenida del FS=3.

- No se incluyen ensayos REMI, el análisis del tipo de perfil del suelo se realiza en base al N (SPT) y a la resistencia al corte no drenada.

- El tipo de excavación deberá ejecutarse con un talud cuyas proporciones estén en 0.5H:1V debido a la cohesión del suelo y los materiales granulares del sitio y así evitar daños y derrumbes del material, sin embargo, se debe entibar y apuntalar todo tipo de excavación que se haga con el fin de evitar daños colaterales.

- Los asentamientos presentados en las tablas 10 y 11 cumplen con lo establecido en la NSR-10, donde se enmarcan que los asentamientos totales deben ser menores a 15 cm.

- El suelo no presenta susceptibilidad a suelos colapsables. A demás es de anotar que los suelos del sector no presentan estructura cementada. Por otra parte, el índice de liquidez presenta valores negativos lo cual indica que la humedad es menor al límite plástico y por ende el suelo presenta un estado sólido, por lo que no hay problema que se presenten suelos colapsables.

- Los suelos no presentan susceptibilidad a la licuación como se definió en la metodología de ablandamiento cíclico de suelos finos en el capítulo 5.6.

- En caso de ocurrencia de lluvias durante la excavación se debe tapar con plástico las mismas con el fin de evitar que se deposite agua en las excavaciones o la aplicación de una capa de 0.30 metros con material de afirmado compactado como mínimo al 95% con respecto al Proctor modificado, evitando así el uso de sistemas de bombeo y reblandecimiento del suelo de fundación.

- El material de relleno utilizado en el proyecto debe ser compactado en capas máximo de 0.15 metros o menor según el equipo de compactación que se utilice.

- No se deberá utilizar el uso de sistemas de excavación que pudieran dañar excesivamente el terreno adyacente. Durante la ejecución de los trabajos se tomarán, en todos los casos, las precauciones adecuadas para no disminuir la resistencia o estabilidad del terreno excavado.

- Se debe entibar las zonas excavadas con parales cada 0.50 metros en los sectores donde se evidencie valores de humedad alta en el terreno expuesto.

- Las otras tres aletas de puente se deben anclar con guayas para evitar el volcamiento y perdida de la banca de la vía.

- Los análisis, conclusiones y recomendaciones indicados en este informe están basados en las observaciones de campo, exploración del suelo a nivel puntual y resultados de laboratorio obtenidos de las muestras ensayadas, por lo que cualquier cambio en las condiciones del subsuelo no previstas en el presente documento deben ser informadas al ingeniero de suelos quien modifique o recomiende los ajustes necesarios acordes con la situación.



ING. JIMMY VERGARA SILVA
M.P 15202 – 130100BYC
ING CIVIL ESP EN GEOTECNIA VIAL Y DE PAVIMENTOS

8 ANEXOS – PERFILES DE CAMPO

PERFIL ESTRATIGRÁFICO - SONDEO 01

ATENCIÓN DE EMERGENCIA PUENTE SOBRE QUEBRADA SABAMA (PEÑA QUEMADA) MUNICIPIO DE BRICEÑO DEPARTAMENTO DE BOYACÁ

DESCRIPCION DEL SUELO	Prof. (m)	Perfil de Resistencia Clasificación					PERFIL
		Wn	LL	LP	IP	PASA Nº 200	SUCS
(0,00–0,05) Capa Vegetal	0,1						
(0,05–1,30) Estrato compuesto por arcilla delgada con grava de color café. Material de consistencia firme con potencial de expanción medio y contenido de humedad baja	0,2						CL A-6
	0,4						
	0,6	14,87					
	0,8						
	1,0	18,71					
	1,2		39,44	23,04	16,40	83,01	
	1,4						
(1,30–2,50) Estrato compuesto por arcilla delgada con mucha grava de color gris oscuro. Material de consistencia firme a dura con potencial de expanción medio y contenido de humedad moderada	1,6	16,83					CL A-7-6
	1,8						
	2,0	16,45	41,69	21,29	20,41	51,30	
	2,2						
	2,4						
	2,6	13,82					

Observaciones : No se presentó Nivel Freatico

Carrera 9 Bis N° 0 – 36 Sur
Cel: 3138912400 - 7265804
e-mail: globalcivilsas@gmail.com

PERFIL ESTRATIGRÁFICO - SONDEO 02

ATENCIÓN DE EMERGENCIA PUENTE SOBRE QUEBRADA SABAMA (PEÑA QUEMADA) MUNICIPIO DE BRICEÑO DEPARTAMENTO DE BOYACÁ

DESCRIPCION DEL SUELO	Prof. (m)	Perfil de Resistencia Clasificación					PERFIL
		Wn	LL	LP	IP	PASA Nº 200	SUCS
(0,00–3,50) Estrato compuesto por arcilla delgada con mucha grava de color gris oscuro. Material de consistencia media a dura con potencial de expanción bajo y contenido de humedad moderada	0,0						CL A-6
	0,2						
	0,4						
	0,6	14,87					
	0,8						
	1,0	14,79					
	1,2						
	1,4						
	1,6	12,85					
	1,8		37,99	23,93	14,06	58,78	
	2,0	17,72					
	2,2						
	2,4						
	2,6	19,02					
	2,8						
	3,0	16,86					
	3,2						
	3,4						
	3,6	12,95					

Observaciones : No se presentó Nivel Freatico

Carrera 9 Bis N° 0 – 36 Sur
Cel: 3138912400 - 7265804
e-mail: globalcivilsas@gmail.com

PERFIL ESTRATIGRÁFICO - SONDEO 03

ATENCIÓN DE EMERGENCIA PUENTE SOBRE QUEBRADA SABAMA (PEÑA QUEMADA) MUNICIPIO DE BRICEÑO DEPARTAMENTO DE BOYACÁ

DESCRIPCION DEL SUELO	Prof. (m)	Perfil de Resistencia Clasificación					PERFIL
		Wn	LL	LP	IP	PASA Nº 200	SUCS
(0,00-0,05) Capa Vegetal	0,1						
(0,05-2,70) Estrato compuesto por arcilla delgada con grava de color café. Material de consistencia media con potencial de expanción bajo y contenido de humedad moderado	0,2						CL A-6
	0,4						
	0,6	31,02					
	0,8						
	1,0	27,51					
	1,2						
	1,4						
	1,6	16,50					
	1,8		35,32	18,77	16,55	77,91	
	2,0	20,51					
	2,2						
	2,4						
	2,6	22,30					
	2,8						
(2,70-3,50) Estrato compuesto por arcilla delgada con mucha grava de color gris oscuro. Material de consistencia medio a muy firme con potencial de expanción medio y contenido de humedad moderada	3,0	18,74					CL A-7-6
	3,2						
	3,4		40,82	21,76	19,06	58,10	
	3,6	16,77					

Observaciones : No se presentó Nivel Freatico

Carrera 9 Bis N° 0 – 36 Sur
Cel: 3138912400 - 7265804
e-mail: globalcivilsas@gmail.com

9 ANEXOS ENSAYOS DE LABORATORIO

Carrera 9 Bis N° 0 – 36 Sur
Cel: 3138912400 - 7265804
e-mail: globalcivilsas@gmail.com

Laboratorio de Suelos GlobalCivil Interventorias y Construccion

Página 1 de 17	ENSAYO
NORMA NTC – 1495	ENSAYO DE CONTENIDO DE HUMEDAD

PROYECTO:	**ATENCIÓN DE EMERGENCIA PUENTE SOBRE QUEBRADA SABAMA (PEÑA QUEMADA) MUNICIPIO DE BRICEÑO DEPARTAMENTO DE BOYACÁ**		
MUNICIPIO:	**BRICEÑO - BOYACÁ**	FECHA DE ENSAYO	**23/09/2023**
DIRIGIDO A :	**GOBERNACIÓN DE BOYACÁ**		

SONDEO **1**

PROF. (m)	No Cápsula	W Cáp.(g)	W Cáp. + Mh (g)	W Cáp. + Ms (g)	HUMEDAD (%)
0,00-0,50	51	4,78	77,10	67,74	14,87
0,50-1,00	48	5,32	80,34	68,52	18,71
1,00-1,50	15	6,51	94,21	81,58	16,83
1,50-2,00	87	5,34	77,61	67,40	16,45
2,00-2,50	8	5,12	70,35	62,43	13,82

SONDEO **2**

PROF. (m)	No Cápsula	W Cáp.(g)	W Cáp. + Mh (g)	W Cáp. + Ms (g)	HUMEDAD (%)
0,00-0,50	560	4,74	122,07	106,88	14,87
0,50-1,00	151	4,76	88,34	77,57	14,79
1,00-1,50	3	4,77	83,27	74,33	12,85
1,50-2,00	46	4,58	66,55	57,22	17,72
2,00-2,50	44	5,00	85,61	72,73	19,02
2,50-3,00	37	4,99	70,24	60,83	16,86
3,00-3,50	30	4,82	72,61	64,84	12,95

ING.JIMMY VERGARA SILVA
MP 15202-130100 BYC

Carrera 9 Bis N° 0 – 36 Sur
Cel: 3138912400 – 7265804
e-mail: globalcivilsas@gmail.com

Laboratorio de Suelos GlobalCivil Interventorias y Construccion

Página 2 de 17	ENSAYO
NORMA NTC – 1495	ENSAYO DE CONTENIDO DE HUMEDAD

PROYECTO:	**ATENCIÓN DE EMERGENCIA PUENTE SOBRE QUEBRADA SABAMA (PEÑA QUEMADA) MUNICIPIO DE BRICEÑO DEPARTAMENTO DE BOYACÁ**		
MUNICIPIO:	**BRICEÑO - BOYACÁ**	FECHA DE ENSAYO	**23/09/2023**
DIRIGIDO A :	**GOBERNACIÓN DE BOYACÁ**		

SONDEO **3**

PROF. (m)	No Cápsula	W Cáp.(g)	W Cáp. + Mh (g)	W Cáp. + Ms (g)	HUMEDAD (%)
0,00-0,50	24	6,15	122,30	94,80	31,02
0,50-1,00	52	6,24	102,29	81,57	27,51
1,00-1,50	67	4,44	138,42	119,44	16,50
1,50-2,00	58	5,11	89,34	75,00	20,51
2,00-2,50	17	4,37	87,61	72,43	22,30
2,50-3,00	64	5,49	96,54	82,17	18,74
3,00-3,50	71	4,91	88,54	76,53	16,77

ING.JIMMY VERGARA SILVA
MP 15202-130100 BYC

Carrera 9 Bis N° 0 – 36 Sur
Cel: 3138912400 – 7265804
e-mail: globalcivilsas@gmail.com

Página 3 de 17	ENSAYO
NORMA NTC – 77	MÉTODO DE ENSAYO PARA EL ANÁLISIS POR TAMIZADO DE LOS AGREGADOS FINOS Y GRUESOS

PROYECTO:	**ATENCIÓN DE EMERGENCIA PUENTE SOBRE QUEBRADA SABAMA (PEÑA QUEMADA) MUNICIPIO DE BRICEÑO DEPARTAMENTO DE BOYACÁ**		
MUNICIPIO:	**BRICEÑO - BOYACÁ**	FECHA DE ENSAYO	**23/09/2023**
DIRIGIDO A :	**GOBERNACIÓN DE BOYACÁ**		

SONDEO **1**

	ANTES DE LAVADO			DESPUES DE LAVADO	
PROF. (m)	No Platón	W Platón (g)	Wplatón + M.S.L (g)	W Platón + M.D.L. (g)	% Pasa #200
0,05-1,30	50	58,31	321,30	102,99	83,01
1,30-2,50	72	41,31	286,33	160,63	51,30

SONDEO **2**

	ANTES DE LAVADO			DESPUÉS DE LAVADO	
PROF. (m)	No Platón	W Platón (g)	Wplatón + M.S.L (g)	W Platón + M.D.L. (g)	% Pasa #200
0,00-3,50	9	46,94	241,05	126,95	58,78

SONDEO **3**

	ANTES DE LAVADO			DESPUÉS DE LAVADO	
PROF. (m)	No Platón	W Platón (g)	Wplatón + M.S.L (g)	W Platón + M.D.L. (g)	% Pasa #200
0,05-2,70	27	55,32	285,61	106,19	77,91
2,70-3,50	20	50,12	299,12	154,45	58,10

ING.JIMMY VERGARA SILVA
MP 15202-130100 BYC

Carrera 9 Bis N° 0 – 36 Sur
Cel: 3138912400 – 7265804
e-mail: globalcivilsas@gmail.com

Laboratorio de Suelos GlobalCivil Interventorias y Construccion

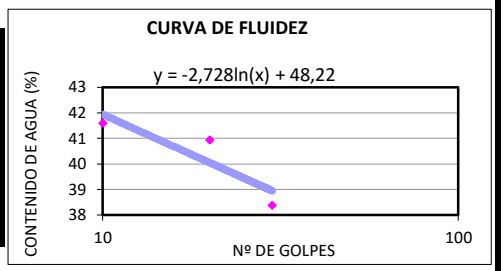
Página 4 de 17	ENSAYO
NORMA NTC – 4630	MÉTODO DE ENSAYO PARA LA DETERMINACIÓN DEL LÍMITE LÍQUIDO, DEL LÍMITE PLÁSTICO Y DEL ÍNDICE DE PLASTICIDAD DE LOS SUELOS COHESIVOS

PROYECTO:	**ATENCIÓN DE EMERGENCIA PUENTE SOBRE QUEBRADA SABAMA (PEÑA QUEMADA) MUNICIPIO DE BRICEÑO DEPARTAMENTO DE BOYACÁ**		
MUNICIPIO:	**BRICEÑO - BOYACÁ**	SONDEO	**1**
DIRIGIDO A :	**GOBERNACIÓN DE BOYACÁ**	PROFUNDIDAD	**0,05-1,30**
FECHA:	**23/09/2023**	MUESTRA	**2**

DESCRIPCIÓN: Material compuesto por arcilla delgada con grava de color café.

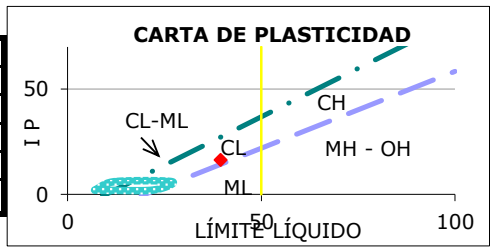
LÍMITE LÍQUIDO

DETERMINACIÓN Nº	1	2	3
NÚMERO DE GOLPES	30	20	10
RECIPIENTE Nº	60	28	22
PESO RECIPIENTE +SUELO HÚMEDO (g)	30,81	32,61	34,14
PESO RECIPIENTE +SUELO SECO (g)	25,84	26,82	27,78
PESO RECIPIENTE (g)	12,88	12,67	12,49
CONTENIDO DE AGUA (%)	38,38	40,94	41,61



LÍMITE PLÁSTICO

DETERMINACIÓN Nº	1	2
RECIPIENTE Nº	80	76
PESO RECIPIENTE +SUELO HÚMEDO (g)	13,88	14,01
PESO RECIPIENTE +SUELO SECO (g)	12,51	12,49
PESO RECIPIENTE (g)	6,53	5,91
CONTENIDO DE AGUA (%)	22,91	23,17



LÍMITE LÍQUIDO:	***39,44***	% PASA 200	***83,01***
LÍMITE PLÁSTICO:	***23,04***	% ARENAS	***16,99***
ÍNDICE DE PLASTICIDAD:	***16,40***	% GRAVAS	***0,00***
ÍNDICE DE LIQUIDEZ:	***-0,38***		

CLASIFICACIÓN

SUCS	AASHTO
CL Arcilla delgada con Grava	***A-6 (14)*** Principalmente Suelos Arcillosos.
	ÍNDICE DE GRUPO **14**

ING.JIMMY VERGARA SILVA
MP 15202-130100 BYC

Carrera 9 Bis N° 0 – 36 Sur
Cel: 3138912400 – 7265804
e-mail: globalcivilsas@gmail.com

Laboratorio de Suelos GlobalCivil Interventorias y Construccion

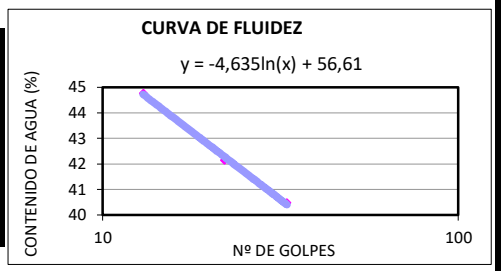
Página 5 de 17	ENSAYO
NORMA NTC – 4630	MÉTODO DE ENSAYO PARA LA DETERMINACIÓN DEL LÍMITE LÍQUIDO, DEL LÍMITE PLÁSTICO Y DEL ÍNDICE DE PLASTICIDAD DE LOS SUELOS COHESIVOS

PROYECTO:	**ATENCIÓN DE EMERGENCIA PUENTE SOBRE QUEBRADA SABAMA (PEÑA QUEMADA) MUNICIPIO DE BRICEÑO DEPARTAMENTO DE BOYACÁ**		
MUNICIPIO:	**BRICEÑO - BOYACÁ**	SONDEO	**1**
DIRIGIDO A :	**GOBERNACIÓN DE BOYACÁ**	PROFUNDIDAD	**1,30-2,50**
FECHA:	**23/09/2023**	MUESTRA	**8**

DESCRIPCIÓN: Material compuesto por arcilla delgada con mucha grava de color gris oscuro.

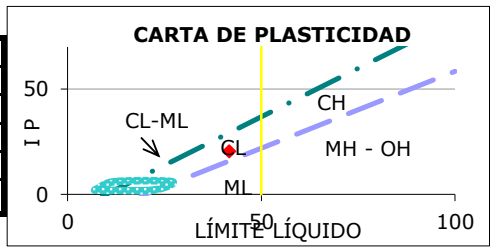
LÍMITE LÍQUIDO

DETERMINACIÓN Nº	1	2	3
NÚMERO DE GOLPES	33	22	13
RECIPIENTE Nº	1	65	50
PESO RECIPIENTE +SUELO HÚMEDO (g)	32,32	37,21	30,55
PESO RECIPIENTE +SUELO SECO (g)	26,61	29,87	25,04
PESO RECIPIENTE (g)	12,51	12,44	12,73
CONTENIDO DE AGUA (%)	40,48	42,15	44,78



LÍMITE PLÁSTICO

DETERMINACIÓN Nº	1	2
RECIPIENTE Nº	2	4
PESO RECIPIENTE +SUELO HÚMEDO (g)	14,65	13,75
PESO RECIPIENTE +SUELO SECO (g)	13,35	12,48
PESO RECIPIENTE (g)	6,95	6,77
CONTENIDO DE AGUA (%)	20,23	22,34



LÍMITE LÍQUIDO:	***41,69***	% PASA 200	***51,30***
LÍMITE PLÁSTICO:	***21,29***	% ARENAS	***22,17***
ÍNDICE DE PLASTICIDAD:	***20,41***	% GRAVAS	***26,53***
ÍNDICE DE LIQUIDEZ:	***-0,27***		

CLASIFICACIÓN

SUCS	AASHTO
CL Arcilla delgada con mucha Grava	***A-7-6 (7)*** Principalmente Suelos Arcillosos.
	ÍNDICE DE GRUPO ***7***

ING.JIMMY VERGARA SILVA
MP 15202-130100 BYC

Carrera 9 Bis N° 0 – 36 Sur
Cel: 3138912400 – 7265804
e-mail: globalcivilsas@gmail.com

Laboratorio de Suelos GlobalCivil Interventorias y Construccion

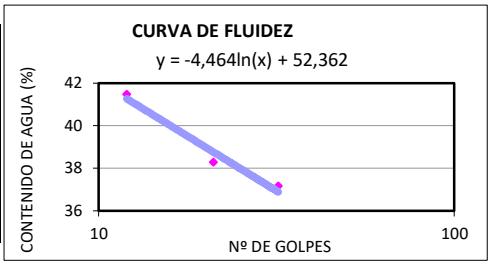
Página 6 de 17	ENSAYO
NORMA NTC – 4630	MÉTODO DE ENSAYO PARA LA DETERMINACIÓN DEL LÍMITE LÍQUIDO, DEL LÍMITE PLÁSTICO Y DEL ÍNDICE DE PLASTICIDAD DE LOS SUELOS COHESIVOS

PROYECTO:	**ATENCIÓN DE EMERGENCIA PUENTE SOBRE QUEBRADA SABAMA (PEÑA QUEMADA) MUNICIPIO DE BRICEÑO DEPARTAMENTO DE BOYACÁ**		
MUNICIPIO:	**BRICEÑO - BOYACÁ**	SONDEO	**2**
DIRIGIDO A :	**GOBERNACIÓN DE BOYACÁ**	PROFUNDIDAD	**0,00-3,50**
FECHA:	**23/09/2023**	MUESTRA	**1**

DESCRIPCIÓN: Material compuesto por arcilla delgada con mucha grava de color gris oscuro

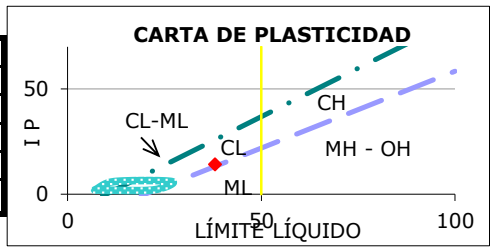
LÍMITE LÍQUIDO

DETERMINACIÓN Nº	1	2	3
NÚMERO DE GOLPES	32	21	12
RECIPIENTE Nº	25	84	6
PESO RECIPIENTE +SUELO HÚMEDO (g)	32,71	34,27	32,44
PESO RECIPIENTE +SUELO SECO (g)	26,96	28,21	26,38
PESO RECIPIENTE (g)	11,49	12,38	11,77
CONTENIDO DE AGUA (%)	37,17	38,28	41,48



LÍMITE PLÁSTICO

DETERMINACIÓN Nº	1	2
RECIPIENTE Nº	71	18
PESO RECIPIENTE +SUELO HÚMEDO (g)	16,18	13,27
PESO RECIPIENTE +SUELO SECO (g)	14,42	11,97
PESO RECIPIENTE (g)	7,13	6,49
CONTENIDO DE AGUA (%)	24,14	23,72



LÍMITE LÍQUIDO:	***37,99***	% PASA 200	***58,78***
LÍMITE PLÁSTICO:	***23,93***	% ARENAS	***18,24***
ÍNDICE DE PLASTICIDAD:	***14,06***	% GRAVAS	***22,98***
ÍNDICE DE LIQUIDEZ:	***-0,59***		

CLASIFICACIÓN

SUCS	AASHTO
CL Arcilla delgada con mucha Grava	***A-6 (6)*** Principalmente Suelos Arcillosos
	ÍNDICE DE GRUPO **6**

ING.JIMMY VERGARA SILVA
MP 15202-130100 BYC

Carrera 9 Bis N° 0 – 36 Sur
Cel: 3138912400 – 7265804
e-mail: globalcivilsas@gmail.com

Laboratorio de Suelos GlobalCivil Interventorias y Construccion

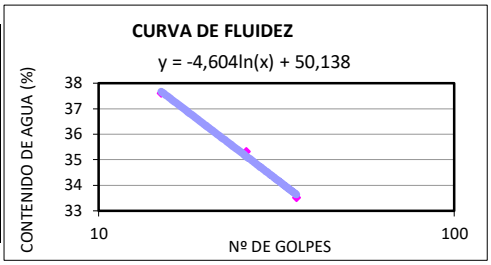
Página 7 de 17	ENSAYO
NORMA NTC – 4630	MÉTODO DE ENSAYO PARA LA DETERMINACIÓN DEL LÍMITE LÍQUIDO, DEL LÍMITE PLÁSTICO Y DEL ÍNDICE DE PLASTICIDAD DE LOS SUELOS COHESIVOS

PROYECTO:	**ATENCIÓN DE EMERGENCIA PUENTE SOBRE QUEBRADA SABAMA (PEÑA QUEMADA) MUNICIPIO DE BRICEÑO DEPARTAMENTO DE BOYACÁ**		
MUNICIPIO:	**BRICEÑO - BOYACÁ**	SONDEO	**3**
DIRIGIDO A :	**GOBERNACIÓN DE BOYACÁ**	PROFUNDIDAD	**0,05-2,70**
FECHA:	**23/09/2023**	MUESTRA	**2**

DESCRIPCIÓN: Material compuesto por arcilla delgada con grava de color café.

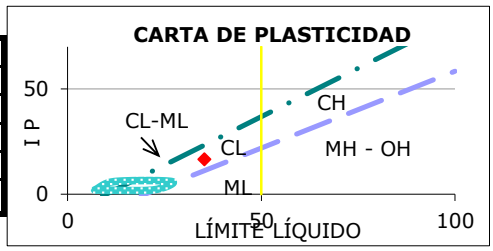
LÍMITE LÍQUIDO

DETERMINACIÓN Nº	1	2	3
NÚMERO DE GOLPES	36	26	15
RECIPIENTE Nº	23	70	2
PESO RECIPIENTE +SUELO HÚMEDO (g)	29,67	33,53	32,88
PESO RECIPIENTE +SUELO SECO (g)	25,46	28,10	27,43
PESO RECIPIENTE (g)	12,91	12,74	12,94
CONTENIDO DE AGUA (%)	33,52	35,33	37,60



LÍMITE PLÁSTICO

DETERMINACIÓN Nº	1	2
RECIPIENTE Nº	24	20
PESO RECIPIENTE +SUELO HÚMEDO (g)	13,58	13,27
PESO RECIPIENTE +SUELO SECO (g)	12,56	12,14
PESO RECIPIENTE (g)	7,03	6,20
CONTENIDO DE AGUA (%)	18,53	19,01



LÍMITE LÍQUIDO:	***35,32***	% PASA 200	***77,91***
LÍMITE PLÁSTICO:	***18,77***	% ARENAS	***22,09***
ÍNDICE DE PLASTICIDAD:	***16,55***	% GRAVAS	***0,00***
ÍNDICE DE LIQUIDEZ:	***0,29***		

CLASIFICACIÓN

SUCS	AASHTO
CL Arcilla delgada con Grava	***A-6 (12)*** Principalmente Suelos Arcillosos.
	ÍNDICE DE GRUPO **12**

ING.JIMMY VERGARA SILVA
MP 15202-130100 BYC

Carrera 9 Bis N° 0 – 36 Sur
Cel: 3138912400 – 7265804
e-mail: globalcivilsas@gmail.com

Laboratorio de Suelos GlobalCivil Interventorias y Construccion

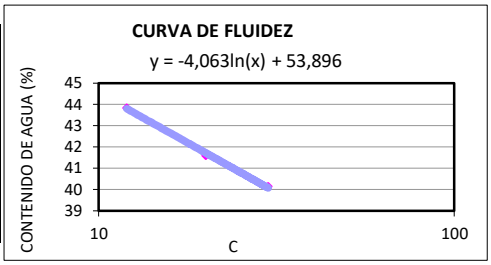
Página 8 de 17	ENSAYO
NORMA NTC – 4630	MÉTODO DE ENSAYO PARA LA DETERMINACIÓN DEL LÍMITE LÍQUIDO, DEL LÍMITE PLÁSTICO Y DEL ÍNDICE DE PLASTICIDAD DE LOS SUELOS COHESIVOS

PROYECTO:	**ATENCIÓN DE EMERGENCIA PUENTE SOBRE QUEBRADA SABAMA (PEÑA QUEMADA) MUNICIPIO DE BRICEÑO DEPARTAMENTO DE BOYACÁ**		
MUNICIPIO:	**BRICEÑO - BOYACÁ**	SONDEO	**3**
DIRIGIDO A :	**GOBERNACIÓN DE BOYACÁ**	PROFUNDIDAD	**2,70-3,50**
FECHA:	**23/09/2023**	MUESTRA	**8**

DESCRIPCIÓN: Material compuesto por arcilla delgada con mucha grava de color gris oscuro.

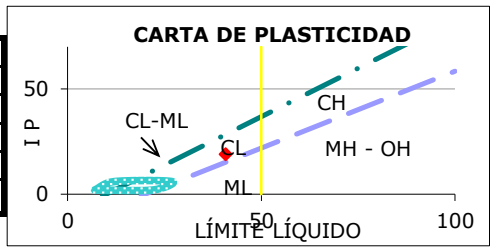
LÍMITE LÍQUIDO

DETERMINACIÓN Nº	1	2	3
NÚMERO DE GOLPES	30	20	12
RECIPIENTE Nº	160	91	15
PESO RECIPIENTE +SUELO HÚMEDO (g)	33,71	36,25	35,82
PESO RECIPIENTE +SUELO SECO (g)	27,67	28,97	28,51
PESO RECIPIENTE (g)	12,62	11,47	11,85
CONTENIDO DE AGUA (%)	40,14	41,61	43,85



LÍMITE PLÁSTICO

DETERMINACIÓN Nº	1	2
RECIPIENTE Nº	8	50A
PESO RECIPIENTE +SUELO HÚMEDO (g)	14,40	15,18
PESO RECIPIENTE +SUELO SECO (g)	13,14	13,74
PESO RECIPIENTE (g)	7,29	7,14
CONTENIDO DE AGUA (%)	21,60	21,91



LÍMITE LÍQUIDO:	***40,82***	% PASA 200	***58,10***
LÍMITE PLÁSTICO:	***21,76***	% ARENAS	***41,90***
ÍNDICE DE PLASTICIDAD:	***19,06***	% GRAVAS	***0,00***
ÍNDICE DE LIQUIDEZ:	***-0,21***		

CLASIFICACIÓN

SUCS	AASHTO
CL Arcilla delgada con mucha Grava	***A-7-6 (9)*** Principalmente Suelos Arcillosos.
	ÍNDICE DE GRUPO **9**

ING.JIMMY VERGARA SILVA
MP 15202-130100 BYC

Carrera 9 Bis N° 0 – 36 Sur
Cel: 3138912400 – 7265804
e-mail: globalcivilsas@gmail.com

Laboratorio de Suelos
GlobalCivil
Interventorias y Construccion

Página 9 de 17	ENSAYO
NORMA ASTM – D1586	MÉTODO DE PRUEBA ESTÁNDAR PARA PRUEBA DE PENETRACIÓN ESTÁNDAR (SPT) Y MUESTREO DE SUELOS CON TUBO PARTIDO

PROYECTO:	**ATENCIÓN DE EMERGENCIA PUENTE SOBRE QUEBRADA SABAMA (PEÑA QUEMADA) MUNICIPIO DE BRICEÑO DEPARTAMENTO DE BOYACÁ**		
MUNICIPIO:	**BRICEÑO - BOYACÁ**	FECHA DE ENSAYO	**23/09/2023**
DIRIGIDO A :	**GOBERNACIÓN DE BOYACÁ**		

Sondeo 1 Prof. 1,00

Condiciones del Ensayo	
Profundidad de inicio (m):	1,00
Profundidad del Nivel Freático (m):	
Peso del Martillo (kg):	63,50
Peso del Cabezote (kg)	10,35
Peso del Varillaje (kg/m)	3,48

Propiedades del suelo	
Peso unitario (T/m³):	1,80
Nº de golpes	
N1	4
N2	3
N3	14

Determinación de N corregido	
sv' (T/m²)	1,80
CN	1,00
e1	0,85
e2	0,72
Longitud de Tubería (m)	3,00
Mr (kg)	20,79
m	0,33
e3	0,73
e4	1,00
N de campo	17
N 50	8
N corregido	7

Determinación de C y f	
Peck, Hanson, Thornburn f (º):	29,1
Hatanaka f (º):	28,6
Uchida f (º):	34,6
Promedio f (º):	30,8
Cu no drenada en arcillas (KN/m²):	114,6
Cu Stroud (KN/m²):	74,8
Cu Promedio (kg/cm²):	0,9
Cu Promedio (KN/m²):	94,7

Sondeo 1 Prof. 1,50

Condiciones del Ensayo	
Profundidad de inicio (m):	1,50
Profundidad del Nivel Freático (m):	
Peso del Martillo (kg):	63,50
Peso del Cabezote (kg)	10,35
Peso del Varillaje (kg/m)	3,48

Propiedades del suelo	
Peso unitario (T/m³):	1,80
Nº de golpes	
N1	18
N2	18
N3	19

Determinación de N corregido	
sv' (T/m²)	2,70
CN	1,00
e1	0,85
e2	0,72
Longitud de Tubería (m)	4,50
Mr (kg)	26,01
m	0,41
e3	0,80
e4	1,00
N de campo	37
N 50	18
N corregido	15

Determinación de C y f	
Peck, Hanson, Thornburn f (º):	31,5
Hatanaka f (º):	34,4
Uchida f (º):	40,4
Promedio f (º):	35,5
Cu no drenada en arcillas (KN/m²):	205,5
Cu Stroud (KN/m²):	162,8
Cu Promedio (kg/cm²):	1,84
Cu Promedio (KN/m²):	184,1

Carrera 9 Bis N° 0 – 36 Sur
Cel: 3138912400 – 7265804
e-mail: globalcivilsas@gmail.com

Laboratorio de Suelos GlobalCivil Interventorias y Construccion

Página 10 de 17	ENSAYO
NORMA ASTM – D1586	MÉTODO DE PRUEBA ESTÁNDAR PARA PRUEBA DE PENETRACIÓN ESTÁNDAR (SPT) Y MUESTREO DE SUELOS CON TUBO PARTIDO

PROYECTO:	**ATENCIÓN DE EMERGENCIA PUENTE SOBRE QUEBRADA SABAMA (PEÑA QUEMADA) MUNICIPIO DE BRICEÑO DEPARTAMENTO DE BOYACÁ**		
MUNICIPIO:	**BRICEÑO - BOYACÁ**	FECHA DE ENSAYO	**23/09/2023**
DIRIGIDO A :	**GOBERNACIÓN DE BOYACÁ**		

Sondeo 1 Prof. 2,00

Condiciones del Ensayo	
Profundidad de inicio (m):	2,00
Profundidad del Nivel Freático (m):	
Peso del Martillo (kg):	63,50
Peso del Cabezote (kg)	10,35
Peso del Varillaje (kg/m)	3,48

Propiedades del suelo	
Peso unitario (T/m³):	1,80
Nº de golpes	
N1	21
N2	23
N3	26

Determinación de N corregido	
sv' (T/m²)	3,60
CN	1,00
e1	0,85
e2	0,72
Longitud de Tubería (m)	4,50
Mr (kg)	26,01
m	0,41
e3	0,80
e4	1,00
N de campo	49
N 50	24
N corregido	20

Determinación de C y f	
Peck, Hanson, Thornburn f (º):	32,9
Hatanaka f (º):	37,1
Uchida f (º):	43,1
Promedio f (º):	37,7
Cu no drenada en arcillas (KN/m²):	252,8
Cu Stroud (KN/m²):	215,6
Cu Promedio (kg/cm²):	2,3
Cu Promedio (KN/m²):	234,2

Carrera 9 Bis N° 0 – 36 Sur
Cel: 3138912400 – 7265804
e-mail: globalcivilsas@gmail.com

Laboratorio de Suelos
GlobalCivil
Interventorias y Construccion

Página 11 de 17	ENSAYO
NORMA ASTM – D1586	MÉTODO DE PRUEBA ESTÁNDAR PARA PRUEBA DE PENETRACIÓN ESTÁNDAR (SPT) Y MUESTREO DE SUELOS CON TUBO PARTIDO

PROYECTO:	**ATENCIÓN DE EMERGENCIA PUENTE SOBRE QUEBRADA SABAMA (PEÑA QUEMADA) MUNICIPIO DE BRICEÑO DEPARTAMENTO DE BOYACÁ**		
MUNICIPIO:	**BRICEÑO - BOYACÁ**	FECHA DE ENSAYO	**23/09/2023**
DIRIGIDO A :	**GOBERNACIÓN DE BOYACÁ**		

Sondeo 2 Prof. 1,00

Condiciones del Ensayo	
Profundidad de inicio (m):	1,00
Profundidad del Nivel Freático (m):	
Peso del Martillo (kg):	63,50
Peso del Cabezote (kg)	10,35
Peso del Varillaje (kg/m)	3,48

Propiedades del suelo	
Peso unitario (T/m³):	1,80
Nº de golpes	
N1	3
N2	4
N3	5

Determinación de N corregido	
sv' (T/m²)	1,80
CN	1,00
e1	0,85
e2	0,72
Longitud de Tubería (m)	3,00
Mr (kg)	20,79
m	0,33
e3	0,73
e4	1,00
N de campo	9
N 50	4
N corregido	3

Determinación de C y f	
Peck, Hanson, Thornburn f (º):	28,1
Hatanaka f (º):	25,2
Uchida f (º):	31,2
Promedio f (º):	28,2
Cu no drenada en arcillas (KN/m²):	69,6
Cu Stroud (KN/m²):	39,6
Cu Promedio (kg/cm²):	0,5
Cu Promedio (KN/m²):	54,6

Sondeo 2 Prof. 1,50

Condiciones del Ensayo	
Profundidad de inicio (m):	1,50
Profundidad del Nivel Freático (m):	
Peso del Martillo (kg):	63,50
Peso del Cabezote (kg)	10,35
Peso del Varillaje (kg/m)	3,48

Propiedades del suelo	
Peso unitario (T/m³):	1,80
Nº de golpes	
N1	6
N2	9
N3	13

Determinación de N corregido	
sv' (T/m²)	2,70
CN	1,00
e1	0,85
e2	0,72
Longitud de Tubería (m)	4,50
Mr (kg)	26,01
m	0,41
e3	0,80
e4	1,00
N de campo	22
N 50	11
N corregido	9

Determinación de C y f	
Peck, Hanson, Thornburn f (º):	29,8
Hatanaka f (º):	30,6
Uchida f (º):	36,6
Promedio f (º):	32,4
Cu no drenada en arcillas (KN/m²):	144,1
Cu Stroud (KN/m²):	96,8
Cu Promedio (kg/cm²):	1,20
Cu Promedio (KN/m²):	120,5

Carrera 9 Bis N° 0 – 36 Sur
Cel: 3138912400 – 7265804
e-mail: globalcivilsas@gmail.com

Laboratorio de Suelos
GlobalCivil
Interventorias y Construccion

Página 12 de 17	ENSAYO
NORMA ASTM – D1586	MÉTODO DE PRUEBA ESTÁNDAR PARA PRUEBA DE PENETRACIÓN ESTÁNDAR (SPT) Y MUESTREO DE SUELOS CON TUBO PARTIDO

PROYECTO:	**ATENCIÓN DE EMERGENCIA PUENTE SOBRE QUEBRADA SABAMA (PEÑA QUEMADA) MUNICIPIO DE BRICEÑO DEPARTAMENTO DE BOYACÁ**		
MUNICIPIO:	**BRICEÑO - BOYACÁ**	FECHA DE ENSAYO	**23/09/2023**
DIRIGIDO A :	**GOBERNACIÓN DE BOYACÁ**		

Sondeo 2 Prof. 2,00

Condiciones del Ensayo	
Profundidad de inicio (m):	2,00
Profundidad del Nivel Freático (m):	
Peso del Martillo (kg):	63,50
Peso del Cabezote (kg)	10,35
Peso del Varillaje (kg/m)	3,48

Propiedades del suelo	
Peso unitario (T/m³):	1,80
Nº de golpes	
N1	13
N2	14
N3	17

Determinación de N corregido	
sv' (T/m²)	3,60
CN	1,00
e1	0,85
e2	0,72
Longitud de Tubería (m)	4,50
Mr (kg)	26,01
m	0,41
e3	0,80
e4	1,00
N de campo	31
N 50	15
N corregido	13

Determinación de C y f	
Peck, Hanson, Thornburn f (º):	30,8
Hatanaka f (º):	32,9
Uchida f (º):	38,9
Promedio f (º):	34,2
Cu no drenada en arcillas (KN/m²):	180,2
Cu Stroud (KN/m²):	136,4
Cu Promedio (kg/cm²):	1,6
Cu Promedio (KN/m²):	158,3

Sondeo 2 Prof. 2,50

Condiciones del Ensayo	
Profundidad de inicio (m):	2,50
Profundidad del Nivel Freático (m):	
Peso del Martillo (kg):	63,50
Peso del Cabezote (kg)	10,35
Peso del Varillaje (kg/m)	3,48

Propiedades del suelo	
Peso unitario (T/m³):	1,80
Nº de golpes	
N1	19
N2	26
N3	29

Determinación de N corregido	
sv' (T/m²)	4,50
CN	1,00
e1	0,85
e2	0,72
Longitud de Tubería (m)	4,50
Mr (kg)	26,01
m	0,41
e3	0,80
e4	1,00
N de campo	55
N 50	27
N corregido	23

Determinación de C y f	
Peck, Hanson, Thornburn f (º):	33,6
Hatanaka f (º):	38,3
Uchida f (º):	44,3
Promedio f (º):	38,8
Cu no drenada en arcillas (KN/m²):	275,2
Cu Stroud (KN/m²):	242,0
Cu Promedio (kg/cm²):	2,6
Cu Promedio (KN/m²):	258,6

Carrera 9 Bis N° 0 – 36 Sur
Cel: 3138912400 – 7265804
e-mail: globalcivilsas@gmail.com

Laboratorio de Suelos
GlobalCivil
Interventorias y Construccion

Página 13 de 17	ENSAYO
NORMA ASTM – D1586	MÉTODO DE PRUEBA ESTÁNDAR PARA PRUEBA DE PENETRACIÓN ESTÁNDAR (SPT) Y MUESTREO DE SUELOS CON TUBO PARTIDO

PROYECTO:	**ATENCIÓN DE EMERGENCIA PUENTE SOBRE QUEBRADA SABAMA (PEÑA QUEMADA) MUNICIPIO DE BRICEÑO DEPARTAMENTO DE BOYACÁ**		
MUNICIPIO:	**BRICEÑO - BOYACÁ**	FECHA DE ENSAYO	**23/09/2023**
DIRIGIDO A :	**GOBERNACIÓN DE BOYACÁ**		

Sondeo 2 Prof. 3,00

Condiciones del Ensayo	
Profundidad de inicio (m):	3,00
Profundidad del Nivel Freático (m):	
Peso del Martillo (kg):	63,50
Peso del Cabezote (kg)	10,35
Peso del Varillaje (kg/m)	3,48

Propiedades del suelo	
Peso unitario (T/m³):	1,80
Nº de golpes	
N1	32
N2	32
N3	36

Determinación de N corregido	
sv' (T/m²)	5,40
CN	1,00
e1	0,85
e2	0,72
Longitud de Tubería (m)	6,00
Mr (kg)	31,23
m	0,49
e3	0,85
e4	1,00
N de campo	68
N 50	35
N corregido	30

Determinación de C y f	
Peck, Hanson, Thornburn f (º):	35,5
Hatanaka f (º):	41,3
Uchida f (º):	47,3
Promedio f (º):	41,4
Cu no drenada en arcillas (KN/m²):	331,7
Cu Stroud (KN/m²):	299,2
Cu Promedio (kg/cm²):	3,2
Cu Promedio (KN/m²):	315,4

Carrera 9 Bis N° 0 – 36 Sur
Cel: 3138912400 – 7265804
e-mail: globalcivilsas@gmail.com

Laboratorio de Suelos
GlobalCivil
Interventorias y Construccion

Página 14 de 17	ENSAYO
NORMA ASTM – D1586	MÉTODO DE PRUEBA ESTÁNDAR PARA PRUEBA DE PENETRACIÓN ESTÁNDAR (SPT) Y MUESTREO DE SUELOS CON TUBO PARTIDO

PROYECTO:	**ATENCIÓN DE EMERGENCIA PUENTE SOBRE QUEBRADA SABAMA (PEÑA QUEMADA) MUNICIPIO DE BRICEÑO DEPARTAMENTO DE BOYACÁ**		
MUNICIPIO:	**BRICEÑO - BOYACÁ**	FECHA DE ENSAYO	**23/09/2023**
DIRIGIDO A :	**GOBERNACIÓN DE BOYACÁ**		

Sondeo 3 Prof. 1,00

Condiciones del Ensayo	
Profundidad de inicio (m):	1,00
Profundidad del Nivel Freático (m):	
Peso del Martillo (kg):	63,50
Peso del Cabezote (kg)	10,35
Peso del Varillaje (kg/m)	3,48

Propiedades del suelo	
Peso unitario (T/m³):	1,80
Nº de golpes	
N1	2
N2	3
N3	4

Determinación de N corregido	
sv' (T/m²)	1,80
CN	1,00
e1	0,85
e2	0,72
Longitud de Tubería (m)	3,00
Mr (kg)	20,79
m	0,33
e3	0,73
e4	1,00
N de campo	7
N 50	3
N corregido	3

Determinación de C y f	
Peck, Hanson, Thornburn f (º):	28,0
Hatanaka f (º):	24,6
Uchida f (º):	30,6
Promedio f (º):	27,7
Cu no drenada en arcillas (KN/m²):	62,2
Cu Stroud (KN/m²):	30,8
Cu Promedio (kg/cm²):	0,5
Cu Promedio (KN/m²):	46,5

Sondeo 3 Prof. 1,50

Condiciones del Ensayo	
Profundidad de inicio (m):	1,50
Profundidad del Nivel Freático (m):	
Peso del Martillo (kg):	63,50
Peso del Cabezote (kg)	10,35
Peso del Varillaje (kg/m)	3,48

Propiedades del suelo	
Peso unitario (T/m³):	1,80
Nº de golpes	
N1	4
N2	5
N3	5

Determinación de N corregido	
sv' (T/m²)	2,60
CN	1,00
e1	0,85
e2	0,72
Longitud de Tubería (m)	4,50
Mr (kg)	26,01
m	0,41
e3	0,80
e4	1,00
N de campo	10
N 50	5
N corregido	5

Determinación de C y f	
Peck, Hanson, Thornburn f (º):	28,5
Hatanaka f (º):	26,8
Uchida f (º):	32,8
Promedio f (º):	29,4
Cu no drenada en arcillas (KN/m²):	89,8
Cu Stroud (KN/m²):	44,0
Cu Promedio (kg/cm²):	0,7
Cu Promedio (KN/m²):	66,9

Carrera 9 Bis N° 0 – 36 Sur
Cel: 3138912400 – 7265804
e-mail: globalcivilsas@gmail.com

Laboratorio de Suelos
GlobalCivil
Interventorias y Construccion

Página 15 de 17	ENSAYO
NORMA ASTM – D1586	MÉTODO DE PRUEBA ESTÁNDAR PARA PRUEBA DE PENETRACIÓN ESTÁNDAR (SPT) Y MUESTREO DE SUELOS CON TUBO PARTIDO

PROYECTO:	**ATENCIÓN DE EMERGENCIA PUENTE SOBRE QUEBRADA SABAMA (PEÑA QUEMADA) MUNICIPIO DE BRICEÑO DEPARTAMENTO DE BOYACÁ**		
MUNICIPIO:	**BRICEÑO - BOYACÁ**	FECHA DE ENSAYO	**23/09/2023**
DIRIGIDO A :	**GOBERNACIÓN DE BOYACÁ**		

Sondeo 3 Prof. 2,00

Condiciones del Ensayo	
Profundidad de inicio (m):	2,00
Profundidad del Nivel Freático (m):	
Peso del Martillo (kg):	63,50
Peso del Cabezote (kg)	10,35
Peso del Varillaje (kg/m)	3,48

Propiedades del suelo	
Peso unitario (T/m³):	1,80
Nº de golpes	
N1	5
N2	5
N3	4

Determinación de N corregido	
sv' (T/m²)	3,00
CN	1,00
e1	0,85
e2	0,72
Longitud de Tubería (m)	4,50
Mr (kg)	26,01
m	0,41
e3	0,80
e4	1,00
N de campo	9
N 50	4
N corregido	4

Determinación de C y f	
Peck, Hanson, Thornburn f (º):	28,2
Hatanaka f (º):	25,8
Uchida f (º):	31,8
Promedio f (º):	28,6
Cu no drenada en arcillas (KN/m²):	76,5
Cu Stroud (KN/m²):	39,6
Cu Promedio (kg/cm²):	0,6
Cu Promedio (KN/m²):	58,0

Sondeo 3 Prof. 2,50

Condiciones del Ensayo	
Profundidad de inicio (m):	2,50
Profundidad del Nivel Freático (m):	
Peso del Martillo (kg):	63,50
Peso del Cabezote (kg)	10,35
Peso del Varillaje (kg/m)	3,48

Propiedades del suelo	
Peso unitario (T/m³):	1,80
Nº de golpes	
N1	3
N2	9
N3	9

Determinación de N corregido	
sv' (T/m²)	3,40
CN	1,00
e1	0,85
e2	0,72
Longitud de Tubería (m)	4,50
Mr (kg)	26,01
m	0,41
e3	0,80
e4	1,00
N de campo	18
N 50	9
N corregido	9

Determinación de C y f	
Peck, Hanson, Thornburn f (º):	29,7
Hatanaka f (º):	30,2
Uchida f (º):	36,2
Promedio f (º):	32,0
Cu no drenada en arcillas (KN/m²):	137,1
Cu Stroud (KN/m²):	79,2
Cu Promedio (kg/cm²):	1,1
Cu Promedio (KN/m²):	108,2

Carrera 9 Bis N° 0 – 36 Sur
Cel: 3138912400 – 7265804
e-mail: globalcivilsas@gmail.com

Laboratorio de Suelos
GlobalCivil
Interventorias y Construccion

Página 16 de 17	ENSAYO
NORMA ASTM – D1586	MÉTODO DE PRUEBA ESTÁNDAR PARA PRUEBA DE PENETRACIÓN ESTÁNDAR (SPT) Y MUESTREO DE SUELOS CON TUBO PARTIDO

PROYECTO:	**ATENCIÓN DE EMERGENCIA PUENTE SOBRE QUEBRADA SABAMA (PEÑA QUEMADA) MUNICIPIO DE BRICEÑO DEPARTAMENTO DE BOYACÁ**		
MUNICIPIO:	**BRICEÑO - BOYACÁ**	FECHA DE ENSAYO	**23/09/2023**
DIRIGIDO A :	**GOBERNACIÓN DE BOYACÁ**		

Sondeo 3 Prof. 3,00

Condiciones del Ensayo	
Profundidad de inicio (m):	3,00
Profundidad del Nivel Freático (m):	
Peso del Martillo (kg):	63,50
Peso del Cabezote (kg)	10,35
Peso del Varillaje (kg/m)	3,48

Propiedades del suelo	
Peso unitario (T/m³):	1,80
Nº de golpes	
N1	14
N2	22
N3	29

Determinación de N corregido	
sv' (T/m²)	3,80
CN	1,00
e1	0,85
e2	0,72
Longitud de Tubería (m)	6,00
Mr (kg)	31,23
m	0,49
e3	0,85
e4	1,00
N de campo	51
N 50	26
N corregido	25

Determinación de C y f	
Peck, Hanson, Thornburn f (º):	34,3
Hatanaka f (º):	39,4
Uchida f (º):	45,4
Promedio f (º):	39,7
Cu no drenada en arcillas (KN/m²):	294,4
Cu Stroud (KN/m²):	224,4
Cu Promedio (kg/cm²):	2,6
Cu Promedio (KN/m²):	259,4

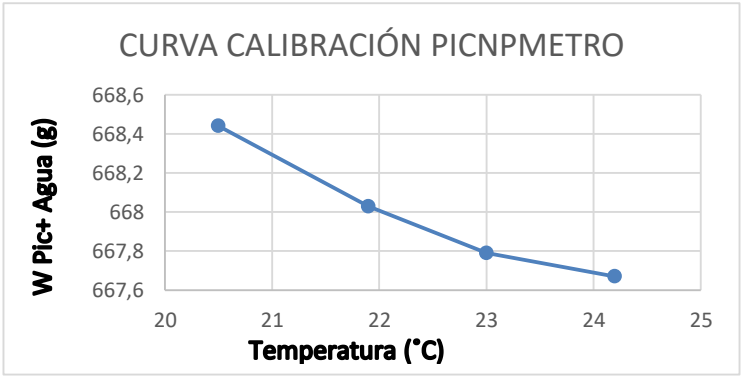
Carrera 9 Bis N° 0 – 36 Sur
Cel: 3138912400 – 7265804
e-mail: globalcivilsas@gmail.com

Página 17 de 17	ENSAYO DETERMINACIÓN DE LA GRAVEDAD ESPECIFICA DE LAS PARTÍCULAS SOLIDAS DE LOS SUELOS Y DEL LLENANTE MINERAL, EMPLEANDO UN PICNÓMETRO CON AGUA
NORMA INV E – 128 –13	

PROYECTO:	**ATENCIÓN DE EMERGENCIA PUENTE SOBRE QUEBRADA SABAMA (PEÑA QUEMADA) MUNICIPIO DE BRICEÑO DEPARTAMENTO DE BOYACÁ**		
DIRIGIDO A :	**GOBERNACIÓN DE BOYACÁ**	FECHA ENSAYO:	**23/09/2023**
PROCEDENCIA:	**BRICEÑO - BOYACÁ**		

N° Picnómetro	1
W Picnometro	162,4

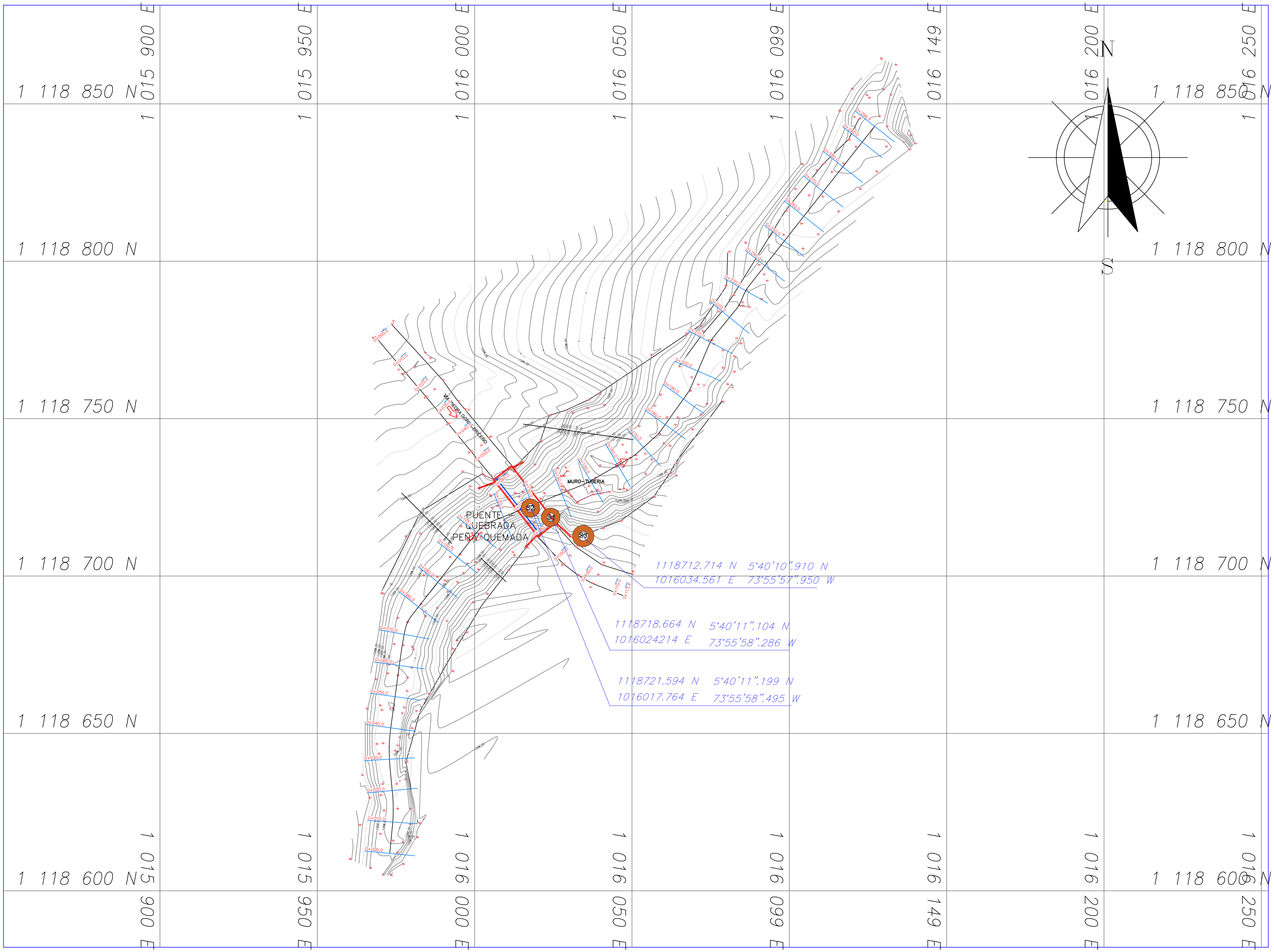
T (°C)	W Pic+ Agua (g)
20,5	668,44
21,9	668,03
23	667,79
24,2	*667,67*



DATOS DE ENSAYO	
Peso picnómetro + agua + muestra (g)	701,02
Temperatura de ensayo (°C)	22,7
N° Platón	05
Peso del Platón (g)	111,95
Peso del Platón + muestra Seca (g)	164,86
Peso picnómetro + agua con temperatura de ensayo (g)	667,86
Peso del Suelo Seco	52,91
Peso unitario del agua a temperatura de Trabajo (g)	***1***
Gravedad Especifica (S1)	***2,68***

ING. JIMMY VERGARA SILVA
MP 15202-130100 BYC

Carrera 9 Bis N° 0 – 36 Sur
Cel: 3138912400 – 7265804
e-mail: globalcivilsas@gmail.com



GOBERNACIÓN DE BOYACÁ

PROYECTO:

OBRA PUBLICA
N° DE CONTRATO 002-2023

CONSTRUCCIÓN DE OBRAS DE MITIGACIÓN SOBRE LA RED VIAL DEPARTAMENTAL AFECTADA POR TEMPORADA DE LLUVIAS PROVINCIA DE OCCIDENTE DEPARTAMENTO DE BOYACÁ

CONVENCIONES:

- *Punto Topografico Via*
- *Curva indice*
- *Curva intermedia*
- *Localización de Sondeo*
- *paramento*
- *Arbol*
- *Red hidrica*

LOCALIZACIÓN:



PARAMETROS GEODESICOS

Datum:	*MAGNA SIRGAS*
Latitud:	*5º 40' 11.4" N*
Longitud:	*73º 55' 59.0" W*
Falso Este:	*1000000*
Falso Norte:	*1000000*
Factor de escala:	*1.00000*
Elipsoide:	*WGS84 = GRS80*
Proyección:	*TM LOCAL*
Zona:	*Bogotá - Magna*
Datum Vertical:	*m.s.n.m.m*
Modelo Geoidal:	*EGM 96*

DIBUJÓ:

JIMMY VERGARA SILVA
ING CIVIL ESP EN GEOTECNIA VIAL Y DE PAVIMENTOS

REVISÓ :

CONTRATISTA DE OBRA
R/L JUAN CARLOS VELÁSQUEZ
CONSTRUCTORA PAÍS S.A.S

APROBÓ:

Jhonatan Meneses

INTERVENTORIA
R/L ING. JHONATAN MENESES
CONSORCIO CARINGA

Contiene:

GEORREFERENCIACIÓN DE SONDEOS

Observaciones:

Archivo:

Fecha:Agosto_2023

Escala: Hz 1:750 Vert. 1:50

Plano: 01/01

MEMORIAL DE RESPONSABILIDAD

Yo, JIMMY VERGARA SILVA, identificado con cédula de ciudadanía No. 74.321.878, Ingeniero Civil con Matricula Profesional No. 15202-130100 BYC del Consejo Profesional Nacional de Ingeniería (COPNIA).

CERTIFICO:

Que realicé el estudio de suelos y recomendación de cimentación para el proyecto:

"CONSTRUCCION DE OBRAS DE MITIGACION SOBRE LA RED VIAL DEPARTAMENTAL AFECTADA POR TEMPORADA DE LLUVIAS PROVINCIA DE OCCIDENTE DEPARTAMENTO DE BOYACA". En el municipio de Briceño.

Aclaro que me responsabilizo por los estudios y cálculos, siempre y cuando en las obras de "CONSTRUCCION DE OBRAS DE MITIGACION SOBRE LA RED VIAL DEPARTAMENTAL AFECTADA POR TEMPORADA DE LLUVIAS PROVINCIA DE OCCIDENTE DEPARTAMENTO DE BOYACA", se sigan textual y cabalmente los planos y las directrices técnicas realizadas por el suscrito.

Atentamente:



ING. JIMMY VERGARA SILVA M.P

15202-130100 BYC

REPUBLICA DE COLOMBIA

CONSEJO PROFESIONAL NACIONAL DE INGENIERIA

COPNIA



MATRICULA PROFESIONAL No.

15202130100BYC

INGENIERO CIVIL

DE FECHA **20/04/2006**

JIMMY

VERGARA SILVA

C.C. 74321878

UNIVERSIDAD PEDAGOGICA Y TECNOLOGICA DE COLOMBIA

PRESIDENTE DEL CONSEJO

Certificado de vigencia y antecedentes disciplinarios

CVAD-2022-1337947

CONSEJO PROFESIONAL NACIONAL DE INGENIERÍA
COPNIA

EL DIRECTOR GENERAL

CERTIFICA:

1. Que JIMMY VERGARA SILVA, identificado(a) con CEDULA DE CIUDADANIA 74321878, se encuentra inscrito(a) en el Registro Profesional Nacional que lleva esta entidad, en la profesión de INGENIERIA CIVIL con MATRICULA PROFESIONAL 15202-130100 desde el 20 de Abril de 2006, otorgado(a) mediante Resolución Nacional 161.

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

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

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

5. Que la presente certificación se expide en Bogotá, D.C., a los doce (12) días del mes de Mayo del año dos mil veintidos (2022).



Rubén Dario Ochoa Arbeláez

_____

Firmal del titular (*)

(*)Con el fin de verificar que el titular autoriza su participación en procesos estatales de selección de contratistas. La falta de firma del titular no invalida el Certificado

El presente es un documento público expedido electrónicamente con firma digital que garantiza su plena validez jurídica y probatoria según lo establecido en la Ley 527 de 1999. Para verificar la firma digital, consulte las propiedades del documento original en formato .pdf.

Para verificar la integridad e inalterabilidad del presente documento consulte en el sitio web https://tramites.copnia.gov.co/Copnia_Microsite/CertificateOfGoodStanding/CertificateOfGoodStandingStart indicado el número del certificado que se encuentra en la esquina superior derecha de este documento.

AASHTO 2002 ASD DESIGN METHOD
MSR H=6.0m

MSEW+: Update # 2023.13

PROJECT IDENTIFICATION

Title: MSR H=6.0m
Project Number:
Client:
Designer: GEOMATRIX S.A.S
Station Number:

Description:

Estructura en suelo reforzado. "La asesoría técnica de Geomatrix, el diseño sugerido para cada obra o construcción y las recomendaciones para la instalación, son sugerencias que pueden ser aplicadas o no por decisión del cliente, y en caso de serlo sus buenos resultados son de su exclusiva responsabilidad"

Company's information:

Name: Geomatrix
Street: Calle 15 72 - 72

Bogotá, CND
Telephone #: 424 9999
Fax #: 411 0980
E-Mail: geomatrix@geomatrix.com.co

File path and name: W:\Geotecnia\2023\Proyectos\325. Nov - SD-00431 - COL -.....
.....x\2. Analisis\6.BENp

Original date and time of creating this file: 2023

PROGRAM MODE: DESIGN
of a SIMPLE STRUCTURE
using GEOGRID as reinforcing material.

Copyright © 1998-2023 ADAMA Engineering, Inc. License number MSEW-401376

DESIGN DATA

DESIGN OBJECTIVES

Minimum factor of safety against pullout, Fs-po	1.50
Minimum factor of safety against direct sliding, Fs-sliding	1.50
Maximum allowable eccentricity ratio at each reinforcement level, e/L	0.1667
Minimum factor of safety against compound and overall failure, Fs-comp-static	1.30
Minimum factor of safety against compound and overall failure, Fs-comp-seismic	1.10

Prescribed minimum resistive length to prevent pullout, Le = 1.00 m.
Prescribed minimum normalized length of each layer is: L/Hd = 0.70 --> L = 4.20 m.
Prescribed minimum absolute total length of each layer is: L = 2.50 m.

BEARING CAPACITY

Bearing capacity is controlled by general shear.	
Maximum permissible eccentricity ratio (rock), e/L	0.2500
Minimum factor of safety with respect to ultimate bearing capacity (Meyerhof approach)	2.00

Bearing capacity factors: Nc = 26.56 N γ= 10.00

SOIL DATA

REINFORCED SOIL

Unit weight, γ	18.0 kN/m ³
Design value of internal angle of friction, ϕ	30.0 °

RETAINED SOIL

Unit weight, γ	20.0 kN/m ³
Design value of internal angle of friction, ϕ	30.0 °

FOUNDATION SOIL (Considered as an equivalent uniform soil)

Equivalent unit weight, $\gamma_{equiv.}$	20.0 kN/m ³
Equivalent internal angle of friction, $\phi_{equiv.}$	30.0 °
Equivalent cohesion, $c_{equiv.}$	4.4 kPa

Water table does not affect bearing capacity

LATERAL EARTH PRESSURE COEFFICIENTS

Ka (internal stability) = 0.3333 (if batter is less than 10°, Ka is calculated from eq. 15. Otherwise, eq. 38 is utilized)
Inclination of internal slip plane, ψ = 60.00° (see Fig. 28 in DEMO 82).
Ka (external stability) = 0.3333 (if batter is less than 10°, Ka is calculated from eq. 16. Otherwise, eq. 17 is utilized)

SEISMICITY (using AASHTO 2007)

Maximum ground acceleration coefficient, A = 0.100
Design acceleration coefficient in Internal Stability: Kh = Am = 0.135
Design acceleration coefficient in External Stability: Kh_d = 0.135 => Kh = Am = 0.135

Kae (Kh > 0) = 0.4216 Kae (Kh = 0) = 0.3333 Δ Kae = 0.0883

DIRECT SLIDING / ECCENTRICITY
Seismic safety factor is 75.0% of specified static FS for direct sliding.
Maximum allowable eccentricity, e/L, under seismic conditions is: 0.3300

BEARING CAPACITY
Seismic safety factor is 75.0% of specified static FS for bearing capacity.
Maximum allowable eccentricity, e/L, under seismic conditions is: 0.3300

INTERNAL STABILITY
Seismic soil-geogrid friction coefficient, F* is 80.0% of its specified static value.
Seismic factor of safety against pullout, Fs-po, is 75.0% of its specified static value.
Seismic overall factor of safety, Fs-overall, is 75.0% of its specified static value.
The reduction of Fs-overall pertains to geogrid strength and to connection strength for both break and pullout modes of failure.

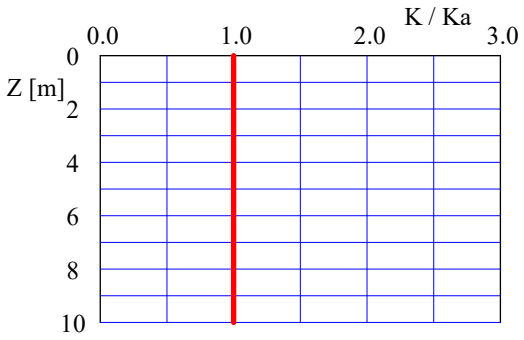
Copyright © 1998-2023 ADAMA Engineering, Inc. License number MSEW-401376

INPUT DATA: Geogrids
(Multiple type reinforcement)

D A T A	Geogrid type #1	Geogrid type #2	Geogrid type #3	Geogrid type #4	Geogrid type #5
Tult [kN/m]	55.0	80.0	115.0	135.0	173.0
Durability reduction factor, RFd	1.15	1.15	1.15	1.15	1.15
Installation-damage reduction factor, RFid	1.10	1.10	1.10	1.10	1.10
Creep reduction factor, RFc	1.58	1.58	1.58	1.58	1.58
Fs-overall for strength	1.20	1.20	1.20	1.20	1.20
Coverage ratio, Rc	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
Friction angle along geogrid-soil interface, _T(ρ	22.00	22.00	22.00	22.00	22.00
Pullout resistance factor, F*	1.00·tanϕ	1.00·tanϕ	1.00·tanϕ	1.00·tanϕ	1.00·tanϕ
Scale-effect correction factor, α	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8

Variation of Lateral Earth Pressure Coefficient With Depth

Z	K / Ka
0 m	1.00
1 m	1.00
2 m	1.00
3 m	1.00
4 m	1.00
5 m	1.00
6 m	1.00



Copyright © 1998-2023 ADAMA Engineering, Inc. License number MSEW-401376

INPUT DATA: Geometry and Surcharge loads (of a SIMPLE STRUCTURE)

Design height, Hd 6.00 [m] { Embedded depth is E = 0.50 m, and height above top of finished bottom grade is H = 5.50 m }

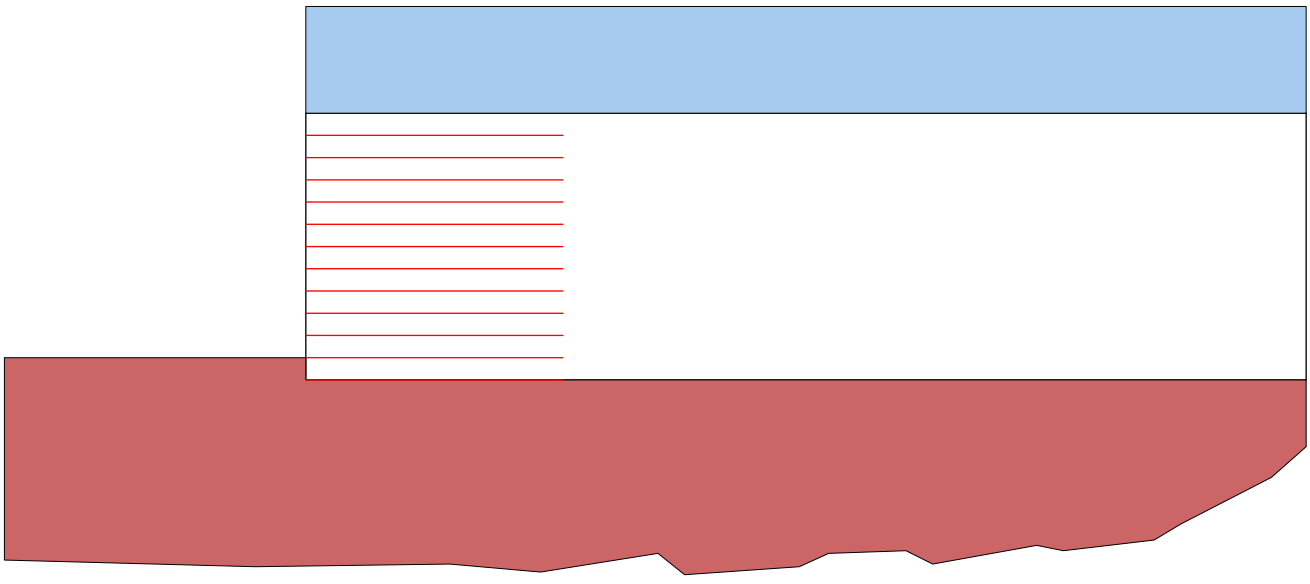
Soil in front of the wall is inclined at 3H:1V. Hs = 8.00 m.

Batter, ω 0.0 [deg]
Backslope, β 0.0 [deg]
Backslope rise 0.0 [m] Broken back equivalent angle, I = 0.00° (see Fig. 25 in DEMO 82)

U N I F O R M S U R C H A R G E

Uniformly distributed dead load is 18.0 [kPa], and live load is 20.0 [kPa]

DESIGNED REINFORCEMENT LAYOUT:



SCALE:

0 2 4 6 [m]

Copyright © 1998-2023 ADAMA Engineering, Inc. License number MSEW-401376

Version MSEW+ Version MSEW+

Version MSEW+ Version MSEW+

REINFORCEMENT LAYOUT AND DESIGN CRITERIA

LEGEND: (1) Connection strength √ Satisfactory
(2) Geogrid strength ⊗ Unsatisfactory
(3) Pullout resistance
(4) Direct sliding
(5) Eccentricity

Bearing capacity: √
Foudation Interface: Direct sliding √ Eccentricity √

#	Geogrid Elevation [m]	Geogrid Length [m]	Type #	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
1	0.00	5.78	1	N/A	√	√	√	√
2	0.50	5.78	1	N/A	√	√	√	√
3	1.00	5.78	1	N/A	√	√	√	√
4	1.50	5.78	1	N/A	√	√	√	√
5	2.00	5.78	1	N/A	√	√	√	√
6	2.50	5.78	1	N/A	√	√	√	√

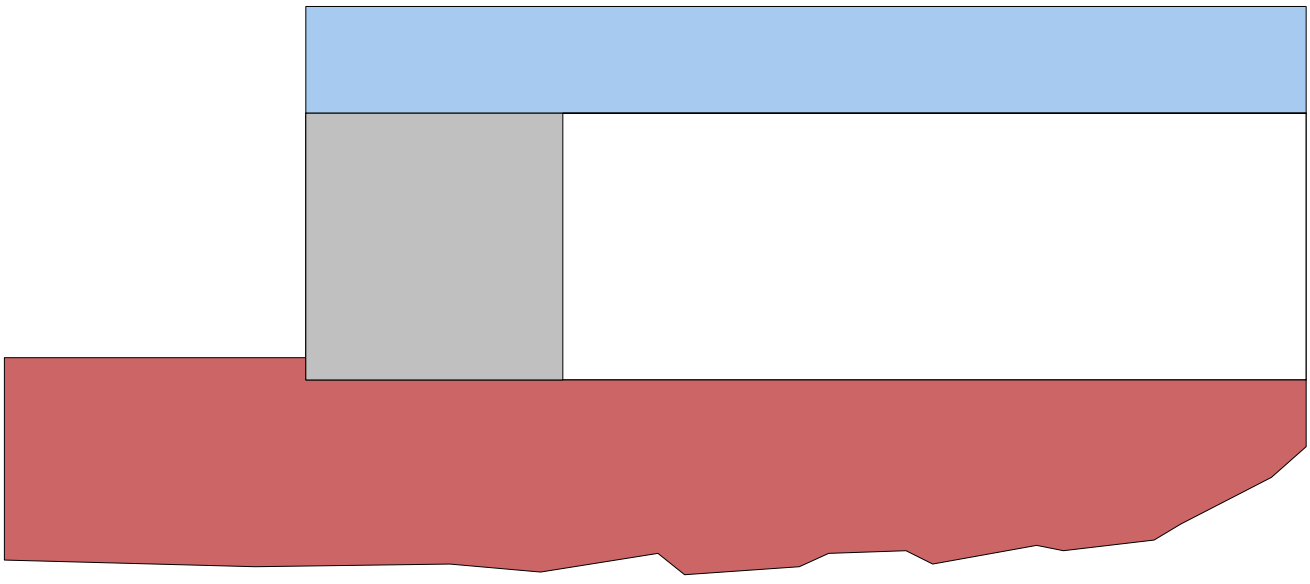
#	Geogrid Elevation [m]	Geogrid Length [m]	Type #	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
7	3.00	5.78	1	N/A	√	√	√	√
8	3.50	5.78	1	N/A	√	√	√	√
9	4.00	5.78	1	N/A	√	√	√	√
10	4.50	5.78	1	N/A	√	√	√	√
11	5.00	5.78	1	N/A	√	√	√	√
12	5.50	5.78	1	N/A	√	√	√	√

Version MSEW+ Version MSEW+

Copyright © 1998-2023 ADAMA Engineering, Inc. License number MSEW-401376
Version MSEW+ Version MSEW+

BEARING CAPACITY for DESIGNED LAYOUT

	STATIC	SEISMIC	UNITS
(Water table does not affect bearing capacity)			
Ultimate bearing capacity, q-ult	584.2	539.5	[kPa]
Meyerhof stress, σ_V	180.65	199.7	[kPa]
Eccentricity, e	0.55	0.78	[m]
Eccentricity, e/L	0.096	0.135	
Fs calculated	3.23	2.70	
Base length	5.78	5.78	[m]



SCALE:

0 2 4 6 [m]

Copyright © 1998-2023 ADAMA Engineering, Inc. License number MSEW-401376

DIRECT SLIDING for DESIGNED LAYOUT (for GEOGRID reinforcements)

Specified Fs-static = 1.500 and Fs-seismic = 1.125

Along reinforced and foundation soils interface: Fs-static = 2.146 and Fs-seismic = 1.645

#	Geogrid Elevation [m]	Geogrid Length [m]	Fs Static	Fs Seismic	Geogrid Type #	Product name
1	0.00	5.78	1.502	1.151	1	Fgrid UX 50
2	0.50	5.78	1.603	1.239	1	Fgrid UX 50
3	1.00	5.78	1.720	1.341	1	Fgrid UX 50
4	1.50	5.78	1.857	1.463	1	Fgrid UX 50
5	2.00	5.78	2.021	1.611	1	Fgrid UX 50
6	2.50	5.78	2.222	1.794	1	Fgrid UX 50
7	3.00	5.78	2.473	2.029	1	Fgrid UX 50
8	3.50	5.78	2.803	2.341	1	Fgrid UX 50
9	4.00	5.78	3.262	2.785	1	Fgrid UX 50
10	4.50	5.78	3.967	3.477	1	Fgrid UX 50
11	5.00	5.78	5.256	4.763	1	Fgrid UX 50
12	5.50	5.78	8.800	8.320	1	Fgrid UX 50

ECCENTRICITY for DESIGNED LAYOUT

At interface with foundation: e/L static = 0.1111, e/L seismic = 0.1559; Overturning: Fs-static = 4.50, Fs-seismic = 3.21

#	Geogrid Elevation [m]	Geogrid Length [m]	e / L Static	e / L Seismic	Geogrid Type #	Product name
1	0.00	5.78	0.1111	0.1559	1	Fgrid UX 50
2	0.50	5.78	0.0963	0.1334	1	Fgrid UX 50
3	1.00	5.78	0.0823	0.1125	1	Fgrid UX 50
4	1.50	5.78	0.0694	0.0934	1	Fgrid UX 50
5	2.00	5.78	0.0573	0.0759	1	Fgrid UX 50
6	2.50	5.78	0.0463	0.0601	1	Fgrid UX 50
7	3.00	5.78	0.0361	0.0459	1	Fgrid UX 50
8	3.50	5.78	0.0270	0.0335	1	Fgrid UX 50
9	4.00	5.78	0.0190	0.0228	1	Fgrid UX 50
10	4.50	5.78	0.0120	0.0139	1	Fgrid UX 50
11	5.00	5.78	0.0062	0.0069	1	Fgrid UX 50
12	5.50	5.78	0.0019	0.0020	1	Fgrid UX 50

Copyright © 1998-2023 ADAMA Engineering, Inc. License number MSEW-401376

RESULTS for STRENGTH

Live Load included in calculating Tmax

#	Geogrid Elevation [m]	LTDS [kN/m]	Tmax [kN/m]	Tmd [kN/m]	Specified minimum Fs-overall Static	Actual calculated Fs-overall Static	Specified minimum Fs-overall seismic	Actual calculated Fs-overall seismic	Product name
1	0.00	27.5	11.98	2.90	1.200	2.297	0.900	1.992	Fgrid UX 50
2	0.50	27.5	22.83	2.76	1.200	1.205	0.900	1.120	Fgrid UX 50
3	1.00	27.5	21.33	2.61	1.200	1.290	0.900	1.197	Fgrid UX 50
4	1.50	27.5	19.83	2.47	1.200	1.387	0.900	1.286	Fgrid UX 50
5	2.00	27.5	18.33	2.32	1.200	1.501	0.900	1.390	Fgrid UX 50
6	2.50	27.5	16.83	2.18	1.200	1.635	0.900	1.511	Fgrid UX 50
7	3.00	27.5	15.33	2.03	1.200	1.795	0.900	1.656	Fgrid UX 50
8	3.50	27.5	13.83	1.89	1.200	1.989	0.900	1.831	Fgrid UX 50
9	4.00	27.5	12.33	1.74	1.200	2.231	0.900	2.048	Fgrid UX 50
10	4.50	27.5	10.83	1.60	1.200	2.540	0.900	2.323	Fgrid UX 50
11	5.00	27.5	9.33	1.45	1.200	2.948	0.900	2.684	Fgrid UX 50
12	5.50	27.5	11.19	1.31	1.200	2.460	0.900	2.290	Fgrid UX 50

RESULTS for PULLOUT

Live Load included in calculating Tmax

NOTE: Live load is not included in calculating the overburden pressure used to assess pullout resistance.

#	Geogrid Elevation [m]	Coverage Ratio	Tmax [kN/m]	Tmd [kN/m	Le (see NOTE)	La [m]	Avail.Static Pullout, Pr [kN/m]	Specified Static Fs	Actual Static Fs	Avail.Seism. Pullout, Pr [kN/m]	Specified seismic Fs	Actual seismic Fs
1	0.00	1.000	1.31	1.31	5.78	0.00	672.8	1.500	56.167	538.3	1.125	36.173
2	0.50	1.000	1.31	1.31	5.49	0.29	593.6	1.500	25.995	474.8	1.125	18.556
3	1.00	1.000	1.31	1.31	5.20	0.58	519.1	1.500	24.333	415.3	1.125	17.343
4	1.50	1.000	1.31	1.31	4.92	0.87	449.4	1.500	22.660	359.5	1.125	16.123
5	2.00	1.000	1.31	1.31	4.63	1.15	384.6	1.500	20.976	307.7	1.125	14.895
6	2.50	1.000	1.31	1.31	4.34	1.44	324.5	1.500	19.278	259.6	1.125	13.656
7	3.00	1.000	1.31	1.31	4.05	1.73	269.2	1.500	17.559	215.4	1.125	12.404
8	3.50	1.000	1.31	1.31	3.76	2.02	218.8	1.500	15.816	175.0	1.125	11.134
9	4.00	1.000	1.31	1.31	3.47	2.31	173.1	1.500	14.037	138.5	1.125	9.840
10	4.50	1.000	1.31	1.31	3.18	2.60	132.3	1.500	12.209	105.8	1.125	8.512
11	5.00	1.000	1.31	1.31	2.89	2.89	96.2	1.500	10.308	77.0	1.125	7.136
12	5.50	1.000	1.31	1.31	2.61	3.18	65.0	1.500	5.806	52.0	1.125	4.159

Copyright © 1998-2023 ADAMA Engineering, Inc. License number MSEW-401376

Tubería DRAINPIPE

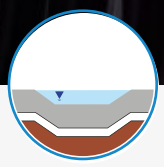
GEOMATRIX
Los Expertos en Geosintéticos

Tubería flexible corrugada para subdrenaje, hecha en Polietileno de Alta Densidad HDPE(1).

Tiene sección circular y está dotada de orificios en su perímetro para captar el exceso de agua libre en el suelo. Presenta alta resistencia a la compresión y al impacto, alta área abierta (perforaciones), es resistente al ataque de productos químicos y tiene facilidad de curvatura que facilita el transporte y la instalación de suelos y capas granulares.


Subdrenaje en vías


Subdrenaje en muros


Subdrenaje en canales


Subdrenaje en tuneles

PROPIEDADES FÍSICAS	NORMA DE ENSAYO	UNIDAD	VALORES TÍPICOS	
			4"	6"
Material			Polietileno de alta densidad (HDPE)	
Área abierta (perforaciones)	ASTM F 667	cm2/m	122	96
Diámetro interno (2)	ASTM D 2122	mm	100	148
Diámetro externo (2)	ASTM D 2122	mm	112	165
PROPIEDADES MECÁNICAS				
Rigidez del tubo al 5% de la deflexión	ASTM D 2412 ASTM F 667	psi	> 30	
Elongación	ASTM F 667	%	< 5	
PRESENTACIÓN				
Longitud del tubo (3)	Medido	m	50 - 100 150 - 200	50 - 100
Sistemas de unión			Acoples de unión	

Observaciones:
TÍPICOS: Los datos presentados corresponden a valores promedio de los ensayos estadísticos dela producción. **(1)** Tubería tipo pesado Heavy Duty de acuerdo con la norma ASTM -F405 y ASTM -F667 "Standar Specification for Corrugated Polyethylene. **(2)** El diámetro del tubo puede variar en un rango de +3/-1,5%. **(3)** La longitud del tubo puede variar en un rango de +/-0,6%

Geomatrix se reserva el derecho a hacer sin previo aviso cambios en esta hoja técnica por actualización y mejora de sus productos.

Geomatrix cuenta con su propio laboratorio de ensayos acreditado por el **Geosynthetic Accreditation Institute – Laboratory Accreditation Program GAI-LAP),** que garantiza su competencia e independencia para llevar a cabo pruebas específicas de Geosintéticos.

El alto nivel de calidad permanente se garantiza mediante un sistema de gestión de calidad, bajo la norma **NTC-ISO 9001-2015,** para el diseño, desarrollo, producción, comercialización y soporte técnico de materiales geosinteticos, asi como la implementación de buenas prácticas enmarcadas en las normas **NTC-ISO 14001, NTC-ISO 45001;** y de un sistema de inspección y evaluación estricto, conforme a los lineamientos de las normas **ASTM D4354 y ASTM D4759** y de las especificaciones de supervivencia establecidas en **FHWA NHI 07 – 092 y AASHTO M288.**

Para mayor información consultar el sitio web **www.geomatrix.co**

QUALITY ACCREDITED LABORATORY GSI GAI - LAP ISO 17025 ASSURANCE

2022 - 03

Geomallas
FORTGRID® UX
Geomallas Uniaxiales

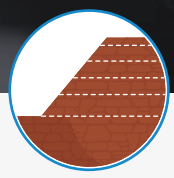
GEOMATRIX
Los Expertos en Geosintéticos

Las geomallas uniaxiales FORTGRID son elaboradas con el exclusivo Multifilamento G5 de Poliéster de Alta Tenacidad (PET) [1], desarrolladas para interactuar con suelos y agregados pétreos, proporcionando alta resistencia a la tensión y alto módulo de deformación a las estructuras de suelo que conforman.

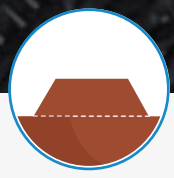
Las fibras de geomalla son recubiertas con un copolímero que le otorga mayor rígidez dimensional y la protección necesaria en su instalación. FORTGRID UX presenta estabilidad en el comportamiento mecánico a largo plazo a través de su baja plastodeformación (bajo creep), lo cual representa permanencia en la función de refuerzo a través del tiempo y control de deformaciones en la estructura reforzada.
FORTGRID UX es empleada en la construcción de taludes de alta pendiente, muros de contención en suelo reforzado y terraplenes sobre suelos blandos.



Refuerzo de muros de contención.



Estabilización de taludes de alta pendiente.



Terraplenes sobre suelos blandos.

PROPIEDADES MECÁNICAS	NORMA DE ENSAYO	UNIDAD	VALORES MARV
			UX 50
Resistencia última a la tensión (MD) [2]	ASTM D 6637	kN/m	55,0
Resistencia última a la tensión (TD) [2]		kN/m	24,0
Elongación última (MD) [3]		%	11,2
Resistencia máxima disponible para diseño a 75 años	GRI - GG4 (b)	kN/m	27,5
Módulo secante al 2% elongación (MD)	ASTM D 6637	kN/m	593,6
Coeficiente de interacción por Pull Out Ci @ 24 kPa	ASTM D 6706		1,09
PROPIEDADES FÍSICAS			
Tamaño de abertura (MD) [3]	Medido	mm	30
Tamaño de abertura (TD) [3]	Medido	mm	27
PRESENTACIÓN DEL ROLLO			
Ancho [4] x largo	Medido	m	5,30 x 90

Observaciones:
MARV: Los valores reportados corresponden a los mínimos valores promedio de rollo (MARV en inglés), los cuales son calculados del promedio menos dos desviaciones estándar de un población de datos extensa y que estadísticamente representa un 97,7 % de nivel de confianza que cualquier muestra tomada para aseguramiento de la calidad, excederá el valor reportado. **MD:** Dirección de la máquina, a lo largo de los rollos. **TD:** Dirección transversal a través del largo de los rollos. **(1)** Poliéster de alta tenacidad (PET) de peso molecular mayor a 25000 g/mol y grupos carboxilo finales a menores a 30, resistente a la degradación por rayos UV, biológicamente inerte y resistente a ácidos, álcalis y condiciones químicas presentes naturalmente en los suelos. **(2)** Las propiedades de tensión se determinaron empleando la opción B (Múltiples costillas) del Método de prueba ASTM D6637 debido a que tiene en cuenta la interacción de todas las costillas en el ancho del espécimen. **(3)** Valor promedio. **(4)** El ancho puede variar en un rango de +/- 1,0%.

Geomatrix se reserva el derecho a hacer sin previo aviso cambios en esta hoja técnica por actualización y mejora de sus productos.

Geomatrix cuenta con su propio laboratorio de ensayos acreditado por el **Geosynthetic Accreditation Institute – Laboratory Accreditation Program GAI-LAP),** que garantiza su competencia e independencia para llevar a cabo pruebas específicas de Geosintéticos.

El alto nivel de calidad permanente se garantiza mediante un sistema de gestión de calidad, bajo la norma **NTC-ISO 9001-2015,** para el diseño, desarrollo, producción, comercialización y soporte técnico de materiales geosinteticos, asi como la implementación de buenas prácticas enmarcadas en las normas **NTC-ISO 14001, NTC-ISO 45001;** y de un sistema de inspección y evaluación estricto, conforme a los lineamientos de las normas **ASTM D4354 y ASTM D4759** y de las especificaciones de supervivencia establecidas en **FHWA NHI 07 – 092 y AASHTO M288.**

Los valores de las propiedades mecánicas corresponden a la resistencia nominal del material Tult. Para efectos de diseño, se debe determinar la resistencia disponible Tdisp considerando la aplicación de factores de reducción que cuantifican la afectación del material por daños de instalación, daños por ataques químicos y por fluencia mediante la ecuación (a) así:

$$T_{disp} = \frac{T_{ult}}{RF_{CR} * RF_{D} * RF_{ID}} \quad (a)$$

En la Tabla 1 se presentan los valores mínimos para cada caso.

Tabla 1. Factores de reducción para **FOR**TEX®

N°	Factor de reducción		Valor	
1	Factor de reducción por creep RF_{CR} (Según ASTM D 5262 / 6992)			
	@ 75 años		1.58	
	@ 114 años		1.60	
2	Factor de reducción por durabilidad RF_{D} (daños por ataques químicos ó bacteriológicos)[b]	3<pH<5 8<pH<9		5<pH<8
		1.30		1.15
3	Factor de reducción por daños durante la instalación RF_{ID} [b] [c]	Material tipo 1. Tamaño máx 100 mm. (4plg) alrededor de 30mm (1¼plg)		Material tipo 2. Tamaño máx 20mm (¾plg). alrededor de 0,70mm (¼plg)
		1.30 - 1.85		1.10 - 1.30

(b) De acuerdo con FHWA-NHI-10-024, según ensayos GRI GG7 – GRI GG8;
(c) La resistencia en los nudos es superior a 110 N, superando los requisitos de supervivencia ante daños de instalación de acuerdo con FHWA NHI-07-092. Los valores bajos del rango se asocian con materiales poco abrasivos, colocados con equipo de construcción convencional, con presiones de inflado menores a 550 kPa (80 psi). Los valores altos del rango se asocian con materiales abrasivos provenientes de trituración.

El Multifilamento G5 debe su alta estabilidad química y física a la complejidad polimérica del Poliéster de Alta Tenacidad (PET) utilizado y al proceso de transformación de GEOMATRIX, que incluye procesos especiales de tensionamiento y orientación mediante los cuales se le confieren características particulares entre las cuales se destacan la alta resistencia a la tensión y el alto módulo de deformación, bajo creep, resistencia a la carga cíclica y resistencia a las altas temperaturas. Estas características, combinadas con la técnica de construcción y el impregnado con copolímero, dan como resultado una geomalla de alto desempeño, resistente al daño por instalación, de alta estabilidad dimensional y alta eficiencia en la interacción con el agregado (entrabamiento).

Los resultados obtenidos en ensayos de deformación plástica (creep) efectuados a las geomallas FORTGRID® en laboratorio acreditado GAI – LAP demuestran que éstas pueden reforzar suelos utilizando hasta el 62,5% de la resistencia última sin presentar deformación plástica, en períodos hasta de 114 años, como se aprecia en la figura 1.

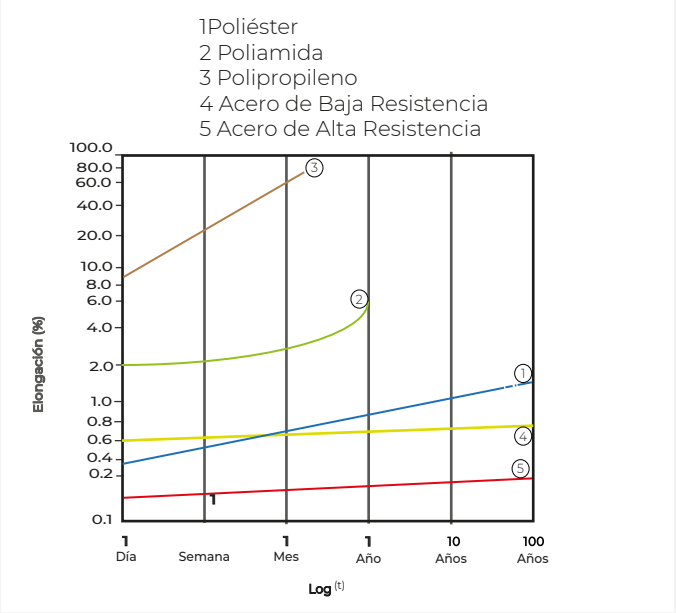


Figura 1. Deformación plástica a través del tiempo. Materiales sometidos al 60% de su carga última en tensión. Adaptado de (Pilarzick K.W. Geosynthetics in Hydraulic and Coastal Engineering)

Para mayor información consultar el sitio web **www.geomatrix.co**

2022 - 03

Geodrén

PERMADRAIN®

GEOMATRIX
Los Expertos en Geosintéticos

PERMADRAIN es un geocompuesto que presenta en un solo producto un sistema de drenaje integral, conformado por un medio drenante tipo geored de HDPE que se confina por ambas caras por un medio filtrante en geotextil no tejido

La geored ofrece alta resistencia a la compresión, manteniendo constante su espesor bajo altas solicitaciones de carga. El geotextil está conformado por fibras que permiten el paso eficiente del agua, conservando su geometría y tamaño de abertura de poros bajo las más exigentes condiciones de tensión y/o confinamiento. PERMADRAIN es un producto ligero, fácil de transportar y gracias a su elevada capacidad hidráulica es empleado en subdrenes para vías, canales, muros de contención, cimentaciones, sótanos, túneles, rellenos sanitarios, campos deportivos y cubiertas ajardinadas.


Subdrenaje en vías


Subdrenaje en muros


Subdrenaje horizontal


Subdrenaje en muros de contención

GEOTEXTIL

PROPIEDADES MECÁNICAS	NORMA DE ENSAYO	UNIDAD	VALORES TÍPICOS
			450
Carga a la rotura (Método Grab)	ASTM D 4632	N	500
Resistencia al punzonamiento	ASTM D 6241	N	1500
Resistencia al rasgado trapezoidal	ASTM D 4533	N	200
PROPIEDADES HIDRÁULICAS			
Permeabilidad	ASTM D 4491	cm/s	0,220
Permitividad		s^{-1}	2,6
Tasa de flujo		$l/min/m^2$	7420

GEORED

PROPIEDADES MECÁNICAS	NORMA DE ENSAYO	UNIDAD	
Esfuerzo a compresión al punto de fluencia	ASTM D 6364	kPa	800
Fuerza a la rotura	ASTM D 7179	kN	9,5

PROPIEDADES HIDRÁULICAS [3]	PERMADRAIN 450							
Tasa de flujo por unidad de ancho y transmisividad. hidráulica (ASTM D 4716)	Tasa de fujo (l/min/m)				Transmisividad (E -03 m^2/s)			
Presión (kPa)	Gradiente hidráulico							
	0,05	0,1	0,5	1,0	0,05	0,1	0,5	1,0
50	13,4	21,1	54,8	81,7	4,4	3,5	1,9	1,4
200	12,5	18,9	50,7	76,1	4,2	3,1	1,7	1,3
500	11,1	17,6	45,9	68,7	3,7	2,9	1,5	1,2

RECOMENDACIÓN DE USO

Subdrenes longitudinales
Subdrenes verticales
Subdrenes horizontales en muros de contención MSE

PRESENTACIÓN DEL ROLLO

Ancho[1]	Medido	m	2,0	1,0	0,5
Largo[2]		m		50	
Área		m^2	100	50	25

Observaciones:
TIPICOS: valores presentados, corresponden a valores promedio por rollo de ensayos estadísticos de la producción. (1) El ancho puede variar en un rango de +/- 2 cm. (2) El largo puede varian en un rango de +/- 1,0%.
(3) Valores índice usados para propósitos de control de calidad bajo condiciones estándares de prueba. Las condiciones particulares de uso final del producto deben ser establecidas a través de un diseño de ingeniería.
TUBULAR: Con funda para tubo de subdrenaje
PLANAR: Sin funda

Geomatrix se reserva el derecho de hacer, sin previo aviso, cambios en esta hoja técnica por actualización y mejora de sus productos

Geomatrix cuenta con su propio laboratorio de ensayos, acreditado por el **Geosynthetic Accreditation Institute - Laboratory Accreditation Program (GAI-LAP),** el cual garantiza la competencia e independencia del laboratorio para llevar a cabo pruebas específicas de geosintéticos

El alto nivel de calidad permanente se garantiza mediante la implementación de buenas prácticas de un sistema de gestion de calidad enmarcado en las normas **NTC-ISO 9001, NTC-ISO 14001 y NTC-ISO 45001;** así como un sistema de inspección y evaluación estricto, conforme a los lineamientos de las normas **ASTM D 4354 y ASTM D 4759** y de las especificaciones de supervivencia establecidas en **FHWA NHI 07-092 y AASHTO M288.**

Para mayor información consultar el sitio web: **www.geomatrix.co**

2022-06



Geotextiles Tejidos

FORTEX BX

GEOMATRIX
Los Expertos en Geosintéticos

FORTEX BX es un geotextil tejido con multifilamentos de poliéster de alto módulo (PET)[1] caracterizado por presentar alto desempeño mecánico e hidráulico.

Su estructura está definida por la técnica de inserción de trama, la cual le confiere la más rápida respuesta en tensión ante las deformaciones del suelo y estabilidad en el desempeño hidráulico en cualquier nivel de tensión o confinamiento. FORTEX ha sido especialmente desarrollado para satisfacer los requerimientos de las principales especificaciones de construcción de vías para refuerzo, filtración, separación y estabilización mecánica.



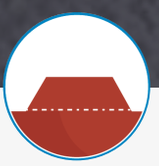
Subdrenajes



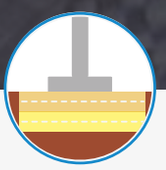
Refuerzo de subrasantes



Muros de contención



Terraplenes sobre suelos blandos



Refuerzo de suelos de cimentación

PROPIEDADES MECÁNICAS		NORMA DE ENSAYO	UNIDAD	DATOS MARV
				BX 30
Método Grab Resistencia a la rotura	(MD)	ASTM D4632	N	1480
	(TD)			1560
Método Tira Ancha Resistencia última (elongación[2])	(MD)	ASTM D4595	kN/m (%)	30 (21)
	(TD)			31 (19)
Resistencia máxima disponible para diseño a 75 años		GRI GT7	kN/m	15,0
Resistencia al punzonamiento estático CBR		ASTM D6241	N	4320
Resistencia al rasgado trapezoidal	(MD)	ASTM D4533		600
	(TD)			530
Estabilidad UV - Resistencia retenida después de 500h		ASTM D4355	%	>50
PROPIEDADES HIDRÁULICAS[2]				
Tamaño de abertura aparente		ASTM D4751	mm	0,150
Permeabilidad		ASTM D4491	cm/s	0,089
Permitividad			s^{-1}	0,806
Tasa de flujo			l/min/m^2	2417
PRESENTACIÓN ROLLO				
Ancho[3] x largo		Medido	m	3,8 x 120
Área			m^2	456
Ancho[3] x largo			m	4,4 x 100
Área			m^2	440
Ancho[3] x largo			m	5.30 x 80
Área			m^2	424

Observaciones:

MARV: Los valores reportados corresponden a los mínimos valores promedio de rollo (MARV en inglés), los cuales son calculados del promedio menos dos desviaciones estándar de un población de datos extensa y que estadísticamente representa un 97,7 % de nivel de confianza que cualquier muestra tomada para aseguramiento de la calidad, excederá el valor reportado. MD: Dirección de la máquina, a lo largo de los rollos. TD: Dirección transversal a través del largo de los rollos. (1) Poliéster de alta tenacidad (PET) de peso molecular mayor a 25000 g/mol y grupos carboxilo finales a menores a 30, resistente a la degradación por rayos UV, biológicamente inerte y resistente a ácidos, álcalis y condiciones químicas presentes naturalmente en los suelos. (2) Valor promedio. (3) El ancho puede variar en un rango de +/- 1,0%.
Geomatrix se reserva el derecho de hacer sin previo aviso, cambios en esta hoja técnica por actualización y mejora de sus productos.

Geomatrix cuenta con su propio Laboratorio acreditado por el Geosynthetic Accreditation Institute – Laboratory Accreditation Program (GAI-LAP), el cual garantiza la competencia e independencia del Laboratorio para llevar a cabo pruebas específicas de Geosintéticos.

El alto nivel de calidad permanente se garantiza mediante la implementación de buenas prácticas de un sistema de gestión de calidad enmarcado en las normas NTC-ISO 9001, NTC-ISO 14001, NTC-ISO 45001; así como de un sistema de inspección y evaluación estricto, conforme a los lineamientos de las normas ASTM D4354 y ASTM D4759 y de las especificaciones de supervivencia establecidas en FHWA NHI 07 – 092 y AASHTO M288.

GEOMATRIX
Los Expertos en Geosintéticos

Los valores de las propiedades mecánicas corresponden a la resistencia nominal del material Tult. Para efectos de diseño, se debe determinar la resistencia disponible Tdisp considerando la aplicación de factores de reducción que cuantifican la afectación del material por daños de instalación, daños por ataques químicos y por fluencia mediante la ecuación (a) así:

$$T_{disp} = \frac{T_{ult}}{RF_{CR} * RF_{D} * RF_{ID}} \quad (a)$$

En la Tabla 1 se presentan los valores mínimos para cada caso.

Tabla 1. Factores de reducción para FORTEX

N°	Factor de reducción		Valor	
1	Factor de reducción por creep RF_{CR} (Según ASTM D 5262 / 6992)			
	@ 75 años		1.58	
	@ 114 años		1.60	
2	Factor de reducción por durabilidad RF_{D} (daños por ataques químicos ó bacteriológicos)[b]	3<pH<5 8<pH<9		5<pH<8
		1.30		1.15
3	Factor de reducción por daños durante la instalación RF_{ID} [b] [c]	Material tipo 1. Tamaño máx 102mm.D_{50} alrededor de 30mm		Material tipo 2. Tamaño máx 20mm.D_{50} alrededor de 0,70mm
		1.40 - 2.20		1.10 - 1.40

(b) De acuerdo con FHWA-NHI-10-024, según ensayos GRI GG7 – GRI GG8
(c) Los valores bajos del rango se asocian con materiales poco abrasivos colocados con equipo de construcción convencional, con presiones de inflado menores a 550 kPa (80 psi). Los valores altos del rango se asocian con materiales abrasivos provenientes de trituración.

Las fibras de poliéster denominadas Multifilamento G5 deben su alta estabilidad química y física a la complejidad polimérica del poliéster de alta tenacidad PET utilizado y a la tecnología de transformación de Geomatrix, que incluye procesos de tensionamiento y orientación que les confieren alta resistencia a la tensión y alto módulo de deformación como se aprecia en la Figura 1, además de bajo creep, resistencia a la carga cíclica y resistencia a las altas temperaturas. Estas características, combinadas con la técnica de construcción por inserción de trama, dan como resultado un geotextil que hace un importante aporte mecánico a las estructuras que refuerza, con capacidad para controlar las deformaciones de los suelos a largo plazo.

PET: Poliéster de alta tenacidad
PP: Polipropileno
HDPE: Polietileno de alta densidad

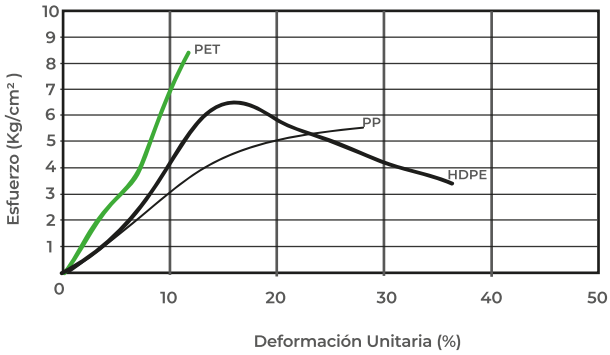


Figura 1. Relación Resistencia a la tensión – Deformación. en fibras de la misma masa (Tomado de Typical properties of fibers. Batson.)

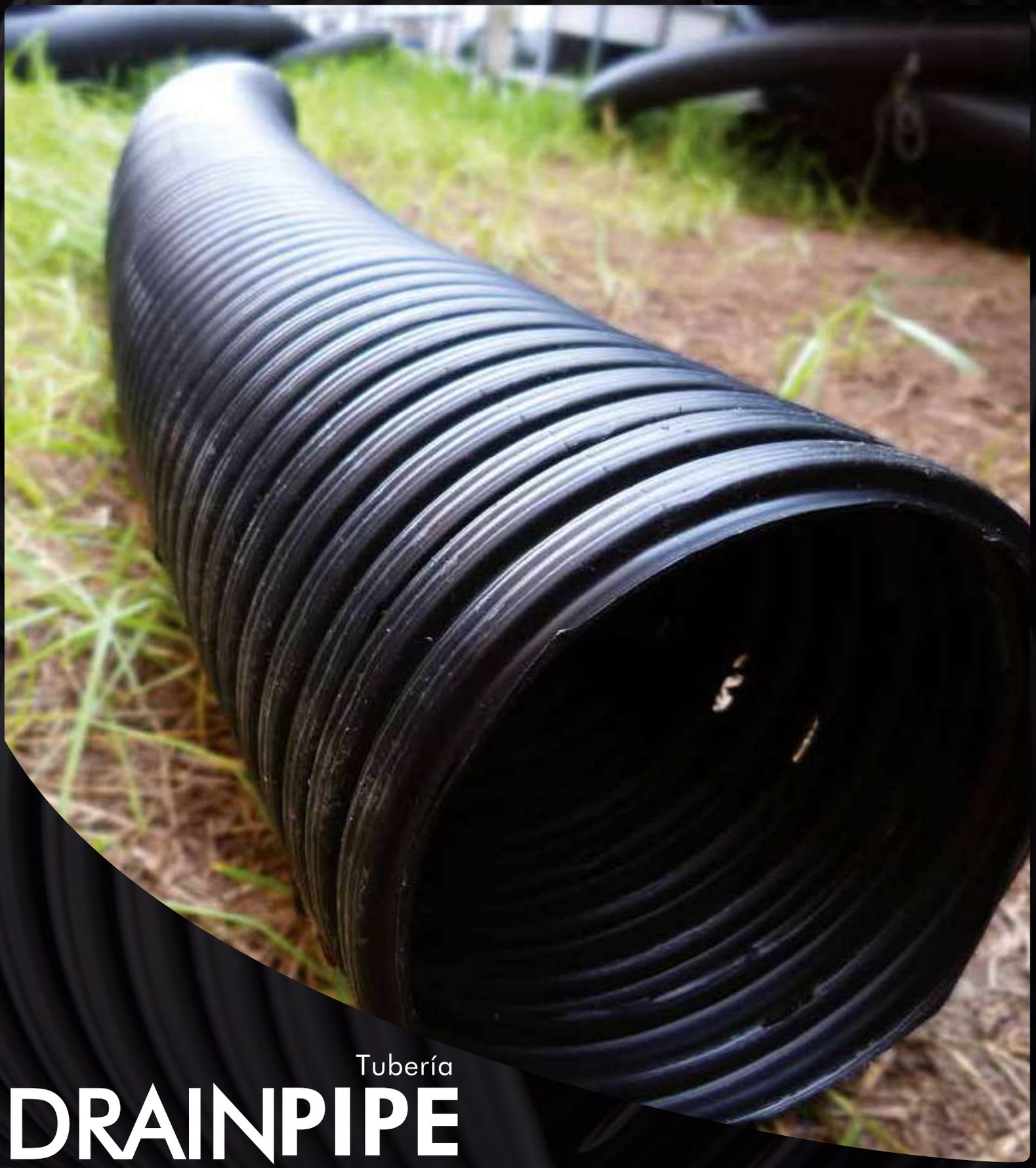
QUALITY ACCREDITED LABORATORY GSI GAI - LAP ISO 17025 ASSURANCE

2023-06

Para mayor información consultar el sitio web **www.geomatrix.co**

GEOMATRIX

Los Expertos en Geosintéticos



Tubería

DRAINPIPE

Tubería

PIPEDRAIN



Tubería para subdrenaje elaborada en Polietileno de alta densidad (HDPE) con sección circular, corrugada y dotada en su perímetro de orificios para captar el exceso de agua libre en el suelo. Presenta alta resistencia al ataque de productos químicos, alta resistencia a la compresión, alta resistencia al impacto, alta área abierta (perforac ones), facilidad de curvatura debido a su gran flexibilidad y facilidad de transporte e instalación.

CARACTERÍSTICAS

- Perfil corrugado que aumenta su resistencia a la compresión y disminuye su deformabilidad.
- Son resistentes al impacto y toleran diferentes condiciones de apoyo a lo largo de su alineamiento.
- Presentan perforaciones en los valles de las corrugaciones, para permitir la entrada eficiente del agua controlando el arrastre de partículas de suelo hacia su interior.
- Su flexibilidad permite su adaptación, de acuerdo a la necesidad particular del proyecto.
- Son enrollables, lo cual facilita su transporte e instalación.
- Son resistentes a cualquier condición química o bacteriológica que se presenta en el suelo.
- Su diámetro interior permite utilizar accesorios de unión o acoples estándar para tubería sanitaria.

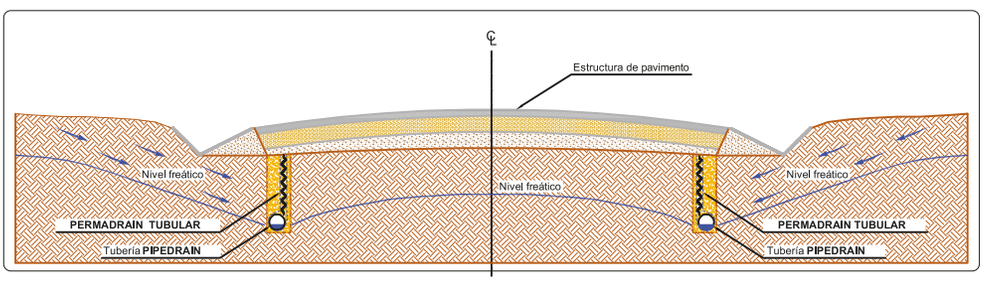
BENEFICIOS

- Aumentan el desempeño de estructuras de subdrenaje tradicionales como los filtros de grava o arena.
- Tienen alta área abierta que captan eficientemente el exceso de agua del suelo.
- Son resistentes, toleran condiciones difíciles de apoyo y altas sobrecargas.

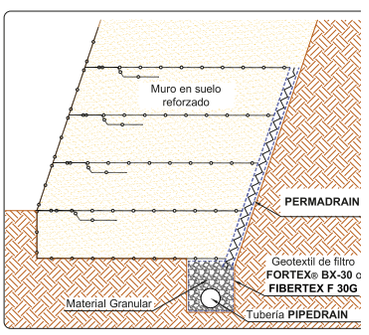
Propiedad	Unidad	PIPEDRAIN Φ 4"	PIPEDRAIN Φ 6"
Diámetro Externo	mm	112	165
Diámetro Interno	mm	100	148
Longitud	m	50-100	50

APLICACIONES

Captación y conducción de aguas en sistemas de subdrenaje.



- Subdrenaje longitudinal en vías



- Subdrenes en muros de contención

GEOMATRIX
Los Expertos en Geosintéticos



Geotextiles Tejidos

FORTEX

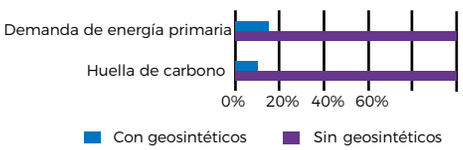
¿POR QUÉ USAR GEOSINTÉTICOS?

Los geosintéticos contribuyen a:

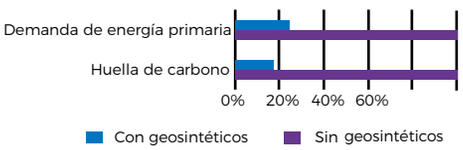
- La reducción del consumo de energía en comparación con concreto y acero.
- El aprovechamiento, conservación y cuidado del agua.
- La mitigación de riesgos.
- La aumento de la vida útil de las obras.

A continuación, se presenta un analisis comparativo en términos de la demanda de energía primaria y huella de carbono para tres soluciones de ingeniería tradicionales que pueden replantearse con el uso de geosintéticos.

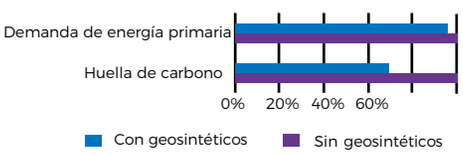
Capa de filtro en vías



Muro en suelo reforzado



Estabilización de suelos



Fuente: https: //www.eagm.eu/carbonfootprint

Conoce nuestra declaración de sostenibilidad en : https://geomatrix.co/sostenibilidad/

Geotextiles Tejidos

FORTEX

Los geotextiles tejidos de alto módulo FORTEX BX están diseñados para satisfacer las principales especificaciones de construcción, especialmente las relacionadas con requerimientos de filtro, separación, estabilización, refuerzo de suelos y control de erosión, contempladas en normativas internacionales como la AASHTO M-288.

Se fabrican con el exclusivo Multifilamento G5 de Poliéster de Alta Tenacidad de GEOMATRIX, empleando una avanzada tecnología de tejido en el que las fibras que van en sentido longitudinal no se entrelazan con las fibras que van en el sentido transversal, como es usual en geotextiles tejidos de cinta plana. Por esta razón, el tensionamiento de las fibras es inmediato, directo y el geotextil logra absorber los esfuerzos desde muy bajos niveles de elongación, garantizando el desempeño mecánico e hidráulico en cualquier ambiente de tensión o confinamiento.

Como ventaja inherente al poliéster de alta tenacidad PET, los geotextiles FORTEX BX ofrecen una inmejorable resistencia a la deformación bajo cargas constantes en largos periodos de vida útil (bajo creep), toleran las altas temperaturas y son resistentes a los ataques químicos, biológicos y a los rayos UV.

VENTAJAS



- Su alto módulo controla la deformación del suelo desde mínimas elongaciones.
- Sus fibras multifilamento y técnica de tejido proporcionan alta permitividad que reduce los excesos de presión de poros en las masas de suelo.
- Su alta resistencia a la tensión aumenta la resistencia al corte del suelo.
- Su bajo creep garantiza un amplio rango de linealidad elástica con un consecuente control de deformaciones a largo plazo.
- Además de su alta capacidad de refuerzo, se desempeña adecuadamente como elemento separador y de filtro.
- Alta capacidad de interacción con el suelo por fricción.
- Durable ante ambientes agresivos que puedan darse naturalmente en los suelos.
- Disponible en anchos hasta de 6.20m que reducen la cantidad de juntas y traslapos, así como mayor rendimiento en tiempo de instalación.

BENEFICIOS

Para estructuras de pavimento:

- Conformación controlada de capas de mejoramiento de subrasante que evitan la aparición de fallas puntuales (fallos).
- Control de la cantidad de material grueso en casos de construcción de capas de mejoramiento de subrasante sobre suelos blandos compresibles (turbas o depósitos lacustres).
- Aumento en la capacidad de la estructura para distribuir esfuerzos, aliviando las solicitaciones sobre la subrasante.
- Aumento de la capacidad de recuperación elástica de la estructura y de la capacidad de soportar cargas dinámicas.

Para estructuras geotécnicas:

- Alta resistencia disponible a la tensión para la conformación de muros de contención MSE.
- Bajo creep que garantiza el control de las deformaciones del suelo a largo plazo.
- Evita la generación de presiones de poros.

FUNCIÓN	Fortex BX 30	Fortex BX 40	Fortex BX 650	Fortex BX 760	Fortex BX 1090	Fortex BX 1330	Fortex BX 2220
Separación	●	●	●	●	○	○	○
Filtro y drenaje	●	●	○	○	○	○	○
Estabilización	○	○	●	●	●	●	●
Refuerzo[1,2]	○	○	●	●	●	●	●

● Usualmente aplicable
○ Aplicable como función complementaria

Nota 1:

CBR (%)	Tipo de geotextil
<0,5	FORTEX BX 2220
0,5-0,8	FORTEX BX 1330
0,8-1,5	FORTEX BX 1090
1,5-2,5	FORTEX BX 760
2,5-3,0	FORTEX BX 650

Nota 2: Consultar aplicativo de diseño web

*Adaptado de U.S. Department of Transportation Federal Highway Administration. Publication No. FHWA NHI-07-092. "Geosynthetic Design & Construction Guidelines". Tabla 5-10. pp. 5-55.



APLICACIONES

Refuerzo de Subrasante

Para carreteras en pavimentos rígidos, flexibles o articulados, vías provisionales, caminos, parqueaderos, ciclorutas, ferrocarriles, pistas de aeropuertos, terminales de contenedores, plataformas de carga, terraplenes y diques.



Separación y Filtro

Gracias a su estructura, los geotextiles FORTEX BX ofrecen tamaños de abertura homogéneos, estabilidad en el desempeño hidráulico en cualquier condición de tensión o confinamiento evitando los excesos de presión de poros entre capas de pavimento o para la conformación de subdrenes longitudinales.



Control de Erosión

Empleado frecuentemente como filtro y sistema de estabilización bajo revestimiento con enrocado, gaviones o Colchacretos en taludes de márgenes ribereñas o líneas costeras, canales, accesos y descargas de puentes y demás estructuras hidráulicas.



Sistemas de Subdrenaje

Utilizado en sistemas de subdrenaje en vías, caminos, edificaciones, vías férreas, estructuras hidráulicas, laderas, taludes, muros, áreas deportivas y lechos de filtración.



+57 3133333670

Tel: (+57) 601 4249996

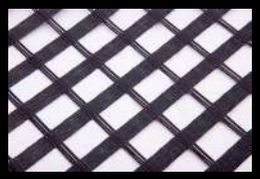
www.geomatrix.co

Síguenos en:

QUALITY ACCREDITED LABORATORY GSI GAI - LAP ISO 17025 ASSURANCE

ISO 9001:2015 BUREAU VERITAS Certification

GEOMATRIX
Los Expertos en Geosintéticos



Geomallas

FORTGRID UX

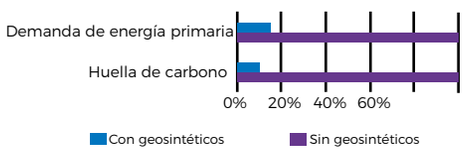
¿POR QUÉ USAR GEOSINTÉTICOS?

Los geosintéticos contribuyen a:

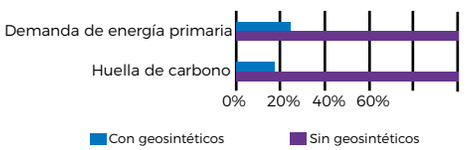
- La reducción del consumo de energía en comparación con concreto y acero.
- El aprovechamiento, conservación y cuidado del agua.
- La mitigación de riesgos.
- La ampliación de la vida útil de las obras.

A continuación, se presenta un analisis comparativo en términos de la demanda de energía primaria y huella de carbono para tres soluciones de ingeniería tradicionales que pueden replantearse con el uso de geosintéticos.

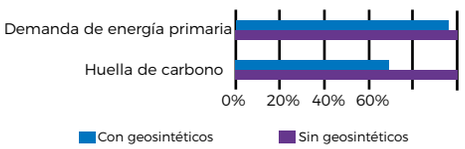
Capa de filtro en vías



Muro en suelo reforzado



Estabilización de suelos



Fuente: https: //www.eagm.eu/carbonfootprint

Conoce nuestra declaración de sostenibilidad en : https://geomatrix.co/sostenibilidad/

Geomallas

FORTGRID UX

FORTGRID UX son geomallas uniaxiales desarrolladas para reforzar suelos brindando una opción avanzada para solucionar problemas cotidianos relacionados con estructuras de contención y estabilidad de laderas.

Son producidas con el exclusivo multifilamento G5 de poliéster de Alta Tenacidad PET, de Geomatrix e impregnadas con copolímero de alto desempeño, logrando alta capacidad de interacción con el suelo, alta resistencia a la tensión, alto módulo y bajo daño durante la instalación.

Las geomallas FORTGRID UX son el resultado de un cuidadoso proceso de desarrollo, teniendo en cuenta normas y especificaciones de producción de materiales y de construcción vigentes y pruebas de desempeño y evaluaciones efectuadas en laboratorios acreditados GAI - LAP.

CARACTERÍSTICAS

- Alta resistencia a la tensión.
- Amplio rango de resistencia a la tensión en condición de linealidad elástica.
- Alta estabilidad mecánica ante carga sostenida a largo plazo (bajo creep).
- Bajo daño de instalación. Resistencia en los nudos superior a 110 N, de acuerdo con FHWA NHI-07-092, evaluada bajo la norma ASTM D 5818.
- Alta capacidad de interacción con el suelo.
- Durabilidad ante ambientes agresivos que puedan darse naturalmente en los suelos.

VENTAJAS

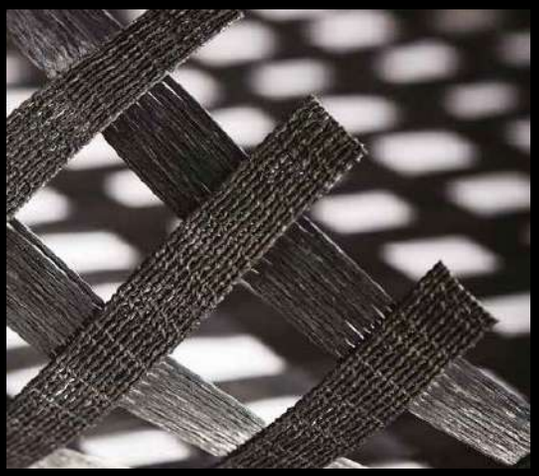
- Mayor resistencia disponible para diseño frente a geomallas coextruidas de polietileno de alta densidad HDPE, que permite mayor separación entre capas.
- Excelente interacción con el suelo que garantiza alta resistencia al arrancamiento (pull-out), dados sus tamaños de abertura y estructura.



FORTGRID UX

Geomallas

- Alto módulo que proporciona alta resistencia a valores mínimos de elongación, haciendo control de deformaciones.
- Amplia oferta de resistencias que permite mantener la separación entre capas, garantizando la industrialización y rendimiento del proceso constructivo.



BENEFICIOS

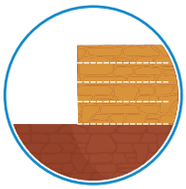
El refuerzo de suelos con geomallas FORTGRID UX genera:

- Aumento significativo de la resistencia al corte del suelo.
- Control de deformaciones a largo plazo.
- Alta estabilidad interna en la estructura de suelo reforzado.
- Menor afectación por exceso de presiones de poros frente a suelos no reforzados.

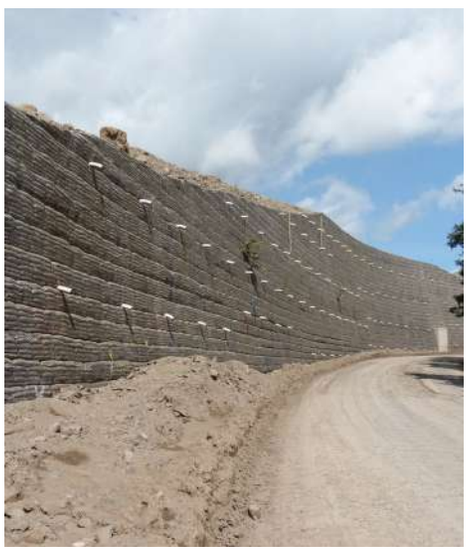


APLICACIONES

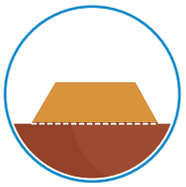
Muros de contención



Refuerzo de suelos en la construcción de muros de contención y en terraplenes de proximación a puentes, viaductos y como barreras antiruido en aeropuertos, entre otros.



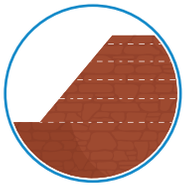
Fundación de Terraplenes



Refuerzo de suelos para la fundación de terraplenes sobre suelos de baja competencia mecánica para vías, diques o jarillones.



Taludes de alta pendiente



Terraplenes de carreteras, diques, presas, canales, rellenos de expansión, rellenos sanitarios, reparación de taludes deteriorados por deslizamiento y rehabilitación de áreas mineras.



GEOMATRIX
Los Expertos en Geosintéticos

Síguenos en:

+57 3133333670

+57 601 4249996

www.geomatrix.co

LAFAYETTE

QUALITY ACCREDITED LABORATORY GSI GAI - LAP ISO 17025 ASSURANCE

ISO 9001:2015 BUREAU VERITAS Certification

GEOMATRIX
Los Expertos en Geosintéticos



Geodrén

PERMADRAIN®

Geodrén

PERMADRAIN®



Es un geocompuesto para drenaje flexible y liviano que presenta, en un solo producto, un sistema completo y eficiente, compuesto por un medio drenante tipo geored y un medio filtrante en geotextil no tejido.

GENERALIDADES

La geored está conformada por dos capas de costillas paralelas sobrepuestas diagonalmente, formando canales con gran capacidad de flujo y aberturas en forma romboidal, que mantiene constante su espesor bajo altas solicitaciones de carga, garantizando la captación y conducción de las aguas de infiltración en condiciones de confinamiento. La geored es producida por extrusión de polietileno de alta densidad (HDPE) y es resistente a agentes químicos o biológicos que normalmente se presentan en los suelos.

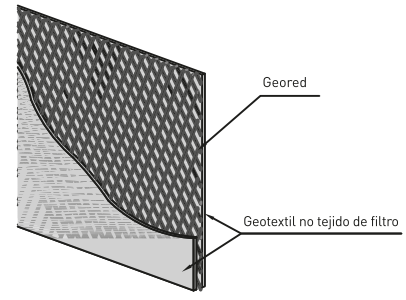
El medio drenante o geored, está confinado por ambas caras con geotextil no tejido de fibra corta de polipropileno (PP) que actúa como un medio filtrante que permite el paso eficiente del agua al tiempo que impide la intrusión de partículas de suelo hacia el medio drenante, gracias a su resistencia a la tensión y adecuado tamaño de abertura de poros, con lo cual se evita la colmatación del sistema y se garantiza su desempeño y capacidad hidráulica a largo plazo.

CARACTERÍSTICAS

Se presenta en dos referencias, PERMADRAIN PLANAR compuesto por el medio drenante y el geotextil de filtro en ambas caras, diseñado para conformar sistemas de subdrenaje horizontal o vertical en estructuras de contención y obras puntuales, y el PERMADRAIN TUBULAR, que incluye una funda inferior para alojar la tubería perforada PIPEDRAIN para evacuación de las aguas captadas, diseñado principalmente para drenaje vertical en obras lineales.

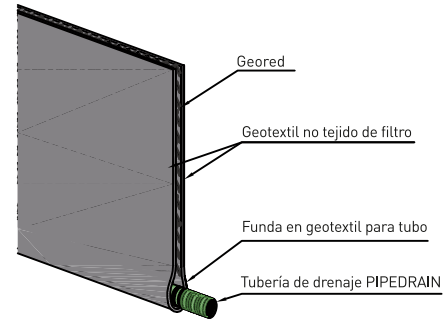


PERMADRAIN PLANAR





PERMADRAIN TUBULAR





VENTAJAS

- Genera alivio de empujes hidrostáticos.
- Evita la acumulación de agua y alivia la presión de poros.
- Su medio filtrante evita el paso de partículas finas hacia el medio drenante, garantizando su desempeño y vida útil.
- Permite construir sistemas de drenaje y subdrenaje reduciendo la sección de la zanja de excavación.
- Reduce los tiempos de instalación y disminuye los costos de construcción.
- Es un producto liviano y fácil de transportar.
- Es más eficiente y económico comparado con otras soluciones tradicionales de subdrenaje.
- No genera impacto ambiental y es altamente resistente ante ataques químicos y biológicos.
- Ofrece alta resistencia a la compresión, soportando grandes presiones o empujes de tierras manteniendo su eficiencia.

BENEFICIOS

- Su uso como sistema integral de subdrenaje en obras de ingeniería e infraestructura vial, garantiza que la estructura de pavimento permanezca libre de excesos de agua infiltrada o subterránea, aumentando su vida útil.
- En estructuras de contención, capta las aguas subsuperficiales entre el suelo retenido y la estructura de contención evitando el empuje hidrostático.
- En edificaciones además de ser un sistema de drenaje, brinda protección a la impermeabilización contra eventuales daños mecánicos, controlando infiltración de agua al interior y aparición de humedades.
- En estructuras térreas como terraplenes y muros de contención y taludes en suelo reforzado con geosintéticos, controla el exceso de agua libre evitando la generación de excesos de presiones de poros que reducen la competencia mecánica de los suelos.

APLICACIONES

Drenaje Vertical

- Sistemas de drenaje lateral en vías.
- Sistemas de drenaje en estructuras de contención flexibles o rígidas.
- Sistemas de drenaje y protección de la impermeabilización en construcciones subterráneas.
- Sistemas de drenaje en patios, zonas de estacionamiento y campos deportivos.

Drenaje Horizontal

- Sistemas de drenaje horizontal en muros en suelo reforzado.
- Sistemas de drenaje en patios y zonas de estacionamiento.
- Sistemas de drenaje en campos deportivos.
- Sistemas de drenaje en jardines y terrazas ajardinadas.
- Sistemas de drenaje en rellenos sanitarios.

www.geomatrix.co • servicioalcliente@geomatrix.com.co

Encuéntranos en:

LAFAYETTE

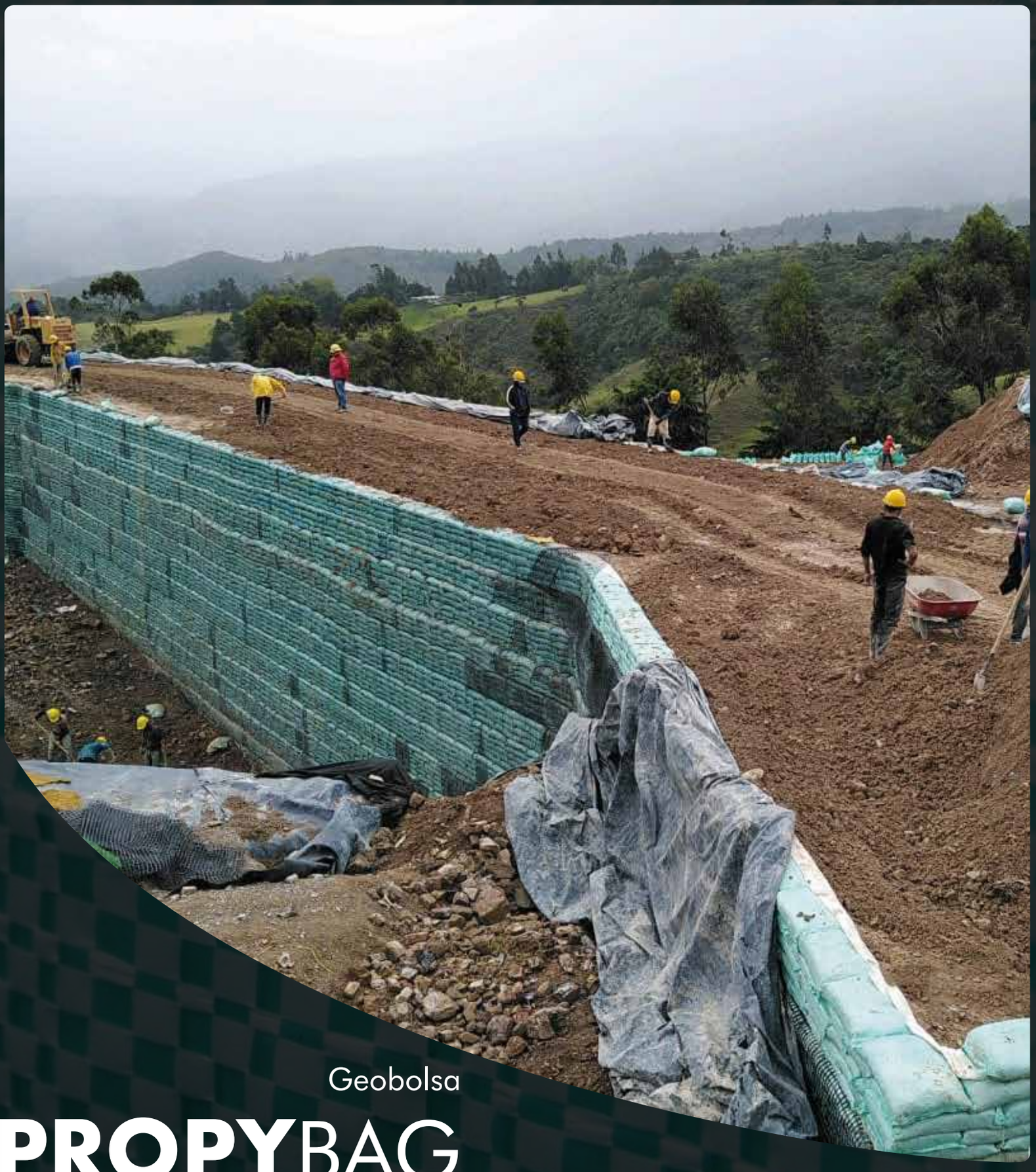
QUALITY ACCREDITED LABORATORY GSI GAI - LAP ISO 17025 ASSURANCE

ISO 9001:2015
BUREAU VERITAS
Certification

BUREAU VERITAS 1828

GEOMATRIX

Los Expertos en Geosintéticos



Geobolsa

PROPYBAG





Geobolsa

PROPYBAG

Son Geobolsas de geotextil para uso común en el confinamiento de suelos o materiales de construcción. También se utilizan para manejo de materiales o productos agrícolas o industriales.

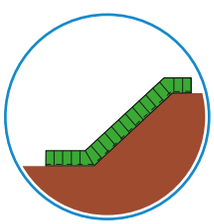
VENTAJAS

- Resistencia a la tensión, al punzonamiento y al rasgado.
- Resistentes al impacto normal en labores de transporte y almacenamiento.



APLICACIONES

- Confinamiento de suelo para control de erosión



www.geomatrix.co • servicioalcliente@geomatrix.com.co
Encuéntranos en:

LAFAYETTE

ISO 9001:2015 BUREAU VERITAS Certification

GEOMATRIX
Los Expertos en Geosintéticos

GUÍA DE USO E INSTALACIÓN

GUÍA DE MANEJO E INSTALACIÓN DE GEOSINTÉTICOS PARA ESTRUCTURAS EN SUELO REFORZADO.
APLICACIÓN DE GEOTÉXTILES DE ALTO MÓDULO FORTEX Y GEOMALLAS FORTGRID®

1. INTRODUCCIÓN

El adecuado manejo de los materiales geosintéticos y su correcta instalación son factores que influyen en el buen funcionamiento de las estructuras construidas con estos productos. En la siguiente guía se presentan procedimientos de manejo, transporte, almacenamiento e instalación para la construcción de estructuras en suelo mecánicamente estabilizado con geosintéticos.



Fotografía 1. Construcción de talud en suelo reforzado con geomalla FORTGRID®

2. RECOMENDACIONES PARA EL MANEJO, TRANSPORTE Y ALMACENAMIENTO

Los rollos de FORTGRID® y FORTEX® son livianos y de fácil manejo. Se presentan dentro de un empaque plástico que los identifica y protege durante el transporte y almacenamiento. Una vez en el sitio de la obra se recomienda:

- Almacenar bajo cubierta.
- Colocar sobre una superficie plana, lisa y seca.
- No colocar rollos en forma transversal a otros.

Cuando se requiera almacenar rollos en exteriores, estos deben levantarse de la superficie al menos 50 cm para evitar la humedad y cubrirse con carpas ó lonas para evitar la acción de la intemperie.

Cada uno de los rollos cuenta con una etiqueta con un número y un código de barras que los identifica y los relaciona con los registros de producción y de control de calidad. Para efectos de trazabilidad se recomienda conservar las etiquetas de los rollos.

3. RECOMENDACIONES SOBRE EL MATERIAL GRANULAR DE CONFORMACIÓN

Se recomienda utilizar material de la mejor calidad disponible. La granulometría del material pétreo y su angularidad son fundamentales, pues a mayor fricción entre partículas, mayor interacción del geosintético con el agregado y por lo tanto mejor desempeño. El material pétreo o suelo se deberá colocar y compactar hasta lograr el peso unitario mayor o igual al 98% del máximo obtenido en la prueba de compactación Proctor.

Los parámetros de resistencia al corte utilizados en el diseño deben verificarse siguiendo la norma de ensayo AASHTO T-236, método C ó D. Si más del 80% de partículas del material son mayores a 19 mm, no es necesario hacer esta verificación.

4. SECUENCIA CONSTRUCTIVA DE MUROS DE CONTENCIÓN EN SUELO REFORZADO

A continuación se presenta la secuencia constructiva para muros con la cara o fachada envuelta con el geosintético (Wrap Around Wall), en los que el mismo geosintético de refuerzo se usa como material para conformar la cara del muro.

4.1 Preparación y adecuación del terreno de fundación

Se recomienda seguir el siguiente procedimiento:

- Excavar hasta la cota de cimentación del muro de acuerdo con los planos de construcción.
- Remover la materia orgánica, ramas, rocas y otros elementos que estén en el área de cimentación, tal como se ilustra en la Fotografía 2.
- Inspeccionar el suelo de cimentación y compactarlo. Si se encuentra un tipo de suelo no adecuado para cimentar el muro, este se debe excavar y reemplazar con material seleccionado y compactarlo.



Fotografía 2. Adecuación del terreno de cimentación.

4.2 Preparación del material geosintético de refuerzo

El geosintético se desenrollará y cortará en tiras o franjas a la longitud necesaria de acuerdo con lo indicado en los cuadros de ubicación y cuantías de refuerzo de los planos de construcción.

4.3 Colocación del geosintético de refuerzo

- Disponer el geosintético por capas, evitando los pliegues o arrugas sobre el subsuelo y garantizando su nivel de colocación. El geosintético se debe fijar al suelo para evitar movimientos y garantizar su tensionamiento durante el descargue del material de conformación. Las franjas de geotextil o geomalla se deben disponer de manera que su

sentido principal (sentido longitudinal del rollo) quede transversal a la cara del muro.



Fotografía 3. Colocación del geosintético de refuerzo y traslapos.

- El material se deberá extender hacia el frente, dejando la longitud necesaria para el cierre de la capa y contrafuerte, como se muestra en la Fotografía 3.
- Las franjas se deberán instalar una al lado de la otra dejando traslapos entre sí. Los traslapos se deberán hacer en sentido paralelo a la dirección de la resistencia principal. El ancho recomendado para los traslapos es de 20 cm. En ningún caso se deberá hacer en la dirección del deslizamiento del muro. El traslapo se deberá hacer en forma continua a lo largo de toda la longitud de refuerzo.

4.4 Colocación del material de conformación

- El material pétreo o suelo de relleno se deberá colocar sobre el geosintético en capas de espesor no mayor a 25 cm o como se determine por el ingeniero del proyecto.
- El material de conformación se deberá compactar como mínimo hasta lograr un peso unitario mayor o igual al 98% del máximo obtenido en la prueba de compactación Proctor.
- La compactación en la parte frontal debe hacerse utilizando equipo manual vibratorio (plancha vibratoria o por impacto) procediendo desde el frente del muro hacia atrás para no sobrecargar la formaleta de confinamiento, como se muestra en la Fotografía 4.
- La compactación en la parte posterior, a más de 1.50 m del frente puede hacerse con equipo mayor, cuyo peso y energía de compactación deberá definirse de acuerdo con las condiciones del sitio.



Fotografía 4. Compactación con equipo liviano y pesado.

4.5 Conformación de la cara o fachada

Para los muros reforzados con geomallas se recomienda colocar adicionalmente un geotextil tejido FORTEX® que evite la migración del suelo por entre las aberturas de la geomalla de acuerdo a la Figura 1.

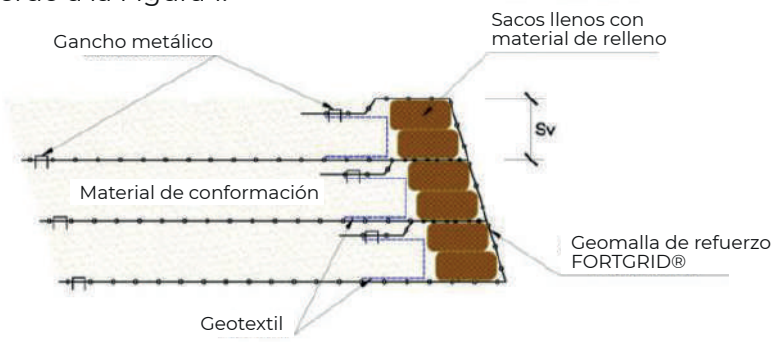


Figura 1. Cierre de capas de muros con geomallas FORTGRID® y geotextil FORTEX



Fotografía 5. Fachada de muro en suelo reforzado

En la Figura 2 se presenta la síntesis del proceso constructivo mencionado utilizando formaletas frontales.

1. Adecuar el terreno o superficie de apoyo de manera que quede nivelada.
2. Desenrollar el geosintético, cortar y extender de modo que la longitud de anclaje especificada, cubrir el frente de la capa y dejar un tramo sobrante de mínimo 1.20 m para realizar el cierre de capa.
3. Ubicar la formaleta en la parte frontal (sacos con material de relleno) y colocar en frente de él el geotextil no tejido.
4. Colocar un montículo de material contra la formaleta un poco mayor a la altura total de la capa. Compactar.
5. Colocar la cola del geosintético sobre la superficie del montículo y asegurar colocando un espesor de material de conformación sobre la punta de la cola. En caso que esta medida no sea suficiente se debe instalar grapas metálicas o ganchos en forma de "U" clavados en el suelo.
6. Completar el relleno hasta lograr el espesor de capa especificado, compactar y verificar la densidad.
7. Terminar la capa y continuar con el paso 1 sucesivamente hasta completar el número de capas requerido.

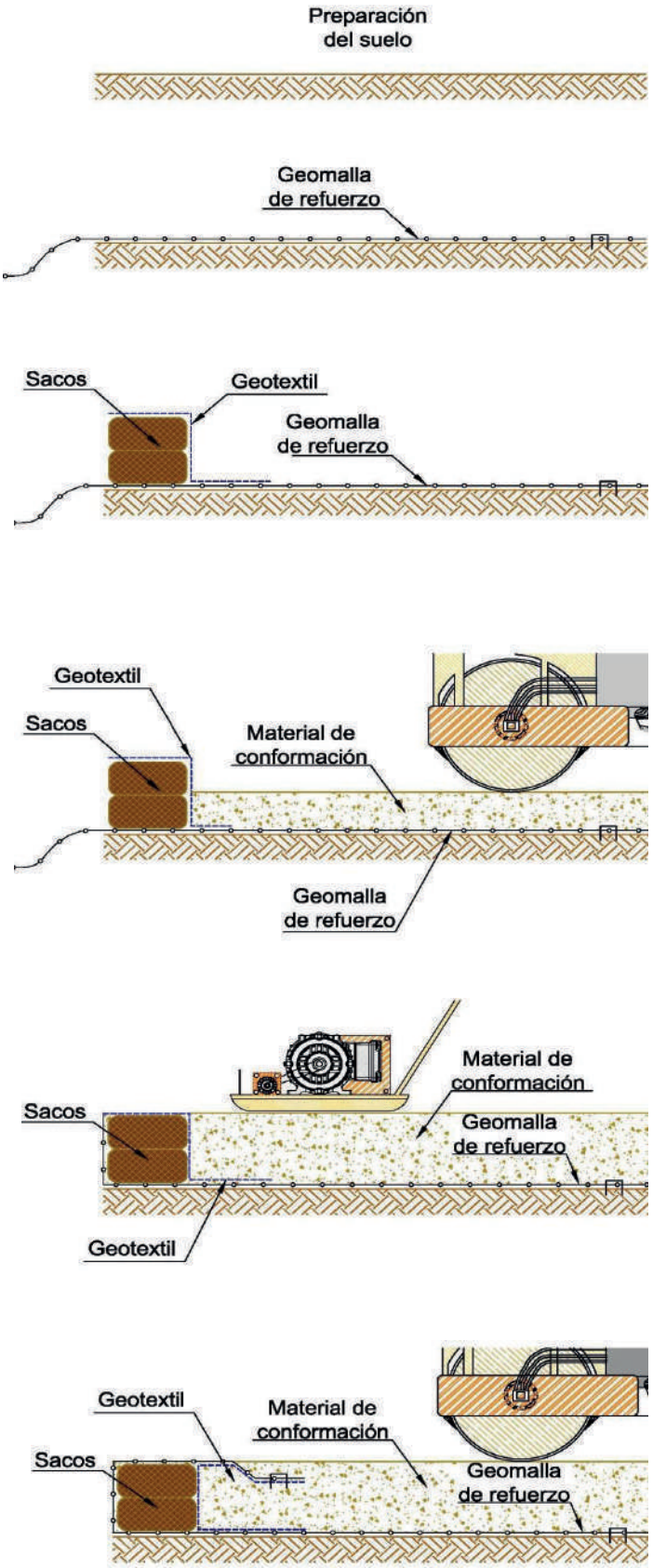


Figura 2. Procedimiento constructivo de muros, adaptado de [1]

5. SECUENCIA CONSTRUCTIVA DE TALUDES Y CARAS DE TERRAPLENES EN SUELO REFORZADO

La construcción de taludes y caras de terraplenes en suelo reforzado acoge un procedimiento similar a la construcción de muros mecánicamente estabilizados, diferenciándose en la inclinación de la cara.

Una alternativa para conformarla la cara del talud es perfilar cada capa hasta lograr la pendiente, tal como se indica en la Figura 3, donde se presenta el procedimiento general.

Otra manera para lograr la pendiente es desplazar cada capa en relación con la anterior en la medida que se asciende, caso en el cual cada frente de capa podrá ser vertical, como se indica en la Figura 4.

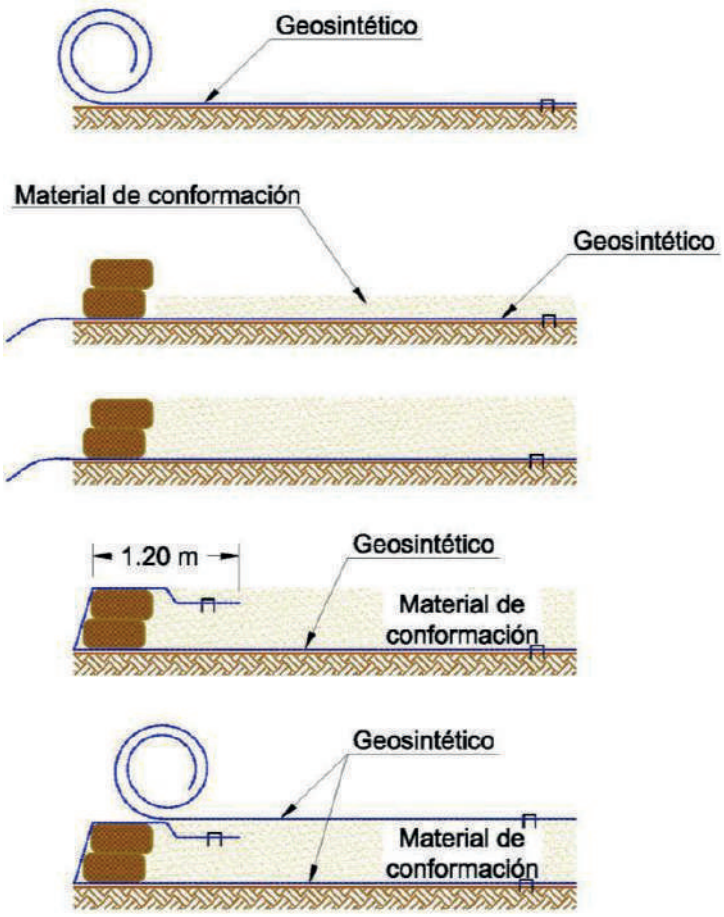


Figura 3. Procedimiento constructivo de terraplenes y taludes

1. Desenrollar el geosintético, cortar y extender de modo que tenga la longitud de anclaje especificada, cubrir el frente de la capa y dejar un tramo sobrante de 1.20 m para realizar el cierre de capa.
2. Colocar la capa o capas de material de conformación. Compactar y verificar la densidad.
3. Perfilar la cara de la capa compactada de acuerdo con la pendiente requerida.
4. Colocar la cola de geosintético sobre el material compactado conformando el cierre de capa. Instalar grapas metálicas o ganchos en forma de “U” clavados en el suelo.
5. Repetir los pasos 1 a 4 para cada una de las capas siguientes hasta completar la altura.

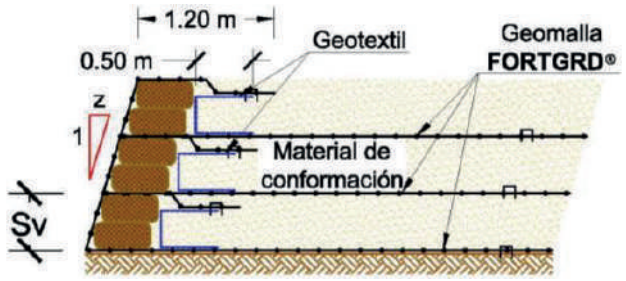


Figura 4. Conformación de la pendiente del talud

Nota: Para los terraplenes y taludes reforzados con geomallas FORTGRID® se recomienda el uso de un geotextil tejido FORTEX® para evitar la migración de suelo por entre las aberturas de la geomalla como se muestra en la Figura 5.

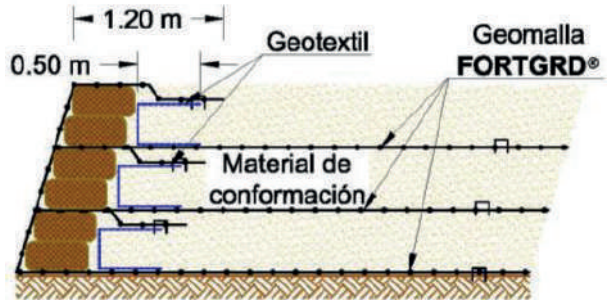


Figura 5. Cierre de capas de taludes con geomallas FORTGRID® y geotextil FORTEX®.

6. RECOMENDACIONES

El principio de funcionamiento de estos sistemas se basa en que la tira de geosintético actúa como un anclaje que soporta la cara del talud, principio que tiene fundamento en la interacción de éste con el material granular. Por esta razón, es fundamental garantizar las características del material granular, el tensionamiento del geosintético y la compacidad de cada una de las capas que conforman el muro.

El muro o talud debe contar con un sistema de captación y manejo tanto de aguas superficiales como subterráneas, a fin de garantizar la condición mecánica del relleno compactado.

7. SOPORTE TÉCNICO

El equipo técnico de Geosintéticos GEOMATRIX está en capacidad de asesorar y trabajar en conjunto con ingenieros consultores, constructores, y promotores de proyectos para lograr soluciones óptimas desde el punto de vista de confiabilidad, durabilidad, desempeño y estricto criterio de costo-beneficio.

Para mayor información sobre nuestros materiales geosintéticos, y esta u otras soluciones de ingeniería, por favor visita el sitio web www.geomatrix.co o comunícate a través de correo electrónico a servicioalcliente@geomatrix.com.co.

8. REFERENCIAS

[1] FHWA-NHI-00 -043, Mechanically stabilized earth walls and reinforced soil slopes desing & construction guidlines, 2001.

[2] Hotlz R., Christopher B., Berg R. 1995, Geosynthetic Engineering, BiTech Publishers.

[3] Koerner, R.M., Designing With Geosynthetics. Prentice Hall, 2005.

[4] Koerner, R.M., Designing With Geosynthetics. Prentice Hall, 1990.