CONTRATO No. 0582-2022

ANÁLISIS Y PROPUESTA DE SOLUCIÓN PARA EL CONTROL DE INUNDACIONES EN EL CORREGIMIENTO DE TIMBA, MUNICIPIO DE BUENOS AIRES, DEPARTAMENTO DEL CAUCA, EN CUMPLIMIENTO DE LA SENTENCIA 142 DE 2008 DEL JUZGADO 18 ADMINISTRATIVO DEL CIRCUITO JUDICIAL DE CALI."

INFORME TOPOGRÁFICO

MARZO de 2023

JAM INGENIERÍA Y MEDIO AMBIENTE

NIT 830084684-9

Cra 42 No. 22A-03 Bogotá D.C., Colombia
+57 3118538700
+57 1 2440222
Info@Jam.com

CRC – CORPOROACIÓN AUTONOMA REGIONAL DEL CAUCA

HOJA DE CONTROL

ENTIDAD	RESPONSABLE	EJEMPLARES
JAM Ingeniería y Medio Ambiente SAS	Javier Antonio Millán	ORIGINAL

ÍNDICE DE MODIFICACIONES

VERSIÓN	SECCIÓN MODIFICADA	FECHA DE MODIFICACIÓN	OBSERVACIONES
1	Versión Original	MARZO 2023	

ESTADO DE REVISIÓN Y APROBACIÓN

Elaborado por:	
	Rodrigo A. Villabona Ingenieros SAS
Revisado por:	JAM Ingeniería y Medio Ambiente SAS

CONTENIDO

1 INTRODUCCIÓN 6
2 GENERALIDADES 7
2.1 OBJETIVOS 7
2.2 DESCRIPCIÓN Y ALCANCE DEL ESTUDIO TOPOGRÁFICO 7
2.2.1 Localización y Alcance del Proyecto 7
3 MARCO NORMATIVO 9
4 ESPECIFICACIONES TÉCNICAS 14
4.1 REVISIÓN, VERIFICACIÓN Y ANÁLISIS DE INFORMACIÓN EXISTENTE 14
4.2 GEORREFERENCIACIÓN 15
4.3 ESPECIFICACIONES DE LOS EQUIPOS. 16
4.3.1 Equipos y Accesorios Utilizados 16
4.3.2 Accesorios 16
4.3.3 Personal 16
4.3.4 Georreferenciación equipos Hi Target V-60: 17
4.4 LEVANTAMIENTO ESTACIÓN TOTAL LEICA TCR702 18
4.5 FOTOGRAMETRÍA PHANTOM 4 PRO + ... 18
5 GEORREFERENCIACIÓN 20
5.1 MÉTODO DE POSICIONAMIENTO GNSS RELATIVO 20
5.2 ACTIVIDADES EN EL CAMPO 20
5.3 MATERIALIZACIÓN Y GEORREFERENCIACIÓN DE VÉRTICES (INCRUSTACIONES) 20
5.4 CÁLCULO RED GEODÉSICA 21
5.4.1 Evaluación de los registros GNSS 21
5.4.2 Procesamiento de los datos GNSS 21
5.5 DETERMINACIÓN DE COORDENADAS 22
5.6 POSICIONAMIENTO GPS-BASES 23
5.7 RESULTADOS DEL CÁLCULO GNSS 24
5.7.1 Estadísticas del cálculo GNSS 24
5.7.2 Coordenadas Origen Único Nacional, CTM-12 24
5.8 POLIGONAL Y RTK 25

5.9 LEVANTAMIENTO DE DETALLES 25
6 FOTOGRAMETRÍA 27
6.1 PUNTOS DE FOTOCONTROL (MARCADORES), COORDENADAS FINALES GNSS 28
7 BATIMETRÍA 29
8 ELABORACIÓN DE CARTOGRAFÍA 31

LISTADO DE FIGURAS

Figura 2-1:Zona Ubicación Área de Estudio 8
Figura 5-1:toma de detalles 21
Figura 5-2:Posicionamiento sobre GPS-1 y 2 23
Figura 5-3: Toma de detalles 25
Figura 6-1:Toma de detalles, fotogrametría 27
Figura 6-2:Marcadores usados en la fase de Postproceso 28

LISTADO DE TABLAS

Tabla 4-1:Equipos Utilizados 16
Tabla 4-2:Personal Profesional de Campo 16
Tabla 4-3:. Especificaciones antenas de GPS 17
Tabla 4-4:Especificaciones Estación total 18

I INTRODUCCIÓN

Este trabajo se realizó sobre el río Timba entre las cabeceras de los municipios Timba-Valle y Timba-Cauca, el área en estudio abarca aproximadamente 4.0 kms de río y las riberas adyacentes que permitan evidenciar la magnitud del río y el área de afectación. Se hizo un trabajo mixto complementario, Topo-batimetría con estación total para el río y los márgenes colindantes mediante secciones transversales y Fotogrametría para el levantamiento general, abarcando un área de aproximadamente 220 Has.

El terreno en general alrededor del río es estable pese a que de él extraían material de grandes cantidades y aparentemente no presenta movimiento, escarpes o perdida de las márgenes, pero si existen bajos y zonas inundables en especial después de pasar el pueblo a unos 900 m aguas abajo. La otra zona vulnerable a nuestro criterio y donde se profundiza el río es en el giro a 90 grados sobre el muro que protege el pueblo. Cerca a los puentes donde seguramente el empuje del mismo es fuerte, la velocidad del cauce aumenta, hay mayor arrastre, se profundiza el río y presenta mayor socavación. Al sumar dichas tecnologías obtenemos la cartografía del lugar tanto en agua como en tierra, información del perfil del río, construcciones existentes, puentes, jarillones, vías, muros, zonas blandas y duras, redes y en general todos los elementos existentes del terreno. Como base para desarrollar cualquier obra civil y/o arquitectónica en la misma.

Para los trabajos de georreferenciación, se ubicaron y georreferenciarón dos (2) puntos de GPS el día 25-03-2023 cercanos al río y se georreferenciaron varios puntos para el fotocontrol cubriendo el total de extensión de la longitud medible del río.

Dicha Red de puntos de GPS se ajustó a la Red CTM-12 Origen Único Nacional magna-sirgas en época 2018.0, desde las cuales se trazaron poligonales abiertas y puntos en RTK que nos permitieran radiar con estación total toda la información que obtuvimos del predio.

2 GENERALIDADES

2.1 OBJETIVOS

Para la ejecución de los trabajos de topografía se establecieron los siguientes objetivos:

- Generar una base de puntos GPS (base, punto y su señal de azimut) que sirvan de apoyo para amarrar todos los levantamientos topográficos a la red magna CTM-12, época 2018 y para ubicar las posteriores obras que se realicen de control y protección en el río.
- Realizar todos los levantamientos topográficos y fotogramétricos georreferenciados y garantizar una cartografía fiable siempre amarrada a estos.
- Realizar los levantamientos topográficos convencionales y batimétricos por vadeo del río mediante secciones transversales detallando las riberas y todos los elementos en ellas existentes, complementar con los trabajos fotogramétricos adelantados sobre el área de trabajo.
- Definir cartográficamente las zonas más vulnerables o áreas inundables.

2.2 DESCRIPCIÓN Y ALCANCE DEL ESTUDIO TOPOGRÁFICO

2.2.1 Localización y Alcance del Proyecto

El área de estudio se ubica en el rio Timba a .la altura del corregimiento Timba en el municipio de Buenos Aires, departamento del Cauca. Este rio nace en el Parque Nacional Natural Farallones de Cali, en el municipio de Jamundí en el Valle del Cauca y desemboca en el río Cauca entre los municipios de Jamundí y Buenos Aires, departamento del Cauca. Sus principales afluentes son los ríos Mary López, Chupadero y Silencio.

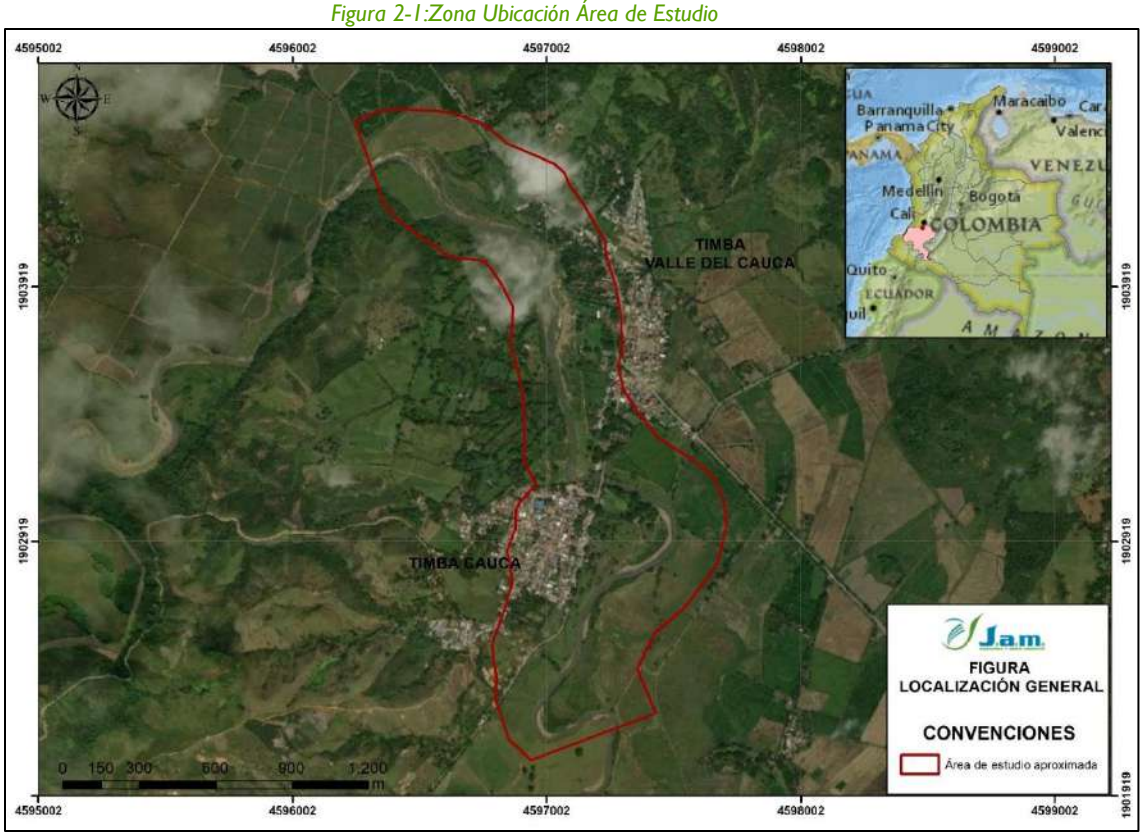
El municipio de Buenos Aires este ubicado en el norte del Departamento del Cauca a una distancia de 115 kilómetros de la ciudad de Popayán, posee una extensión total de 410 km^2 y su cabecera está localizada a los 03°01’08” N de latitud y 76°38'37" W de longitud, El municipio de Buenos Aires pertenece a la cuenca hidrográfica del Rio Cauca, cuenca localizada entre la margen occidental de la cordillera central y la margen oriental de la cordillera occidental, limitando jurisdiccionalmente con el Departamento del Valle del Cauca.

Límites del municipio, Norte: Jamundí y Buenaventura (Valle del Cauca) Sur: Suarez y Morales Al municipio de Buenos Aires pertenecen los siguientes corregimientos: Timba, El Porvenir El Ceral, La Balsa, San Ignacio, Honduras, Paloblanco. (Tornado del Plan de Desarrollo Buenos Aires 2020/2023).

El corregimiento de Timba Cauca en el municipio de Buenos Aires se encuentra ubicado en el piedemonte de la cordillera Occidental a 17 kilómetros de la cabecera municipal de Buenos Aires al noroeste de esta, marcando límites con el municipio de Jamundí, departamento del Valle y específicamente con el corregimiento de Timba Valle- Timba Cauca se encuentra rodeado en su parte noroccidental y en su parte norte por el Rio Timba y en su parte sur este por el rio Cauca.

Límites de Timba Cauca: Norte: con el rio timba y el corregimiento de Timba Valle, Municipio de Jamundí, Sur: con el rio Cauca y la vereda del Cañutico, corregimiento de Asnazu, municipio de Suarez, cauca. Oriente: Con la parcelación la Bertha, corregimiento de Timba Valle, Occidente: Con la vereda del Jagual, Municipio de Suarez y con la región del Naya, Buenaventura, Valle.

Figura 2-1:Zona Ubicación Área de Estudio

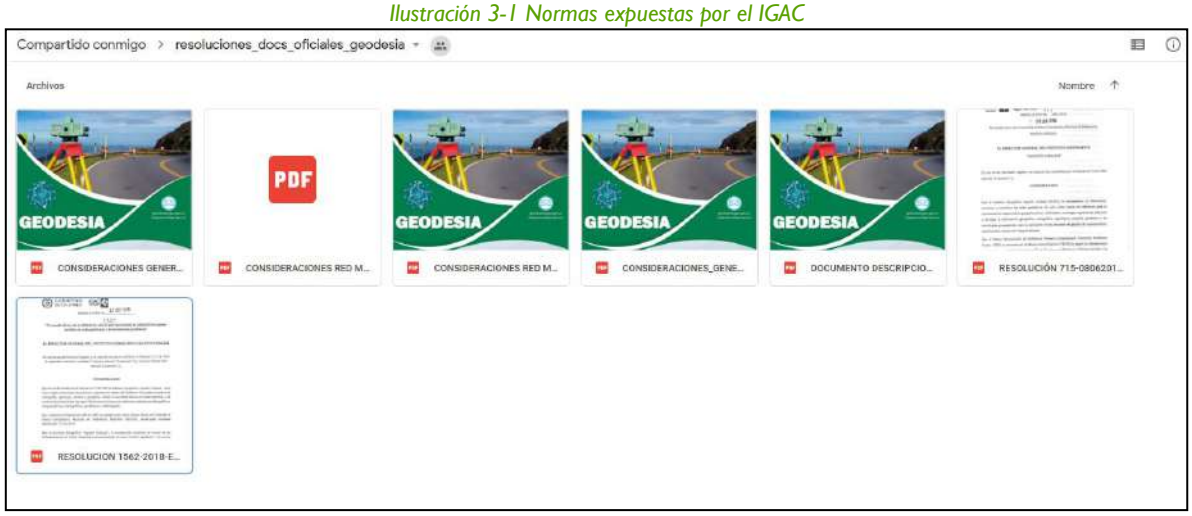


Fuente propia

3 MARCO NORMATIVO

Teniendo en cuenta que los trabajos realizados están bajos la normativa del IGAC, se consulta la página de datos abierto de donde se toma la Resolución 1562-2018-ESPECIFICACIONES TÉCNICAS 2019-08-08 para establecer un marco normativo de equipos aceptados para este tipo de trabajos:

Ilustración 3-1 Normas expuestas por el IGAC



Fuente: Página web IGAC

Ilustración 3-2. Evidencia tomada de resolución 1562-2018

CONSIDERACIONES GENERALES NIVELACIÓN 2019-07-27.pdf	24/07/2019 6:10 a. m.	Adobe Acrobat D...	295 KB
CONSIDERACIONES RED MAGNA ECO 2019-07-18.pdf	22/07/2019 8:12 a. m.	Adobe Acrobat D...	430 KB
CONSIDERACIONES RED MAGNA ECO_2019-08-08.pdf	8/08/2019 8:48 a. m.	Adobe Acrobat D...	397 KB
CONSIDERACIONES_GENERALES_NIVELACIÓN_2019_09_01.pdf	2/09/2019 12:24 p. m.	Adobe Acrobat D...	298 KB
DOCUMENTO DESCRIPCIONES 2019-07-18.pdf	22/07/2019 8:12 a. m.	Adobe Acrobat D...	299 KB
RESOLUCIÓN 715-08062018- Marco Geocéntrico Nacional_2019-08-08.pdf	8/08/2019 8:38 a. m.	Adobe Acrobat D...	773 KB
RESOLUCION 1562-2018-ESPECIFICACIONES TECNICAS_2019-08-08.pdf	8/08/2019 8:38 a. m.	Adobe Acrobat D...	1299 KB

Fuente: Página web IGAC

Para la revisión tanto de equipos requeridos para los trabajos y tiempos de puntos de primer, segundo y tercer orden se asume la RESOLUCIÓN 1562-2018-ESPECIFICACIONES TECNICAS_2019-08-08 con de aclaran acerca de los equipos:

Ilustración 3-3 Evidencia tomada de resolución 1562-2018

Los puntos de Control Horizontal de Orden Dos (2), tendrán las siguientes características:

1. Precisión absoluta de la posición horizontal: entre ± 0,021 m y ± 0,040 m
2. Precisión relativa de la posición horizontal: entre ± 0,011 m y ± 0,020 m (su latitud y longitud se reportan hasta la cuarta cifra decimal en los segundos).
3. Tiempo de medición mayor que 8 h y hasta 24 h. En el caso de que el punto sea parte de una red con múltiples puntos, las observaciones deberán realizarse de forma simultánea.
4. Equipo: GNSS de doble frecuencia (geodésico) compatible con los estándares del Servicio Internacional GNSS (IGS).

Fuente: Resolución 1562-2018

Con esta sugerencia por parte del IGAC, nos remitimos a la página del IGS en búsqueda de listado de equipos aprobados para realizar está acción.

Página de referencia: http://www.igs.org/

Ilustración 3-4. Documento de presentación en FTP/igs

IGS

IGS Site Guidelines

Infrastructure Committee
Central Bureau
cb@igs.org

July 2015

1. Introduction

The IGS network is a collection of heterogeneous stations operated by many different organizations pooling their resources under the IGS umbrella for the common good. Stringent rules are inconsistent with the voluntary nature of the IGS. However, participating stations must agree to adhere to the standards and conventions contained herein, which ensure the consistent high quality of the IGS network and products.

Of particular importance to the IGS is the stable, long-term operation of the network. Therefore, changes to any station's configuration or immediate surroundings should be carefully planned to minimize discontinuities in the station's position time-series. Special consideration should be given to designated reference frame stations that contribute to the realization of the International Terrestrial Reference Frame (ITRF)(see the IGS08.snx file for a listing of stations that contribute to the IGS reference frame). Any changes to these stations should be planned well in advance following the procedures in section 2.3 of these Guidelines.

Suggestions for additions or changes to these guidelines are welcomed at cb@igs.org

Fuente: IGS

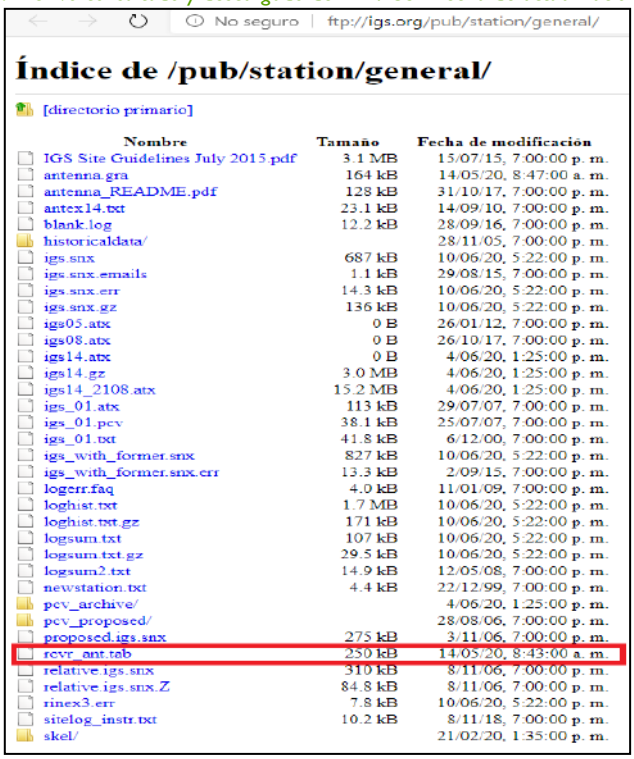
Ilustración 3-5. Pautas IGS

Guideline N°	Guideline
2.2.2	The station GNSS receiver, and ideally other station equipment such as computers, should be protected against power failures by providing surge protection and backup power.
2.2.3	Precise meteorological equipment at station is recommended. Met data guidelines are included in Section 4. Met data is to be provided in Station's RINEX "m" where available.
2.2.4	Unique receivers and antennas are not encouraged at stations, except in support of pilot or experimental activities. Only previously known brands and models as described in the IGS rcvr_ant.tab and IGS08.atx file are accepted with full standing within the IGS network ftp://igs.org/pub/station/general/ .
2.2.5	Station horizontal eccentricity (northing, easting) of 0 (zero) is preferred.

Fuente: IGS

Acorde al FTP del IGS, en su pauta número 2.2.4 que se presenta en la ***Ilustración 3-5*** indican que los equipos, marcas y modelo autorizados por esta entidad son los que se pueden consultar en el archivo "rcvr_ant.tab" que son "Totalmente compatibles" con la red del IGS.

Ilustración 3-6. Archivo consultado y descargado del FTP/IGS - Fecha de actualización 14-05-2020.



Fuente: IGS

En las siguientes ilustraciones tomadas del archivo rcvr-ant-tab, presentan las antenas aprobadas por la IGS, en las cuales se presentan todos los modelos de antenas que se utilizaron en la realización del proyecto que se presenta en el numeral 4.3 del presente documento.

Ilustración 3-7. Equipo Trimble 5700 aprobado por la IGS.

TRIMBLE 4000SSI-SS	Dual freq. P-code on L1 and L2; xcr Y-code
	("Site Surveyor 4000SSi")
TRIMBLE 4000SST	Dual freq. L1 C/A; L2 squaring; L2 P-code optional
TRIMBLE 4000ST	Dual frequency model
TRIMBLE 4000ST S	Single frequency model
TRIMBLE 4000SX	Single frequency model
TRIMBLE 4400	L1/L2 receiver, enhanced L2 tracking
TRIMBLE 4600	L1 receiver, with internal antenna
TRIMBLE 4700	"Total station 4700" (external antenna)
TRIMBLE 4800	L1/enhanced L2 receiver,
	with internal antenna and radio modem, p/n: 32119-XX
TRIMBLE 5700	L1/L2 receiver with Maxwell-4 ASIC
TRIMBLE 5800	L1/L2 integrated receiver/antenna
TRIMBLE 7400MSI	L1/L2 receiver, enhanced L2 tracking
TRIMBLE ALLOY	GPS L1/L2/L5 GLO L1/L2/L3 GAL E1/E2/E5ab/E6
	BDS B1/B2/B3 IRNSS L5/S1, QZSS, SBAS,
	672 channels, Maxwell 7
TRIMBLE GEODESIST P	Dual freq. P-code on L1 and L2 (same box as SST)
TRIMBLE MS750	Dual freq. L1 C/A; L1/L2 full cycle RTK rcvr
TRIMBLE NETR3	L1/L2+L2C/L5 GLONASS L1/L2 Maxwell-5 ASIC,ethernet
TRIMBLE NETR5	L1/L2+L2C/L5 GLONASS L1/L2 Maxwell-5 ASIC,eth + SBAS
TRIMBLE NETR8	L1/L2+L2C/L5 GLONASS L1/L2 Maxwell-5 ASIC,eth + SBAS,

Fuente: IGS

Ilustración 3-8. Equipo GEOMAX Zenith 25 aprobado por la IGS

GEOMAX Receivers IGS Codes-20 columns XXXXXXXXXXXXXXXXXXX	Description
GEOMAX ZENITH10	72 channel GPS L1/L2, GLONASS integrated GNSS receiver/antenna
GEOMAX ZENITH15	120 channel GPS L1/L2/L2C, GLONASS, SBAS integrated GNSS receiver/antenna, Q-Lock technology
GEOMAX ZENITH16	181 channel GPS/GLO/GAL/BDS/QZSS/SBAS Dual-frequency, RTK in/out, Ntrip
GEOMAX ZENITH20	120 channel GPS L1/L2/L5, GLONASS, Galileo, BeiDou integrated GNSS receiver/antenna
GEOMAX ZENITH25	120 channel GPS L1/L2/L2C, GLONASS, Galileo, BeiDou integrated GNSS receiver/antenna,Q-Lock technology
GEOMAX ZENITH25PRO	120 channel GPS L1/L2/L2C, GLONASS, Galileo, BeiDou, SBAS integrated GNSS receiver/ant., Q-Lock technology
GEOMAX ZENITH35	GPS L1/L2/L2C/L5, GLONASS, Galileo, BeiDou, SBAS integrated GNSS receiver/antenna, AdVance technology
GEOMAX ZENITH40	555 channel GPS/GLO/GAL/BDS/QZSS/SBAS/L-BAND multi-frequency, RTK in/out, Ntrip, integrated GNSS receiver/antenna

Fuente: IGS

Ilustración 3-9. Equipos Stonex aprobados por la IGS

STONEX Receivers IGS Codes-20 columns XXXXXXXXXXXXXXXXXXX	Description
STONEX S10	220 channel GPS L1/L2+L2C/L5, GLONASS, Galileo, BeiDou, SBAS integrated receiver/antenna; embedded electronic tilt sensor
STONEX S700A	700 channel GPS L1/L2+L2C/L5, GLO L1/L2 GAL E1/E5a/E5b/AltBOC/E6, BDS B1/B2a/B2b/ACEBOC/B3 QZSS L1/L2/L5, SBAS L1/L5 integrated receiver/antenna
STONEX S8+ GNSS	120 channel GPS L1/L2+L2C/L5, GLONASS, Galileo, BeiDou, SBAS integrated receiver/antenna
STONEX S800	555 channel GPS L1/L2+L2C/L5, GLO L1/L2+L2C/L3/L5 BDS B1/B2/B3, GAL E1/E2a+E2b/E6, QZSS, SBAS, IRNSS integrated receiver/antenna;
STONEX S800A	394 channel GPS L1/L2+L2C/L5, GLO L1/L2+L2C BDS B1/B2/B3, GAL E1/E2a+E2b, QZSS, SBAS, L-Band Atlas H10/H30/H100 integrated receiver/antenna
STONEX S850A	700 channel GPS L1/L2+L2C/L5, GLO L1/L2 GAL E1/E5a/E5b/AltBOC/E6, BDS B1/B2a/B2b/ACEBOC/B3 QZSS L1/L2/L5, SBAS L1/L5 integrated receiver/antenna
STONEX S900	555 channel GPS L1/L2+L2C/L5, GLO L1/L2+L2C/L3 GAL E1/E5a+E5b/E6, BDS B1/B2/B3, QZSS L1/L2/L5/L6, SBAS L1/L5, NAVIC L5 integrated receiver/antenna;
STONEX S900A	394 channel GPS L1/L2+L2C/L5, GLO L1/L2+L2C GAL E1/E5a+E5b, BDS B1/B2/B3, QZSS L1/L2/L5, SBAS L1 L-Band Atlas H10/H30/H100 integrated receiver/antenna
STONEX S900A NEW	800 channel GPS L1/L2+L2C/L5, GLO L1/L2/L3 GAL E1/E5a/E5b/AltBOC/E6, BDS B1/B2a/B2b/ACEBOC/B3 QZSS L1/L2/L5, SBAS L1/L5, L-Band Atlas NAVIC L5 integrated receiver/antenna

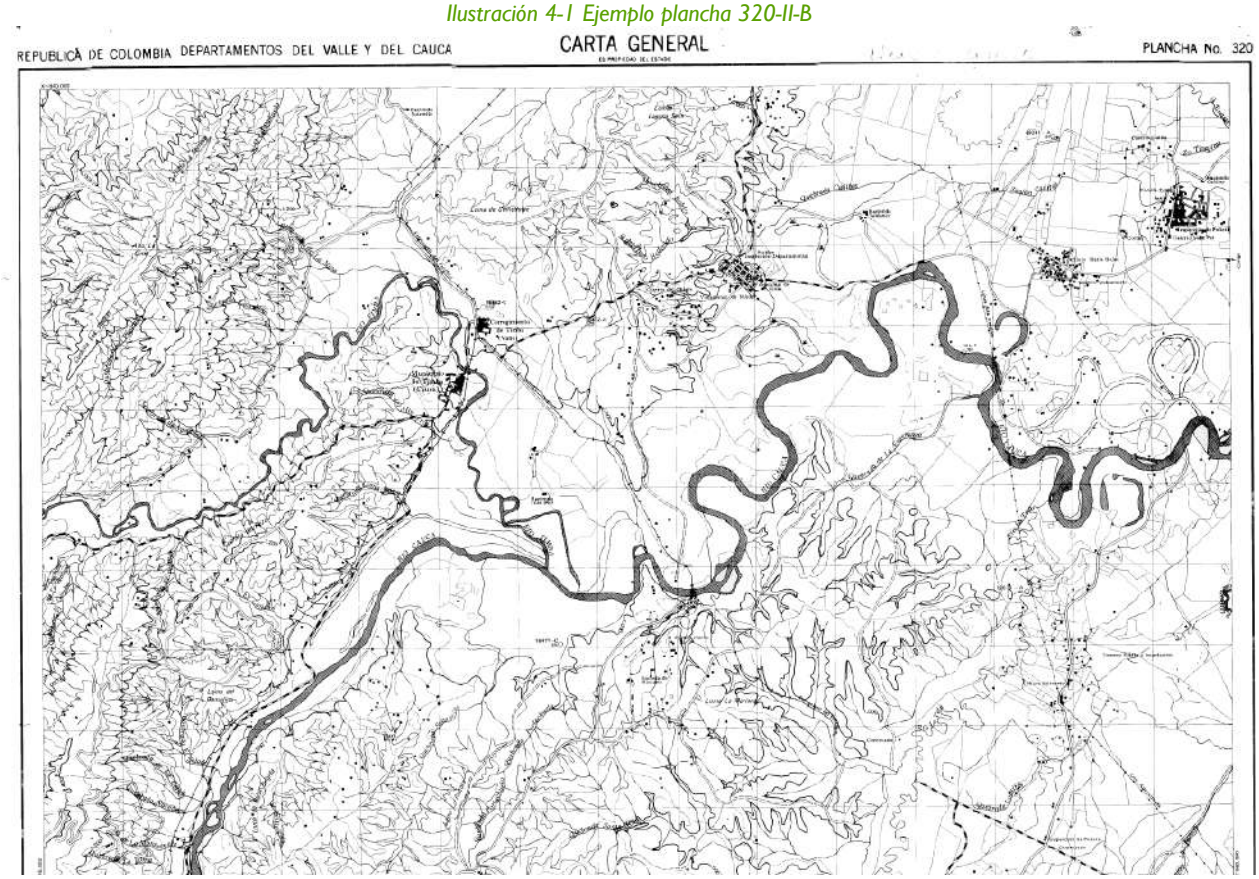
Fuente: IGS

4 ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

4.1 REVISIÓN, VERIFICACIÓN Y ANÁLISIS DE INFORMACIÓN EXISTENTE

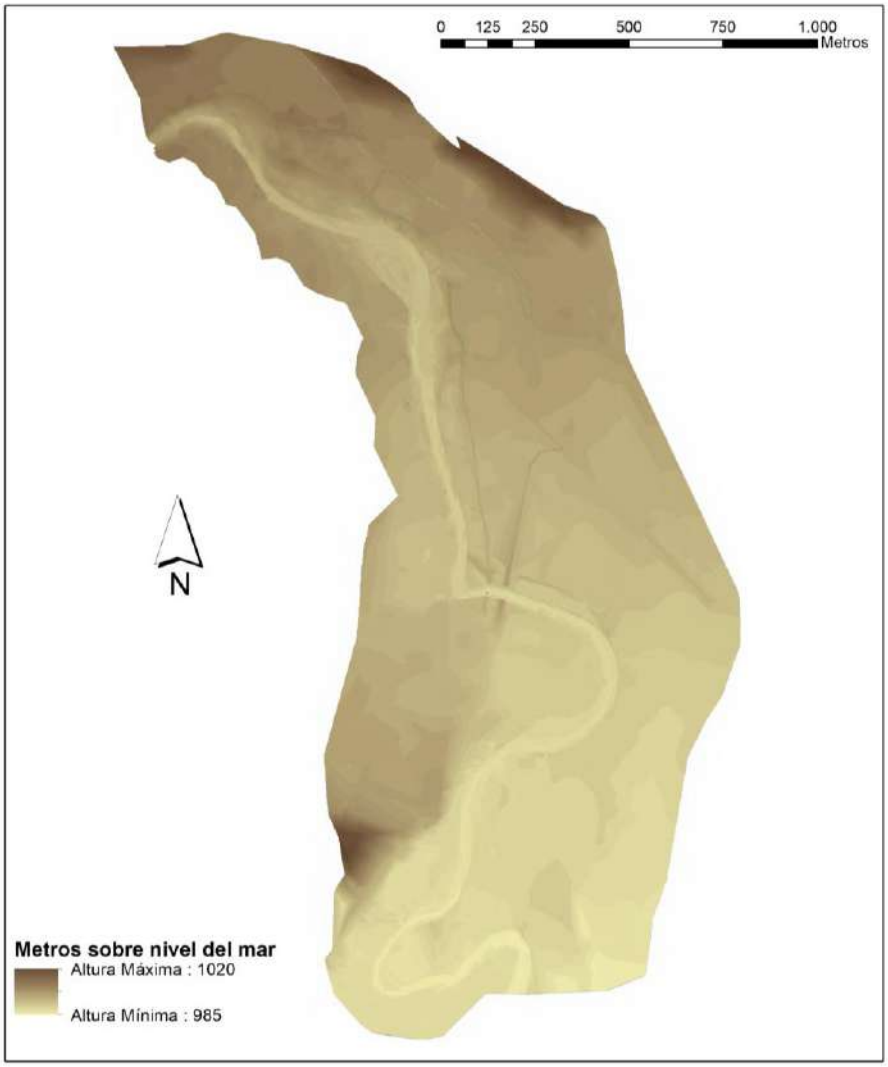
Como información secundaria se cuenta con modelos de elevación digital (DEM), con resolución de pixel de 1m y las curvas de nivel de las planchas disponibles del IGAC escala 1:2000 y 1:10.000 del municipio, dentro de la cartografía disponible se encuentra las planchas 320-II-B de los años 1976 ,1986 y 1933 con escala 1:25.000 del IGAC.

Ilustración 4-1 Ejemplo plancha 320-II-B



Fuente IGAC años 1976

Ilustración 4-2 DEM Información secundaria



4.2 GEORREFERENCIACIÓN

Para la georreferenciación del trabajo se realizó una base medida de 2 puntos GPS en estático y puntos adicionales trasladados con poligonales abiertas y chequeadas con RTK que nos sirven de base para los levantamientos topográficos y a su vez como puntos de fotocontrol para el procesamiento de la ortofoto, denominados para ello en orden consecutivo desde FOT-1 a FOTO-11.

El sistema de referencia del proyecto es:

- Datum: MAGNA
- Proyección: Transversa Mercator
- Origen: CTM-12, Único Nacional

- Latitud: 04°
- Longitud: -73°
- Falso Este: 5.000.000
- Falso Norte: 2.000.000
- Época de referencia: 2018.0

4.3 ESPECIFICACIONES DE LOS EQUIPOS.

4.3.1 Equipos y Accesorios Utilizados

Los puntos de GPS fueron posicionados con equipos GNSS y doble frecuencia L1+L2, se tuvo en cuenta la longitud de éstos a las estaciones permanentes de la Red MAGNA-ECO Activa que en este caso es CALI del IGAC única en funcionamiento, para definir los tiempos mínimos de rastreo y establecer de esta forma las componentes rectangulares de los vectores base y realizar el cálculo, posteriormente se lleva dicho calculo a la época en referencia 2018.0, tal como lo determinan cartográficamente en la actualidad.

Tabla 4-1:Equipos Utilizados

Descripción	Marca	Referencia	Objeto
GPS L1/L2 GNSS	HI TARGET	S ND 11018952 / S ND11019026	BASE-POSICIONAMIENTO
ESTACIÓN TCR702	LEICA	659696	LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO

Fuente: Propia

4.3.2 Accesorios

- Trípodes
- Bastones
- Base Nivelante
- Miras
- Prismas
- Bípodes y herramientas menores

4.3.3 Personal

Tabla 4-2:Personal Profesional de Campo

Cargo	Nombre	Cédula	Titulo	Matricula Profesional
Ingeniero	Rodrigo Villabona	79.306.695 Bogotá	Ingeniero Catastral y Geodesia	25222-099224 CND

Fuente: Propia

4.3.4 Georreferenciación equipos Hi Target V-60:

Descripción: El Hi-Target V60 es un sistema GNSS RTK, compacto, ligero y de gran rendimiento, además su diseño robusto le permite resistir a impactos y vibraciones. Cuenta con una pantalla LED industrial en la parte frontal donde se visualiza la información y el estado del trabajo.

El receptor cuenta con una memoria interna de 1GB más la ranura para tarjeta microSD de hasta 32GB. El V60 GNSS es totalmente compatible con otros receptores GNSS RTK del mercado mundial. Los datos estáticos se pueden obtener directamente en formato RINEX.

Tabla 4-3:. Especificaciones antenas de GPS

ESPECIFICACIONES DE FUNCIONAMIENTO

MEDICIÓN
- 220 Canales
- Correlador múltiple de alta precisión para medidas de pseudodistancia GNSS
- Sin filtrado, datos de medidas de pseudodistancia sin suavizado, para lograr un bajo ruido, pocos errores por trayectoria múltiple, una correlación de dominio de bajo tiempo y respuesta de alta dinámica
- Muy bajo ruido en las medidas de fase portadora GNSS con precisión de < 1mm en un ancho de banda de 1 Hz
- Relaciones de señal-ruido señaladas en dB-Hz

Señales de Satélite Rastreado en Simultáneo

GPS	L1C/A, L2C, L2E, L5
GLONASS	L1C/A, L1P, L2C/A (GLONASS M sólo), L2P
SBAS	L1 C/A, L5 (EGNOS, WAAS, MSAS, GAGAN, QZSS)
Galileo[1]	L1 BOC, E5A, E5B, E5AltBOC
BDS	B1, B2

FUNCIONAMIENTO DURANTE EL POSICIONAMIENTO[2]

Calor Encender	Típicamente <10s
Frio Encender	Típicamente <15s

Estática de Alta Precisión

Horizontal	2.5 mm + 0.1 ppm RMS
Vertical	3.5 mm + 0.4 ppm RMS

Medición Estática y Estática Rápida GNSS

Horizontal	2.5mm+0.5ppm RMS
Vertical	5mm+0.5ppm RMS

Medición GNSS Cinemática con Posprocesamiento (PPK / Stop & Go)

Horizontal	8mm+1ppm RMS
Vertical	15mm+1ppm RMS
Tiempo de inicialización	Típicamente 10 minutos para base mientras 5 minutos para móvil
Fiabilidad en la inicialización	Típicamente > 99.9%

Medición Cinemática en Tiempo Real (RTK)

Horizontal	8mm+1ppm RMS
Vertical	15mm+1ppm RMS
Tiempo de inicialización	típicamente 2-10 segundos
Fiabilidad en la inicialización	típicamente > 99.9%

Posicionamiento GNSS de Código Diferencial

Horizontal	25cm+1ppm RMS
Vertical	50cm+1ppm RMS
SBAS[3]	0.50m Horizontal, 0.85m Vertical

HARDWARE

Tiempo de Funcionamiento con la Batería Interna
Estático 13 - 15 horas
RTK Móvil (UHF/GPRS/3G) 10 - 12 horas
RTK Base 8 - 10 horas

Interfaz de E/S
1 x Bluetooth (2402MHz a 2480MHz)
1 x estándar USB2.0 puerto
1 x TNC UHF conector
2 x RS232 puerto serial
2 x DC entrada de alimentación (8-pines & 5-pines)
1 x puerto de tarjeta Micro SD

COMUNICACIONES Y ALMACENAMIENTO DE DATOS

3G Comunicación
3G totalmente integrado y sellado, compatible con GPRS
Red RTK (vía CORS) alcance 20- 50km

HI-TARGET UHF Radio Interna

Frecuencia	450~470MHz con 116 canales
Potencia de Transmisión	1~5W ajustable
Velocidad de Transmisión	9.6Kbps, 19.2Kbps
Rango de Trabajo	típico 5Km, óptimo 8~10km

SATEL UHF Radio Interna (Opcional)

Frecuencia	403~473MHz
Potencia de Transmisión	0.1W~1W ajustable
Velocidad de Transmisión	9.6Kbps, 19.2Kbps
Soporta la mayor parte del protocolo de comunicación de radio	
Rango de Trabajo	3~5km típico, 8~10km óptimo

HI-TARGET UHF Radio Externa

Frecuencia	460MHz con 116 canales
Potencia de Transmisión	5W, 10W, 20W, 30W ajustable
Velocidad de Transmisión	Hasta 19.2Kbps
Rango de Trabajo	8~10Km típico, 15~20km óptimo

Avanzada UHF Radio Externa(Opcional):

Frecuencia	410~470MHz
Potencia de transmisión	5W/25W
Velocidad de transmisión	9.6Kbps, 19.2Kbps
Soporta la mayor parte del protocolo de radio	
Rango de funcionamiento	8~10km típico, 15~20km óptimo

Apoyar Otros Dispositivos Externos de Comunicación
Por ejemplo, GSM módem externo.

Almacenamiento de Datos
Almacenamiento interno de 1GB + Memoria interna de Tarjeta Micro SD de 8GB (soporta extensión hasta 32GB)
Registrar formatos GNS y Rinex simultáneamente

4.4 LEVANTAMIENTO ESTACIÓN TOTAL LEICA TCR702

Tabla 4-4:Especificaciones Estación total

Datos técnicos	
Medida de ángulos	
Desviación típica DIN 18723	2“(0.6mgon)
Unidad mínima en pantalla	1“(0.1mgon)
Anteojo	
Aumento	30x
Campo visual/Distancia de enfoque mínima	1° 30’ (26m a 1km)/1.7m
Medida de distancias (IR)	láser infrarrojo
Alcance con diana reflectante (60mm x 60mm)	100m
Unidad mínima en pantalla	1mm
Desviación típica/Tiempo para una medición (IR)	láser infrarrojo
Modo Preciso	2mm + 2ppm/< 1 seg.
Modo Rápido	5mm + 2ppm/< 0.5 seg.
Medida de distancias sin reflector (RL)	láser rojo
Alcance	170m (tablilla blanca, según Gray Card de Kodak)
Tamaño del punto a 100m	ca. 15mm x 30mm
Desviación típica/Tiempo para una medición(RL)	láser rojo
Modo Normal	3mm + 2ppm/3s (+1s/10m más de 30m)
Modo Tracking	5mm + 2ppm/1s (+ 0.3s/10m)
Medida de distancias (RL)	láser rojo
Alcance con prisma circular GPR1 (Leica)	1000m–7500m (condiciones medias)
Reconocimiento automático del prisma (ATR)	
Alcance con prisma circular, reflector 360°	1000m/600m
Precisión (Desviación típica)	a 300m: 3mm, > 300m: 2”, 3”, 5” (Typ)

Fuente propia

4.5 FOTOGRAMETRÍA PHANTOM 4 PRO +

Para el vuelo se utilizó un **PHANTOM 4** PRO+ dji, con cámara de 40 megapixeles y cuyas especificaciones principales son las siguientes:

- Sensor CMOS de 1" pulgada

- Grabación de video H.264 4K a 60 fps o H.265 4K a 30 fps a una velocidad de bits de 100 Mbps

- Grabación de fotografías en rafaga de 14 fps.

- Gimbal de 3 ejes. **Inclinación** de -90 to +30° y **Paneo** de -30 to +30°

- Grabación con modo Draw para seguir una ruta prefijada a la misma altura y concentrarte en la grabación o filmación de imágenes. Opción Modo Forward y Modo Free disponibles.

- Evita obstaculos por delante entre 0.7 a 15 metros.

- Máxima distancia operativa de 7 Km

- Dispone de vuelo inteligente en modos **Draw, ActiveTrack, TapFly**, regreso al **punto de origen y Modo Gesture**

- Hasta 72 Km/h de velocidad punta.

- Sistema de visión delantera

- Visión trasera

- Visión hacia abajo

- Altitud máxima operativa de 6000 metros.

- Sistema de transmisión de video: Lightbridge

- Frecuencia operativa 2.4 GHz

- Dimensiones de 289.5 x 289.5 x 196 mm

- Peso de 1388 gramos

5 GEORREFERENCIACIÓN

5.1 MÉTODO DE POSICIONAMIENTO GNSS RELATIVO

La aplicación de esta metodología permite obtener precisiones de carácter geodésico sobre la superficie terrestre en la que se determinan posiciones de los puntos materializados en el proyecto con respecto a otro u otros puntos cuyas coordenadas rectangulares (X, Y, Z) son conocidas y bases permanentes del IGAC en todo el territorio nacional. Localizando los receptores GPS en cada uno de estos puntos que reciben las señales en tiempos simultáneos, permitiendo el registro de datos para que posteriormente se ejecute el cálculo por comparación de las pseudodistancias medidas y estimar así las coordenadas reales por observación.

5.2 ACTIVIDADES EN EL CAMPO

Para realizar el posicionamiento que garantice la precisión del proyecto según IGAC, se definen las magnitudes de las distancias que separan los puntos materializados hasta las bases permanentes, con el fin de establecer los tiempos de rastreo simultáneo, de tal forma que se puedan resolver las ambigüedades y se cuente con el tiempo suficiente para realizar un buen cálculo de los puntos a determinar.

5.3 MATERIALIZACIÓN Y GEORREFERENCIACIÓN DE VÉRTICES (INCRUSTACIONES)

Se trabajo sobre dos mojones previamente materializados y marcados sobre placas en aluminio. Ubicados a lado y lado del río, uno al costado sur cerca al muro intermedio entre los dos puentes y el otro sobre una alcantarilla cerca a la vía principal de acceso

Figura 5-1:toma de detalles



Fuente propia

5.4 CÁLCULO RED GEODÉSICA

5.4.1 Evaluación de los registros GNSS

Una vez ejecutadas las observaciones simultáneas se verificaron los registros y la organización de los archivos para el cálculo. Se verifica el número de serie del receptor, fecha, hora de inicio y hora final del rastreo, tipo de armado del equipo y la toma de la altura instrumental.

Los archivos se organizaron por carpetas en donde se compilan todos los datos que se necesitan para comenzar el proceso de cálculo.

5.4.2 Procesamiento de los datos GNSS

Como preparación para el proceso de los datos GNSS se debe contar con los siguientes archivos:

- Registros de los rastreos de las estaciones MAGNA_ECO de CALI que son suministrados por el IGAC, en la página Mapa de Colombia, Geodesia

- Efemérides Precisas de IGS.
- Coordenadas X, Y, Z de las estaciones continuas MAGNA_ECO suministradas por SIRGAS-CON.

El Marco de referencia para el procesamiento de los datos es IGS2008, que se obtiene de las soluciones de las coordenadas X, Y, Z.

"La red SIRGAS-CON es procesada semanalmente: las posiciones de las estaciones son calculadas diariamente y las siete soluciones diarias correspondientes a una semana GPS son combinadas en una solución semanal. Los productos finales SIRGAS (posiciones y velocidades para la totalidad las estaciones) son puestos a disposición de los usuarios por el IGS-RNAAC-SIR.

Las soluciones individuales semanales generadas por los Centros de Procesamiento y las combinaciones semanales calculadas por los Centros de Combinación se encuentran disponibles en: ftp.sirgas.org/pub/gps/SIRGAS/ ... www (www = semana GPS)1"

Tabla 5.4.2-2:Coordenadas Geocéntricas (Cartesianas) SIRGAS-CON

Punto	X	Y	Z
CALI	1483099.99217	-6193060.15609	373124.29982

Fuente: Página Soluciones Semanales Sirgas

5.5 DETERMINACIÓN DE COORDENADAS

El procesamiento para el proyecto exige la configuración del software TOPCON TOOLS Versión 8.2.3 propia de los equipos que usamos y que podemos resumir de la siguiente manera:

- Ángulo mínimo de máscara de elevación: 15° sobre el horizonte.
- Componente geométrico de dilución de precisión: PDOP<4
- Mínimo de satélites visibles a asegurar: 8
- Épocas de captura estación permanente: 15 seg.
- Épocas de captura receptores campo: 5 seg.
- Efemérides precisas 24 horas. IGS
- Modelo Ionosférico: Calculado combinando L1 L2
- Modelo Troposférico: Saastamoinen
- Doble determinación: Rango precisión. +-3cm Vert. +- 3cm Hrz.

1 http://www.sirgas.org/index.php?id=61

- Longitud máxima para resolver ambigüedades: 10 Km.

La finalidad del cálculo es la determinación de vectores base mediante el posicionamiento relativo por diferencia de fase pues se han ejecutado observaciones simultaneas en donde un vértice (estaciones continuas) tiene coordenadas conocidas y que son introducidas y fijadas por el calculista como parámetro de configuración para el procesamiento; además se debe tener en cuenta los tiempos, las pseudodistancias y medidas de fase para determinar las coordenadas (X, Y, Z) de los vértices incógnitas.

Los resultados se evalúan, se hace una valoración para eliminar cualquier inconsistencia o incertidumbre para generar posteriormente las coordenadas finales ajustadas a nuestro sistema de referencia MAGNA CTM-12.

Para la determinación de las coordenadas de los vértices GNSS del proyecto se 4utilizaron, como guía, los instructivos y manuales de procesamiento de cálculo4 de datos GPS elaborados por el Instituto Geográfico Agustín Codazzi.

5.6 POSICIONAMIENTO GPS-BASES

Se posicionaron dos (2) puntos (una base de salida, punto y señal de azimut), a partir de CALI a lado y lado del río sobre mojones o placas previamente fundidos. El GPS-1 con una sesión de tiempo de 5h:54m:15s y 1417 épocas y el GPS-2 con una sesión de 01h:44m:15s y 417 épocas, el día 25 de marzo de 2023, Semana 2253, GNSS CALENDAR.

Figura 5-2:Posicionamiento sobre GPS-1 y 2









5.7 RESULTADOS DEL CÁLCULO GNSS

Se presentan tablas y estadísticas procedentes del software utilizado con información sobre los resultados del cálculo.

5.7.1 Estadísticas del cálculo GNSS

Las Estadísticas del cálculo GNSS muestra un reporte de calidad proveniente del software de cálculo GNSS, se puede evidenciar que todos los puntos cumplen con la calidad esperada toda vez que están por debajo de los 3 cms en Posición y Altura Elipsoidal.

Esquemas de determinación.

Los vectores resultantes del posicionamiento GNSS entre Estaciones de Referencia y Vértices GNSS del Proyecto se muestran de manera general y detallada.

5.7.2 Coordenadas Origen Único Nacional, CTM-12

Las coordenadas Planas son el resultado de la conversión de las Coordenadas Geográficas finales del proyecto sobre la grilla de Proyección Cartográfica de Origen Único Nacional para Colombia.

Es necesario mencionar que independiente de la proyección cartográfica utilizada para generar la cartografía y la escala, los valores de las coordenadas podrán encontrarse en metros o en grados, minutos y segundos. Valores cercanos al (5.000.000,2.000.000) se relacionan con una proyección Gauss,

Tabla 5.7.2:Coordenadas Geográficas y CTM-12 finales GNSS época 2018.0, puntos Estáticos

Coordenadas Origen Unico Nacional CTM-12, 2018						
Name	Grid Northing (m)	Grid Easting (m)	Elevation (m)	WGS84 Latitude	WGS84 Longitude	WGS84 Ell.Height (m)
GPS−1	1903150.551	4597186.217	993.259	3°07'01.84801"N	76°37'27.63689"W	1022.588
GPS−2	1903209.907	4597223.276	997.027	3°07'03.78225"N	76°37'26.44471"W	1026.355

Para el levantamiento de detalles, se llevó una poligonal abierta en directa, chequeando distancia adelante-atrás, y verificado algunas coordenadas con RTK. Desde dichos vértices, se radiaron cada uno de los detalles topográficos presentes en la cartografía final, cuya cartera se suministra en los anexos correspondientes.

5.8 POLIGONAL Y RTK

Para el levantamiento de detalles, se llevó una poligonal abierta en directa, chequeando distancia adelante-atrás, y verificado algunas coordenadas con RTK. Desde dichos vértices, se radiaron cada uno de los detalles topográficos presentes en la cartografía final, cuya cartera se suministra en los anexos correspondientes.

5.9 LEVANTAMIENTO DE DETALLES

En la modalidad de secciones transversales se radiaron todos los detalles correspondientes a las zonas recorridas: como paramentos, vías, taludes, escarpes, muros, alinderamientos, canales que tributan al río, redes de servicios, placas y cualquier otro detalle requerido para representar de forma veraz las superficies y zona de influencia de las construcciones. Para ello se partió desde el GPS-1 con línea a GPS-2, se traza la poligonal y deltas auxiliares, todo por señal de azimut y todos los puntos radiados se llevaron a los nuevos valores de coordenadas 2018.0.

Figura 5-3: Toma de detalles





Fuente propia

6 FOTOGRAMETRÍA

A partir del KML de la zona se determina el área, altura, traslapo longitudinal y lateral, el plan de vuelo y todas las variables para obtener una resolución o GSD menor de 4.0 cm/pixel, sobre el cual podamos generar la cartografía restante

De la zona. Normalmente como en este caso, el polígono de vuelo se sobredimensiona con respecto al tamaño de la zona, para tener una visión tanto del río como las áreas aferentes.

Figura 6-1:Toma de detalles, fotogrametría



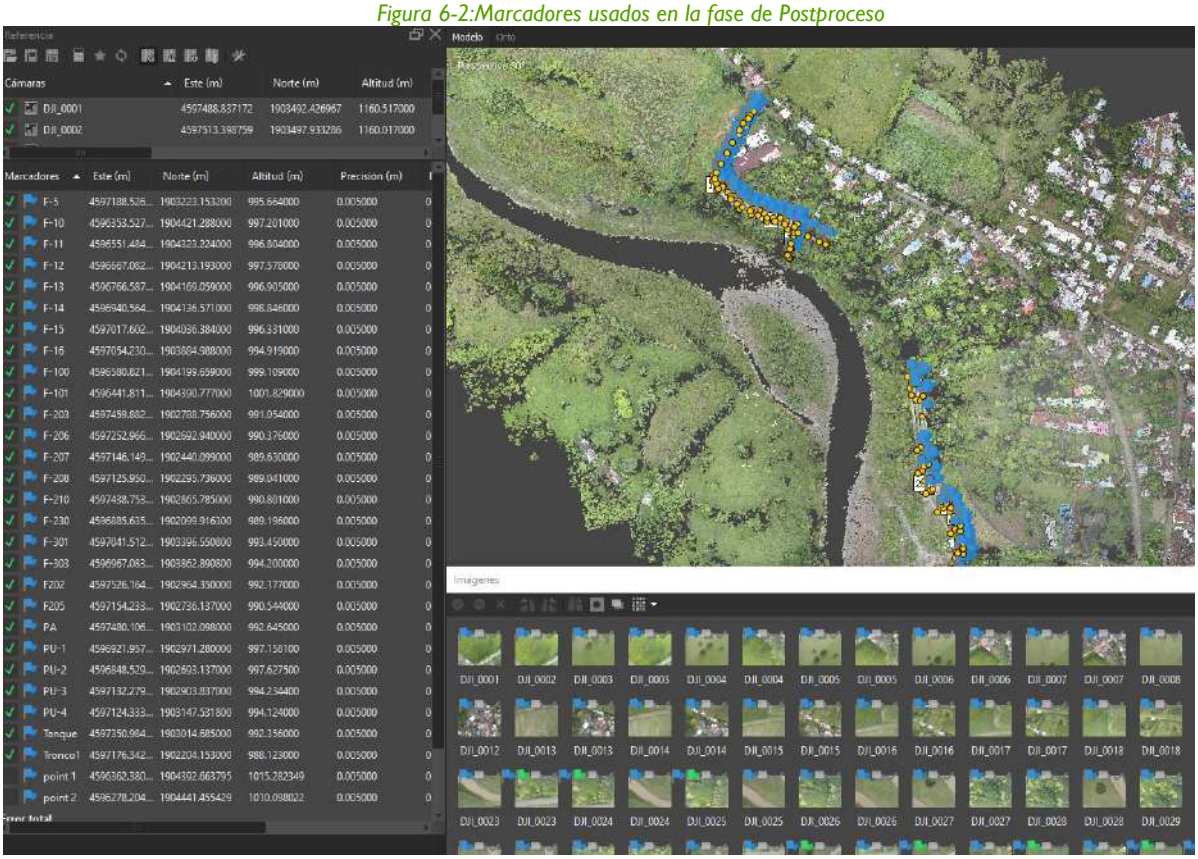
Fuente propia

6.1 PUNTOS DE FOTOCONTROL (MARCADORES), COORDENADAS FINALES GNSS

A partir del GPS-1 (estación de referencia) por sistema RTK, se generan correcciones y coordenadas en tiempo real, con exactitud centimétrica, dichos puntos se marcan con pintura en lugares abiertos que sean fotoidentificables en el momento del vuelo. Para realizar correcciones diferenciales que nos permitan obtener la geometría real del terreno.

Se colocaron un total de 29 puntos, los cuales se usaron como marcadores para el postproceso fotogramétrico y corrección de la ortofoto producida. Al fusionar esta nube de puntos con la obtenida en la topografía convencional obtenemos el DEM del terreno medido.

Figura 6-2:Marcadores usados en la fase de Postproceso



Fuente propia

7 BATIMETRÍA

Con el fin de obtener a información a detalle de los aspectos de la zona de estudio, se apoyó en la combinación de tecnologías, las cuales fueron topográfica convencional con estación total y RTK con antenas GNSS, para ambas metodologías se parte desde una red geodésica con coordenadas conocidas, la cual se elaboró para la realización de este proyecto. Esta red se generó con base en los lineamientos y las estaciones permanentes oficiales del Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC).

La batimetría se realizó por, para iniciar estos levantamientos se arma la estación en un punto con coordenadas conocidas el cual se denominó delta o auxiliar, estos puntos se les asigno coordenadas mediante RTK, una vez con los datos de los deltas se arma la estación en uno de estos puntos y se da visual atrás al otro punto con coordenadas, esto con el objetivo de orientar la estación, una vez esto se comienza a radiar la información relevante para el levantamiento.

Ilustración 7-1 Levantamiento batimetría con estación total



Fuente: Elaboración propia

Ilustración 7-2 Datos estación

	A	B	C	D	E	F	G	H	I
1	Crudo	RAVSAS							
2		TCR702							
3		RAV							
4		--------							
5	PUNTO_ARMADA				ESTE	NORTE	COTA	ALT_INS	
6	1				1000	2000	992.691	1.368	
7	2	359.5957	88.36469	37.176	999.999	2037.161	993.259	1.7	RL-Prism
8	3	212.37388	82.31308	35.938	980.79	1969.994	997.034	1.7	IR-Fine
9	4	222.19162	80.58129	31.422	979.108	1977.057	997.291	1.7	IR-Fine
10	5	256.40484	76.46226	23.271	977.958	1994.781	997.684	1.7	IR-Fine
11	6	259.05037	76.40248	23.137	977.896	1995.737	997.692	1.7	IR-Fine
12	7	258.46476	76.22165	22.262	978.78	1995.791	997.605	1.7	IR-Fine
13	8	259.27068	75.37551	22.312	978.753	1996.044	997.896	1.7	IR-Fine
14	9	283.56102	76.24433	23.284	978.036	2005.45	997.829	1.7	IR-Fine
15	10	284.40134	76.27349	23.33	978.06	2005.744	997.821	1.7	IR-Fine
16	11	283.51518	76.51152	24.056	977.259	2005.613	997.83	1.7	IR-Fine
17	12	283.47266	77.27126	24.068	977.186	2005.6	997.587	1.7	IR-Fine
18	13	280.42264	79.50389	29.783	971.197	2005.446	997.611	1.7	IR-Fine
19	14	280.41212	79.59018	29.919	971.051	2005.464	997.763	1.5	IR-Fine
20	15	280.12527	79.38093	30.438	970.536	2005.309	997.835	1.7	IR-Fine
21	16	280.09069	79.43136	30.597	970.369	2005.306	997.819	1.7	IR-Fine
22	17	310.47256	79.49419	30.923	976.959	2019.882	997.82	1.7	IR-Fine
23	18	310.3957	79.52318	31.063	976.807	2019.925	997.82	1.7	IR-Fine
24	19	309.59446	80.02319	31.564	976.186	2019.98	997.817	1.7	IR-Fine
25	20	309.57027	80.28355	31.609	976.105	2020.015	997.589	1.7	IR-Fine
26	21	304.4304	81.53243	36.784	970.07	2020.738	997.548	1.7	IR-Fine
27	22	304.46182	81.03142	36.995	969.984	2020.84	997.812	2	IR-Fine

8 ELABORACIÓN DE CARTOGRAFÍA

La cartografía se produjo a partir de los levantamientos topográficos, batimétricos y fotogramétricos todos en 3D, el río y sus riveras, el perímetro de las construcciones, las obras civiles (puentes), el terreno, jarillones, etc. Una vez fusionada la nube de puntos producida por los levantamientos topográficos y la extraída del ortofotomosaico corregido se lleva la nube de puntos y las polilíneas en 3D a civil para generar los breaklines y las curvas de nivel respectivas y obtener el DEM del proyecto. Es importante aclarar que de la ortofoto se eliminaron todos los objetos del modelo digital de superficie que generan error como árboles, construcciones, etc. La cartografía se elaboró con polilíneas en 3D y utilizando todos los bloques correspondientes a pozos, postería, etc., de tal manera que sirva de base para realizar cualquier diseño u obra civil correspondiente.

Se anexan tanto los reportes de cálculo de GPS, los rinex tanto de las bases como de los puntos posicionados, los crudos, las carteras topográficas y el reporte de postproceso de la Ortofoto, que nos permite visualizar la calidad y procesamiento de los puntos que dan origen a la cartografía que se presenta.

Ilustración 8-1 Modelo 3D TopoBatimetria

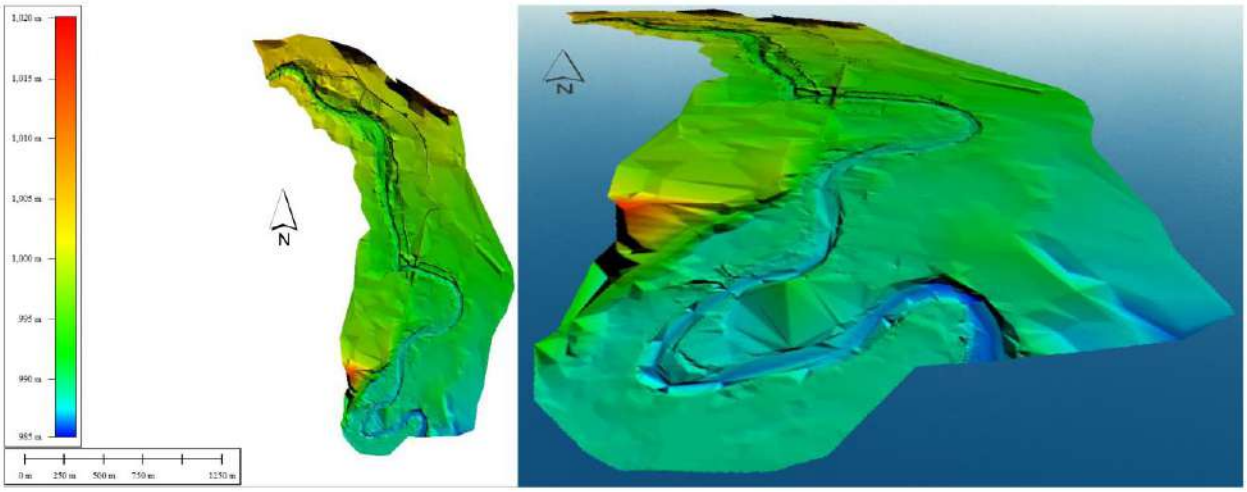
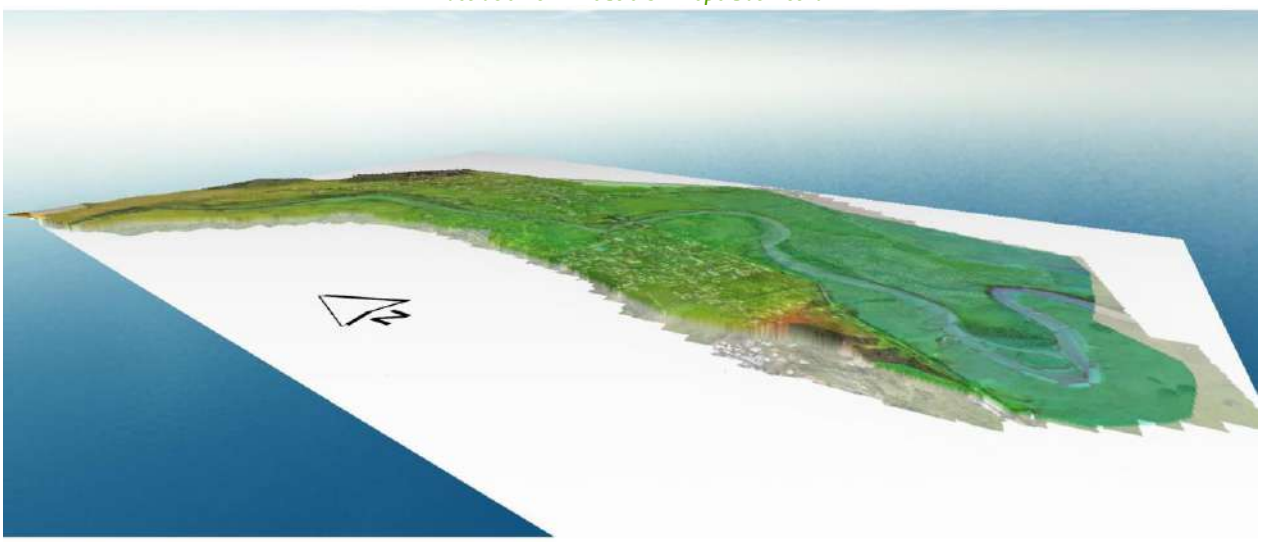


Ilustración 8-2 Modelo 3D Topo batimetría



Bogotá 29 de noviembre del 2023

Corporación autónoma regional de Cauca CRC

REF: CONTRATO No. 0582-2022" ANÁLISIS Y PROPUESTA DE SOLUCIÓN PARA EL CONTROL DE INUNDACIONES EN EL CORREGIMIENTO DE TIMBA, MUNICIPIO DE BUENOS AIRES, DEPARTAMENTO DEL CAUCA, EN CUMPLIMIENTO DE LA SENTENCIA 142 DE 2008 DEL JUZGADO 18 ADMINISTRATIVO DEL CIRCUITO JUDICIAL DE CALI."

Asunto: Memorial de responsabilidad topo batimetría

Por medio de la presente yo RODRIGO VILLABONA, identificado con cédula de ciudadanía 79.306.695 de Bogotá, certifico que realice el LEVANTAMIENTO DE TOMO BATIMETRÍA dentó del contrato, A**NÁLISIS Y PROPUESTA DE SOLUCIÓN PARA EL CONTROL DE INUNDACIONES EN EL CORREGIMIENTO DE TIMBA, MUNICIPIO DE BUENOS AIRES, DEPARTAMENTO DEL CAUCA, EN CUMPLIMIENTO DE LA SENTENCIA 142 DE 2008 DEL JUZGADO 18 ADMINISTRATIVO DEL CIRCUITO JUDICIAL DE CALI."** declaro que asumo la responsabilidad pro los prejuicios que causa de ellos puedan deducirse.



_____
Rodrigo Antonio Villabona
T.P. 25222 – 99224 CND

Rodrigo A. Villabona Ingenieros SAS

Reporte 186

Informe de procesamiento
14 April 2023



Datos del levantamiento

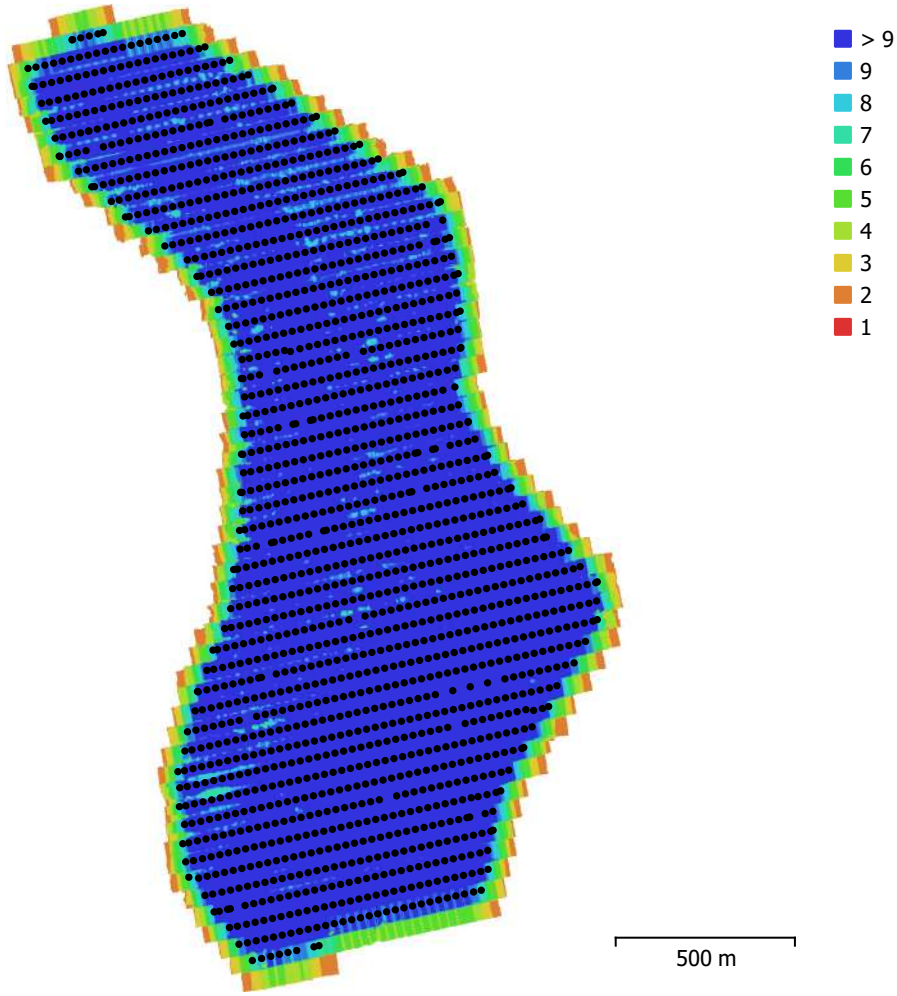


Fig. 1. Posiciones de cámaras y solapamiento de imágenes.

Número de imágenes:	1,658	Imágenes alineadas:	1,658
Altitud media de vuelo:	138 m	Puntos de paso:	3,397,554
Resolución en terreno:	3.16 cm/pix	Proyecciones:	11,707,952
Área cubierta:	2.43 km^2	Error de reproyección:	1.36 pix

Modelo de cámara	Resolución	Distancia focal	Tamaño de píxel	Precalibrada
FC6310 (8.8mm)	4864 x 3648	8.8 mm	2.61 x 2.61 micras	No

Tabla 1. Cámaras.

Calibración de cámara

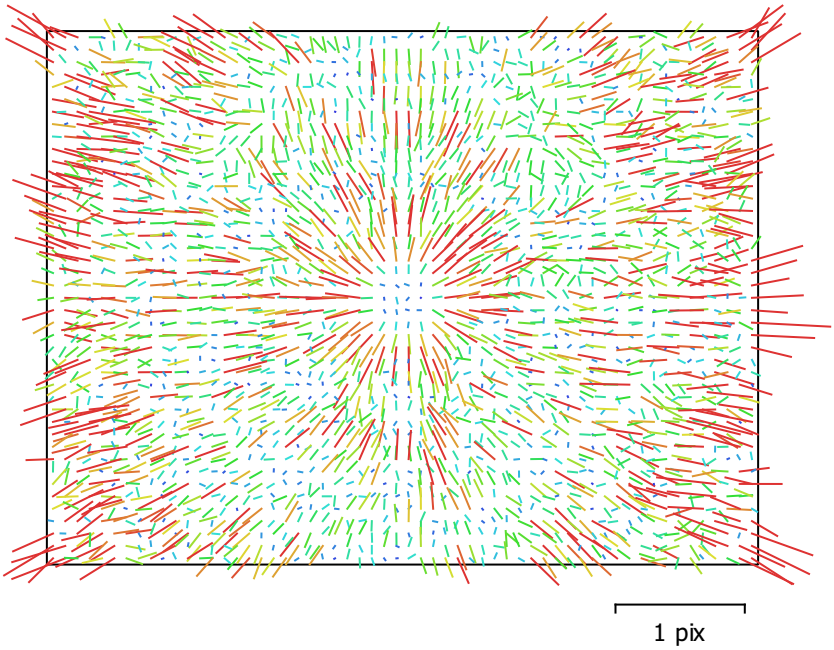


Fig. 2. Gráfico de residuales para FC6310 (8.8mm).

FC6310 (8.8mm)

1658 imágenes

Tipo	Resolución	Distancia focal	Tamaño de píxel
Cuadro	**4864 x 3648**	**8.8 mm**	**2.61 x 2.61 micras**

	Valor	Error	F	Cx	Cy	K1	K2	K3	P1	P2
F	**4245.54**	0.8	1.00	0.19	0.32	0.01	-0.24	0.36	-0.30	-0.18
Cx	**-16.8469**	0.029		1.00	0.07	0.01	-0.05	0.07	0.25	-0.03
Cy	**17.4237**	0.024			1.00	0.00	-0.08	0.11	-0.08	0.34
K1	**0.000268973**	1.9e-05				1.00	-0.94	0.86	-0.02	0.00
K2	**-0.0283468**	8.9e-05					1.00	-0.98	0.09	0.04
K3	**0.0397299**	0.00013						1.00	-0.12	-0.06
P1	**-0.00178809**	1.1e-06							1.00	0.08
P2	**-0.000955281**	1.1e-06								1.00

Tabla 2. Coeficientes de calibración y matriz de correlación.

Posiciones de cámaras

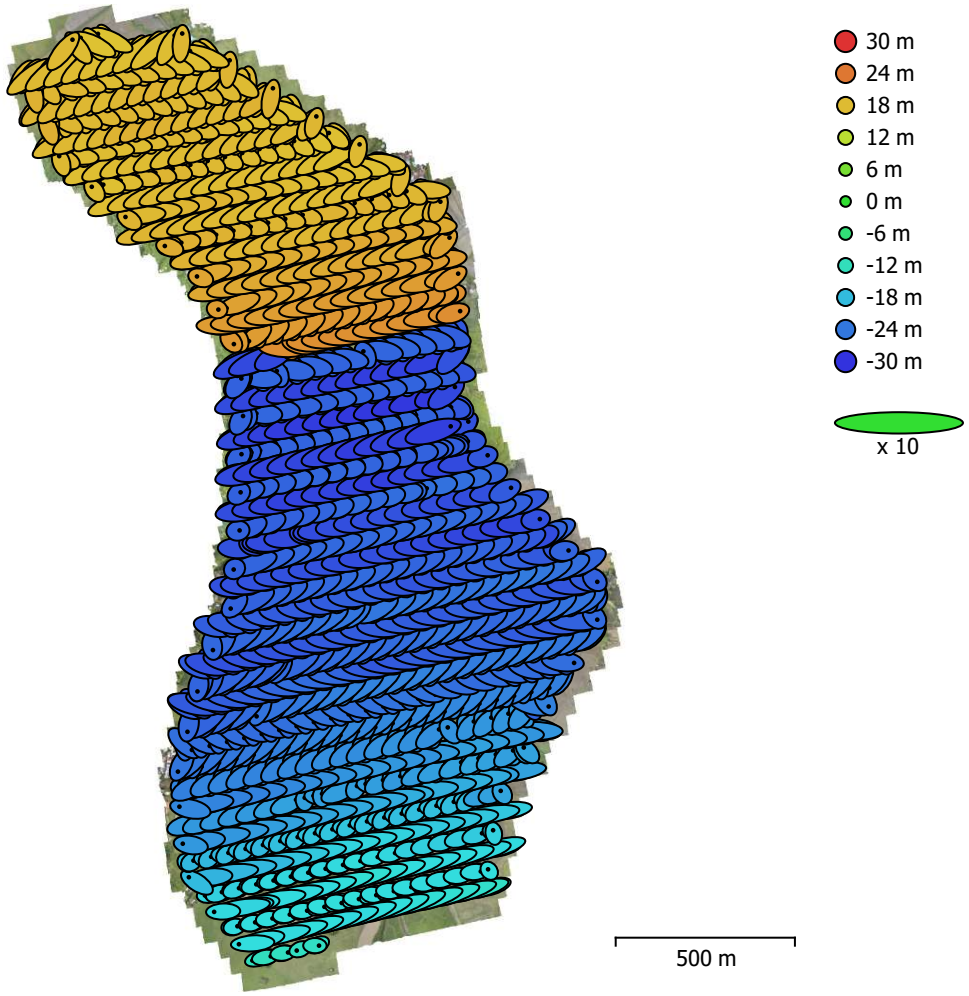


Fig. 3. Posiciones de cámaras y estimadores de error.
El color indica el error en Z mientras el tamaño y forma de la elipse representan el error en XY.
Posiciones estimadas de las cámaras se indican con los puntos negros.

Error en X (m)	Error en Y (m)	Error en Z (m)	Error en XY (m)	Error combinado (m)
5.60209	2.55193	22.3375	6.15596	23.1703

Tabla 3. Errores medios de las posiciones de cámaras.
X - Este, Y - Norte, Z - Altitud.

Puntos de control terrestre

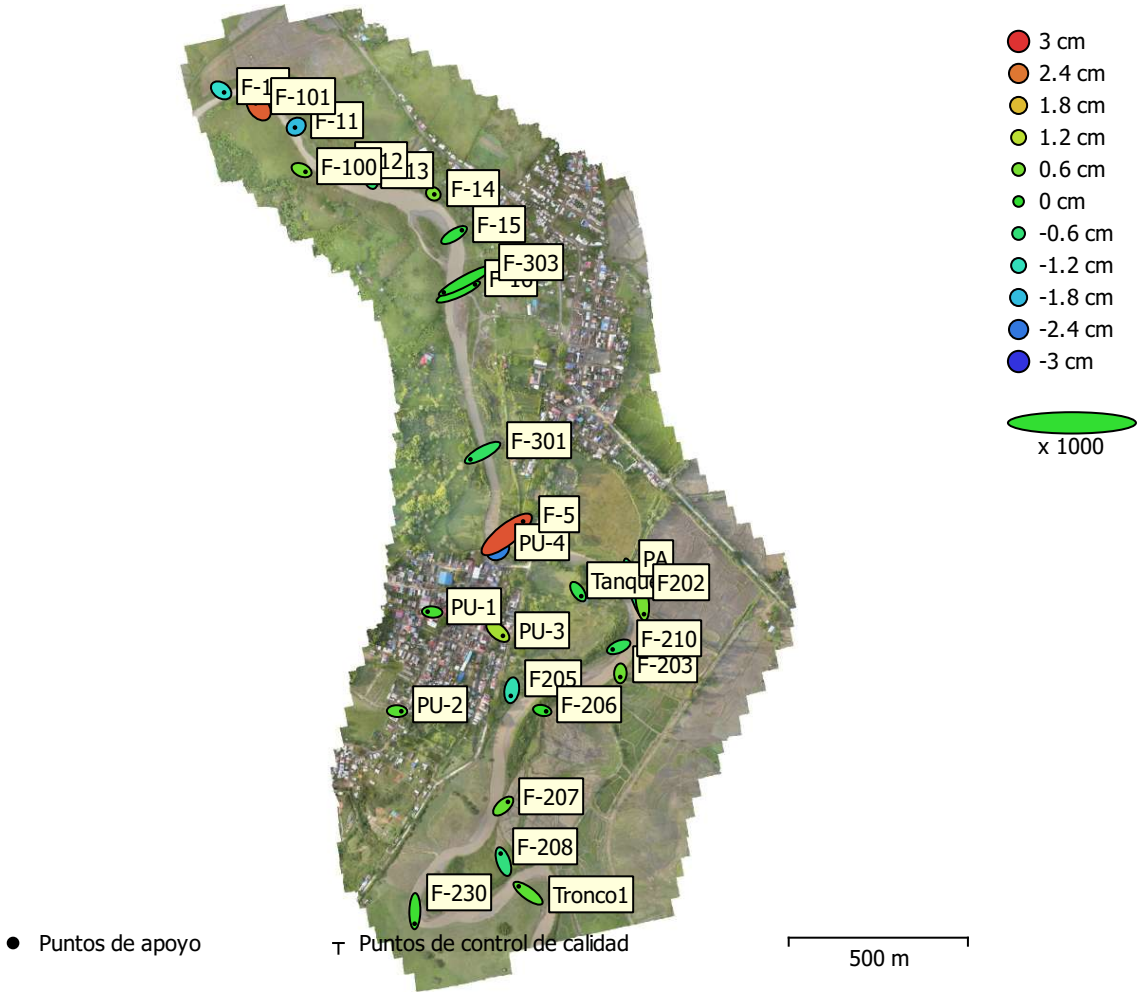


Fig. 4. Posiciones de puntos de apoyo y estimaciones de errores.
El color indica el error en Z mientras el tamaño y forma de la elipse representan el error en XY.
Las posiciones estimadas de puntos de apoyo se marcan con puntos o cruces.

Número	Error en X (cm)	Error en Y (cm)	Error en Z (cm)	Error en XY (cm)	Total (cm)
27	4.3222	4.30627	1.05535	6.10126	6.19186

Tabla 4. ECM de puntos de apoyo.
X - Este, Y - Norte, Z - Altitud.

Nombre	Error en X (cm)	Error en Y (cm)	Error en Z (cm)	Total (cm)	Imagen (pix)
PU-1	-2.56491	0.194675	0.177015	2.57837	0.808 (15)
PU-2	2.38234	-0.0895543	0.314944	2.40474	3.693 (14)
PU-3	2.86319	-2.35662	1.00624	3.8424	1.423 (14)
PU-4	1.16239	0.796916	-2.29491	2.69311	1.414 (15)
Tanque	1.75744	-2.51201	-0.219098	3.07356	1.098 (13)
PA	-4.3453	13.6726	-0.672791	14.3623	3.263 (15)
Tronco1	-5.21785	3.8254	0.352305	6.47949	1.717 (14)
F-208	-1.54049	4.48462	-0.665282	4.78827	1.231 (14)
F-5	9.14461	7.22858	2.71348	11.9683	3.009 (14)
F-16	9.35054	4.12517	-0.0136799	10.2201	2.267 (15)
F-15	4.35749	2.67144	-0.128898	5.11282	1.164 (15)
F-14	0.542203	-0.33201	0.636728	0.899798	0.589 (13)
F-13	0.687362	-1.79488	-0.546994	1.99831	0.679 (13)
F-12	-2.38122	-0.299303	-0.0826393	2.40138	1.356 (13)
F-11	-0.6884	-0.475337	-1.80273	1.98738	1.254 (13)
F-10	1.62532	-1.13397	-1.34136	2.39307	1.372 (13)
F-101	-1.69593	2.16718	2.60856	3.79175	3.012 (9)
F-100	2.16142	-0.92735	0.569052	2.41982	1.057 (14)
F-303	-12.3956	-6.64532	-0.0373374	14.0646	3.421 (14)
F-301	-6.79892	-3.70661	-0.412137	7.75462	1.758 (15)
F-230	-0.131693	-7.01312	0.0977014	7.01504	1.883 (13)
F205	-0.514718	-3.14799	-1.09854	3.37366	0.983 (15)
F-203	-0.0806033	-2.04596	0.513138	2.11087	0.938 (13)
F-210	-3.3716	-1.45732	-0.328351	3.68772	1.150 (13)
F-207	2.60934	2.34728	0.464839	3.5404	0.911 (15)
F-206	2.16773	-0.476792	0.0105193	2.21958	0.680 (15)
F202	0.916504	-7.10766	0.592565	7.19097	1.753 (14)
Total	**4.3222**	**4.30627**	**1.05535**	**6.19186**	**1.838**

Tabla 5. Puntos de apoyo.

X - Este, Y - Norte, Z - Altitud.

Modelo digital de elevaciones

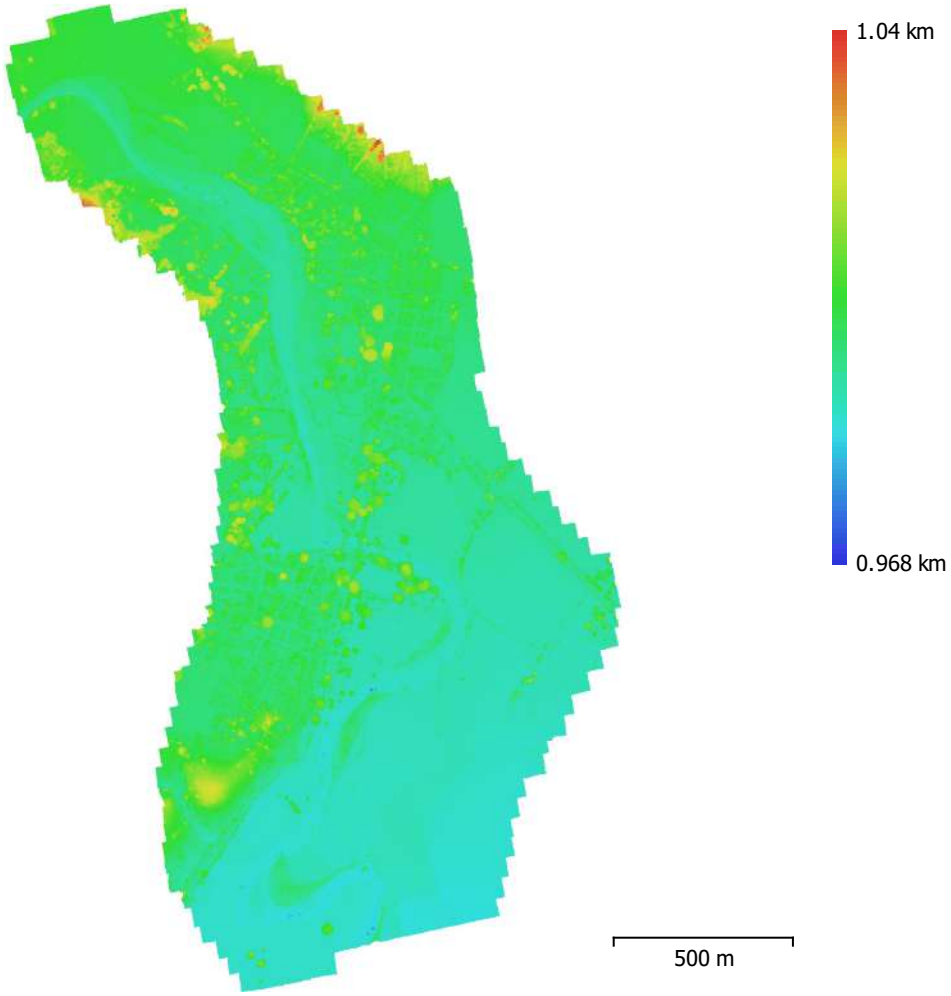


Fig. 5. Modelo digital de elevaciones.

Resolución:	12.6 cm/pix
Densidad de puntos:	62.6 puntos/m^2

Parámetros de procesamiento

Generales	
Cámaras	1658
Cámaras orientadas	1658
Marcadores	27
Sistema de coordenadas	MAGNA-SIRGAS / Origen-Nacional (EPSG::9377)
Ángulo de rotación	Guiñada, cabeceo, alabeo
Nube de puntos	
Puntos	3,397,554 de 3,712,681
RMS error de reproyección	0.131744 (1.35841 pix)
Error de reproyección máximo	2.03327 (61.1006 pix)
Tamaño promedio de puntos característicos	8.20316 pix
Colores de puntos	3 bandas, uint8
Puntos clave	No
Multiplicidad media de puntos de paso	3.65226
Parámetros de orientación	
Precisión	Media
Pre-selección genérica	Sí
Pre-selección de referencia	Origen
Puntos clave por foto	100,000
Límite de puntos clave por megapixel	1,000
Puntos de paso por foto	20,000
Excluir puntos de paso inmóviles	Sí
Emparejamiento guiado	No
Ajuste adaptativo del modelo de cámara	Sí
Tiempo búsqueda de emparejamientos	40 minutos 21 segundos
Uso de memoria durante el emparejamiento	1.46 GB
Tiempo de orientación	1 hora 17 minutos
Uso de memoria durante el alineamiento	1.13 GB
Parámetros de optimización	
Parámetros	f, cx, cy, k1-k3, p1, p2
Ajuste adaptativo del modelo de cámara	No
Tiempo de optimización	4 minutos 32 segundos
Fecha de creación	2023:04:13 11:20:18
Versión del programa	1.8.5.14711
Tamaño de archivo	295.51 MB
Mapas de profundidad	
Número	1658
Parámetros de obtención de mapas de profundidad	
Calidad	Media
Nivel de filtrado	Leve
Límite máximo de redundancia	16
Tiempo de procesamiento	3 horas 49 minutos
Uso de memoria	2.70 GB
Fecha de creación	2023:04:14 07:33:57
Versión del programa	1.8.5.14711
Tamaño de archivo	2.81 GB
Nube de puntos densa	
Puntos	210,633,611
Colores de puntos	3 bandas, uint8
Parámetros de obtención de mapas de profundidad	

Calidad	Media
Nivel de filtrado	Leve
Límite máximo de redundancia	16
Tiempo de procesamiento	3 horas 49 minutos
Uso de memoria	2.70 GB
Parámetros de generación de la nube densa	
Tiempo de procesamiento	2 horas 44 minutos
Uso de memoria	5.03 GB
Fecha de creación	2023:04:14 10:18:35
Versión del programa	1.8.5.14711
Tamaño de archivo	2.69 GB
MDE	
Tamaño	24,266 x 34,080
Sistema de coordenadas	MAGNA-SIRGAS / Origen-Nacional (EPSG::9377)
Parámetros de reconstrucción	
Origen de datos	Nube de puntos densa
Interpolación	Habilitada
Tiempo de procesamiento	10 minutos 7 segundos
Uso de memoria	308.24 MB
Fecha de creación	2023:04:14 16:12:00
Versión del programa	1.8.5.14711
Tamaño de archivo	542.04 MB
Ortomosaico	
Tamaño	54,344 x 87,160
Sistema de coordenadas	MAGNA-SIRGAS / Origen-Nacional (EPSG::9377)
Colores	3 bandas, uint8
Parámetros de reconstrucción	
Modo de mezcla	Mosaico
Superficie	MDE
Permitir el cierre de agujeros	Sí
Habilitar el filtro de efecto fantasma	No
Tiempo de procesamiento	2 horas 18 minutos
Uso de memoria	1.07 GB
Fecha de creación	2023:04:14 17:40:23
Versión del programa	1.8.5.14711
Tamaño de archivo	32.72 GB
Sistema	
Nombre del programa	Agisoft Metashape Professional
Versión del programa	1.8.5 build 14711
OS	Windows 64 bit
RAM	23.88 GB
CPU	Intel(R) Core(TM) i7-4770 CPU @ 3.40GHz
GPU(s)	Intel(R) HD Graphics 4600 Quadro K4000

Y = 1904500 m.N.
Y = 1904000 m.N.
Y = 1903500 m.N.
Y = 1903000 m.N.
Y = 1902500 m.N.
Y = 1902000 m.N.
X = 4597500 m.E.
X = 4597000 m.E.
X = 4596500 m.E.

CONVENCIONES TOPOGRÁFICAS

AREA CONSTRUIDA	
ARBOL	
CANCHA	
CARCAMO	
CERRAMIENTO	
CORONA	
DELTA, GPS	
LINDERO	
MURO	
PARAMENTO	
POZO	
QUEBRADA	
SUMIDERO	
VIA	

PROYECTO: INUNDACIÓN RÍO TIMBA

ANÁLISIS Y PROPUESTA DE SOLUCIÓN PARA EL CONTROL DE INUNDACIONES EN EL CORREGIMIENTO DE TIMBA, MUNICIPIO DE BUENOS AIRES, DEPARTAMENTO DEL CAUCA, EN CUMPLIMIENTO DE LA SENTENCIA 142 DE 2008 DEL JUZGADO 18 ADMINISTRATIVO DEL CIRCUITO JUDICIAL DE CALI

CONTRATO: CONTRATO No. 0582-2022

REALIZO: JAM INGENIERÍA Y MEDIO AMBIENTE

TOPOGRAFÍA: ING. RODRIGO ANTONIO VILLABONA
Matrícula Topografo: 25222 – 099224 CND

REVISIÓN, VERIFICACIÓN Y APROBACIÓN

CORPORACIÓN AUTÓNOMA REGIONAL DEL CAUCA –CRC

MODIFICACIONES
I
II
III
IV
V
VI
VII
VIII

CONTIENE:

BARRIO:

LOCALIDAD:

DIRECCION:

ARCHIVO AUTOCAD: ACAD-Timba-16-05_Topografia.dwg

CONTIENE: MAPA TOPOGRÁFICO

LOCALIZACIÓN: Corregimiento de Timba, Municipio de Buenos Aires, Departamento del Cauca

PLANO No. 01 DE 01

ESCALA: Indicadas

REVISIÓN:

FECHA: JUNIO 2023

DESCRIPCIÓN DE PUNTO TOPOGRÁFICO BASE

FECHA		
AAAA	-MM	-DD
2023	04	18

Nomenclatura Punto: GPS-1 | Nomenclatura Placa:

Departamento	Municipio	Barrio	Sitio
CAUCA	TIMBA CAUCA		

Coordenadas Navegadas MAGNA SIRGAS

Latitud (φ)	Longitud (ƛ)	Altura Elipsoidal (h)
3°07'01.84801"N	76°37'27.63689"W	993.26

Monumentación

Fecha	Tipo	Monumentado por:
2023-04-18	MOJON	Existente

Estado del punto	Ancho(m)	Largo(m)	Altura(m)
BUENO	30 cm	30 cm	15 cm



El punto GPS-1 cerca al muro de protección del río , entre el puente peatonal de la línea férrea y el puente vehicular

Diagrama de obstáculos

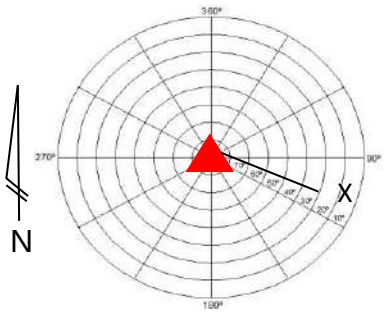


Imagen de la Placa



Perfil



Referencias medidas de los objetos al punto

No.	Objeto	Azimut Magnético(°)	Distancia (m)
1	Esquina plataforma puente	287°51´	14.67
2			
3			
4			
5			

Observaciones:

Descripción Detallada

A 1.0 m del muro de protección del río Timba

Describió: RODRIGO ANTONIO VILLABONA
Nombre

VER INSTRUCCIONES AL RESPALDO

INSTRUCCIONES

Nomenclatura Punto: nomenclatura generada en el levantamiento.

Fecha: época de exploración o materialización del punto, se registra AAAA-MM-DD

Municipio: nombre del municipio según la división político administrativa donde se ubica el punto materializado.

Sitio: lugar donde se encuentra ubicado el punto, si está localizado en una zona rural se denominará (finca, restaurante, tienda u otro punto de referencia). Si está en una zona urbana se utilizará la dirección (Nomenclatura del inmueble).

Nomenclatura Placa: nomenclatura estampada en la placa.

Departamento: nombre del departamento según la división político administrativa donde se ubica el punto materializado.

Vereda/ Barrio: nombre de la vereda en la que se encuentra el punto (Localización rural). Nombre del barrio en el que se encuentra ubicado el punto (Localización Urbana).

COORDENADAS NAVEGADAS MAGNA SIRGAS (equivalente WGS-84)

Registre la **latitud** (φ), **longitud** (λ) en grados (°), minutos (') y segundos (").

Registre l**a altura elipsoidal** (h) en metros (m).

MONUMENTACIÓN

Fecha: fecha en la que se construye el punto, se diligencia AAAA-MM-DD

Tipo: puede ser incrustación, pilastra, mojón, de concreto y otros.

Monumentado por: nombre completo del profesional de campo que monumentó el punto.

Estado del punto: condiciones físicas del punto materializado, el cual se puede clasificar en:
- Bueno: cuando no presenta deterioro en la placa ni en el concreto. - Regular: cuando presenta algún deterioro físico que no altera su ubicación. - Destruido: si el punto fue movido de su posición original o fue cubierto por alguna construcción, vía, etc. En estos casos se considera como destruido y solamente se diligencian los campos de Estado del punto y en el campo de Observaciones, indique el nombre de la persona y la fecha en la que realiza la exploración.

Ancho (m): longitud que tiene el mojón en una de sus aristas (m)

Largo (m): una vez se toma el ancho del punto materializado se mide la longitud de la otra arista, esta medida se registra en (m).

Altura (m): distancia en metros que hay desde el piso hasta la superficie de la placa.

Croquis General: debe reflejar todo lo redactado en el Acceso general para permitir el fácil acceso al punto. Se puede usar cartografía siempre y cuando ésta permita identificar los centros poblados, vías, ríos, los cuales deben llevar su respectivo nombre y sentido en caso de ser una vía, en el caso de que la cartografía no sirva, se puede realizar un croquis o un bosquejo a mano.

Acceso General: informe el acceso al punto, describiendo el centro poblado desde el cual se inicia la exploración, indique las vías, caminos o carreteables que permitan el acceso, utilizando la orientación Norte, Sur, Este, Oeste y sus combinaciones, evite palabras como derecha o izquierda, indique las distancias con sus respectivas unidades, los miles se separan por un espacio y los decimales por coma. Todo lo que se escriba en este campo debe reflejarse en el croquis general.

Perfil: debe contener una imagen que describa el perfil del punto topográfico.

Croquis Detallado: debe representar un levantamiento aproximadamente a 30 m alrededor del punto. el cual permita acceder al punto de forma rápida y clara, indique los puntos que se observaron desde los objetos (referencias) al punto, enumerados según el cuadro Referencias medidas de los objetos al punto, represente el azimut allí registrado.

Descripción Detallada: describa concretamente en qué lugar queda ubicado el punto teniendo en cuenta un radio de 30 metros alrededor del mismo, nombrando los objetos de referencia al punto.

Diagrama de obstáculos: dibuje todos los obstáculos sin importar la distancia en el horizonte y que tengan una elevación mayor a los 10º. Éstos deben ser dibujados mediante puntos los cuales indican los azimuts y elevaciones del objeto, únalos mediante líneas. No debe registrar la descripción de planta del objeto, ejemplo: un árbol, sino los puntos de azimut y elevación que describen el perímetro del objeto unidos por líneas.

Imagen de la Placa: fotografía de la placa con buena resolución de imagen que permita la identificación de la nomenclatura de la placa.

REFERENCIAS MEDIDAS DE LOS OBJETOS AL PUNTO

No.: consecutivo de la referencia
Objeto: nombre del punto de referencia. Si encuentra puntos geodésicos materializados intervisibles, es obligatorio su registro.
Azimut magnético: azimut magnético medido con brújula desde el objeto hasta el punto topográfico
Distancia (m): longitud que existe entre el punto geodésico y el objeto tomado como referencia

Observaciones: efectúe las que haya lugar y que sean significativas para la ubicación o acceso al punto. Registre la fecha en la que encuentra el punto movido o destruido.

Describió: nombre del comisionado que exploró el punto.

DESCRIPCIÓN DE PUNTO TOPOGRÁFICO BASE

FEC
AAAA -M
2023 0

Nomenclatura Punto: GPS-1

Nomenclatura Placa:

Departamento	Municipio	Barrio	Sitio
VALLE DEL CAUCA	TIMBA VALLE		

Coordenadas Navegadas MAGNA SIRGAS

Latitud (φ)	Longitud (λ)	Altura Ortométrica
3°07'03.78225"N	76°37'26.44471"W	997.027

Monumentación

Fecha	Tipo	Monumentado por:
2023-04-18	Placa	Existente

Estado del punto	Ancho(m)	Largo(m)	Altura(m)
BUENO			

Diagrama de obstáculos

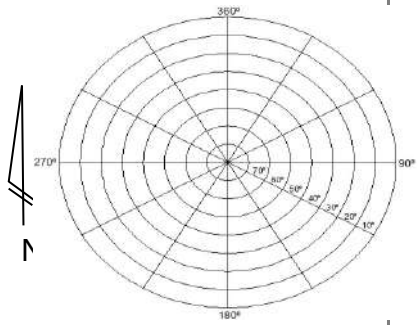


Imagen de la Placa

Croquis General



unto GPS-2 sobre alcantarilla, costa
a Timba Valle - Timba Cauca a 26 m
cruzar el puente vehicular sobre el rí

Croquis Detallado





Referencias medidas de los objetos al punto

No.	Objeto	Azimut Magnético(°)	Distancia (m)
1	Esquina plataforma puente	287°51´	14.67
2			
3			
4			
5			

Observaciones:

Descripción Detallada

Describió: RODRIGO ANTONIO VILLABONA
Nombre

Fundido en la esquina de la alcantarilla

VER INSTRUCCIONES AL RESPALDO

INSTRUCCIONES

Nomenclatura Punto: nomenclatura generada en el levantamiento.

Fecha: época de exploración o materialización del punto, se registra AAAA-MM-DD

Municipio: nombre del municipio según la división político administrativa donde se ubica el punto materializado.

Sitio: lugar donde se encuentra ubicado el punto, si está localizado en una zona rural se denominará (finca, restaurante, tienda u otro punto de referencia). Si está en una zona urbana se utilizará la dirección (Nomenclatura del inmueble).

Nomenclatura Placa: nomenclatura estampada en la placa.

Departamento: nombre del departamento según la división político administrativ ubica el punto materializado.

Vereda/ Barrio: nombre de la vereda en la que se encuentra el punto (Localizac Nombre del barrio en el que se encuentra ubicado el punto (Localización Urbana

COORDENADAS NAVEGADAS MAGNA SIRGAS (equivalente WGS-84)

Registre la **latitud** (φ), **longitud** (λ) en grados (º), minutos (') y segundos ("). Registre l**a altura elipsoidal** (h) en metros (m).

MONUMENTACIÓN

Fecha: fecha en la que se construye el punto, se diligencia AAAA-MM-DD

Tipo: puede ser incrustación, pilastra, mojón, de concreto y otros.

Monumentado por: nombre completo del profesional de campo que monument

Estado del punto: condiciones físicas del punto materializado, el cual se puede clasificar en: - Bueno: cuando no presenta deterioro en la placa ni en el concreto. - Regular: cuando presenta algún deterioro físico que no altera su ubicación. - Destruido: si el punto fue movido de su posición original o fue cubierto por alguna construcción, vía, etc. En estos casos se considera como destruido y solamente se diligencian los campos de Estado del punto y en el campo de Observaciones, indique el nombre de la persona y la fecha en la que realiza la exploración.

Ancho (m): longitud que tiene el mojón en una de sus aristas (m)

Largo (m): una vez se toma el ancho del punto materializado se mide la longitud arista, esta medida se registra en (m).

Altura (m): distancia en metros que hay desde el piso hasta la superficie de la p

Croquis General: debe reflejar todo lo redactado en el Acceso general para permitir el fácil acceso al punto. Se puede usar cartografía siempre y cuando ésta permita identificar los centros poblados, vías, ríos, los cuales deben llevar su respectivo nombre y sentido en caso de ser una vía, en el caso de que la cartografía no sirva, se puede realizar un croquis o un bosquejo a mano.

Acceso General: informe el acceso al punto, describiendo el centro poblado des inicia la exploración, indique las vías, caminos o carreteables que permitan el ac la orientación Norte, Sur, Este, Oeste y sus combinaciones, evite palabras como izquierda, indique las distancias con sus respectivas unidades, los miles se sepa espacio y los decimales por coma. Todo lo que se escriba en este campo debe r croquis general.

Croquis Detallado: debe representar un levantamiento aproximadamente a 30 m alrededor del punto. el cual permita acceder al punto de forma rápida y clara, indique los puntos que se observaron desde los objetos (referencias) al punto, enumerados según el cuadro Referencias medidas de los objetos al punto, represente el azimut allí registrado.

Perfil: debe contener una imagen que describa el perfil del punto topográfico.

Descripción Detallada: describa concretamente en qué lugar queda ubicado el en cuenta un radio de 30 metros alrededor del mismo, nombrando los objetos de punto.

Diagrama de obstáculos: dibuje todos los obstáculos sin importar la distancia en el horizonte y que tengan una elevación mayor a los 10º. Éstos deben ser dibujados mediante puntos los cuales indican los azimuts y elevaciones del objeto, únalos mediante líneas. No debe registrar la descripción de planta del objeto, ejemplo: un árbol, sino los puntos de azimut y elevación que describen el perímetro del objeto unidos por líneas.

Imagen de la Placa: fotografía de la placa con buena resolución de imagen que identificación de la nomenclatura de la placa.

REFERENCIAS MEDIDAS DE LOS OBJETOS AL PUNTO

No.: consecutivo de la referencia
Objeto: nombre del punto de referencia. Si encuentra puntos geodésicos materializados intervisibles, es obligatorio su registro.
Azimut magnético: azimut magnético medido con brújula desde el objeto hasta el punto topográfico
Distancia (m): longitud que existe entre el punto geodésico y el objeto tomado como referencia

Observaciones: efectúe las que haya lugar y que sean significativas para la ubi acceso al punto. Registre la fecha en la que encuentra el punto movido o destrui

Describió: nombre del comisionado que exploró el punto.

CHA	
MM	-DD
04	18

do derecho
antes de
o Timba



va donde se

ión rural).
).

ó el punto.

l de la otra

laca.

sde el cual se
ceso, utilizando
derecha o
aran por un
eflejarse en el

punto teniendo
e referencia al

permita la

cación o
do.

CONTRATO No. 0582-2022

"ANÁLISIS Y PROPUESTA DE SOLUCIÓN PARA EL CONTROL DE INUNDACIONES EN EL CORREGIMIENTO DE TIMBA, MUNICIPIO DE BUENOS AIRES, DEPARTAMENTO DEL CAUCA, EN CUMPLIMIENTO DE LA SENTENCIA 142 DE 2008 DEL JUZGADO 18 ADMINISTRATIVO DEL CIRCUITO JUDICIAL DE CALI."

INFORME PRESUPUESTO Y ANALISIS DE PRESCIOS UNITARIOS

JUNIO de 2023

JAM INGENIERÍA Y MEDIO AMBIENTE

NIT 830084684-9

Cra 42 No. 22A-03 Bogotá D.C., Colombia
+57 3118538700
+57 1 2440222
Info@Jam.com

CRC – CORPOROACIÓN AUTONOMA REGIONAL DEL CAUCA

HOJA DE CONTROL

ENTIDAD	RESPONSABLE	EJEMPLARES
JAM Ingeniería y Medio Ambiente SAS	Javier Antonio Millán	ORIGINAL

ÍNDICE DE MODIFICACIONES

VERSIÓN	SECCIÓN MODIFICADA	FECHA DE MODIFICACIÓN	OBSERVACIONES
1	Versión Original	JUNIO 2023	

ESTADO DE REVISIÓN Y APROBACIÓN

Elaborado por:	**RAFAEL EDUARDO ORGANISTA GAMBA**
Firma:	
Fecha:	21 DE JUNIO DE 2023

TABLA DE CONTENIDO

INTRODUCCIÓN 9
1 OBJETIVOS Y ALCANCES 10
1.1 OBJETIVO GENERAL 10
1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS 10
2 DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO 10
2.1 LOCALIZACIÓN 11
2.2 VISITA DE RECONOCIMIENTO INICIAL ..... **¡Error! Marcador no definido.**
3 CONTEXTO GEOLÓGICO ..... **¡Error! Marcador no definido.**
3.1 GEOLOGÍA REGIONAL ..... **¡Error! Marcador no definido.**
3.2 ESTRATIGRAFÍA ..... **¡Error! Marcador no definido.**
3.3 GEOLOGÍA ESTRUCTURAL ..... **¡Error! Marcador no definido.**
4 ESTUDIO GEOMORFOLÓGICO ..... **¡Error! Marcador no definido.**
4.1 GEOFORMAS LOCALES ..... **¡Error! Marcador no definido.**
4.2 ANÁLISIS GEOMORFOLÓGICO MULTITEMPORAL - MORFODINÁMICA ..... **¡Error! Marcador no definido.**
4.2.1 1957 ..... **¡Error! Marcador no definido.**
4.2.2 1970 ..... **¡Error! Marcador no definido.**
4.2.3 1982 a 1991 ..... **¡Error! Marcador no definido.**
4.2.4 2000 a 2018 ..... **¡Error! Marcador no definido.**
4.2.5 Situación actual ..... **¡Error! Marcador no definido.**
4.2.6 Variación morfológica multitemporal del río Timba... **¡Error! Marcador no definido.**
4.3 PUNTOS CRÍTICOS O DE MAYOR INTERÉS DESDE EL PUNTO DE VISTA GEOMORFOLÓGICO ..... **¡Error! Marcador no definido.**
5 ESTUDIO GEOLÓGICO LOCAL ..... **¡Error! Marcador no definido.**
5.1 UNIDADES GEOLÓGICAS LOCALES PARA INGENIERÍA **¡Error! Marcador no definido.**
5.2 ESTRUCTURAS DE PROTECCIÓN DE ORILLA Y OBRAS EN AFLUENTES PRESENTES ..... **¡Error! Marcador no definido.**
5.3 MAPA GEOLÓGICO LOCAL ..... **¡Error! Marcador no definido.**
5.4 SECCIONES GEOLÓGICAS ..... **¡Error! Marcador no definido.**

6 CARACTERIZACIÓN GEOTÉCNICA .....**¡Error! Marcador no definido.**
6.1 PLAN DE EXPLORACIÓN.....**¡Error! Marcador no definido.**
6.1.1 Resultados exploración directa.....**¡Error! Marcador no definido.**
6.1.2 Ensayo de campo SPT .....**¡Error! Marcador no definido.**
6.1.3 Resultados exploración indirecta .....**¡Error! Marcador no definido.**
6.2 ENSAYOS DE LABORATORIO.....**¡Error! Marcador no definido.**
6.3 CARACTERIZACIÓN GEO MECÁNICA .....**¡Error! Marcador no definido.**
6.4 MODELO GEOLÓGICO GEOTÉCNICO.....**¡Error! Marcador no definido.**
7 DISEÑO OBRAS GEOTÉCNICAS.....**¡Error! Marcador no definido.**
7.1 CONDICIONES SÍSMICAS .....**¡Error! Marcador no definido.**
6.1.1 Condiciones especiales .....**¡Error! Marcador no definido.**
8 DISEÑO DE OBRAS GEOTÉCNICO.....**¡Error! Marcador no definido.**
6.1.2 Diseño de obras de protección – estructura hidráulica abierta**¡Error! Marcador no definido.**
6.1.3 Diseño de obras de protección de orilla – geoestera**¡Error! Marcador no definido.**
6.1.4 Diseño de obras de protección – mejoramiento jarillones**¡Error! Marcador no definido.**
9 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....**¡Error! Marcador no definido.**

LISTADO DE TABLAS

Tabla 4-1. Relación imágenes sensores remotos utilizadas.....**¡Error! Marcador no definido.**
Tabla 6-1 Profundidades y ubicación de Sondeos. * SISTEMA NUEVO ORIGEN NACIONAL CTM-12.....**¡Error! Marcador no definido.**
Tabla 6-2 Coordenadas de ensayos realizados en el proyecto .....**¡Error! Marcador no definido.**
Tabla 6-3 Calculo Vs30 m/s.....**¡Error! Marcador no definido.**
Tabla 6-4 Calculo Vs30.....**¡Error! Marcador no definido.**
Tabla 6-5 Cuadro resumen de ensayos del presente estudio. .....**¡Error! Marcador no definido.**
Tabla 6-6 Peso Unitario LSR-1 .....**¡Error! Marcador no definido.**
Tabla 6-7 Peso Unitario LSR-2 .....**¡Error! Marcador no definido.**
Tabla 6-8 Peso Unitario LSR-3 .....**¡Error! Marcador no definido.**
Tabla 6-9 Resultados resistencia al corte .....**¡Error! Marcador no definido.**
Tabla 6-10 Calculo Modulo de Young LSR-1 .....**¡Error! Marcador no definido.**
Tabla 6-11 Calculo Modulo de Young LSR-2 .....**¡Error! Marcador no definido.**
Tabla 6-12 Calculo Modulo de Young LSR-3 .....**¡Error! Marcador no definido.**

Tabla 7-1 Aspectos sísmicos zona de Barrancabermeja.....**¡Error! Marcador no definido.**
Tabla 7-2 Coeficientes de amplificación Fpga.....**¡Error! Marcador no definido.**
Tabla 8-1. Capacidad lateral pilotes D=0.3 m .....**¡Error! Marcador no definido.**

LISTADO DE ILUSTRACIONES

Ilustración 2-1 Ubicación general del proyecto..... 12
Ilustración 3-1 Marco geológico regional.....**¡Error! Marcador no definido.**
Ilustración 3-2. Vista geología sobre imagen de satélite. Tomado y modificado de Google Earth .....**¡Error! Marcador no definido.**
Ilustración 3-3. Columna estratigráfica general Fm. Chimborazo. Tomado de INGEOMINAS 1999 .....**¡Error! Marcador no definido.**
Ilustración 3-4. Columna estratigráfica general Fm. Guachinte. Tomado de INGEOMINAS 1999 .....**¡Error! Marcador no definido.**
Ilustración 3-5. Columna estratigráfica general Fm. Ferreira. Tomado de INGEOMINAS 1999 .....**¡Error! Marcador no definido.**
Ilustración 3-6. Geología estructural Regional departamento del Cauca**¡Error! Marcador no definido.**
Ilustración 3-7. Lineamientos estructurales en zona de estudio ....**¡Error! Marcador no definido.**
Ilustración 4-1. Ejemplo georreferenciación de fotos áreas.....**¡Error! Marcador no definido.**
Ilustración 4-2. Fotointerpretación 1957.....**¡Error! Marcador no definido.**
Ilustración 4-3. Fotointerpretación 1970.....**¡Error! Marcador no definido.**
Ilustración 4-4. Fotointerpretación 1982.....**¡Error! Marcador no definido.**
Ilustración 4-5. Fotointerpretación 1991.....**¡Error! Marcador no definido.**
Ilustración 4-6. Fotointerpretación año 2000.....**¡Error! Marcador no definido.**
Ilustración 4-7. Rasgos importantes para el año 2018 .....**¡Error! Marcador no definido.**
Ilustración 4-8. Detalle de espolones construidos en margen izquierda del río, Timba Valle del Cauca. A) año 2000. B) año 2015. C) año 2018 .....**¡Error! Marcador no definido.**
Ilustración 4-9. Mapa geomorfológico local.....**¡Error! Marcador no definido.**
Ilustración 4-10. Variación multitemporal del río Timba.....**¡Error! Marcador no definido.**
Ilustración 4-11. Sectores de interés para exploración del subsuelo**¡Error! Marcador no definido.**
Ilustración 5-1. Afloramiento de rocas Fm. Chimborazo en deslizamiento de cuña..... **¡Error! Marcador no definido.**
Ilustración 5-2. GSI rocas Fm. Chimborazo .....**¡Error! Marcador no definido.**
Ilustración 5-3. Estimación en campo de resistencia a compresión simple roca Fm Chimborazo .....**¡Error! Marcador no definido.**
Ilustración 5-4. Exposición de suelo residual de conglomerado Fm. Chimborazo ..... **¡Error! Marcador no definido.**
Ilustración 5-5. Suelo residual arcilloso Fm. Chimborazo.....**¡Error! Marcador no definido.**

Ilustración 5-6.. Contacto suelo residual Fm. Chimborazo (Srch) con suelos transportados de llanura de inundación (Stli).....**¡Error! Marcador no definido.**
Ilustración 5-7. Exposición de suelos transportado de conos de deyección**¡Error! Marcador no definido.**
Ilustración 5-8. Vista a contacto con cambio morfológico de Suelos transportados cono de deyección (Stcd) y suelos transportados de llanura de inundación (Stli)**¡Error! Marcador no definido.**
Ilustración 5-9. Vista a suelos transportados de llanura de inundación**¡Error! Marcador no definido.**
Ilustración 5-10.. Vista a barras aluviales antiguas erosionadas en márgenes de río Timba .....**¡Error! Marcador no definido.**
Ilustración 5-11. Terraza aluvial río Timba .....**¡Error! Marcador no definido.**
Ilustración 5-12. Vista litológica a los depósitos de terraza aluvial (Stta)**¡Error! Marcador no definido.**
Ilustración 5-13. Vista a depósitos de fondo de canal expuestos por socavación de fondo río Timba .....**¡Error! Marcador no definido.**
Ilustración 5-14. Vista terraplén de vía ferrea.....**¡Error! Marcador no definido.**
Ilustración 5-15. Vista de Jarillón en la zona de estudio.....**¡Error! Marcador no definido.**
Ilustración 5-16. Jarillones extremo norte.....**¡Error! Marcador no definido.**
Ilustración 5-17. Espolones extremo sur .....**¡Error! Marcador no definido.**
Ilustración 5-18. Muro protección orilla .....**¡Error! Marcador no definido.**
Ilustración 5-19. Mapa de planta con obras de protección presentes en la actualidad ..... **¡Error! Marcador no definido.**
Ilustración 5-20. Localización de las secciones geológicas realizadas**¡Error! Marcador no definido.**
Ilustración 5-21. Perfil A-A'.....**¡Error! Marcador no definido.**
Ilustración 5-22. Perfil B-B'.....**¡Error! Marcador no definido.**
Ilustración 5-23. Perfil C-C' .....**¡Error! Marcador no definido.**
Ilustración 5-24. Perfil D-D' .....**¡Error! Marcador no definido.**
Ilustración 5-25. Perfil E-E'.....**¡Error! Marcador no definido.**
Ilustración 6-1 Figura exploración geotécnica .....**¡Error! Marcador no definido.**
Ilustración 6-2 Resumen sondeos.....**¡Error! Marcador no definido.**
Ilustración 6-3 a) N de campo b) N60 .....**¡Error! Marcador no definido.**
Ilustración 6-4 Registro fotográfico líneas sísmicas .....**¡Error! Marcador no definido.**
Ilustración 6-5 Curva de dispersión golpe 2 .....**¡Error! Marcador no definido.**
Ilustración 6-6 Curva de dispersión golpe 5 .....**¡Error! Marcador no definido.**
Ilustración 6-7 Tomografía Vp LSR-1.....**¡Error! Marcador no definido.**
Ilustración 6-8 Perfil 2D LSR-1.....**¡Error! Marcador no definido.**
Ilustración 6-9 Curva de dispersión golpe 1 .....**¡Error! Marcador no definido.**
Ilustración 6-10 Curva de dispersión golpe 5 .....**¡Error! Marcador no definido.**
Ilustración 6-11 Tomografía LSR-2 .....**¡Error! Marcador no definido.**

Ilustración 6-12 Perfil 2D LSR-2.....**¡Error! Marcador no definido.**
Ilustración 6-13 Curva de dispersión Golpe 1 .....**¡Error! Marcador no definido.**
Ilustración 6-14 Curva de dispersión Golpe 3 .....**¡Error! Marcador no definido.**
Ilustración 6-15 Tomografía LSR-3 .....**¡Error! Marcador no definido.**
Ilustración 6-16 Perfil 2D- LSR.....**¡Error! Marcador no definido.**
Ilustración 6-17 Variación de parámetros índice zona.....**¡Error! Marcador no definido.**
Ilustración 6-18Carta de plasticidad materiales zona .....**¡Error! Marcador no definido.**
Ilustración 6-19 Variación granulometría Stta Stla .....**¡Error! Marcador no definido.**
Ilustración 6-20 Variación granulometría Srch.....**¡Error! Marcador no definido.**
Ilustración 6-21 Grafico esfuerzos, material SttA y Stla.....**¡Error! Marcador no definido.**
Ilustración 7-1 Potencial de licuación materiales granulares de la zona 1-2.**¡Error! Marcador no definido.**
Ilustración 8-1 Planta obras zona muro.....**¡Error! Marcador no definido.**
Ilustración 8-2 Detalle obra .....**¡Error! Marcador no definido.**
Ilustración 8-3 Distribución pilotes y anclajes.....**¡Error! Marcador no definido.**
Ilustración 8-4 Diagrama de presiona pasivo y activo .....**¡Error! Marcador no definido.**
Ilustración 8-5 Diagrama neto de presiones.....**¡Error! Marcador no definido.**
Ilustración 8-6 Esquemas de geo estera.....**¡Error! Marcador no definido.**
Ilustración 8-7 Imagen de sistema con Geoesteras .....**¡Error! Marcador no definido.**
Ilustración 8-8 Fotografía Hidroblocks.....**¡Error! Marcador no definido.**

1. INTRODUCCIÓN

El presente documento presenta los resultados del estudio geotécnico para el proyecto denominado “Análisis y propuesta de solución para el control de inundaciones en el corregimiento de Timba, municipio de Buenos Aires, departamento del Cauca, en cumplimiento de la sentencia 142 de 2008 del juzgado 18 administrativo del circuito judicial de Cali.”, en el cual se describe lo visto en la visita de reconocimiento, contexto geológico de la zona de estudio, estudio geomorfológico de detalle, incluyendo un análisis multitemporal sobre imágenes de sensores remotos, definición de unidades geológicas para ingeniería, resultados de exploración de campo , modelo geológico geotécnico y diseño de obras nuevas.

A partir de la información suministrada por la corporación autónoma regional del cauca -CRC y lo descrito en la sentencia 142 de 2008, en el corregimiento de Timba se han presentado múltiples eventos de inundación debido al desbordamiento del rio en periodos prolongados de lluvia, provocando daño en viviendas, vías públicas, obstrucción del sistema de alcantarillado pluvial y sanitario y aumento de los procesos erosivos y sedimentarios en las orillas.

Fue entonces enfocado el estudio geotécnico, a definir con detalle el contexto geológico, geomorfológico y comportamiento geotécnico de la zona de estudio, en especial en el componente geomorfológico se defino las diferentes geoformas presentes en el área de estudio, con énfasis en la dinámica fluvial y reconocimientos de zonas del terreno susceptibles a presentar fenómenos de inundación, como la llanura de inundación y meandros abandonados. Igualmente fueron reconocidos los puntos con problemas de erosión como socavación lateral, generados por la divagación y fuerte dinámica del río Timba.

Dentro del informe se presenta los resultados de la exploración geotécnica, el modelo geológico geotécnico de las zonas de obras existentes y nuevas, así como el diseño de las obras de mitigación propuestas para el control de erosión de orilla o desbordamiento del rio Timba.

2. OBJETIVOS Y ALCANCES

2.1 OBJETIVO GENERAL

Estimar el costo del proyecto de intervención que busca garantizar la estabilidad de las márgenes del rio Timba en el sector del corregimiento de Timba, municipio de Buenos Aires, departamento del Cauca, mediante los diseños propuestos.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Estimar el costo directo de obra, con sus respectivos soportes
- Presentar los Análisis de Precios Unitarios (APU), con base a la alternativa diseñada propuesta.
- Presentar la memoria de cantidades de obra a partir de los diseños correspondientes.
- Estimar los costos indirectos del proyecto, incluyendo los gastos de personal de administración de obra, gastos generales de operación, retenciones aplicables y gastos de garantías que incurrirá el constructor en la ejecución del proyecto, y costos indirectos
- Estimar el costo de la interventoría del proyecto

2.3 ALCANCE

El alcance del presente volumen está delimitado en lo dispuesto en los documentos del contrato, en especial los documentos que deriven del cumplimiento de los objetivos específicos mencionados en el numeral anterior. En este sentido, con base a los diseños propuestos, se estiman de forma aproximada los costos del proyecto, sirviendo estos como guía para un eventual proceso de contratación que materialice los diseños-

3. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

3.1 LOCALIZACIÓN

El área de estudio se ubica en el rio Timba a .la altura del corregimiento Timba en el municipio de Buenos Aires, departamento del Cauca. Este rio nace en el Parque Nacional Natural Farallones de Cali, en el municipio de Jamundí en el Valle del Cauca y desemboca en el río Cauca entre los municipios de Jamundí y Buenos Aires, departamento del Cauca. Sus principales afluentes son los ríos Mary López, Chupadero y Silencio.

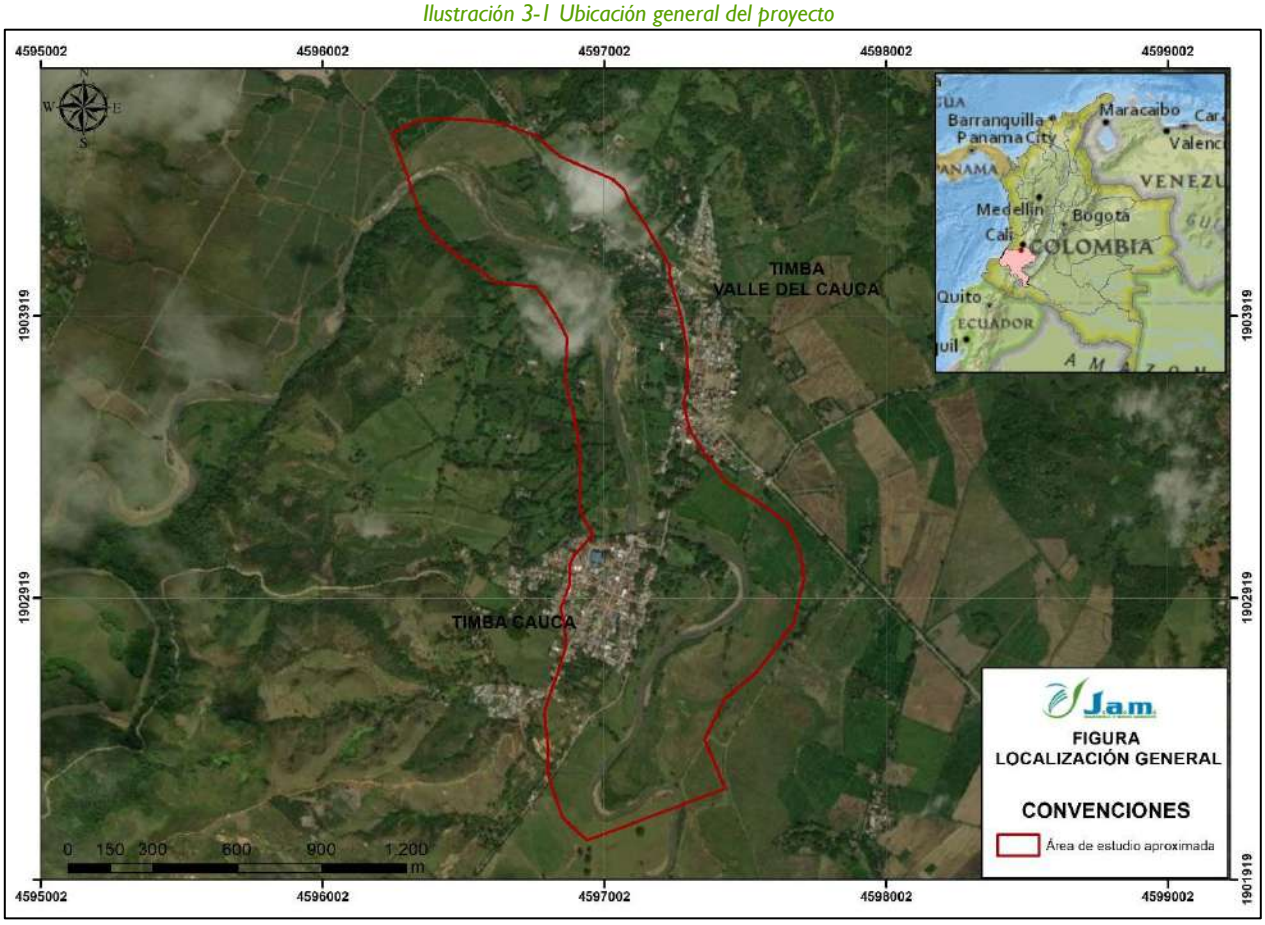
El municipio de Buenos Aires este ubicado en el norte del Departamento del Cauca a una distancia de 115 kilómetros de la ciudad de Popayán, posee una extensión total de 410 km^2 y su cabecera está localizada a los 03°01'08" N de latitud y 76°38'37" W de longitud, El municipio de Buenos Aires pertenece a la cuenca hidrográfica del Rio Cauca, cuenca localizada entre la margen occidental de la cordillera central y la margen oriental de la cordillera occidental, limitando jurisdiccionalmente con el Departamento del Valle del Cauca.

Límites del municipio, Norte: Jamundí y Buenaventura (Valle del Cauca) Sur: Suarez y Morales Al municipio de Buenos Aires pertenecen los siguientes corregimientos: Timba, El Porvenir El Ceral, La Balsa, San Ignacio, Honduras, Paloblanco. (Tornado del Plan de Desarrollo Buenos Aires 2020/2023).

El corregimiento de Timba Cauca en el municipio de Buenos Aires se encuentra ubicado en el piedemonte de la cordillera Occidental a 17 kilómetros de la cabecera municipal de Buenos Aires al noroeste de esta, marcando límites con el municipio de Jamundí, departamento del Valle y específicamente con el corregimiento de Timba Valle- Timba Cauca se encuentra rodeado en su parte noroccidental y en su parte norte por el Rio Timba y en su parte sur este por el rio Cauca.

Límites de Timba Cauca: Norte: con el rio timba y el corregimiento de Timba Valle, Municipio de Jamundí, Sur: con el rio Cauca y la vereda del Cañutico, corregimiento de Asnazu, municipio de Suarez, cauca. Oriente: Con la parcelación la Bertha, corregimiento de Timba Valle, Occidente: Con la vereda del Jagual, Municipio de Suarez y con la región del Naya, Buenaventura, Valle.

Ilustración 3-1 Ubicación general del proyecto



4. METODOLOGÍA

La metodología utilizada para la elaboración del presupuesto del proyecto refleja la experticia y recorrido del consultor, al igual que los procedimientos generalizados y comúnmente adoptados por el medio ingenieril. Aunado a lo anterior, para el presente volumen se tomó como referencia la "Guía Elaboración de presupuestos para contratos de obra, consultoría y apoyo a la gestión" (IDU, 2013)

Así las cosas, el trabajo inicio mediante la recopilación y estudio de los diseños propuestos, seguido de enlistar las actividades con base a la agrupación por capítulos de las especificaciones generales de construcción (INVIAS, 2020). Una vez consolidado el listado anteriormente mencionado, se procedió a cuantificar las cantidades de obra.

Posteriormente, se procedió a calcular los valores unitarios de las actividades de obra con base a los formatos de Análisis de Precios Unitarios del INVIAS. Consolidados los costos directos totales de obra, se sumó los costos relacionados a la implementación de los planes de gestión ambiental y social, para así calcular sobre este valor los costos indirectos de Administración, Imprevistos y Utilidades (AIU) teniendo presente la estimación del tiempo de ejecución.

5. COSTOS DIRECTOS DE OBRA

A partir de la concepción general del proyecto se establecieron cuatro capítulos, los cuales por sus características y actividades involucradas permiten identificar con claridad los principales componentes de las obras así asociadas y establecer el manejo, control de presupuestos y el control de la calidad de los trabajos, estando estos relacionados estrechamente a las Especificaciones Técnicas de Construcción establecidas en el estudio.

De forma general se presenta a continuación los capítulos del presupuesto tenidos en cuenta para el conjunto de sitios críticos analizados:

Capitulo 1: conformación de hydroblock

Capitulo 2: conformación en la zona de jarillones

Capitulo 3: sendero peatonal

Capitulo 4 conformación en la zona de muro

Capitulo 5: estructura hidráulica abierta costado derecho

Capitulo 6: estructura hidráulica abierta costado izquierdo

Capitulo 7: conformación en zona de via

Capitulo 8: trinchos

6. ÍTEMS DE PAGO

Los costos directos de obra presentados en el Anexo 1 A01 PRESUPUESTO se encuentran enlistadas las actividades con sus respectivos precios unitarios, unidades de medida ajustado al sistema internacional de unidades, los valores de cantidades de obra, los precios totales de cada actividad ajustada al peso obtenidas de la multiplicación de cada cantidad por la respectivo precio unitario de la misma y las especificaciones aplicables para la ejecución de las obras propuestas para el proyecto en conjunto.

7. CANTIDADES DE OBRA

En el Anexo 2 A02 CANTIDADES son presentadas los respectivos cálculos de cantidades, donde cada cantidad fue ajustada para ser calculada y presentada con dos (2) cifras significativas. El cálculo de dichas cantidades fue cuantificado a partir del dimensionamiento obtenido en los diseños de detalle, obtenidos en los planos de obra correspondientes al análisis de este proyecto

En el presente documento presentamos las obras de intervención para los distintos tipos de obras que se requieren para cumplir con el objeto del contrato.

8. ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS (APU'S)

En el Anexo 3 A03 APUS, son presentados los análisis de precios unitarios que justifican el precio unitario de cada actividad. Las actividades cuya descripción técnica se ajusta a las ya contempladas en el sistema de información de precios del INVIAS. Los precios de dichas actividades para el presente proyecto son adoptados de la base de datos del INVIAS reseñada anteriormente en el apartado 4 Metodologia

En los APU's correspondientes del proyecto, se presentan los criterios y parámetros bajo los cuales se elaboró el presupuesto de obra final, el cual está sujeto a la base de datos de precios de referencia de los insumos del Instituto Nacional de Vías a partir de los siguientes criterios:

- Conformar la base de datos de Precios de Referencia de los insumos y del Análisis de Precios Unitarios, esto como insumo fundamental para el diseño, construcción y mantenimiento de obras de infraestructura vial y espacio público.

- Realizar un proceso de validación y consistencia a los precios recolectados a través de procesos analíticos y automáticos, en donde es necesario establecer criterios de consistencia estadística que aseguren una base de datos sólida y representativa del mercado.

9. AIU (ADMINISTRACIÓN, IMPREVISTOS Y UTILIDAD)

En el Anexo 4 A04 AIU, se presenta el análisis/desglose del AIU para la propuesta diseñada en él, donde se incluye el personal planteado para la administración de la obra (director, residente y demás personal profesional) y los gastos de operación (oficina, campamentos, y vehículo) dispuestos de forma proporcional para la administración de la obra y los planes de gestión ambiental y social. En igual sentido se consideró las retenciones aplicables vigentes para la entidad, al igual que los costos asociados a las garantías.

Los valores de los porcentajes contemplados en los AIU están ajustados según las estimaciones del nivel de complejidad técnica y socio económicas para el desarrollo adecuado en la ejecución del proyecto.

Para establecer las retenciones aplicables al proyecto, se tomaron en cuenta la afectación por impuestos nacionales y locales dadas las características del contrato y las condiciones de ejecución del mismo. Los valores de retenciones de carácter municipal y departamental, se asumió lo siguiente:

Contribución contratos de obra publica	2,00%
Estampilla Pro Cultura	1,50%
Estampilla Pro Adulto mayor	2,00%
ICA	0,69%

Para establecer las garantías aplicables para el proyecto, tanto para las tasas de aseguramiento y vigencias correspondientes, se ciñó a lo indicado en la legislación vigente (Ley 80 de 1993 y Decreto 1082 de 2015), asumiendo lo siguiente:

1. Garantía Única:
   - Cumplimiento del contrato
   - Buen manejo y correcta inversión del anticipo
   - Pago de Salarios, prestaciones sociales legales e indemnizaciones laborales
   - Calidad del servicio Estabilidad y Calidad de la obra

2. R.C.E Predios, Labores y Operaciones

Con base a todo lo anterior, los porcentajes de AIU correspondientes al proyecto de obra; es el siguiente:

Tabla 9-1 Porcentajes de AIU

	VALORES AIU
COMPONENTE	**COMPONENTE DE OBRA**
A. ADMINISTRACIÓN	22.18%
I. IMPREVISTOS	1.00%
U. UTILIDAD	4.00%
A.I.U. OFICIAL (ADMINISTRACIÓN, IMPREVISTOS Y UTILIDAD)	**27,28%**

10. CONCLUSIONES

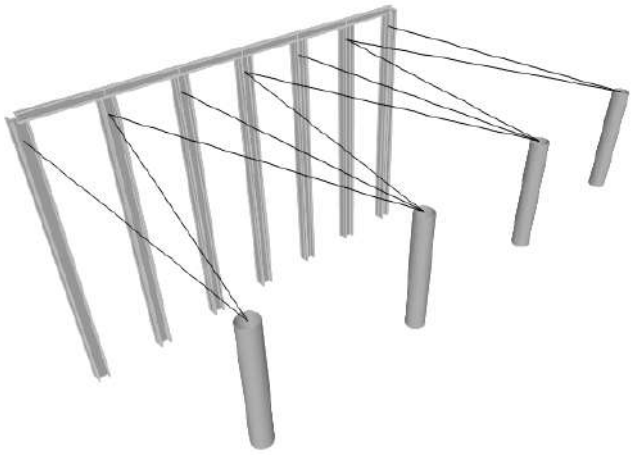
En el anexo 1, se presenta el costo del proyecto total desglosado en cada uno de sus componentes, calculado con base a la metodología expuesta en el presente documento.

El valor del presupuesto de obra del proyecto de intervención según las obras propuestas, asciende a $3.308.165.092,00 incluyendo IVA de 19,00% sobre la utilidad y un porcentaje de AIU de 27,28%.

Se estimo un valor para los permisos de ocupación del cauce, correspondiente al 0,5% del total del proyecto.

Con base a lo anterior, el costo total del proyecto es de $ 4.257.059.884,00.

ESTRUCTURA DE CONTENCIÓN TIMBA - CAUCA



Proyecto:
DISEÑO ESTRUCTURAL

Documento:

MEMORIA ESTRUCTURAL V.1

GUEVARA ÁLVAREZ INGENIEROS LTDA.

Bogotá D.C.
Julio de 2023

ESTRUCTURA DE CONTENCION TIMBA - CAUCA

1. DESCRIPCIÓN GENERAL

1.1 General

El presente estudio fue elaborado por GUEVARA ÁLVAREZ INGENIEROS LTDA., en desarrollo del proyecto de diseño estructural contratado por JAM INGENIERÍA Y MEDIO AMBIENTE.

El proyecto se localiza en el corregimiento de Timba, municipio de Buenos Aires, del departamento del Cauca.

En el presente informe se encuentran desarrollados los aspectos referentes al proyecto:

1.2 DESCRIPCIÓN DE LAS ESTRUCTURAS

La estructura de contención se encuentra conformada por un sistema de tablestacas compuestas por perfiles metálicos tipo WF 10x49 Con una longitud total de 6.0 m de los cuales se genera un empotramiento de 2.0 m, dichos elementos se encuentran separados cada 1.5 m a lo largo del cauce del rio.

Adicionalmente, los elementos de contención antes mencionados se encuentran enlazados a perfiles metálicos de 12”x 6.35 mm de espesor y 3.0 m de longitud, rellenos de concreto de 21.0 MPa y espaciados cada 3.0 m por tirantes o cables en una configuración de 6x7 AF de 3/8” con una longitud de 6.0 m que generan transmiten la carga del sistema de contención a los elementos metálicos rellenos en concreto.

1.3 CARACTERÍSTICAS DEL USO Y SUELO

De acuerdo con la información suministrada por los especialistas las estructuras están ubicada sísmicamente sobre suelos tipo D con las siguientes características.

Región PGA	PGA	Región Ss	Ss	Región S_1	S_1
6	0.3	6	0.6	6	0.30

Tipo Suelo	PGA= 0.15
	Fpga
D	1.2

1.4 MATERIALES

Se utilizaron las siguientes resistencias:

Concreto f'c= 21 MPa

Elementos Metálicos:

Perfil estructural

ASTM A992 Grado 50
PERFIL W o I fy= 350 MPa

Tubo para pilote ASTM A252 GR3
12" x6.35mm ERW fy=455 MPA

Cables 6X7 AF
ASTM A 1007

1.5 NORMAS

El diseño de la estructura, y todos sus elementos constitutivos, fue realizada cumpliendo con los requerimientos establecidos por las NORMAS COLOMBIANAS DE DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN SISMO-RESISTENTES, correspondientes a:

- Código Colombiano de Puentes – 2014. (CCP-14). Adoptado mediante Resolución N° 0000108, del 26 de enero de 2015 por el Ministerio de Transporte.

ING. IVÁN MAURICIO GUEVARA RODRÍGUEZ
MP. 25202-65724 CND.

COMBINACIONES DE CARGA

	PROYECTO:	ESTRUCTURA DE CONTENCION TIMBA-CAUCA	FECHA: 22/06/2023
	INGENIERO:	IVAN MAURICIO GUEVARA	N.P : P23-734

COMBINACIONES DE CARGA CCP-14

	DC	DW	EH	EV	ES	LL-MV	IM	PL	LS	WA	WS	EQ
Servicio	1.00	-	1.00	1.00	1.00	-	-	-	-	-	-	-
Resistencia I MAX	1.25	-	1.50	1.35	1.50	-	-	-	-	-	-	-
Resistencia I MIN	0.90	-	0.90	1.00	0.75	-	-	-	-	-	-	-
Evento Extremo 1 Max	1.25	-	1.50	1.35	1.50	-	-	-	-	-	-	1.00
Evento Extermo 1 Min	0.90	-	0.90	1.00	0.75	-	-	-	-	-	-	1.00

CARGAS PERMANENTES:

DC: Peso propio estructurales y no estructurales
DW: Peso propio capa de rodadura e instalaciones
EH: Empuje horizontal del suelo
EV: Presión vertical del suelo del relleno
ES: Sobrecarga de suelo
IM: Incremento de carga dinamica vehicular

CARGAS TRANSITORIAS:

LL-MV: Carga viva vehicular
PL: Carga viva peatonal
LS: Sobrecarga de carga viva
WA: Carga de agua
WS: Caga de viento sobre la estructura
EQ: Carga sísmica

EVALUACION DE CARGAS

GUEVARA ÁLVAREZ INGENIEROS LTDA	**Proyecto** ESTRUCTURA DE CONTENCION TIMBA-CAUCA	**Fecha:** 22/06/2023
	IVAN MAURICIO GUEVARA	**Proyecto:** P23-734

EVALUACIÓN DE CARGAS

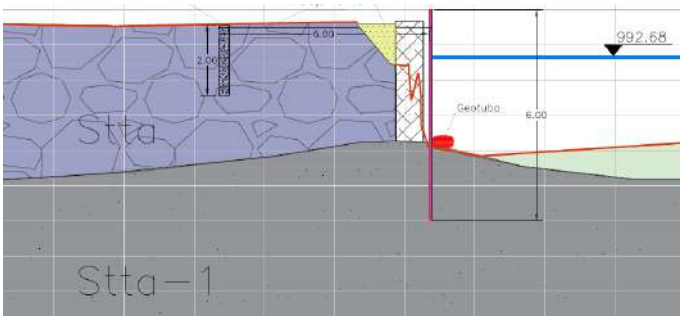
CONDICIONES SISMICAS

Región PGA	PGA	Región Ss	Ss	Región S_1	S_1
6	0.3	6	0.6	6	0.3

Tipo Suelo	PGA= 0.15
	Fpga
D	1.2

Dentro del proceso de análisis y diseños en estabilidad se recomienda usar un coeficiente sísmico de diseño para análisis pseudoestático (Kh) menor o igual a la aceleración máxima del terreno Ao. Según el numeral 11.6.5.2.1 del código de puentes el valor del Kh se calcula para los perfiles de suelo C,D,E como la multiplicación de Fpga por PGA por un coeficiente hasta de 0.5, para el caso del presente diseño se seguirá las recomendaciones de la norma con un valor de 0.67 Kh=Fpga*PGA*0.67= 0.24 g.

ESQUEMA DE ESTRUCUTRA DE CONTENCION



MÓDULOS DE RIGIDEZ ELEMENTO DE 6.0 m PERFIL W10X49

HORIZONTAL

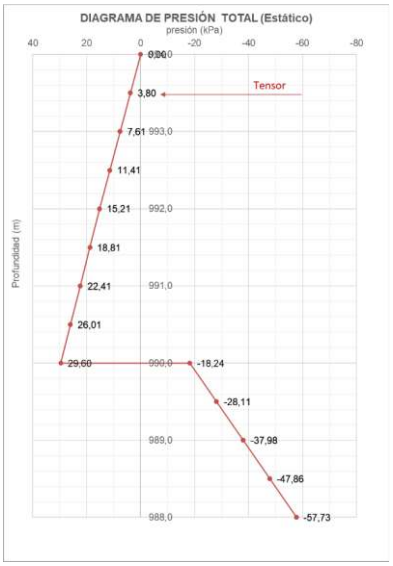
Módulo de Reacción	5570.37	T/m^3
Longitud del perfil W10X49	0.25	m
Longitud Discretización en el modelo	0.500	m
Módulo de Rigidez a Utilizar en Modelo	707.437	T/m

MÓDULOS DE RIGIDEZ A UTILIZAR	Diagrama de Presiones sobre elementos

Longitud del perfil W10X49 0.25 m

Longitud Discretización en el modelo 0.500 m

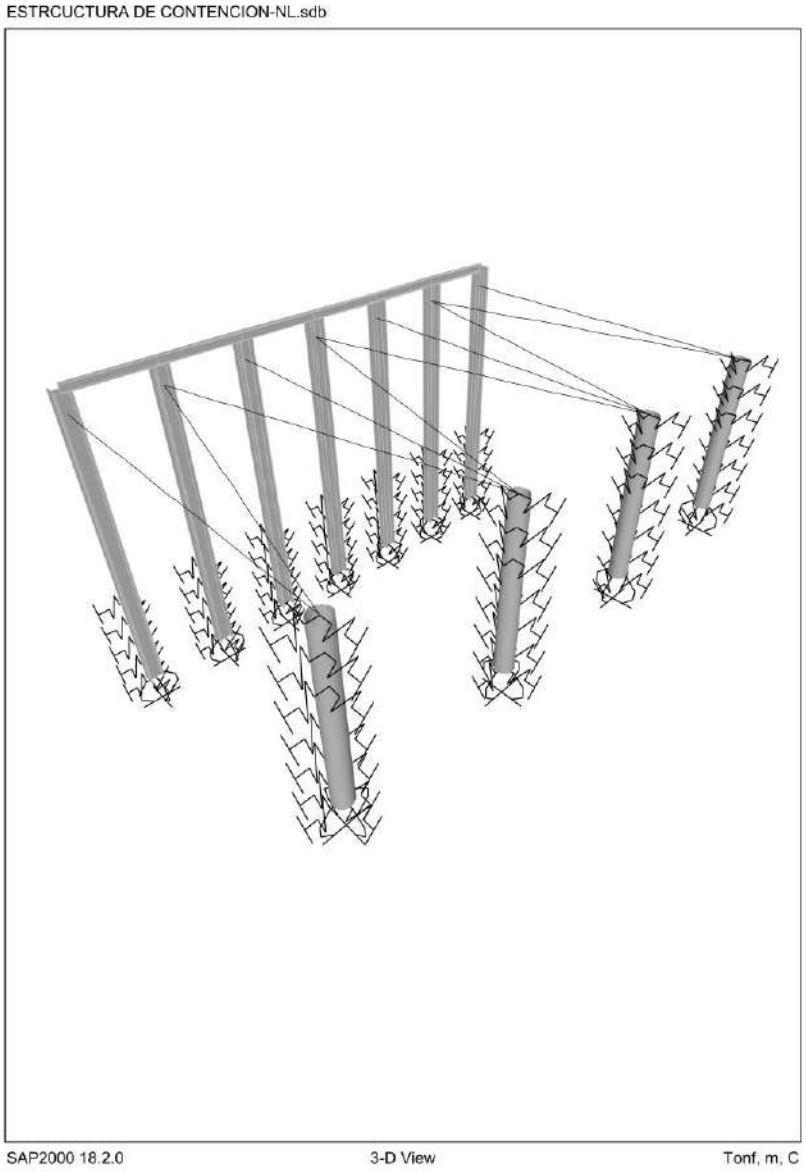
L (m) CAISSON	Kh (T/m^3)	Kh T/m
0.00	0.00	0.000
0.50	0.00	0.000
1.00	0.00	0.000
1.50	0.00	0.000
2.00	0.00	0.000
2.50	0.00	0.000
3.00	0.00	0.000
3.50	0.00	0.000
4.00	1392.59	176.859
4.50	2785.19	353.719
5.00	4177.78	530.578
5.50	5570.37	707.437
6.00	5570.37	707.437



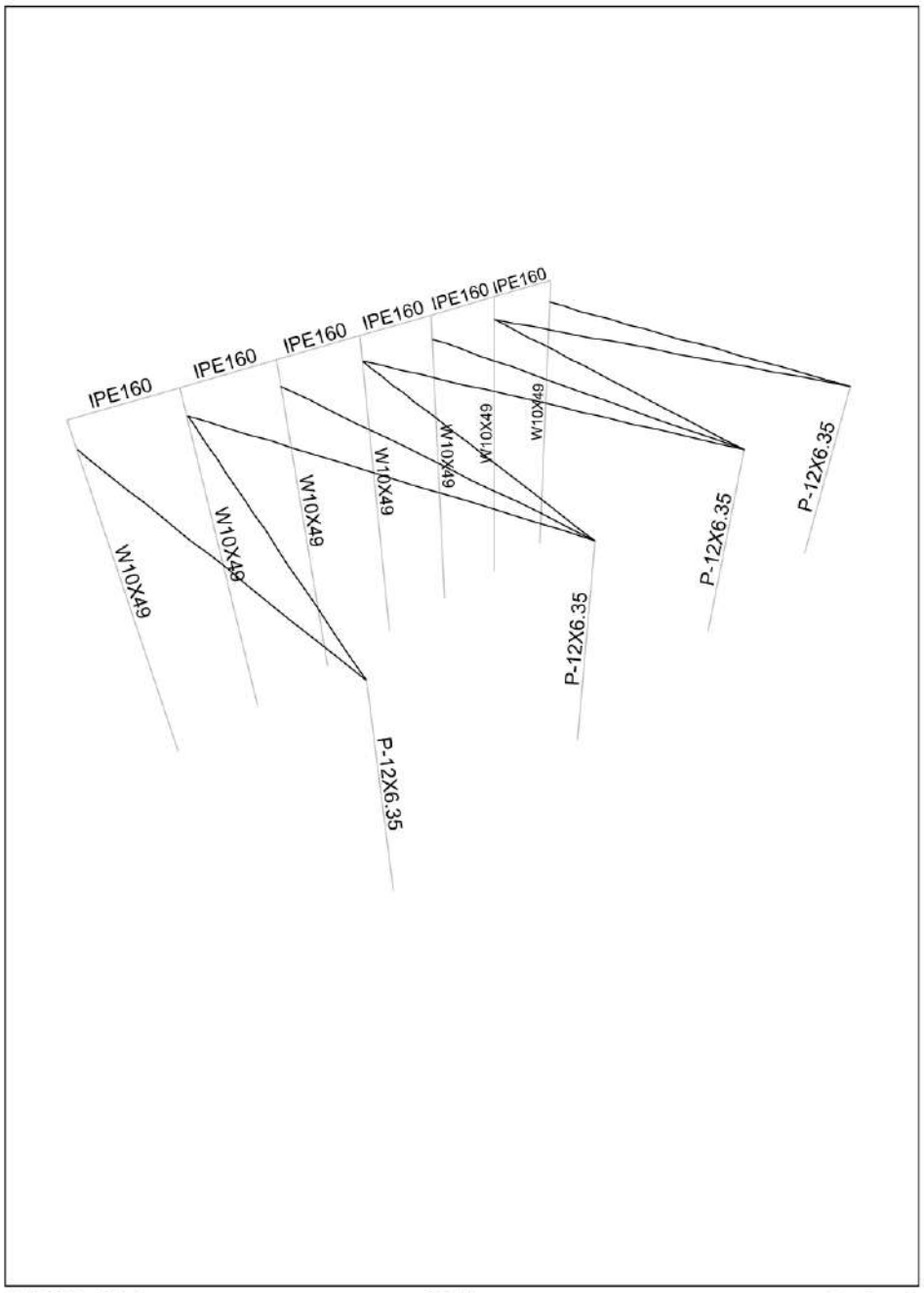
ESTRUCTURACION

En base en la información anterior, se realizan los modelos matemáticos por medio del software SAP 2000 V.18 en el cual por medio de elementos tipo frame se ha definió el pilote, perfil y cables para el análisis.

Se han asignado módulos de rigidez horizontal discretizados cada 0.5m , mediante la asignación de springs a elementos tipo joints.

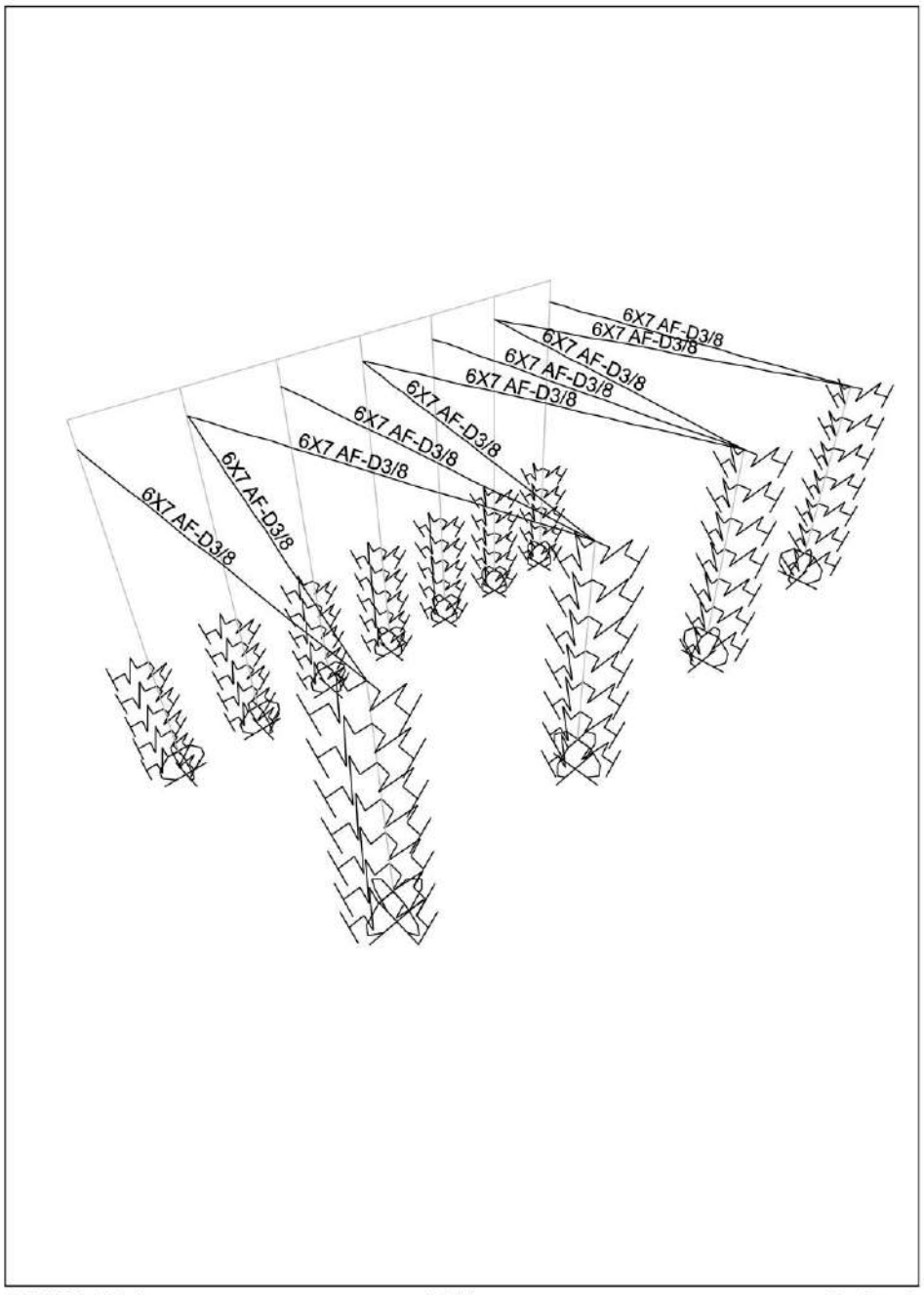


ESTRCUCTURA DE CONTENCION-NL.sdb



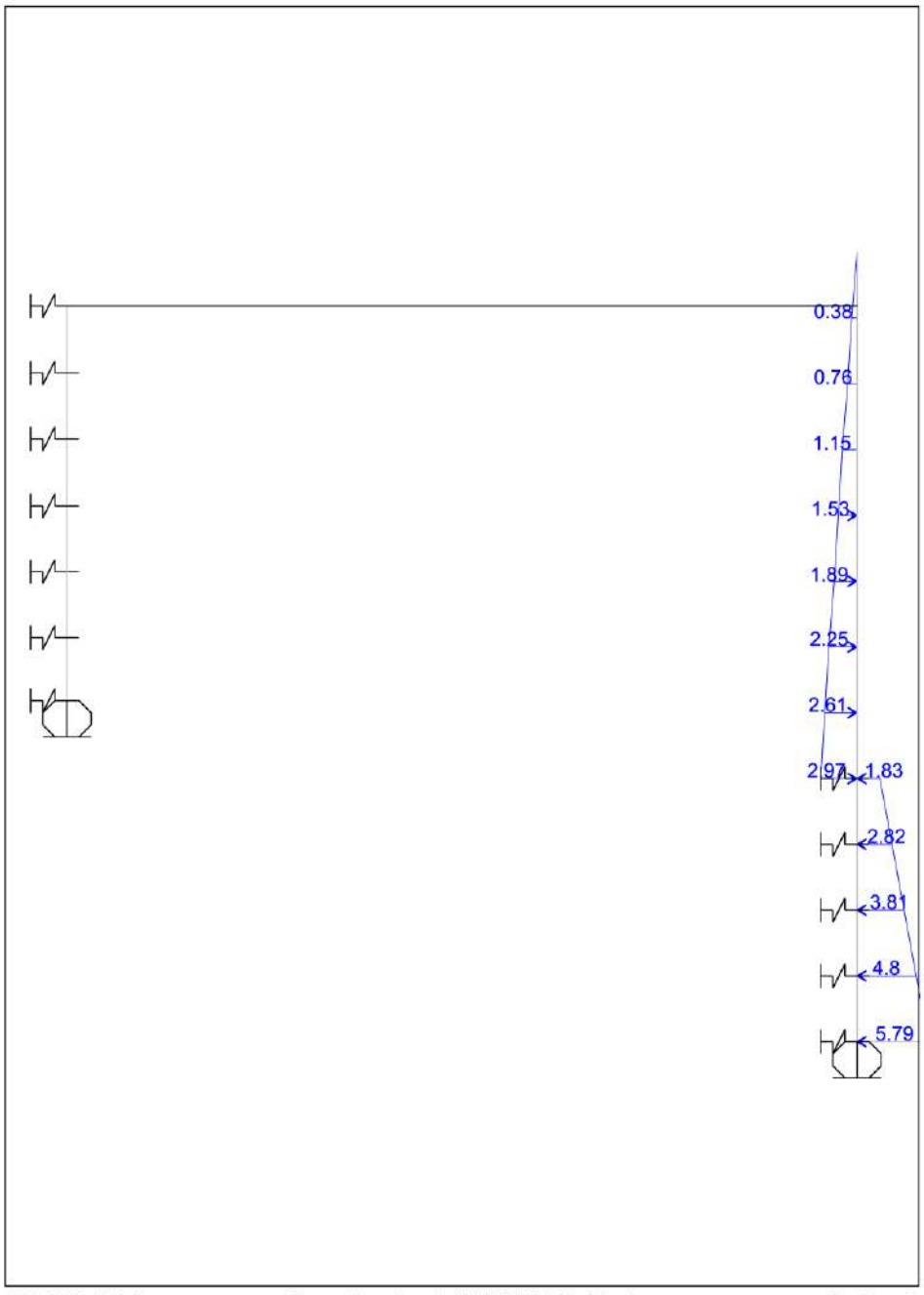
SAP2000 18.2.0 3-D View Tonf, m, C

ESTRCUCTURA DE CONTENCION-NL.sdb



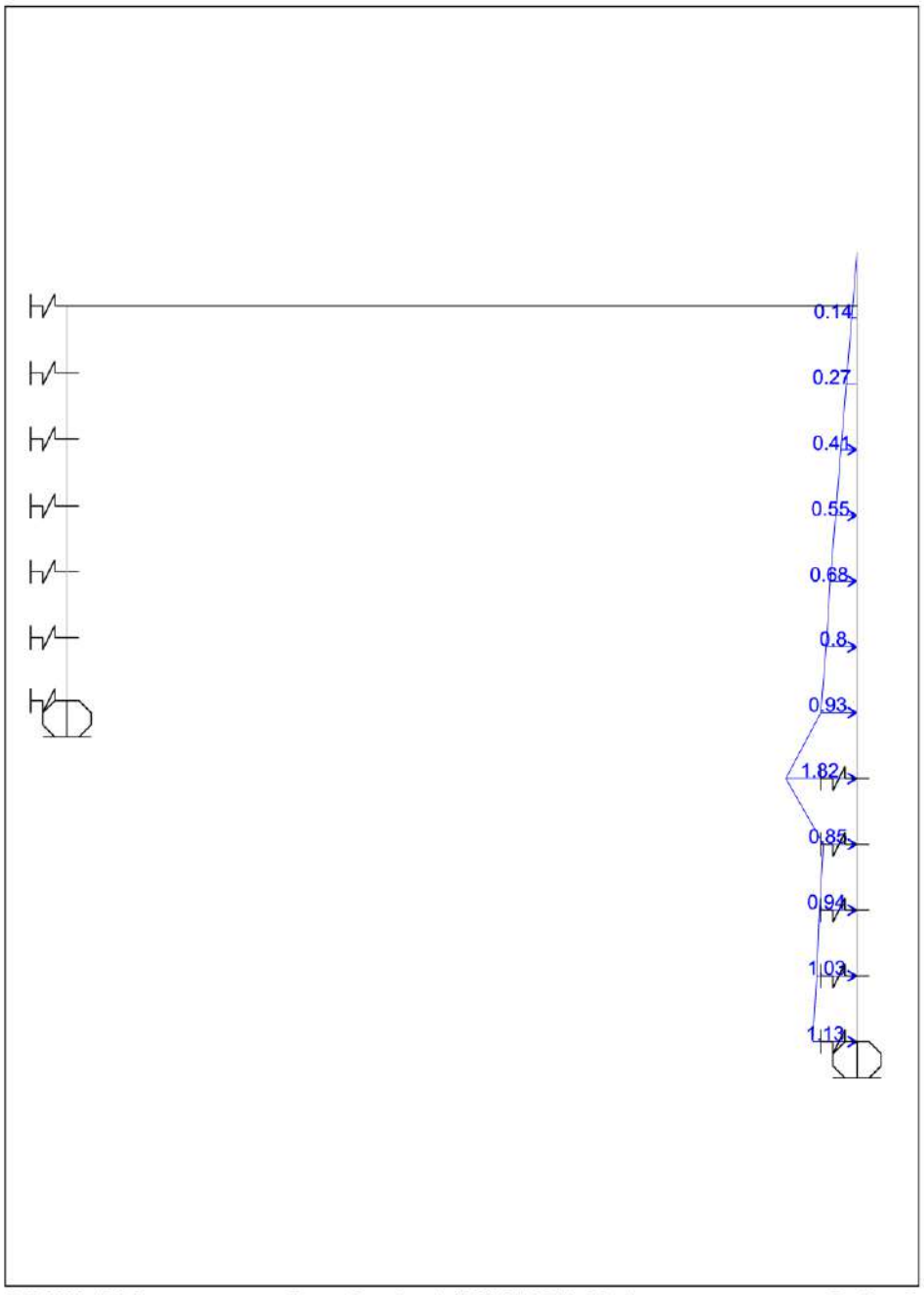
SAP2000 18.2.0 3-D View Tonf, m, C

ESTRCUCTURA DE CONTENCION-NL.sdb



SAP2000 18.2.0 Frame Span Loads (EH) (GLOBAL CSys) Tonf, m, C

ESTRCUCTURA DE CONTENCION-NL.sdb



SAP2000 18.2.0 Frame Span Loads (EQ) (GLOBAL CSys) Tonf, m, C

DISEÑO DEL PERFIL WF10X49 L=6.0m

GUEVARA ÁLVAREZ INGENIEROS LTDA.	**Proyecto:** ESTRUCTURA DE CONTENCION TIMBA-CAUCA	**Fecha:** 13/07/2023
	Ingeniero: IVAN MAURICIO GUEVARA	**Proyecto:** P23-734

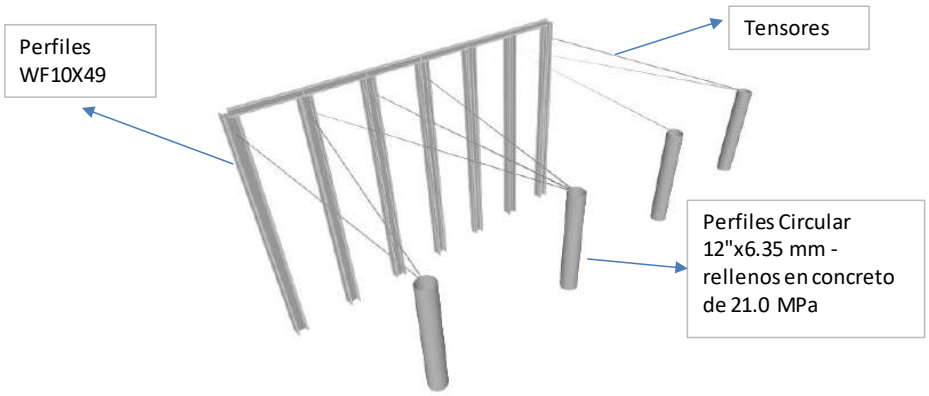
VERIFICACION DISEÑO DEL PERFIL WF10X49 L=6.0m

A) Propiedades de los Materiales y Geometría.

Acero= ASTM-992 GR 50 Perfil = W10X49

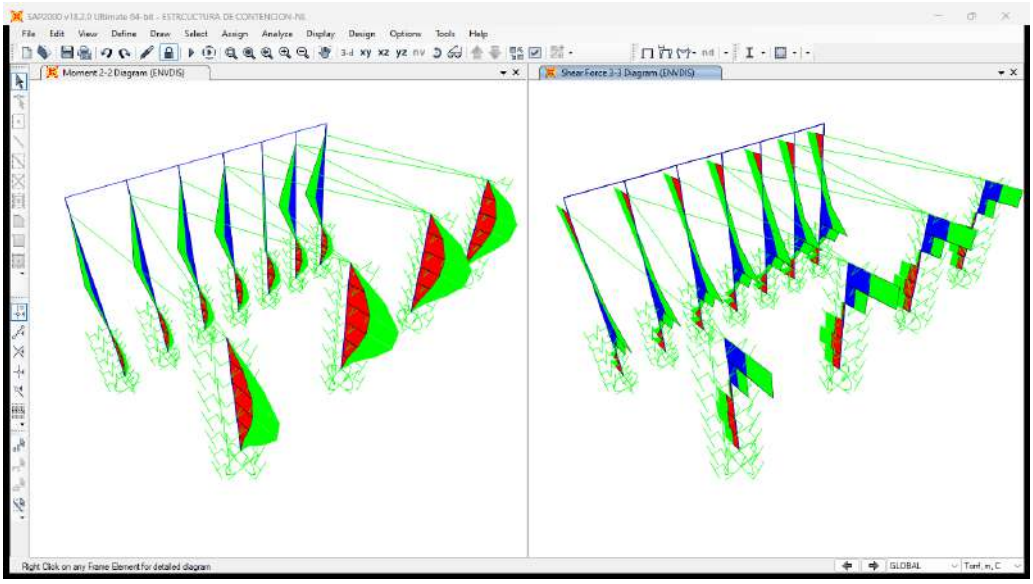
Fy = 3500.0 Kg/cm²

MODELO ESTRUCTURAL

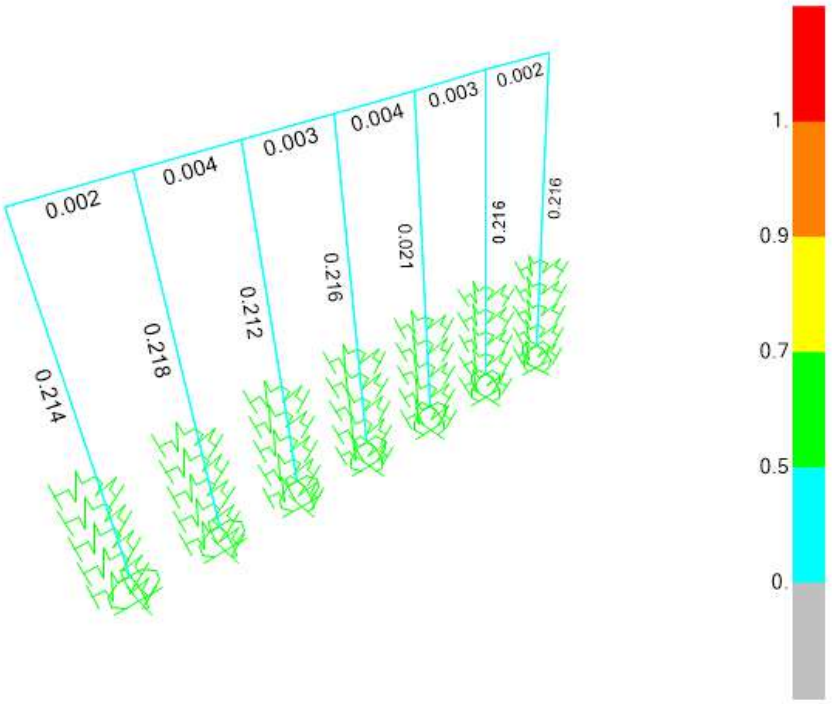


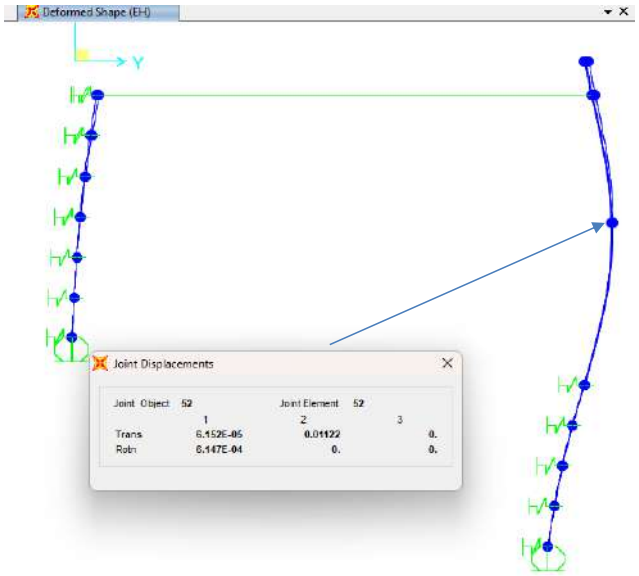
DISEÑO PILOTE

Diagrama de Momentos	Diagrama de Cortanes



REPORTE DE DISEÑO





Longitud Libre	4.00 m	
Deformacion admisible L/300	1.33 cm	
Deformacion Calculada - emp	1.12 cm	Ok Cumple

AISC 360-10 STEEL SECTION CHECK (Summary for Combo and Station)
Units : Tonf, m, C

Frame : 22	X Mid: 1.500	Combo: EX-I MAX	Design Type: Column
Length: 6.000	Y Mid: 6.000	Shape: W10X49	Frame Type: IMF
Loc : 3.000	Z Mid: -3.000	Class: Compact	Princpl Rot: 0.000 degrees

Provision: LRFD	Analysis: Direct Analysis			
D/C Limit=0.950	2nd Order: General 2nd Order		Reduction: Tau-b Fixed	
AlphaPr/Py=0.001	AlphaPr/Pe=0.001	Tau_b=1.000	EA factor=0.800	EI factor=0.800

PhiB=0.900	PhiC=0.900	PhiTY=0.900	PhiTF=0.750
PhiS=0.900	PhiS-RI=1.000	PhiST=0.900	

A=0.009	I33=1.111E-04	r33=0.110	S33=8.781E-04	Av3=0.006
J=0.000	I22=3.879E-05	r22=0.065	S22=3.055E-04	Av2=0.002
E=20389019.16	fy=35153.481	Ry=1.100	z33=9.698E-04	Cw=0.000
RLLF=1.000	Fu=45699.526		z22=4.622E-04	

STRESS CHECK FORCES & MOMENTS (Combo EX-I MAX)

Location	Pu	Mu33	Mu22	Vu2	Vu3	Tu
3.000	-0.325	0.112	3.119	0.010	2.637	0.000

PMM DEMAND/CAPACITY RATIO (H1-1b)

D/C Ratio: 0.218 = 0.000 + 0.004 + 0.213
= (1/2)(Pr/Pc) + (Mr33/Mc33) + (Mr22/Mc22)

AXIAL FORCE & BIAXIAL MOMENT DESIGN (H1-1b)

Factor	L	K1	K2	B1	B2	Cm
Major Bending	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
Minor Bending	0.932	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000

	Lltb	Kltb	Cb
LTB	0.932	1.000	1.108

	Pu Force	phi*Pnc Capacity	phi*Pnt Capacity
Axial	-0.325	168.847	289.336

	Mu Moment	phi*Mn Capacity	phi*Mn No LTB
Major Moment	0.112	28.705	30.681
Minor Moment	3.119	14.624	

SHEAR CHECK

	Vu Force	phi*Vn Capacity	Stress Ratio	Status Check
Major Shear	0.010	41.303	0.000	OK
Minor Shear	2.637	136.935	0.019	OK

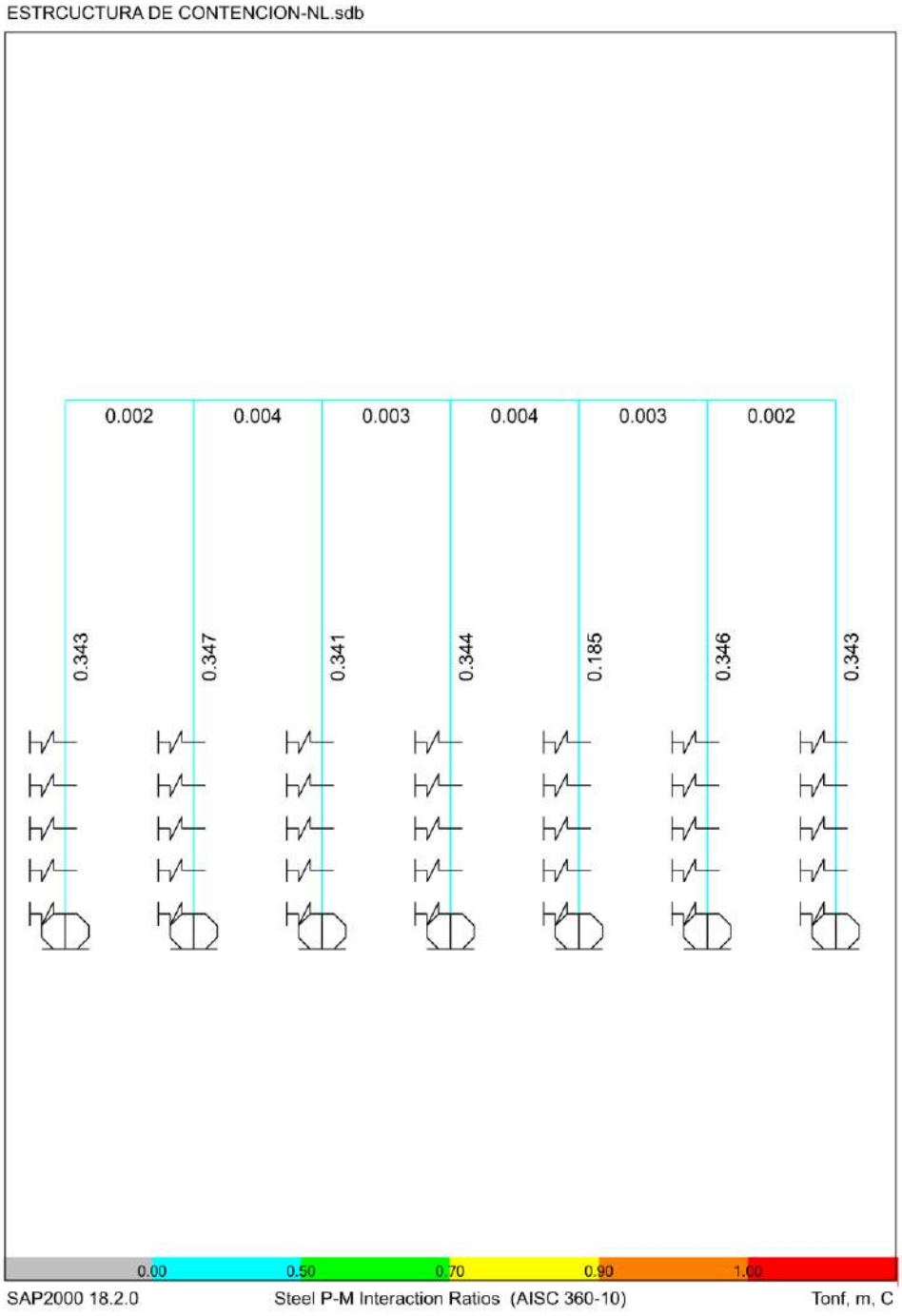

ESTRCUCTURA DE CONTENCION-NL.sdb
0.002
0.004
0.003
0.004
0.003
0.002
0.343
0.347
0.341
0.344
0.185
0.346
0.343
0.00
0.50
0.70
0.90
1.00
SAP2000 18.2.0
Steel P-M Interaction Ratios (AISC 360-10)
Tonf, m, C

Table: Program Control, Part 1 of 2

Table: Program Control, Part 1 of 2							
ProgramName	Version	ProgLevel	LicenseNum	LicenseOS	LicenseSC	LicenseHT	CurrUnits
SAP2000	18.2.0	Ultimate	3010*14PDRZVHD2T7VBN	Yes	Yes	No	Tonf, m, C

Table: Program Control, Part 2 of 2

Table: Program Control, Part 2 of 2				
SteelCode	ConcCode	AlumCode	ColdCode	RegenHinge
AISC 360-10	ACI 318-14	AA-ASD 2000	AISI-ASD96	Yes

Table: Steel Design 1 - Summary Data - AISC 360-10, Part 1 of 2

Table: Steel Design 1 - Summary Data - AISC 360-10, Part 1 of 2					
Frame	DesignSect	DesignType	Status	Ratio	RatioType
13	W10X49	Column	No Messages	0.18519	PMM
21	W10X49	Column	No Messages	0.343829	PMM
22	W10X49	Column	No Messages	0.346876	PMM
24	W10X49	Column	No Messages	0.343404	PMM
25	W10X49	Column	No Messages	0.342576	PMM
26	W10X49	Column	No Messages	0.34084	PMM
27	W10X49	Column	No Messages	0.345588	PMM
1	IPE160	Beam	No Messages	0.001687	PMM
9	IPE160	Beam	No Messages	0.00351	PMM
11	IPE160	Beam	No Messages	0.003214	PMM
15	IPE160	Beam	No Messages	0.003676	PMM
17	IPE160	Beam	No Messages	0.003386	PMM
18	IPE160	Beam	No Messages	0.001537	PMM

Table: Steel Design 1 - Summary Data - AISC 360-10, Part 2 of 2

Table: Steel Design 1 - Summary Data - AISC 360-10, Part 2 of 2				
Frame	Combo	Location	ErrMsg	WarnMsg
		m		
13	EX-I MAX	3.	No Messages	No Messages
21	EX-I MAX	2.	No Messages	No Messages
22	EX-I MAX	2.	No Messages	No Messages
24	EX-I MAX	2.	No Messages	No Messages
25	EX-I MAX	2.	No Messages	No Messages
26	EX-I MAX	2.	No Messages	No Messages
27	EX-I MAX	2.	No Messages	No Messages
1	EX-I MAX	1.	No Messages	No Messages
9	EX-I MAX	1.	No Messages	No Messages
11	EX-I MAX	1.	No Messages	No Messages

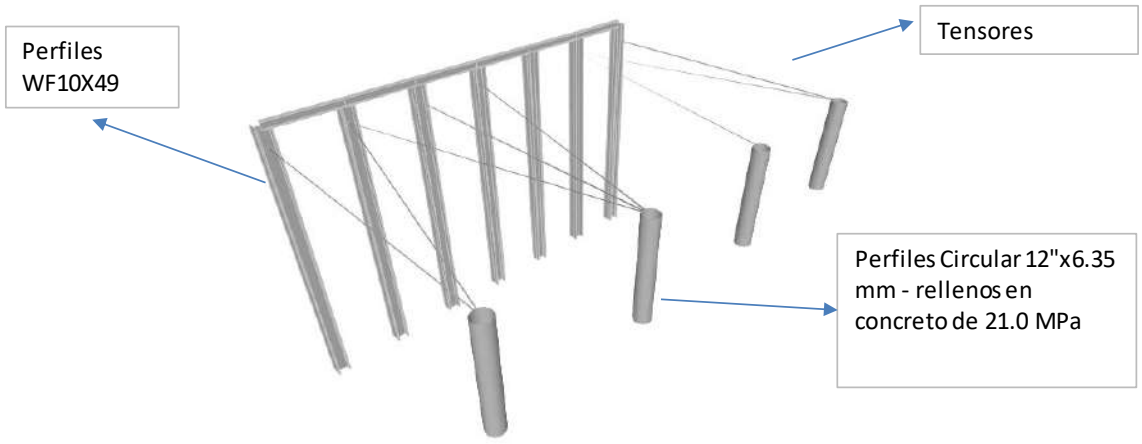
Table: Steel Design 1 - Summary Data - AISC 360-10, Part 2 of 2				
Frame	Combo	Location	ErrMsg	WarnMsg
		m		
15	EX-I MAX	1.	No Messages	No Messages
17	EX-I MAX	1.	No Messages	No Messages
18	EX-I MAX	1.	No Messages	No Messages

DISEÑO DE ANCLAJE

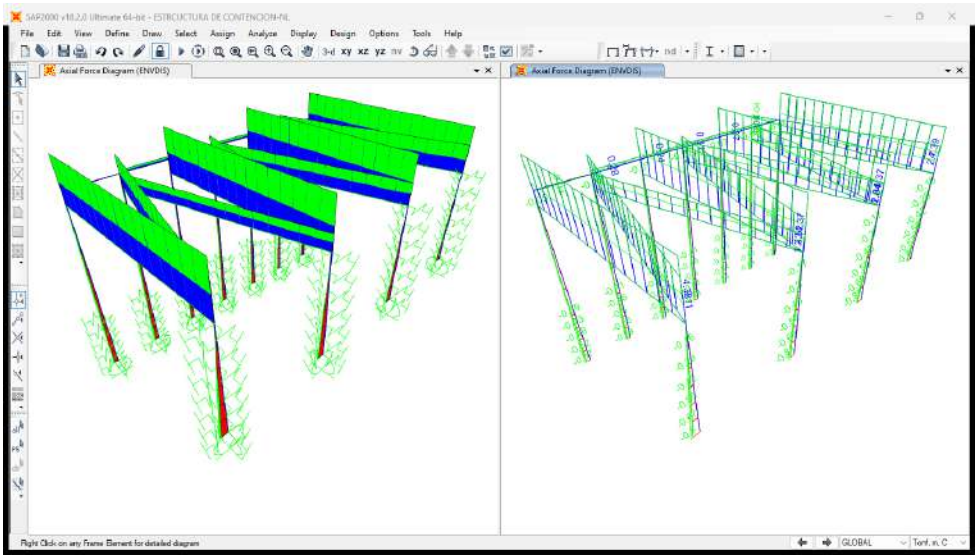
GUEVARA ÁLVAREZ INGENIEROS LTDA.	**Proyecto:** ESTRUCTURA DE CONTENCION TIMBA-CAUCA	**Fecha:** 13/07/2023
	Ingeniero: IVAN MAURICIO GUEVARA	**Proyecto:** P23-734

DISEÑO DE ANCLAJE
ESTRUCTURA DE CONTENCION TIMBA-CAUCA

MODELO ESTRUCTURAL



AXIALES SOBRE ANCLAJES



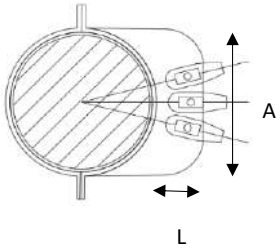
Maximo Axia **4.39** **Ton**
Minimo Axia **0.78** **Ton**



Comprobación de la tensión admisible del acero del tirante:

P =	4.39 T	Anclajes =	1.00 und			
Φ =	9.5 mm	P_{Nd} =	43062.20 N	Anclaje:	Permanente	
A_T =	71.26 mm²	P_{Nd}/A_T =	604.33 MPa			
Límite de rotura del acero del tirante:		f_{pk} =	1030.00 MPa	FS f_{pk} =	1.30	
		f_{pk} =	792.31 MPa	>	604.33 MPa	***OK***
Límite elástico del acero del tirante:		f_{yk} =	835.00 MPa	FS f_{yk} =	1.15	
		f_{yk} =	726.09 MPa	>	604.33 MPa	***OK***
Límite carga minima de Rotura		Pu =	5.9 T	>	4.39 Ton	***OK***

REVISION DE CONEXIÓN ELEMENTOS A PERFIL 12"X6.35 mm



SOLICITACIONES CABLE:

Axial: 43061.98 N

MATERIALES:

Platina	A-36	Fy =	25.49 kg/mm²	Fu =	41.81 kg/mm²	
			250008.87 kN/m²		410014.98 kN/m²	
Pernos	A-325	Rn =	57.00 kg/mm²			
			558999.00 kN/m²			
Soldadura	E-70XX					

ESFUERZO MAXIMO DE DISEÑO:

Pernos

ϕ = 5/8" Área = 197.93 mm²

Pernos a cortante: 1.00

Pernos sobre platina 3.00

Platina 1

Longitud L 100.00 mm **Altura A** 300.00 mm t= 9.53 mm

Cantidad 2.00

DISEÑO DE PERNOS:

Cortante: $\Sigma\phi P_v$ = 48988.32 N > 43061.98 N **OK**

DISEÑO DE PLATINA 1:

Fluencia a cortante: $\Sigma\phi P_f$ = 262245.46 N > 129185.94 N **OK**

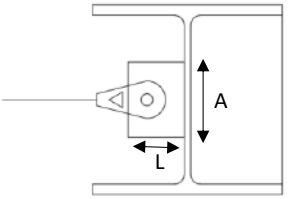
Fractura a cortante: $\Sigma\phi P_{fr}$ = 270213.09 N > 129185.94 N **OK**

SOLDADURA DE LA PLATINA:

SOLDADURA = E70 XX d= 6.00 mm Fw= 42.19 kg/mm² = 413718.102 kN/m²

L_1 = 54.53 mm $L_{soldadura}$ 300.00 mm **OK**

REVISION DE CONEXIÓN ELEMENTOS A W10X49



SOLICITACIONES CABLE:

Axial: 43061.98 N

MATERIALES:

Platina	A-36	Fy =	25.49 kg/mm²	Fu =	41.81	kg/mm²
			250008.87 kN/m²		410014.98	kN/m²
Pernos	A-325	Rn =	57.00 kg/mm²			
			558999.00 kN/m²			
Soldadura	E-70XX					

ESFUERZO MAXIMO DE DISEÑO:

Pernos

ϕ = 5/8" Área = 197.93 mm²

Pernos a cortante: 1.00

Pernos sobre platina 1.00

Platina 1

Longitud L 75.00 mm **Altura A** 100.00 mm t= 9.53 mm

Cantidad 2.00

DISEÑO DE PERNOS:

Cortante: $\Sigma\phi P_v$ = 48988.32 N > 43061.98 N **OK**

DISEÑO DE PLATINA 1:

Fluencia a cortante: $\Sigma\phi P_f$ = 196684.10 N > 43061.98 N **OK**

Fractura a cortante: $\Sigma\phi P_{fr}$ = 237508.86 N > 43061.98 N **OK**

SOLDADURA DE LA PLATINA:

SOLDADURA = E70 XX d= 6.00 mm Fw= 42.19 kg/mm² = 413718.102 kN/m²

L_1 = 54.53 mm $L_{soldadura}$ 100.00 mm **OK**

EVALUACION DE CARGAS PILOTE C12"X6.35mm L=2.0 m

GUEVARA ÁLVAREZ INGENIEROS LTDA	**Proyecto:** ESTRUCTURA DE CONTENCION TIMBA-CAUCA	**Fecha:** 13/07/2023
	IVAN MAURICIO GUEVARA	**Proyecto:** P23-734

EVALUACIÓN DE CARGAS

DATOS GEOTECNICOS SUMINISTRADOS

Inicial	Final	ΔLp	Le (m)	ϕ (°)	γ (t/m3)	Qadm (t)	kh (t/m3)
0	0.5	0.5	0.5	29	1.9	0.14	1,392.59
0.5	1	0.5	1	29	1.9	0.54	2,785.19
1	1.5	0.5	1.5	29	1.9	1.22	4,177.78
1.5	2	0.5	2	29	1.9	2.17	5,570.37
2	2.5	0.5	2.5	29	1.9	3.39	6,962.96
2.5	3	0.5	3	29	1.9	3.72	8,355.56

MÓDULOS DE RIGIDEZ

HORIZONTAL

Módulo de Reacción	5570.37	T/m^3
Diámetro del Pilote	0.30	m
Longitud Discretización en el modelo	0.500	m
Módulo de Rigidez a Utilizar en Modelo	835.556	T/m

MÓDULOS DE RIGIDEZ A UTILIZAR

Diámetro del pilote	0.30	m
Longitud Discretización en el modelo	0.500	m

L (m) CAISSON	Kh (T/m^3)	Kh T/m
0.00	1392.59	208.889
0.50	2785.19	417.778
1.00	4177.78	626.667
1.50	5570.37	835.556
2.00	6962.96	1044.444
2.500	8355.56	1253.334
3.000	8355.56	1253.334

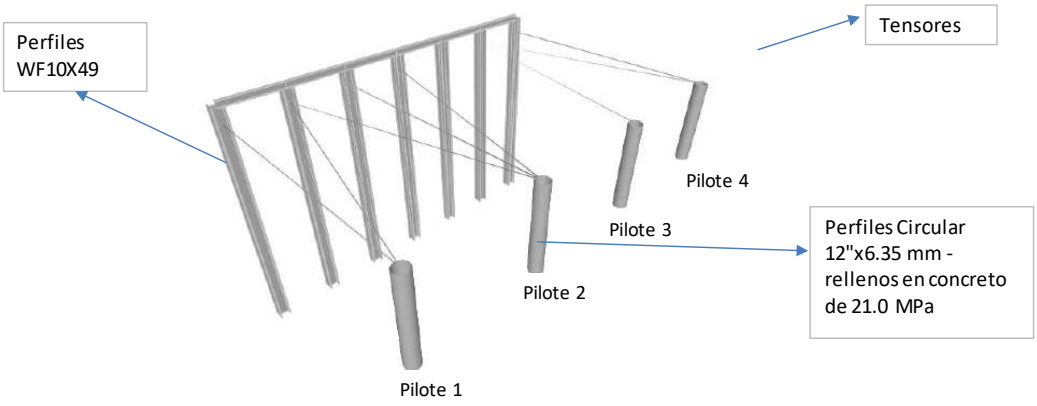
DISEÑO PILOTE C12"X6.35mm L=3.0 m

VERIFICACION DISEÑO DE PILOTE C12"X6.35mm L=3.0 m

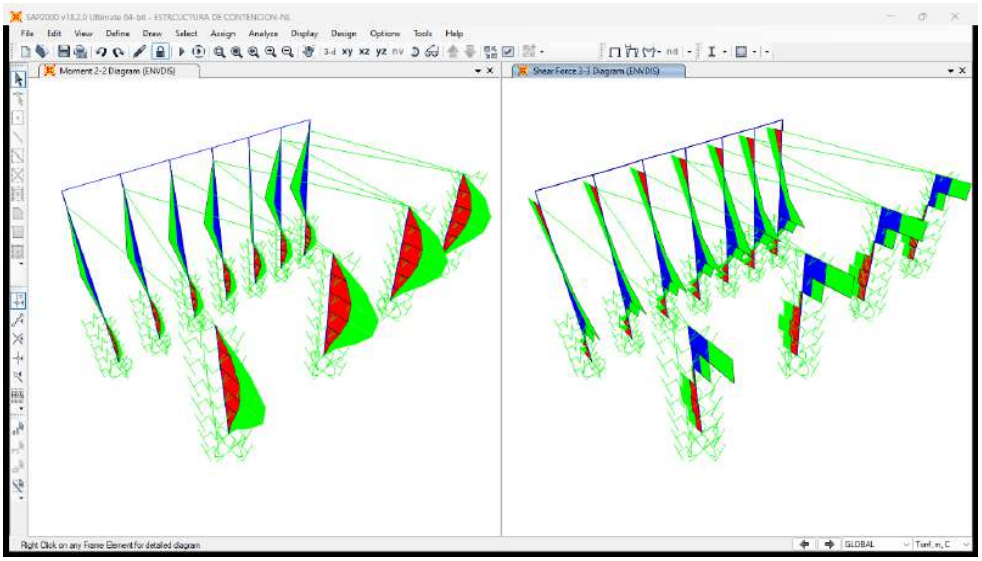
A) Propiedades de los Materiales y Geometría.

Acero=	A 252 GR3	Ø =	12" =	304.8	mm
Fy =	3161.1 Kg/cm²	e Pared=	6.35	mm	

MODELO ESTRUCTURAL

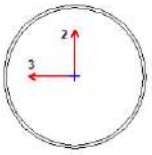


DISEÑO DEL PILOTE



REPORTE DE DISEÑO

ETABS 2015 Composite Column Design



Element Details

Level	Element	Unique Name	Location (m)	Combo	Section	Classification
Story1	C22	9	0	DIS	PL3	Compact

LLRF and Demand/Capacity Ratio

L (m)	LLRF	Stress Ratio Limit
2.00000	1	1

Analysis and Design Parameters

Provision	Analysis	2nd Order	Reduction
LRFD	Effective Length	General 2nd Order	Not Applicable

Design Code Parameters

Φ_b	Φ_c	Φ_{TY}	Φ_{TF}	Φ_V	Φ_{V+R}	Φ_{VT}
1	0.75	0.9	0.75	0.9	0.9	0.9

Design Properties of Steel Section

A (m²)	J (m⁴)	I_{33} (m⁴)	I_{22} (m⁴)	A_{v2} (m²)	A_{v3} (m²)
0.0063	0.00016	0.00008	0.00008	0.0032	0.0032

Material Properties

E_s (tonf/m²)	f'_c (tonf/m²)	F_y (tonf/m²)
20389019.16	2100	31611.2

Demand/Capacity (D/C) Ratio Eqn.(H1-1b)

D/C Ratio =	$(P_r/2P_c) + (M_{r33}/M_{c33}) + (M_{r22}/M_{c22})$
0.001 =	0.001 + 0 + 0

Stress Check forces and Moments

Location (m)	P_u (tonf)	M_{u33} (tonf-m)	M_{u22} (tonf-m)	V_{u2} (tonf)	V_{u3} (tonf)	T_u (tonf-m)
0	-0.4616	0	0	0	0	0

Axial Force & Biaxial Moment Design Factors (H1-1b)

	L Factor	K_1	K_2	B_1	B_2	C_m
Major Bending	1	1	1.25	1	1	1
Minor Bending	1	1	1.25	1	1	1

Parameters for Lateral Torsion Buckling

L_{tb}	K_{tb}	C_b
1	0	1

Axial Force and Capacities

P_u Force (tonf)	ϕP_{nc} Capacity (tonf)	ϕP_{nt} Capacity (tonf)
0.4616	243.3487	180.2267

Moments and Capacities

	M_u Moment (tonf-m)	ϕM_n Capacity (tonf-m)	ϕM_n (No LTB) (tonf-m)
Major Bending	0	23.4988	23.4988
Minor Bending	0	23.4988	

Torsion Moment and Capacities

T_u Moment (tonf-m)	T_n Capacity (tonf-m)	ϕT_n Capacity (tonf-m)
0	37.4366	33.693

Shear Design

	V_u Force (tonf)	ϕV_n Capacity (tonf)
Major Shear	0	54.068
Minor Shear	0	54.068

Pilote 1				**Indices de sobre esfuerzo**	**Verificación**
ΦMn	23.4988	Mu	3.84137	0.163	Ok
ΦVn	54.068	Vu	5.2811	0.098	Ok
Pilote 2				**Indices de sobre esfuerzo**	**Verificación**
ΦMn	23.4988	Mu	4.2588	0.181	Ok
ΦVn	54.068	Vu	5.8554	0.108	Ok
Pilote 3				**Indices de sobre esfuerzo**	**Verificación**
ΦMn	23.4988	Mu	4.21387	0.179	Ok
ΦVn	54.068	Vu	5.7936	0.107	Ok
Pilote 4				**Indices de sobre esfuerzo**	**Verificación**
ΦMn	23.4988	Mu	3.63891	0.155	Ok
ΦVn	54.068	Vu	5.0025	0.093	Ok

VERIFICACION REFUERZO DE PILOTE

A) Propiedades de los Materiales y Geometría.

Acero= A 252 GR3
Fy = 310 MPa
f´c = 21 MPa
Ec = 21538 MPa
Es = 200000 MPa

Ø = 12 304.8 mm
e Pared= 6.35 mm
Area]= 72965.9 mm^2
ø c = 0.75

E) Refuerzo en tuberia rellena de concreto C.15.11.5.3

ρ =	0.01	
AS =	*7.297*	cm^2
BARRAS N° =	*4*	
As bara =	*1.267*	cm^2
Cantidad Barras =	*6*	
Longitud anclaje =	*27.54*	*cm*
Longitud Refuerzo =	*56.00*	*cm*

Se debe suminstrar 6 barras N° 4 en una longitud no menor de 56 cm, en la zona superio del elemento

CONTRATO No. 0582-2022

ANÁLISIS Y PROPUESTA DE SOLUCIÓN PARA EL CONTROL DE INUNDACIONES EN EL CORREGIMIENTO DE TIMBA, MUNICIPIO DE BUENOS AIRES, DEPARTAMENTO DEL CAUCA, EN CUMPLIMIENTO DE LA SENTENCIA 142 DE 2008 DEL JUZGADO 18 ADMINISTRATIVO DEL CIRCUITO JUDICIAL DE CALI."

INFORME ESTUDIO GEOLÓGICO Y GEOMORFOLÓGICO

MARZO de 2023

JAM INGENIERÍA Y MEDIO AMBIENTE

NIT 830084684-9

Cra 42 No. 22A-03 Bogotá D.C., Colombia
+57 3118538700
+57 1 2440222
Info@Jam.com

CRC – CORPOROACIÓN AUTONOMA REGIONAL DEL CAUCA

HOJA DE CONTROL

ENTIDAD	RESPONSABLE	EJEMPLARES
JAM Ingeniería y Medio Ambiente SAS	Javier Antonio Millán	ORIGINAL

ÍNDICE DE MODIFICACIONES

VERSIÓN	SECCIÓN MODIFICADA	FECHA DE MODIFICACIÓN	OBSERVACIONES
1	Versión Original	MARZO 2023	

ESTADO DE REVISIÓN Y APROBACIÓN

Elaborado por:	**JAM INGENIERÍA Y MEDIO AMBIENTE SAS**
Firma:	
Fecha:	

TABLA DE CONTENIDO

INTRODUCCIÓN 6
1 OBJETIVOS Y ALCANCES 7
1.1 OBJETIVO GENERAL 7
1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS 7
2 DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO 8
2.1 Información General Del Contrato 8
2.2 Localización 8
2.3 Visita de reconocimiento inicial 9
3 CONTEXTO GEOLÓGICO 13
3.1 . Geología regional 13
3.2 Estratigrafía 14
3.3 Geología estructural 18
4 ESTUDIO GEOMORFOLÓGICO 21
4.1 . Geoformas locales 21
4.2 Análisis geomorfológico multitemporal - morfodinámica 22
4.2.1 1957 23
4.2.2 1970 24
4.2.3 1982 a 1991 25
4.2.4 2000 a 2018 27
4.2.5 Situación actual 31
4.2.6 Variación morfológica multitemporal del río Timba 32
4.3 Puntos críticos o de mayor interés desde el punto de vista geomorfológico 33
5 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES 35

LISTADO DE TABLAS

Tabla 3-1. Relación imágenes sensores remotos utilizadas 22

LISTADO DE ILUSTRACIONES

Ilustración 2-1 Ubicación general del proyecto 9
Ilustración 3-1 Marco geológico regional 13
Ilustración 3-2. Vista geología sobre imagen de satélite. Tomado y modificado de Google Earth 14
Ilustración 3-3. Columna estratigráfica general Fm. Chimborazo. Tomado de INGEOMINAS 1999 15
Ilustración 3-4. Columna estratigráfica general Fm. Guachinte. Tomado de INGEOMINAS 1999 16
Ilustración 3-5. Columna estratigráfica general Fm. Ferreira. Tomado de INGEOMINAS 1999. 17
Ilustración 3-6. Geología estructural Regional departamento del Cauca 19
Ilustración 3-7. Lineamientos estructurales en zona de estudio 20
Ilustración 4-1. Ejemplo georreferenciación de fotos áreas 23
Ilustración 4-2. Fotointerpretación 1957 24
Ilustración 4-3. Fotointerpretación 1970 25
Ilustración 4-4. Fotointerpretación 1982 26
Ilustración 4-5. Fotointerpretación 1991 27
Ilustración 4-6. Fotointerpretación año 2000 28
Ilustración 4-7. Rasgos importantes para el año 2018 29
Ilustración 4-8. Detalle de espolones construidos en margen izquierda del río, Timba Valle del Cauca. A) año 2000. B) año 2015. C) año 2018 30
Ilustración 4-9. Mapa geomorfológico local preliminar 31
Ilustración 4-10. Variación multitemporal del río Timba 32
Ilustración 4-11. Sectores de interés para exploración del subsuelo 34

INTRODUCCIÓN

El presente documento presenta los resultados del estudio geológico y geomorfológico para el proyecto denominado “Análisis y propuesta de solución para el control de inundaciones en el corregimiento de Timba, municipio de Buenos Aires, departamento del Cauca, en cumplimiento de la sentencia 142 de 2008 del juzgado 18 administrativo del circuito judicial de Cali.”, en el cual se describe lo visto en la visita de reconocimiento, contexto geológico de la zona de estudio, estudio geomorfológico de detalle, incluyendo un análisis multitemporal sobre imágenes de sensores remotos, y definición de unidades geológicas para ingeniería.

A partir de la información suministrada por la corporación autónoma regional del cauca -CRC y lo descrito en la sentencia 142 de 2008, en el corregimiento de Timba se han presentado múltiples eventos de inundación debido al desbordamiento del rio en periodos prolongados de lluvia, provocando daño en viviendas, vías públicas, obstrucción del sistema de alcantarillado pluvial y sanitario y aumento de los procesos erosivos y sedimentarios en las orillas.

Fue entonces enfocado el estudio geológico y geomorfológico, a definir con detalle las diferentes geoformas presentes en el área de estudio, con énfasis en la dinámica fluvial y reconocimientos de zonas del terreno susceptibles a presentar fenómenos de inundación, como la llanura de inundación y meandros abandonados. Igualmente fueron reconocidos los puntos con problemas de erosión como socavación lateral, generados por la divagación y fuerte dinámica del río Timba.

Fueron recomendadas las zonas de interés para propuestas de exploración geotécnica, así como para la implantación de obras de mitigación y control ante erosión de orilla o desbordamientos del río Timba. Este estudio da información clave y valiosa para el desarrollo de los componentes de geotecnia de hidrología en el proyecto.

Este documento presenta la primera versión del estudio, que será posteriormente complementada con los resultados del trabajo de campo de detalle, así como resultados de exploración del subsuelo que permitirán reconocer unidades geológicas para ingeniería, así como secciones geológicas de detalle donde se requiera implantar obras de mitigación y control.

1 OBJETIVOS Y ALCANCES

1.1 OBJETIVO GENERAL

Establecer a detalle las características geológicas, geomorfológicas y de dinámica fluvial en el área de influencia directa del área de estudio, con el fin de garantizar que las obras de mitigación y control se diseñen y se construyan con las mejores condiciones de seguridad, durabilidad, estabilidad, operabilidad y economía.

1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Realizar la caracterización de las unidades geológicas y geomorfológicas locales a detalle.
- Generar el mapa geológico y geomorfológico de detalle para la zona de estudio.
- Realizar el estudio geomorfológico multitemporal con énfasis en la dinámica fluvial del río Timba.
- Identificar las zonas o superficies del terreno con mayor susceptibilidad a fenómenos de erosión por dinámica fluvial e inundación por desbordamiento del río Timba.

2 DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

2.1 Información General Del Contrato

- **CONTRATO:** CONTRATO No. 0582-2022
- **FIRMA CONSULTORA:** JAM INGENIERÍA Y MEDIO AMBIENTE SAS
- **FECHA DE INICIO:** 25 de enero de 2023
- **FECHA DE VENCIMIENTO INICIAL:** 5 marzo de 2023
- **PLAZO INICIAL:** 5 Meses
- **VALOR DEL CONTRATO:** $136.968.368

2.2 Localización

El área de estudio se Ubica en el rio Timba a .la altura del corregimiento Timba en el municipio de Buenos Aires, departamento del Cauca. Este rio nace en el Parque Nacional Natural Farallones de Cali, en el municipio de Jamundí en el Valle del Cauca y desemboca en el río Cauca entre los municipios de Jamundí y Buenos Aires, departamento del Cauca. Sus principales afluentes son los ríos Mary López, Chupadero y Silencio.

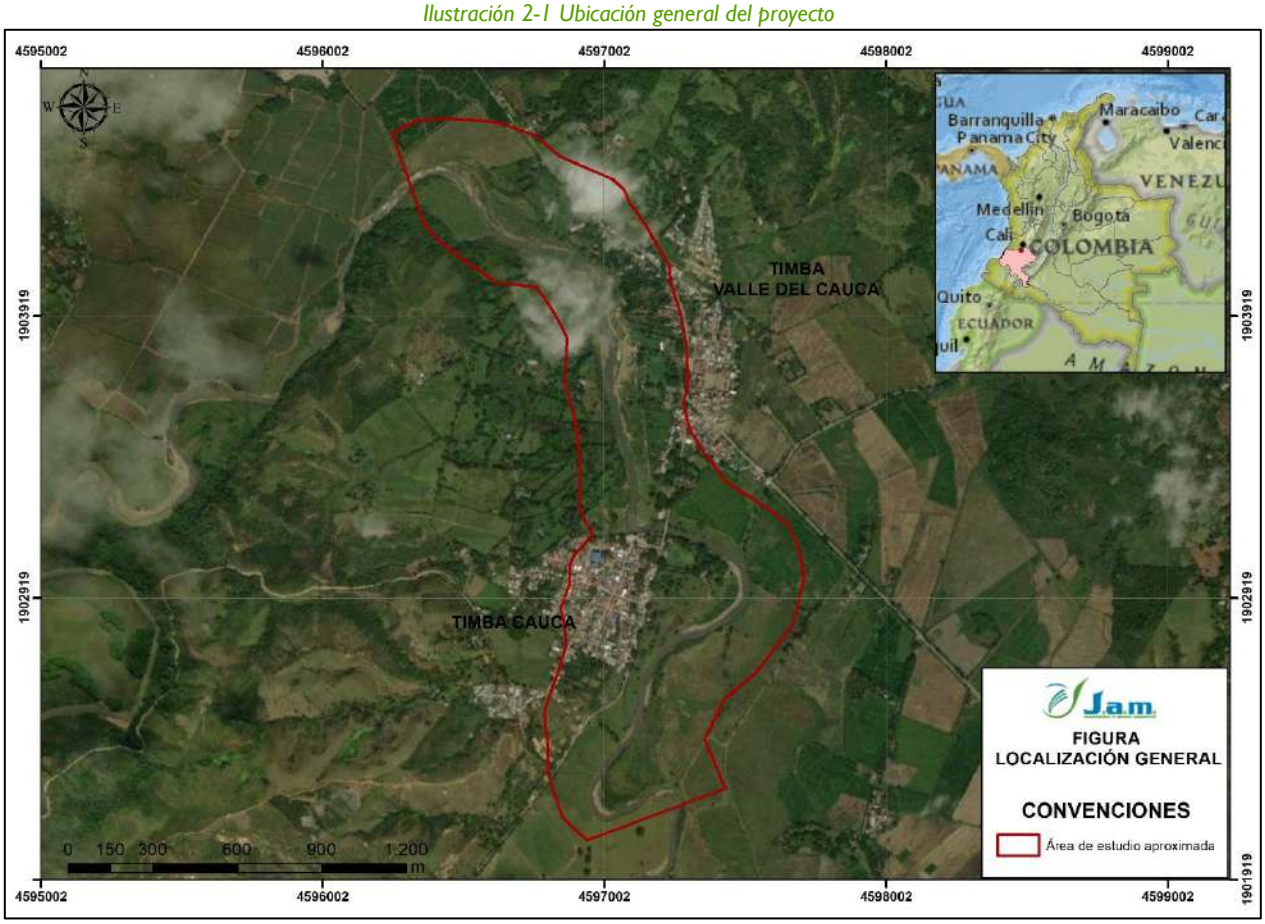
El municipio de Buenos Aires este ubicado en el norte del Departamento del Cauca a una distancia de 115 kilómetros de la ciudad de Popayán, posee una extensión total de 410 km^2 y su cabecera está localizada a los 03°01'08" N de latitud y 76°38'37" W de longitud, El municipio de Buenos Aires pertenece a la cuenca hidrográfica del Rio Cauca, cuenca localizada entre la margen occidental de la cordillera central y la margen oriental de la cordillera occidental, limitando jurisdiccionalmente con el Departamento del Valle del Cauca.

Límites del municipio, Norte: Jamundí y Buenaventura (Valle del Cauca) Sur: Suarez y Morales Al municipio de Buenos Aires pertenecen los siguientes corregimientos: Timba, El Porvenir El Ceral, La Balsa, San Ignacio, Honduras, Paloblanco. (Tornado del Plan de Desarrollo Buenos Aires 2020/2023)

El corregimiento de Timba Cauca en el municipio de Buenos Aires se encuentra ubicado en el piedemonte de la cordillera Occidental a 17 kilómetros de la cabecera municipal de Buenos Aires al noroeste de la misma, marcando límites con el municipio de Jamundí, departamento del Valle y específicamente con el corregimiento de Timba Valle- Timba Cauca se encuentra rodeado en su parte noroccidental y en su parte norte por el Rio Timba y en su parte sur este por el rio Cauca.

Límites de Timba Cauca: Norte: con el rio timba y el corregimiento de Timba Valle, Municipio de Jamundí, Sur: con el rio Cauca y la vereda del Cañutico, corregimiento de Asnazu, municipio de Suarez, cauca. Oriente: Con la parcelación la Bertha, corregimiento de Timba Valle, Occidente: Con la vereda del Jagual, Municipio de Suarez y con la región del Naya, Buenaventura, Valle.

Ilustración 2-1 Ubicación general del proyecto



2.3 Visita de reconocimiento inicial

El día 10 de febrero de 2023 se realizó la visita de reconocimiento a la zona de estudio. El recorrido inició en el corregimiento de Timba Cauca, sobre la margen derecha del río Timba, sector donde se presenta una estructura de contención del río, que se trata de un muro en ciclópeo, el cual tiene una longitud aproximada de 258 metros. El muro que probablemente sea contemporáneo a la construcción de vía de ferrocarril (años 1920's) se mantiene en condiciones funcionales relativamente buenas, con ligeras perdidas de material en la base, y sirve como protección a la socavación en esta margen (ver Fotografía 2-1).

Fotografía 2-1. Muro ciclópeo Timba Cauca



Por otra parte, los estribos de los puentes se encuentran expuestos a procesos de socavación lateral, observándose rasgos de este proceso erosivo en las márgenes del río, y que puede comprometer a largo plazo la estabilidad de las estructuras.

Fotografía 2-2 Vista a situación de estribos puentes Timba Cauca



Es común observar en las edificaciones cercanas al río en la cabecera de Timba Cauca, marcas de alteración en los muros de las fachadas, que dan muestra de que la lamina de agua del río ha llegado a ascender cerca de 1 metro del nivel de las casas, siendo entonces insuficiente el muro en ciclópeo del río para contener los desbordamientos del río en épocas de lluvias intensas.

Posteriormente se visitó el sector occidental de Timba Valle del Cauca, sobre la margen del río, en donde se pudo apreciar fuertes procesos de socavación lateral, como se muestra en la siguiente fotografía.

Fotografía 2-3 Vista a procesos de socavación en Timba Valle del Cauca



En este sector se observaron al menos tres estructuras de protección contra socavación y desbordamientos del rio, que corresponden a espigones perpendiculares al cauce. Estas estructuras presentan rotura y perdida del material por la socavación lateral del río (ver Fotografía 2-4)

Fotografía 2-4. Perdida de espigones por procesos de socavación



Por último, fue visitado el extremo sur de Timba Cauca, sobre la vía hacia Suarez Cauca, donde sector de cementerio local, donde el rio se encuentra aproximadamente a 45 m de la vía. En este sector se pudo apreciar zonas de encharcamiento paralelas a la vía, así como rasgos de posible socavación en el talud inferior de la vía, probablemente generadas en épocas de ascenso de niveles del río.

Fotografía 2-5 Zona baja sector Pola II

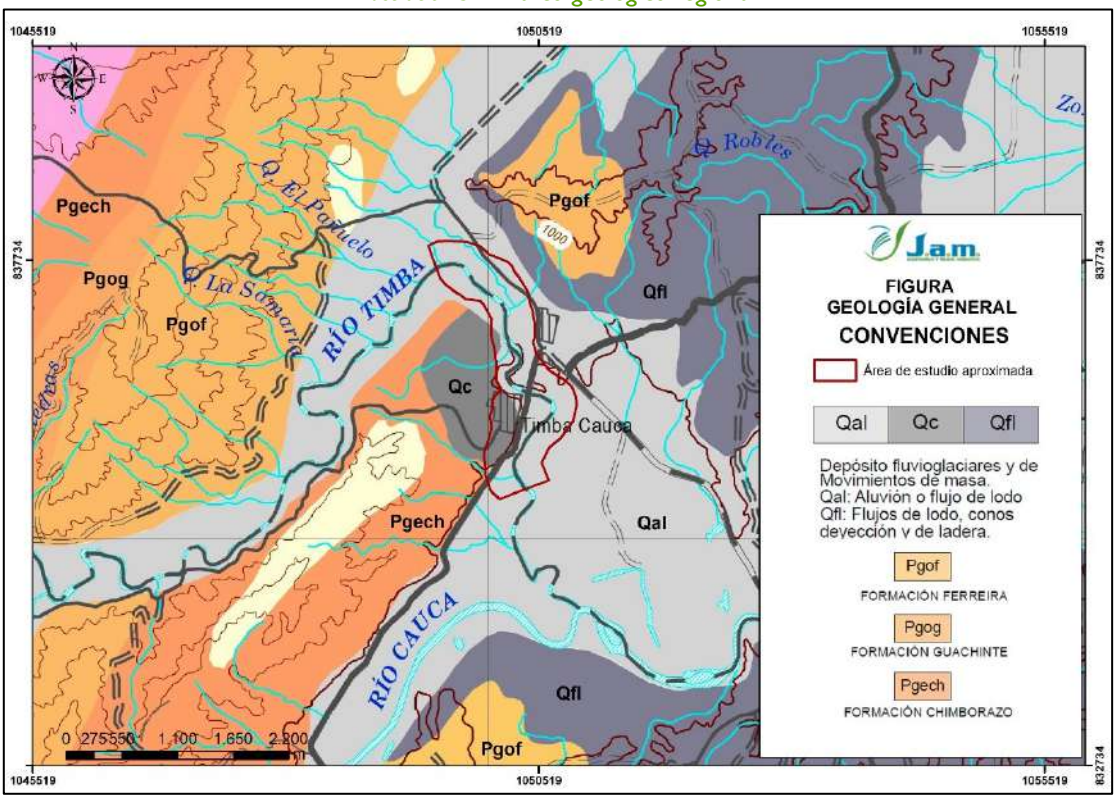


3 CONTEXTO GEOLÓGICO

3.1 . Geología regional

El área de estudio se localiza sobre la cordillera occidental de Colombia, sobre las márgenes del río Timba, a pocos kilómetros de la desembocadura en el río Cauca. Esta zona geológicamente se caracteriza por presentar lomeríos de unidades cenozoicas del Grupo del Cauca, como la Formación Chimborazo (Pgech), Formación Guachinte (Pgog) y Formación Ferreira (Pgof). Igualmente se presentan depósitos cuaternarios no consolidados, de tipo aluvial (Qal), flujos de lodos y conos de deyección (Qfl), depósitos coluviales y fluvioglaciares (Qc).

Ilustración 3-1 Marco geológico regional



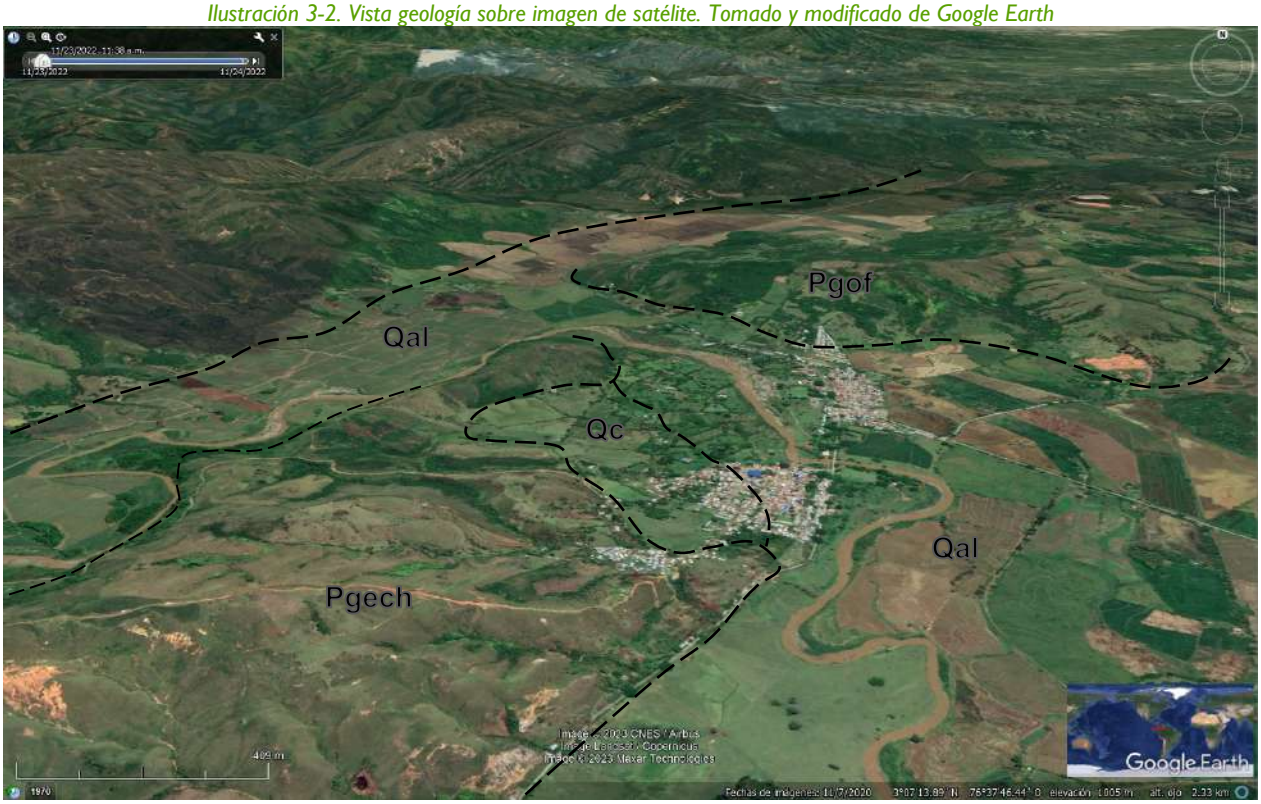
Fuente: *tomado y modificado de; Geología de la plancha 320 Buenos Aires. Servicio geológico colombiano antes INGEOMINAS 1999*

Al occidente y sur occidente de Timba se presenta una geoforma de lomerío, sobre la cual se tiene la presencia de rocas de la Formación Chimborazo, que se compone de los Miembros Confites, y Miembro Loma Larga. El Miembro Confites se constituye de conglomerado polimíctico, grauvacas, en menor medida de limolita y arcillolitas, y esporádicamente niveles de caliza clástica. El Miembro Loma Larga por su parte de niveles finos como limolitas y arcillolitas predominantemente, así como sales carbonáceos y conglomerados en menor medida.

QII

El río Timba muestra una fuerte desviación en su cauce, transcurriendo de sur a norte y cambiado su curso en sentido NW – SE, "rodeando" el lomerío anteriormente descrito, siendo respuesta del control estructural en la zona, y posible presencia de zona de falla, pues se ve interrumpida la continuidad de la Formación Chimborazo (presente margen derecha del río Timba), y aflorando la Formación Ferreira en la margen izquierda del río (ver Ilustración 3-2).

Ilustración 3-2. Vista geología sobre imagen de satélite. Tomado y modificado de Google Earth



Los depósitos aluviales que componen el valle del río Timba corresponden en mayor medida a depósitos de llanura de inundación, que se constituyen de materiales finos como limos y arcillas, pero igualmente son comunes depósitos de complejos de oríllales antiguos o meandros abandonados, y de niveles de terraza del río, que corresponden a materiales granulares como arenas, gravas y bolos predominantemente.

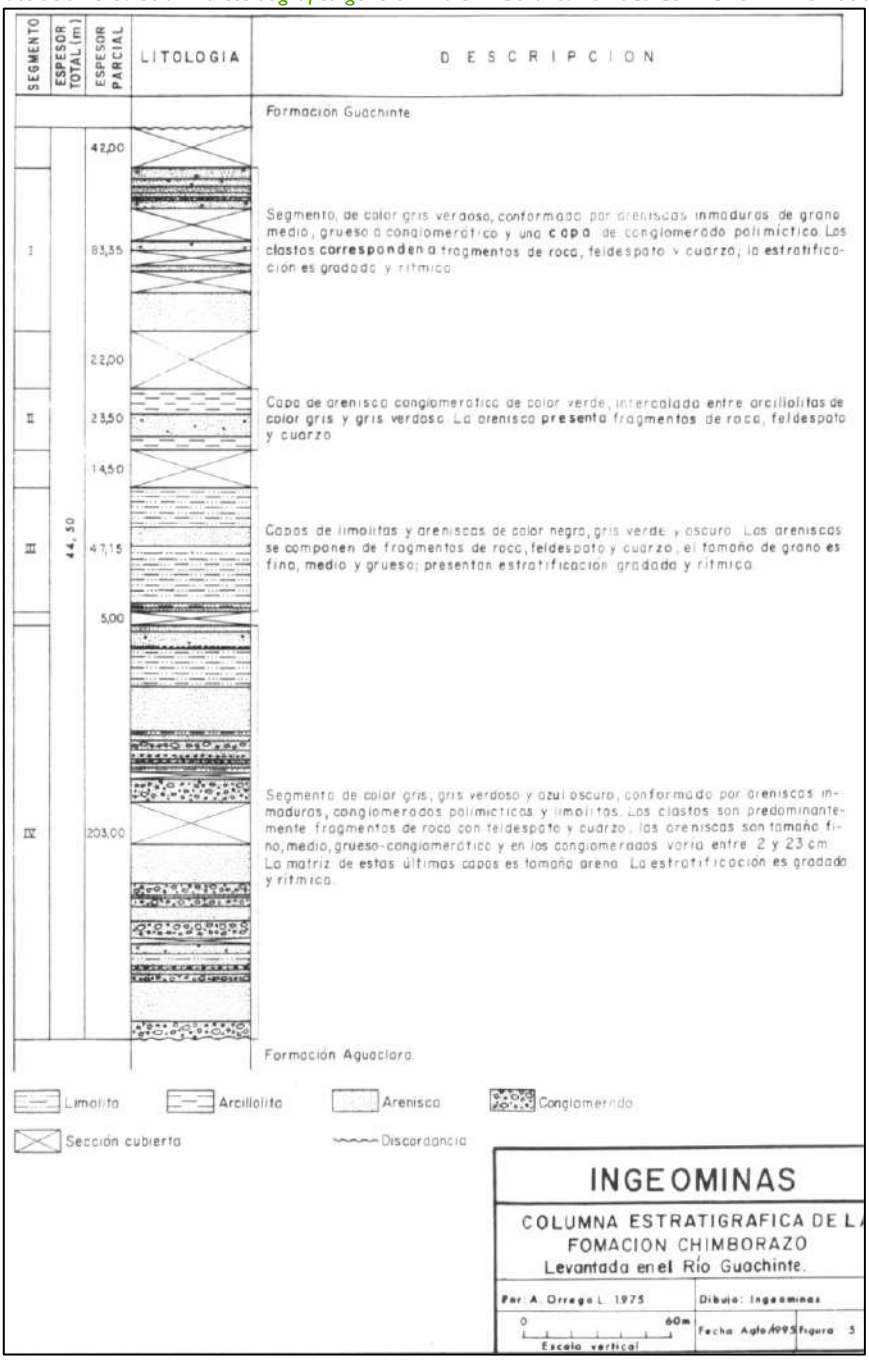
Es probable que el espesor de los depósitos aluviales del valle del río Timba tengan espesores superiores a 30 metros, esto de acuerdo con el ancho del valle y la posible zona de falla antigua que explica la discontinuidad geológica a lado y lado del río.

3.2 Estratigrafía

Formación Chimborazo (Pgech): Unidad geológica a nivel de Formación que hace parte del Grupo Cauca, correspondiente a secuencias de rocas sedimentarias clásticas, dividida en tres

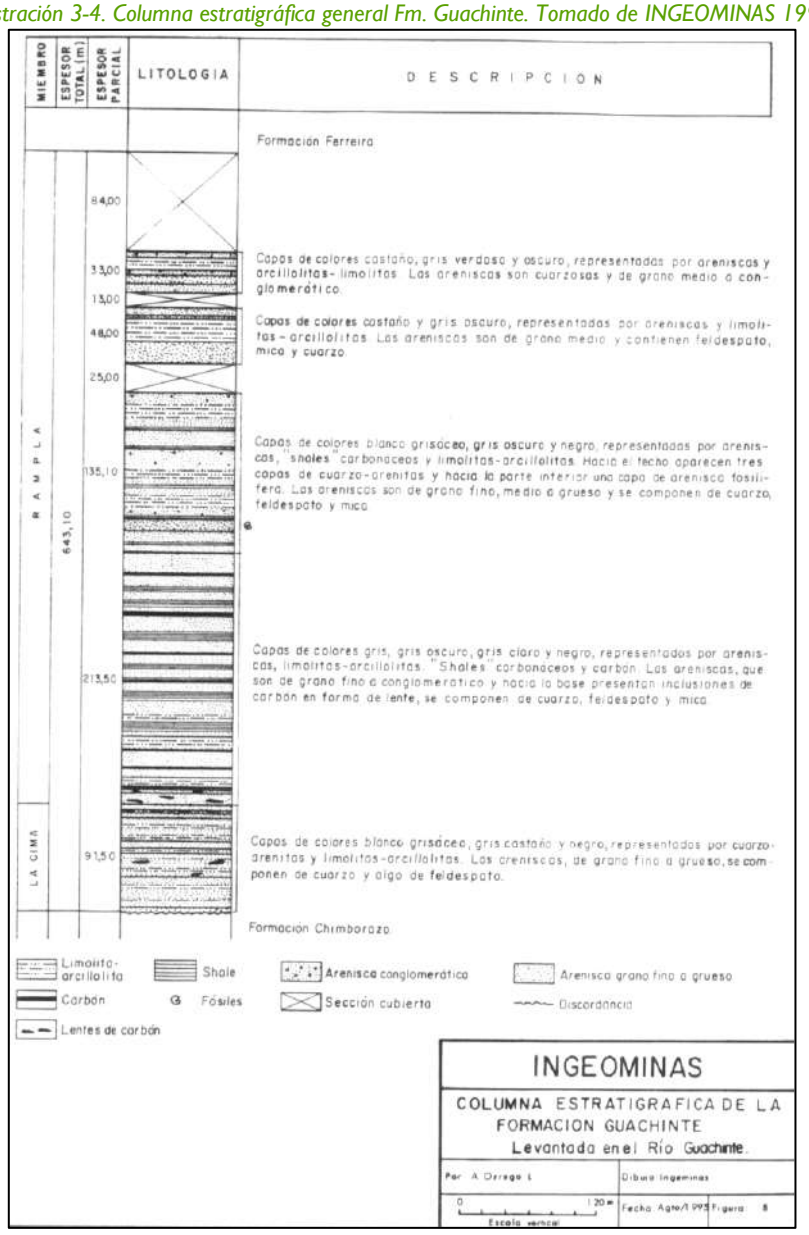
miembros. De base a techo, en su parte inferior se presenta la secuencia denominada como Miembro Confites, el cual se constituye de conglomerados polimíctico, areniscas, limolitas, brechas y arcillolitas. En la parte superior se presenta el Miembro Loma Larga, compuesto por conglomerados areniscas grauvaquicas, limolitas arcillolitas, y areniscas fosilíferas.

Ilustración 3-3. Columna estratigráfica general Fm. Chimborazo. Tomado de INGEOMINAS 1999



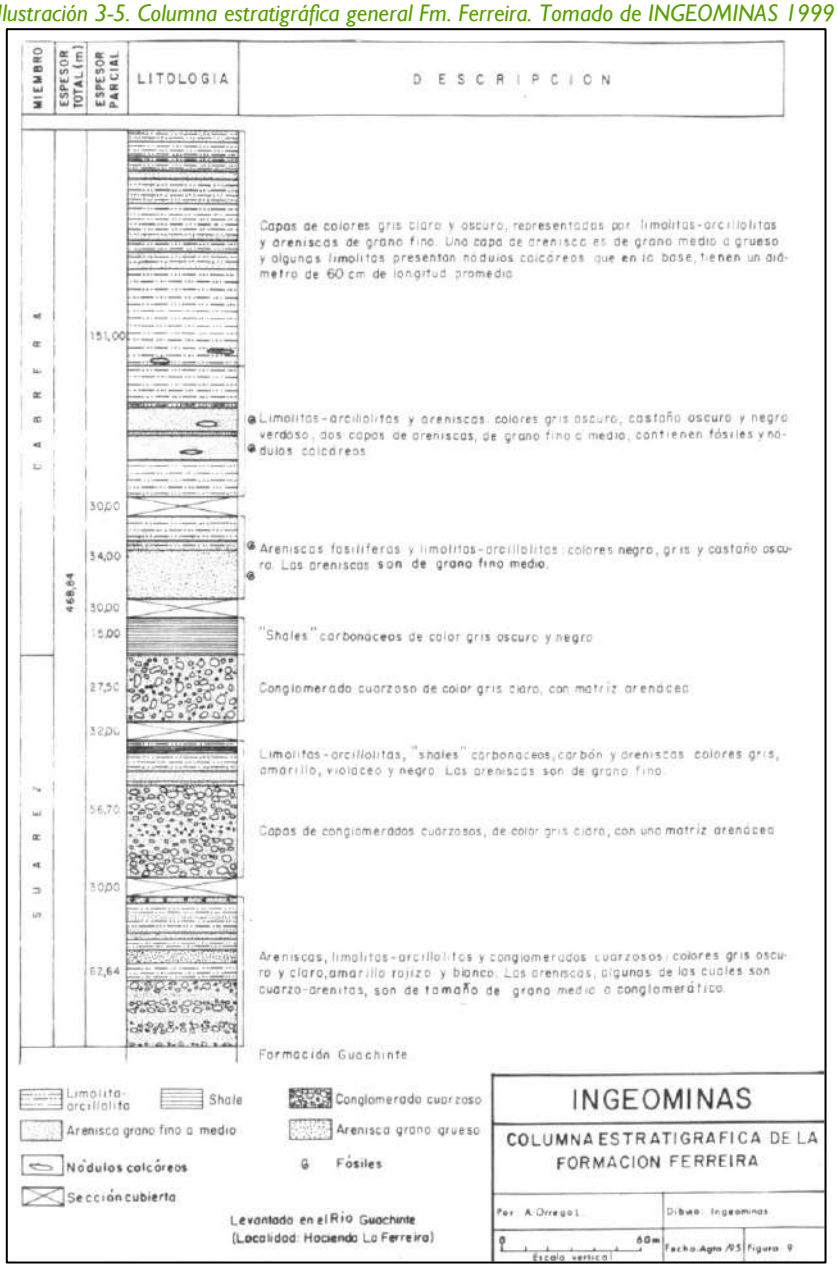
Formación Guachinte (Pgog): Unidad geológica a nivel de Formación que hace parte del Grupo Cauca, constituida por una secuencia de rocas sedimentarias clásticas como areniscas cuarzosas a cuarzo areniscas, areniscas micáceas oscuras, limolitas, arcillolitas shales carbonáceos, y capas de carbón lenticulares. Esta divida en dos miembros, el inferior corresponde al Miembro La Cima, conformado por capas de cuarzo areniscas con intercaaciones de limolitas y arcillolitas, y el segundo el Miembro Rampla se constituye por areniscas micáceas con intercalaciones de limolitas, arcillolitas con concreciones calcáreas, shales carbonáceos y capas de carbón.

Ilustración 3-4. Columna estratigráfica general Fm. Guachinte. Tomado de INGEOMINAS 1999



Formación Ferreira (Pgof): Unidad geológica a nivel de Formación que hace parte de la parte superior del Grupo Cauca, constituida por una secuencia de rocas sedimentarias clásticas. Se divide en dos miembros que de base a techo corresponden a: Miembro Suarez, conformado por conglomerados cuarzosos de color gris, con areniscas cuarzosas, limolitas, arcillolitas, shales y capas de carbón. Miembro Cabrera, constituido por areniscas oscuras fosilíferas, con intercalaciones de limolitas, arcillolitas y capas lenticulares de carbón.

Ilustración 3-5. Columna estratigráfica general Fm. Ferreira. Tomado de INGEOMINAS 1999



Flujos de lodos, conos de deyección y de ladera (Qc): Depósitos clásticos cuaternarios asociados con periodos de lluvias intensas durante etapas de levantamiento más reciente de las cordilleras, que erosionan unidades geológicas preexistentes. Presentan drenajes bien desarrollados, y son reconocidos por su morfología colinada a lomada suave, generalmente en el pie o base de las prominencias topográficas locales más notables. Son predominantemente granulares, compuestos por arenas y bloques, cuya composición se relaciona con la roca parental aflorante en la parte alta de la cuenca.

Depósitos aluviales (Qal): Depósitos cuaternarios localizados en las márgenes de los ríos y quebradas, dando lugar a superficies del terreno con morfologías relativamente planas a levemente inclinadas y onduladas, originadas por erosión de las corrientes de agua y transporte de sedimentos que son depositados al llegar a zona de baja pendiente. Se conforman por arenas, gravas redondeadas, limos, arcillas, con espesores no mayores a 50 metros.

Esta unidad agrupa depósitos de playa o barras aluviales, meandros antiguos, terrazas, sedimentos finos de planicies de inundación, y el lecho actual de los cauces.

3.3 Geología estructural

La zona de estudio se encuentra sobre el flanco oriental de la cordillera occidental de Colombia, siendo una provincia caracterizada por un estilo estructural de acreciones de materiales rocoso-volcánicos exógenos contra rocas continentales. Los terrenos acrecionados desde el occidente hacia el continente, generaron esfuerzos compresivos que definen las discontinuidades de contactos regionales, que representan cada episodio de acreción o adosamiento de la corteza oceánica. Igualmente fueron generados fallamientos paralelos a la cordillera por la deformación de los materiales.

Las fallas presentes en la región tienen una dirección preferencial Norte-Sur a Nor-noreste, siendo predominantemente de cabalgamiento profundas, con vergencia al occidente. Se presentan fallas secundarias oblicuas.

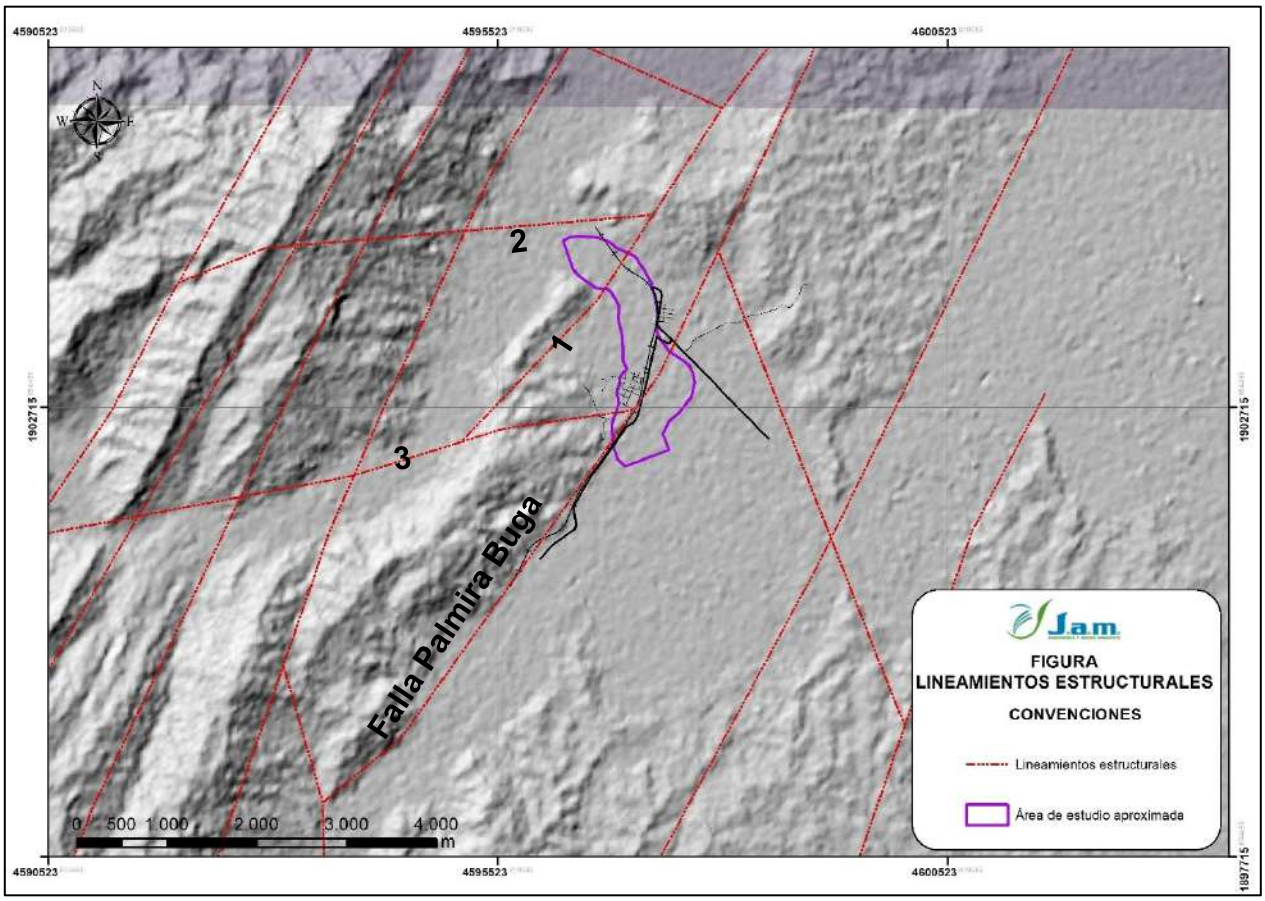
De acuerdo con el Servicio geológico colombiano, en su memoria explicativa del mapa geológico del departamento del Cauca, la zona de estudio se encontraría atravesada por la Falla Palmira-Buga la cual tiene una dirección general SW-NE como se muestra en la Ilustración 3-6. La Falla de Palmira-Buga corresponde a una falla de tipo de cabalgamiento con rumbo preferencial norte-sur a noreste y con vergencia al oeste.

Ilustración 3-6. Geología estructural Regional departamento del Cauca



Al realizar un estudio semiregional a local de rasgos estructurales presentes, se puede observar la presencia general de lineamientos con dirección NE-SW que limitan bloques estructurales, y son coincidentes con lo descrito de manera regional. Es probable que la Falla de Palmira Buga, tenga una fuerte incidencia en el estilo estructural de la zona, siendo reconocido el posible trazo principal de la Falla justo al sur de la cabecera del corregimiento de Timba Cauca, como se muestra en la siguiente ilustración.

Ilustración 3-7. Lineamientos estructurales en zona de estudio



Es interesante notar el cambio fuerte de rumbo del río Timba, pues al salir de la cordillera tiene un sentido hacia el NW, posteriormente al entrar al área de estudio cambia a W-E y por último viaja hacia el SE. Esto puede ser explicado por la presencia de los lineamientos identificados, donde se tiene que, el lineamiento 3 controla el valle del río Timba en la salida de la cordillera, y los lineamientos 1 y 2 generan desvíos en el trazo normal del río siendo límites estructurales para el mismo, pues lo obligan a rodar los macizos rocosos expuestos.

4 ESTUDIO GEOMORFOLÓGICO

4.1 . Geoformas locales

A continuación, se describen las geoformas locales identificadas en campo y en el análisis geomorfológico multitemporal que se describe en el siguiente apartado. Estas geoformas están a nivel de componentes geomorfológicos por su escala de trabajo detallado de delimitación.

Cauce aluvial: Geoforma de origen fluvial, con morfología de canal, excavado por corrientes de agua superficial permanentes o intermitentes, que en el caso del área de estudio corresponde al cauce del río Timba. Este río es de tipo meándrico**,** con tramos trenzados por el alto contenido y deposición de sedimentos aluviales como barras, que dividen el cauce principal en “brazos” o múltiples canales menores. Se constituye de sedimentos granulares como arenas gravas redondeadas, y bolos.

Barras aluviales: Geoformas de origen fluvial, constituidos de sedimentos gruesos como arenas, gravas redondeadas y bolos. Se localizan dentro o en las márgenes de cauces aluviales, y son originadas por deposición de sedimentos cuando el cauce aluvial pierde energía y no tiene la capacidad de seguir transportándolos. Tienen formas elongadas, curvas o de medialuna, siendo suavemente inclinadas y onduladas en perfil. Pueden ser puntuales, longitudinales o compuestas de acuerdo con su posición respecto al cauce.

Para el área de estudio son abundantes justo después del cambio en el rumbo del cauce aluvial, cuando pasa a tener un flujo hacia el suroriente, ya que sale de una zona de control estructural donde el cauce es estrecho controlado por rocas de la Formación Chimborazo, y llega a una zona donde se amplía el valle o llanura de inundación, además de existir una disminución en la pendiente del cauce.

Llanura de inundación: Planicie de origen fluvial, con pendientes muy bajas menores a 5° de inclinación en general, localizada en las márgenes del cauce aluvial, y limitadas por cambios de pendientes como terrazas aluviales o altos topográficos que definen el valle. Representa la superficie del terreno que presenta mayor susceptibilidad a fenómenos de inundación por desbordamiento del río, y en el área de estudio enmarca la zona de divagación del río Timba en al menos los últimos 70 años. Se constituye predominantemente de sedimentos finos, arcillas y limo, pero al presentarse dentro de estas meandros abandonados y complejos de oríllales antiguos se presentan zonas y secuencias con niveles o lentes de arenas gravosas y bolos.

Terrazas: Geoforma de origen fluvial, con forma de plano elongado, de morfología plana a suavemente ondulada, compuesta por sedimentos aluviales gruesos como gravas y bolos en una matriz de arena limosa. Se diferencian en la zona de estudio al menos tres niveles de terraza, de acuerdo con su posición y altura respecto al lecho del río Timba, nombrados como: terraza baja, terraza media y terraza alta.

Meandro antiguo: Geoforma de origen fluvial, que conformaba un tramo sinuoso o curvo antiguo del río Timba, que fue abandonado por estrangulamiento o deriva lateral del cauce. Esta superficie es temporalmente inundable, y se constituye de sedimentos finos, con variación lateral hacia sedimentos gruesos.

Cono de deyección: Geoforma de origen denudacional a fluvial, que conforma una superficie del terreno en forma de "cono" o abanico, con pendientes o inclinaciones de la ladera aproximadamente entre 5° y 10°. Se localiza en sobre zonas con cambios de pendiente fuerte, siendo una zona de deposición de sedimentos erosionados desde las prominencias o alto topográficos adyacentes. Se componen de arenas y gravas predominantemente.

Cerro residual: Geoforma de origen morfogenético denudacional, que conforma una prominencia topográfica aislada. Con morfología alomada o colinada, cimas redondeadas, y laderas rectas a convexas. Se relaciona a procesos de meteorización diferencial sobre rocas y suelos residuales de la Formación Chimborazo en la zona de estudio.

4.2 Análisis geomorfológico multitemporal - morfodinámica

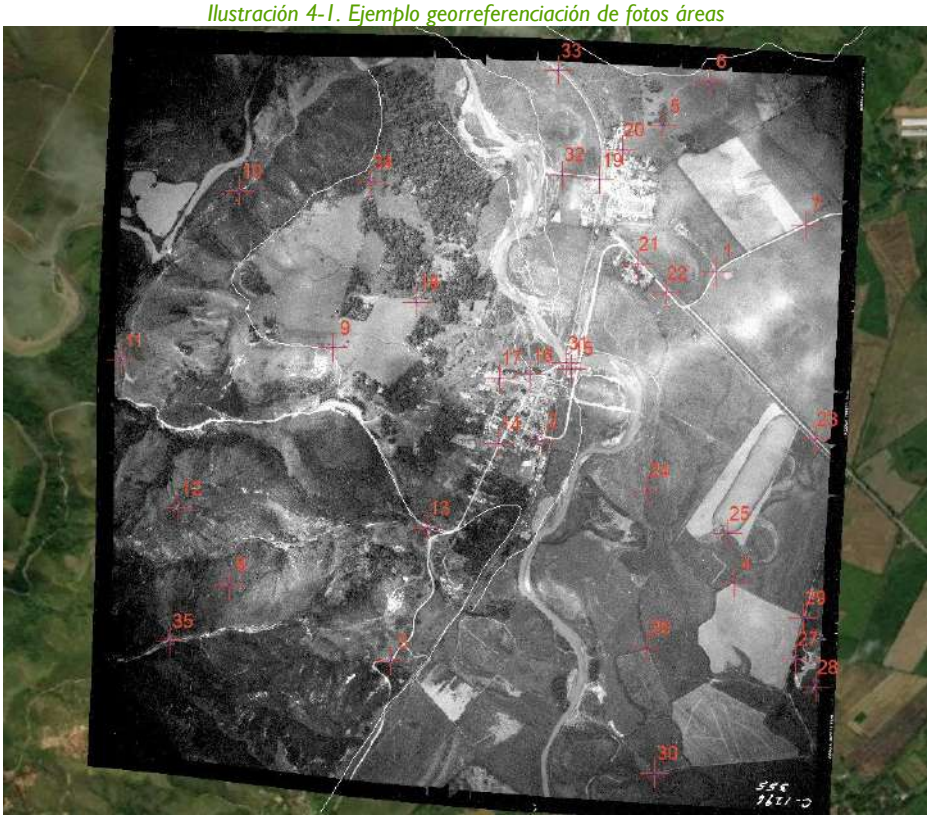
A partir de la recopilación de imágenes históricas de sensores remotas, se realizó un análisis de evolución morfodinámica y morfológica multitemporal del sector, con el fin de apoyar el diagnóstico sobre los procesos de socavación lateral y desbordamientos del río Timba desde el componente geológico y geomorfológico. Las imágenes recopiladas y utilizadas se relacionan en la siguiente tabla:

Tabla 4-1. Relación imágenes sensores remotos utilizadas

IMAGEN/PLANCHA	Tipo	FECHA	ESCALA/RESOLUCIÓN	FUENTE	FOTO
R-371	Fotografías aéreas	8/02/1957	1:20000	IGAC	159-160
C-1296	Fotografías aéreas	3/02/1970	1:10300	IGAC	354-355-356
C-2062	Fotografías aéreas	12/08/1982	1:47600	IGAC	133
C-2459	Fotografías aéreas	10/09/1991	1:36300	IGAC	157
GE-03-2000	Imagen satelital	10/03/2000	1 metro	Google Earth	NA
GE-05-2009	Imagen satelital	13/05/2009	1 metro	Google Earth	NA
GE-03-2018	Imagen satelital	3/10/2018	1 metro	Google Earth	NA
Basemap ArcGIS	Imagen satelital	2022	50 cm	ArcGIS	NA

Las imágenes anteriormente enlistadas hacen parte de las recopiladas para el desarrollo del estudio, y será complementada la fotointerpretación durante el proyecto. Con el fin de dar mayor precisión al estudio, las fotografías aéreas fueron georreferenciadas en software GIS, con al menos 30 puntos de foto control, y utilizando la técnica de SPLINE.

Ilustración 4-1. Ejemplo georreferenciación de fotos áreas

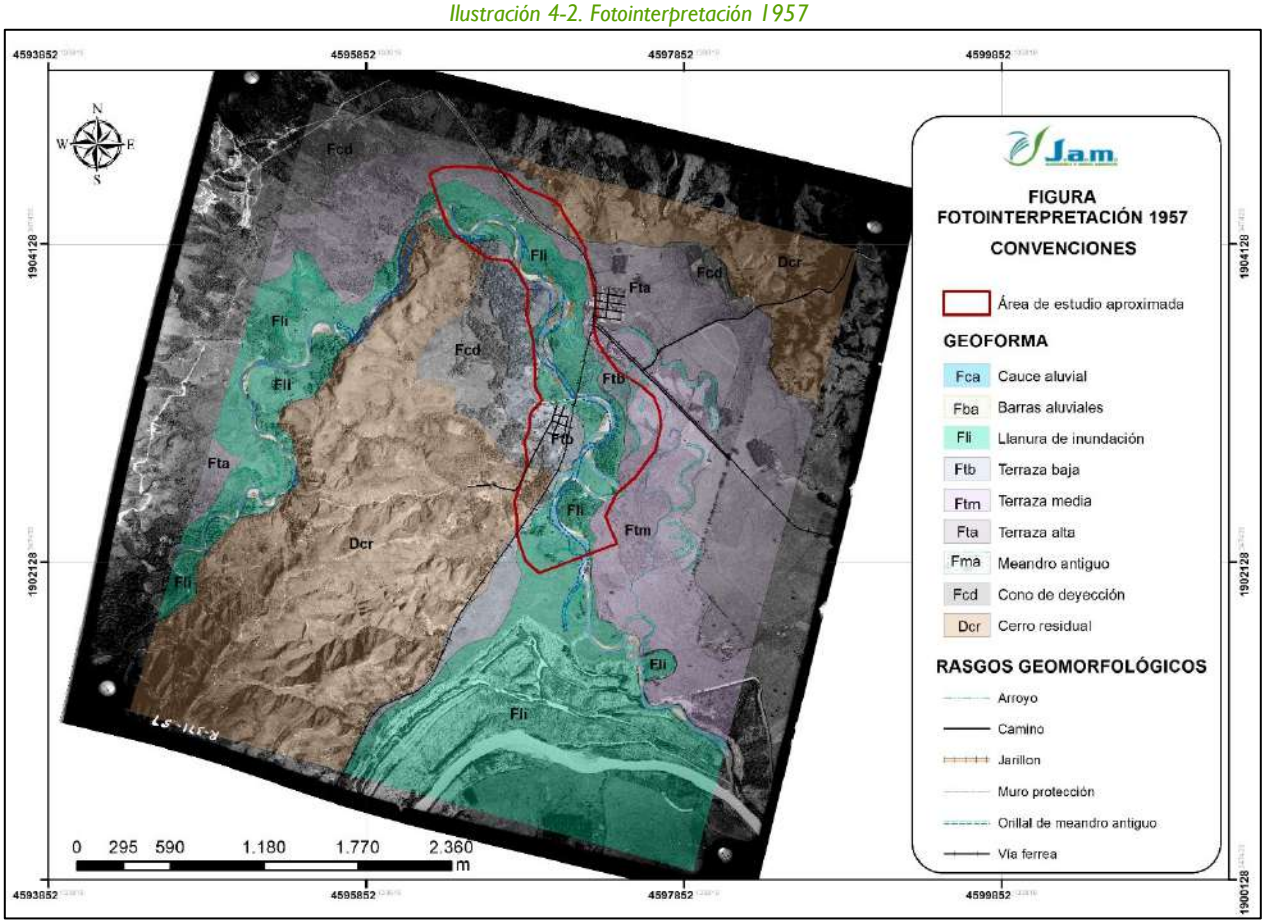


4.2.1 1957

Como fotografía aérea de mayor antigüedad se cuenta con fotografías del vuelo R-371 del año 1957, en estas puede observarse que el río Timba presenta una morfología de río meándrico, con fuerte divagación lateral, pues se observan frecuentes vestigios de meandros abandonados en la llanura de inundación del río. Se puede apreciar también la presencia de tres niveles de terraza del río (Terraza baja, terraza media, y terraza alta), estando el corregimiento de Timba Cauca emplazado sobre depósitos de terraza baja del río, mientras que Timba Valle del Cauca se encuentra sobre una terraza alta del río.

Por otra parte, se observa para esta época la presencia de la vía férrea y la estructura de muro en ciclópeo de protección de orilla en Timba ya existía en ese momento, con igual geometría y longitud a la actual. También se resalta que se pudieron observar jarillones y espolones a lo largo del río en la margen izquierda del mismo a la altura de Timba Valle del Cauca.

Ilustración 4-2. Fotointerpretación 1957

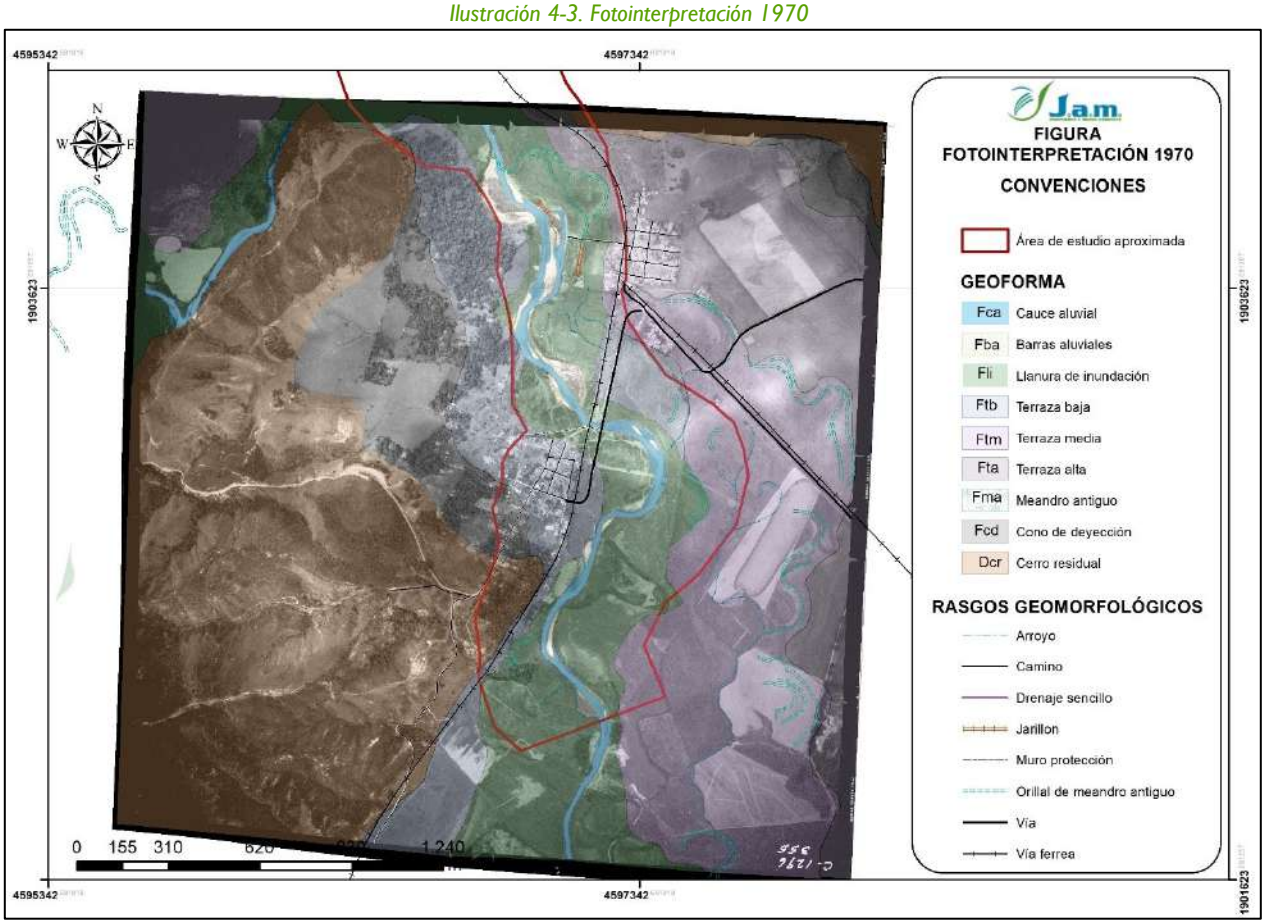


4.2.2 1970

Fue igualmente georreferenciado e interpretado el vuelo C-1296 de 1970, en el que se apreció una divagación fuerte del río Timba respecto a 1957, y crecimiento poblacional en el sector. Algunos de las estructuras de contención observados en la época anterior ya no están presentes para este periodo, probablemente debido la divagación del río que se llevó esas estructuras. Por otro lado, aparecen jarillones paralelos a la margen del río, a la altura de Timba Valle del Cauce, construidas probablemente para contener los desbordamientos del río en este sector.

Para el corregimiento de Timba Cauca, resalta la construcción de vía y puente vehicular que comunica el Valle del Cauca con el Cauca, hacia el municipio de Suarez. Se puede observar que el cauce del río Timba incide contra el muro de protección de forma tangente, prácticamente contra el estribo del puente de la vía férrea.

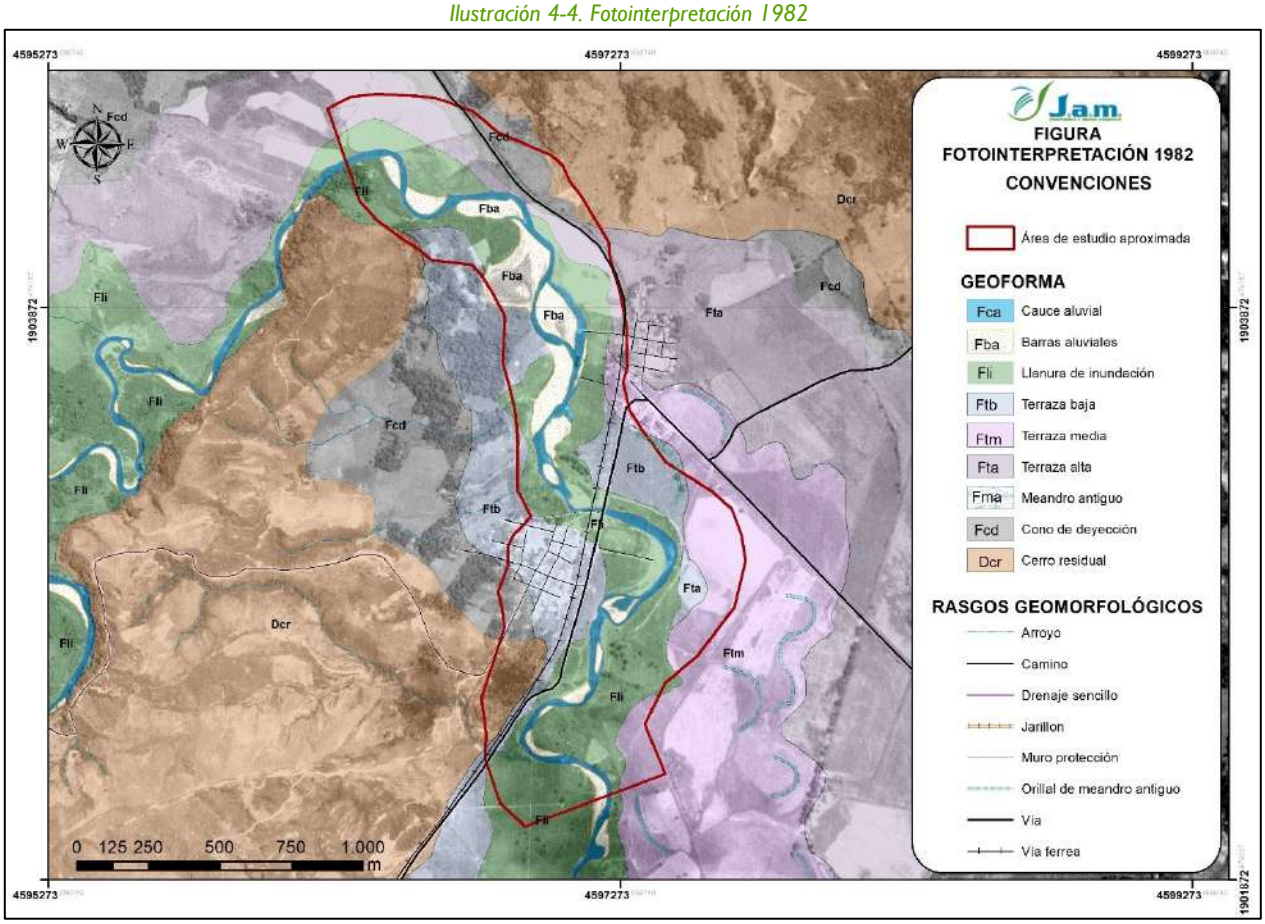
Ilustración 4-3. Fotointerpretación 1970



4.2.3 1982 a 1991

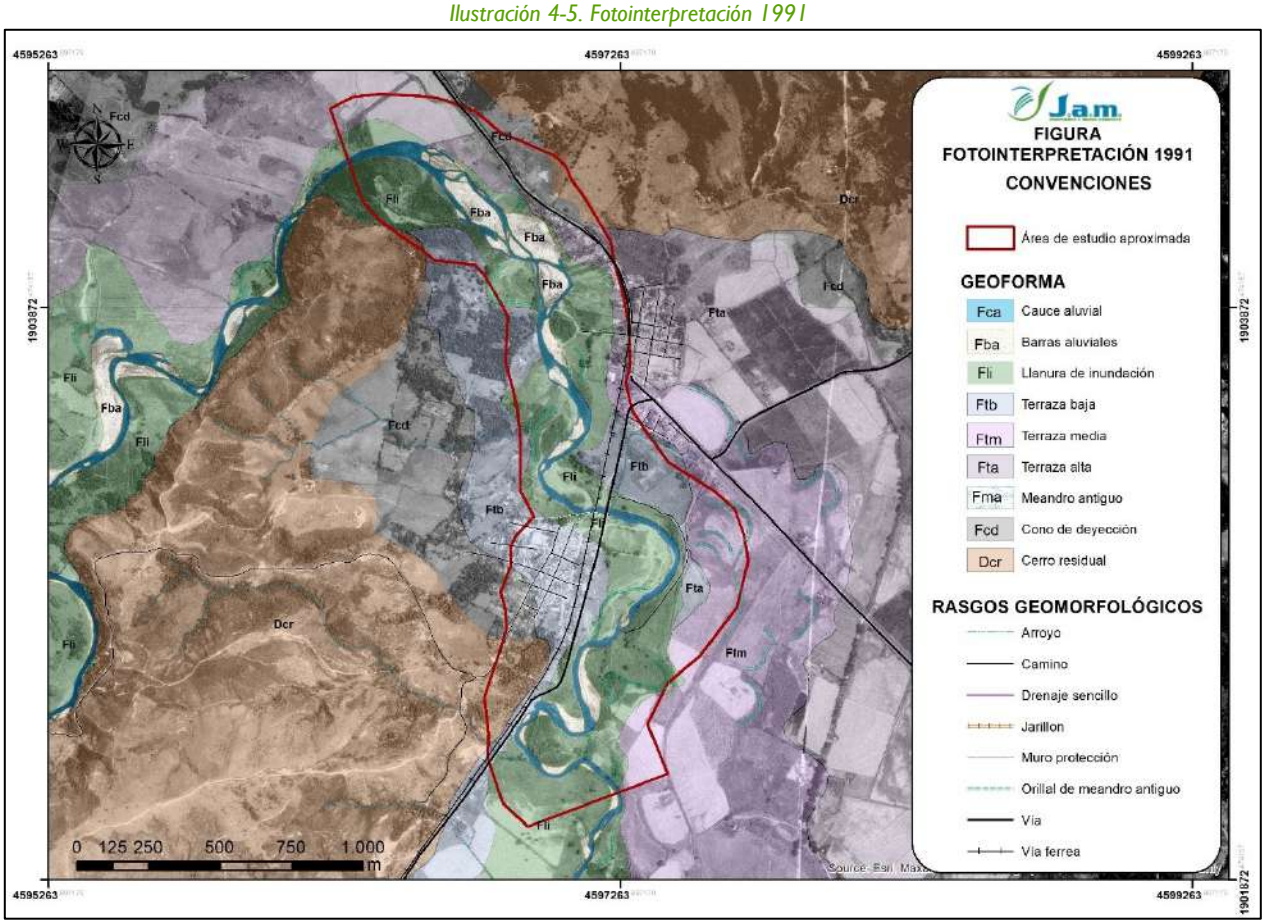
Para el año 1982 fue fotointerpretado el vuelo C-2062, con fecha de toma el día 12 del mes de agosto, se puede observar presencia de abundantes barras aluviales (playones, barras centrales, barras laterales), debido a que corresponde probablemente a una época de bajo caudal del río Timba. Se aprecia una divagación del río hacia el suroccidente en la zona que impacta sobre el muro de protección y estribos de puentes, y ausencia en otros puntos del río de estructuras de protección de orilla como jarillones o espolones.

Ilustración 4-4. Fotointerpretación 1982



Para el año 1991, se cuenta con el vuelo C-2459, en el cual se puede apreciar que continua la divagación del río hacia el suroccidente en el punto de contacto con el muro de protección en ciclópeo. Hacia el sur del corregimiento de Timba Cauca, el meandro cercano a la vía vehicular (extremo sur del área de estudio) muestra rasgos de probable estrangulamiento futuro, ya que su sinuosidad en este tramo ha aumentado considerablemente, generando un meandro con morfología de circunferencia casi completa (ver Ilustración 4-5).

Ilustración 4-5. Fotointerpretación 1991

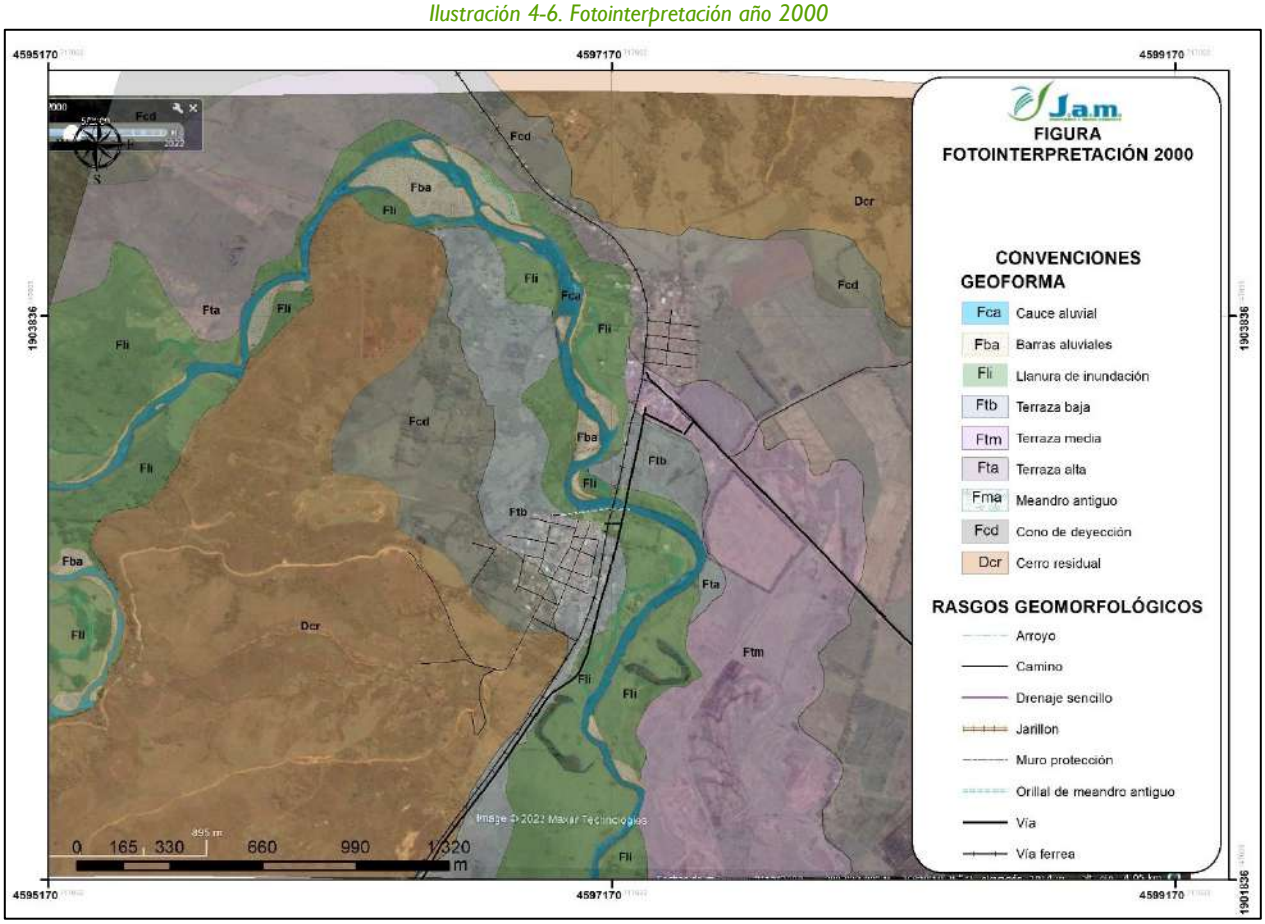


4.2.4 2000 a 2018

Como fue expuesto en el periodo anterior (1991) era probable el estrangulamiento de meandro en el sur de la zona de estudio, cercano a la vía hacia el municipio de Suarez, situación que ocurrió en el lapso de 1991 al año 2000, pues sobre la imagen satelital de Google Earth de mayor del año 2000 se tiene un trazo del cauce del río Timba mucho más recto, y la presencia de dos meandros abandonados en el sector (ver Ilustración 4-6).

Es relevante también notar que continua la divagación al suroccidente del meandro del río Timba que incide sobre el muro de protección, estructura que continua sin cambios en su geometría o posición, dando cuenta que ha resistido con los años.

Ilustración 4-6. Fotointerpretación año 2000



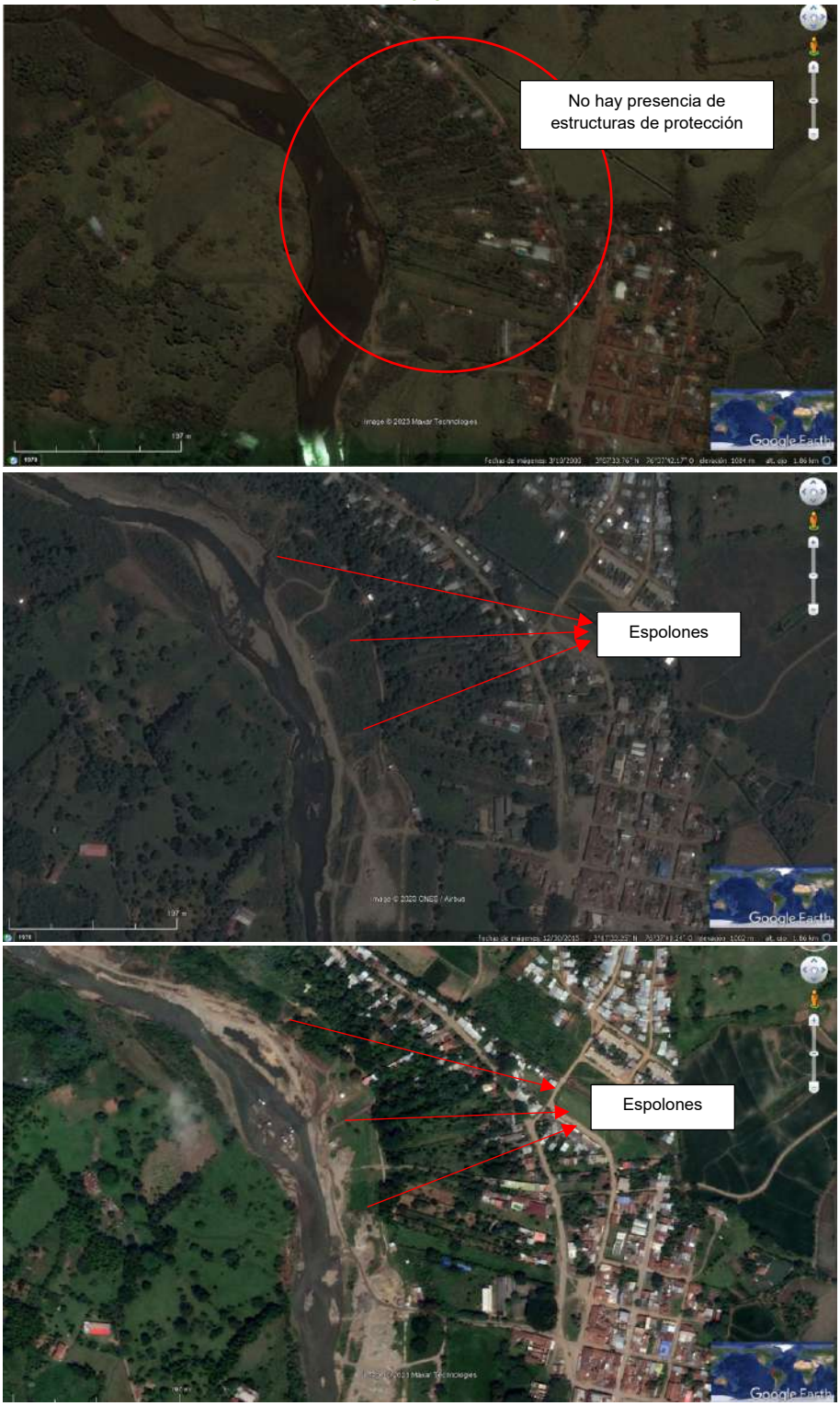
Para el año 2018 se resalta que el trazo del río Timba en la zona del muro en ciclópeo presenta una morfología mucho más recta, incidiendo contra el muro y generando un ángulo recto de prácticamente 90°, conservándose un pequeño drenaje auxiliar al occidente que concuerda con el trazo del cauce para los años 1991 a 2000. Igualmente, en esta imagen satelital se aprecia con claridad la presencia de un pequeño arroyo que descarga en la margen izquierda del río al oriente del estribo del puente vehicular.

Ilustración 4-7. Rasgos importantes para el año 2018



Al revisar con detalle la evolución morfológica del río Timba a la alutra de Timba Valle del Cauca (ver Ilustración 4-8), se puede apreciar un crecimiento poblacional sobre la llanura de inundación del río (margen izquierda aguas abajo) hasta el año 2000, que fue detenida por la socavación lateral del río. Para el año 2015 se observa la presencia de estructuras de protección de orilla como espolones perpendiculares al cauce, construidos con el fin de mitigar la socavación lateral en este punto. Dichas estructuras para el año 2018 habían sido parcialmente destruidas, ya que su longitud es menor que la inicial. Como fue descrito en el apartado 2.3 Visita de reconocimiento inicial, estos espolones fueron afectadas por socavación lateral y es probable que continue la tendencia del río de erosión intensa en este sector.

Ilustración 4-8. Detalle de espolones construidos en margen izquierda del río, Timba Valle del Cauca. A) año 2000. B) año 2015. C) año 2018

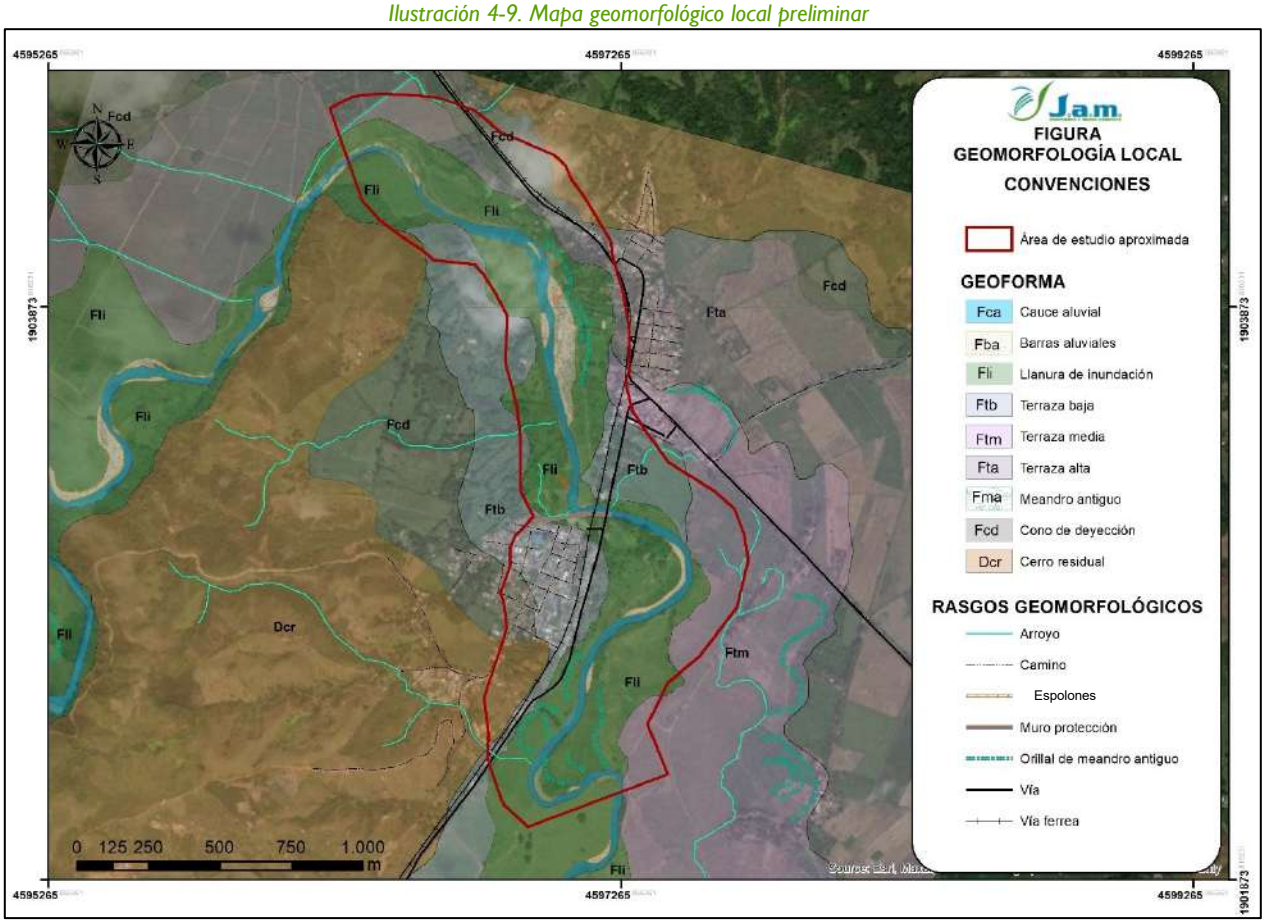


4.2.5 Situación actual

Con imágenes satelitales actuales (finales del año 2022), así como la reconstrucción e interpretación histórica realizada, fue generado el mapa geomorfológico local (ver Ilustración 4-9), en el que se definen y delimitan las geoformas presentes en el área de estudio, y rasgos geomorfológicos característicos que dan cuenta de la geodinámica de la zona. Es importante resalta que la geoforma "Llanura de inundación" además de la interpretación morfológica y morfométrica, tiene en cuenta el trazo del río Timba desde el año 1957, correspondiendo entonces a una superficie del terreno donde históricamente ha divagado el río y presenta la mayor susceptibilidad a procesos de erosión como socavación lateral, así como a inundación por desbordamientos del río en épocas de lluvias intensas.

En la actualidad se presenta una incidencia del río Timba de forma recta o directa sobre la estructura de protección (muro en ciclópeo). Se presentan estructuras de protección de orilla a lo largo del río, teniéndose al menos tres espolones en la margen izquierda del río a la altura de la cabecera de Timba Valle del Cauca.

Ilustración 4-9. Mapa geomorfológico local preliminar



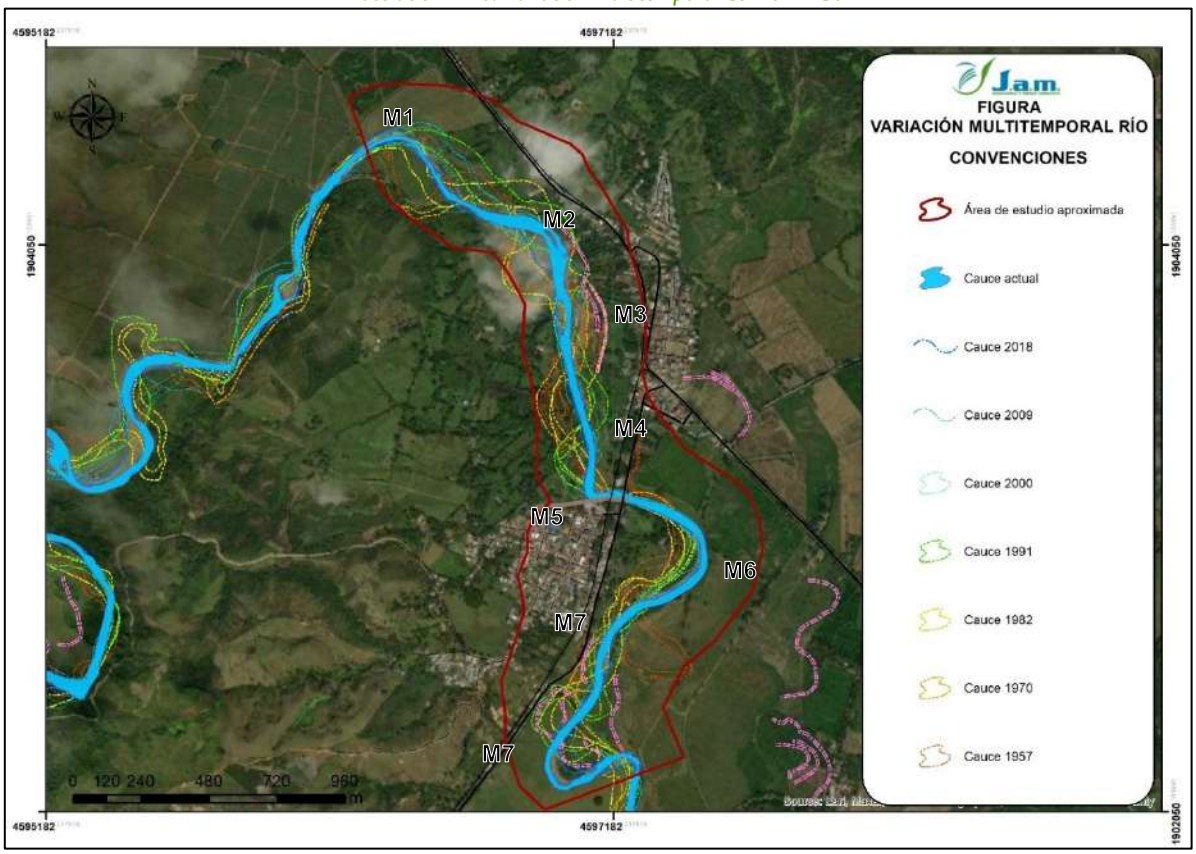
4.2.6 Variación morfológica multitemporal del río Timba

Con el fin de observar con mayor claridad las variación morfológicas del río Timba, dadas por la divagación histórica del cauce, fueron superpuestos los trazos del cauce de imágenes de sensores remotos interpretadas (ver Ilustración 4-10). Fueron nombrados los meandros principales del cauce a lo largo del área de estudio como M1 al M7.

El meandro 1 (M1) para los años 1957 y 1970 se encontraba recostado hacia el sur, y fue progresivamente desplazándose hacia el norte cambia incluso su orientación, alcanzando su posición más norte para el periodo 2000 a 2009, y posteriormente moviéndose nuevamente un poco hacia el suroccidente hacia su posición actual.

El meandro 2 (M2) corresponde a un tramo del río con una divagación muy fuerte y rápida, estando recostado en el año 1957 hacia el occidente, y actualmente hacia el oriente. En esta zona son predominantes grandes barras aluviales y los cambios morfológicos son dados entre épocas de alto y bajo caudal, ya que cuando el río no tiene suficiente energía para transportar los sedimentos da lugar a depósitación a sedimentos granulares gruesos en las barras aluviales, y en épocas de alta energía son erosionados dichos depósitos.

Ilustración 4-10. Variación multitemporal del río Timba



Los meandros 3 y 4 (M3 y M4) a pesar de actualmente corresponden a un tramo relativamente recto del río (baja sinuosidad), se puede apreciar que han divagado fuertemente al igual que el meandro 2, recostándose en épocas hacia el oriente y generando socavación lateral fuerte de esa zona (margen izquierda del río a la altura de la timba Valle del Cauca), donde como fue expuesto se han construido múltiples estructuras de protección de orilla, que a lo largo de la historia han sido erosionadas y remplazadas.

El meandro 5 (M5) como ya fue mencionado inicialmente, año 1957, incidía de forma diagonal a contra la estructura, muro en ciclópeo de este sector. Luego fue migrando hacia el sur occidente hasta que aproximadamente para el año 2018 tomo una morfología mucho más recta, incidiendo casi a 90° contra la estructura de protección.

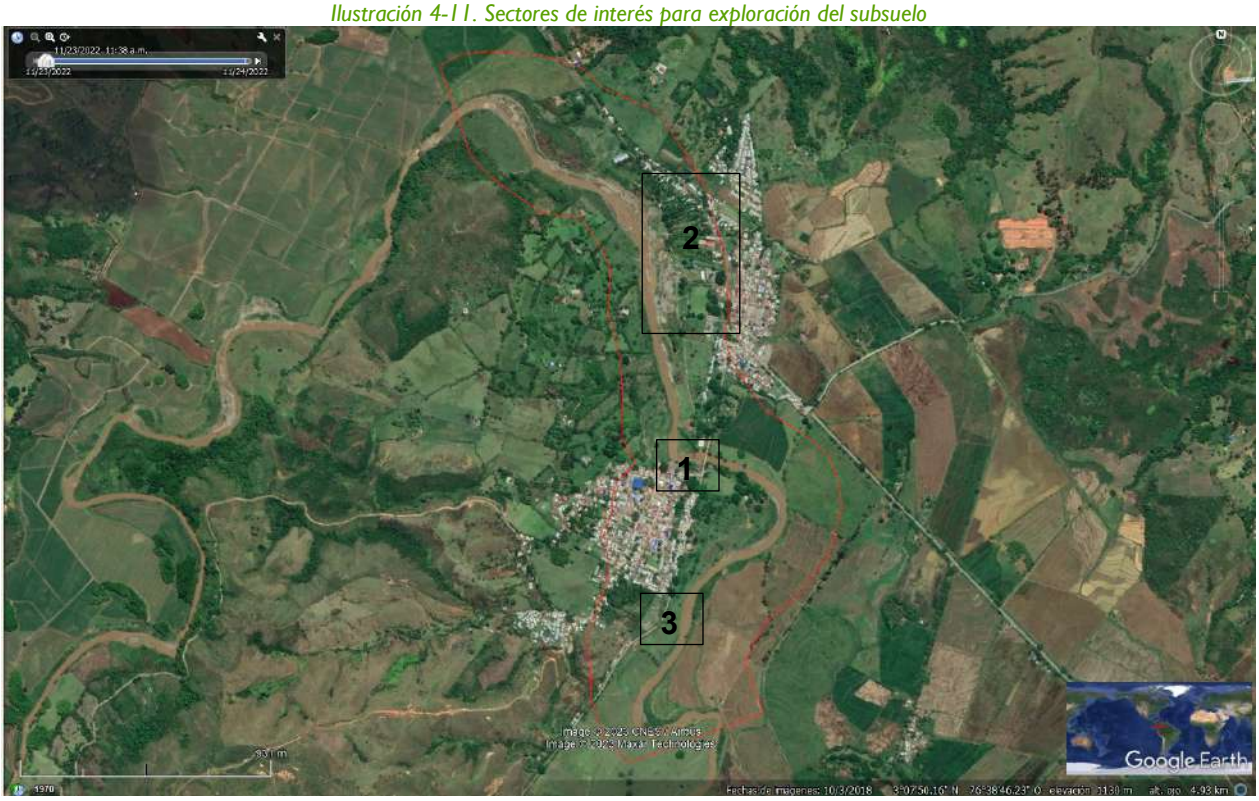
El meandro 6 (M6) muestra un desplazamiento histórico hacia el suroriente, ampliando su radio progresivamente, controlado en parte por la trayectoria del agua posterior a su incidencia sobre el muro de protección y estribos de los puentes.

4.3 Puntos críticos o de mayor interés desde el punto de vista geomorfológico

Para la definición de puntos de mayor interés para la exploración del subsuelo, se tienen en cuenta los condicionantes geomorfológicos, así como la presencia de infraestructura a conservar. De manera general desde el componente geológico-geomorfológico se reconocieron tres zonas donde se hace necesario adelantar trabajos de exploración, pues es probable que se requieran diseñar obras de control de desbordamiento y socavación del río.

En la siguiente ilustración se muestran los tres puntos o zonas claves donde se requiere exploración, y más adelante será sustentada cada uno de ellos.

Ilustración 4-11. Sectores de interés para exploración del subsuelo



El sector 1 corresponde a la zona donde se encuentran implantados los puentes (férreo y vehicular), así como el muro en ciclópeo de protección ante la socavación del río. En esta zona como se indicó anteriormente se observan rasgos que indican el desbordamiento del río, así como procesos de socavación lateral en los estribos del puente. Geomorfológicamente esta zona corresponde a la llanura de inundación del río, en la que se tiene fuerte divagación lateral de este.

El sector 2 como se expuso en las Fotografía 2-3 y Fotografía 2-4, corresponde a una zona de llanura de inundación con evidencias de fuerte socavación lateral y desbordamientos, donde históricamente se tienen espigones que buscaban mitigar los problemas, y donde existen edificaciones que se ven afectadas en las crecientes del río Timba.

Por su parte el sector 3 se trata de una zona donde la vía principal de comunicación hacia el municipio de Suarez Cauca se ve amenazada ante socavación lateral y desbordamientos del río, y donde en los años 1957, antes de la construcción de la vía, se encontraba un meandro activo del río Timba.

5 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Fue definido el contexto geológico general del área de estudio, en el cual se puede apreciar que la zona se encuentra sobre depósitos de origen aluvial reciente, teniendo prominencias topográficas que en marcan los limites del valle del río Timba, constituidos por rocas del Grupo Cauca principalmente Formación Chimborazo.

Fue desarrollado un estudio geomorfológico detallado, utilizando la fotointerpretación de imágenes de sensores remotos de diferentes años, con un cubrimiento total de 65 años (1957 a 2022). Sobre estas fueron identificadas las geoformas locales, y fue desarrollado un análisis de los cambios morfológicos del río Timba en el tiempo.

Se determinaron las zonas con mayor susceptibilidad a presentar fenómenos de inundación (llanura de inundación) por así como expuestos a procesos de erosión como socavación lateral, de acuerdo con la evolución y cambios históricos en el cauce del río Timba. Fueron entonces reconocidas las zonas de mayor interés para la implantación de obras de protección de orilla y control de desbordamiento, apoyando la propuesta de exploración del subsuelo para el desarrollo del proyecto.

GEOFISICA SAS.
Calidad que Expresa Confianza
Laboratorio de Suelos, Materiales, Concretos y Pavimentos
Nit. 900.224.884-0

REGISTRO FOTOGRÁFICO	FGLR-17 Versión 02

CLIENTE: JAM INGENIERÍA Y MEDIO AMBIENTE SAS — **ORDEN SERVICIO No.:** 474
OBRA: Exploración Geotécnica - Municipio de Timba, Cauca
LOCALIZACIÓN OBRA: Municipio de Timba, Departamentos del Cauca y Valle del Cauca
CONTRATISTA: N.A
INTERVENTORÍA: N.A
FECHA: 4-abr.-2023
DESCRIPCIÓN: Estado actual del terreno, proceso de sondeo y toma de muestras

SONDEO No. 1









REVISÓ	APROBÓ
KAREN SOFIA MOSQUERA GOMEZ GEOTECNOLOGO M.P. # 19516030791 CAU	FERNANDO MUÑOZ FUENTES SUBGERENTE TÉCNICO M.P. # 19516001294 CAU

LOS RESULTADOS PRESENTADOS CORRESPONDEN ÚNICAMENTE A LOS MATERIALES ENCONTRADOS Y SOMETIDOS A ENSAYO
ESTA PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN PARCIAL O TOTAL SIN LA AUTORIZACIÓN ESCRITA DEL LABORATORIO

www.geofisica.com.co
e-mail:info@geofisica.com.co

GEOFISICA SAS
Calidad que Expresa Confianza
Laboratorio de Suelos, Materiales, Concretos y Pavimentos
Nit. 900.224.884-0

REGISTRO DE PERFORACIÓN EN CAMPO / TOMA DE DATOS

FGSAD-03
Versión 04

FECHA INICIAL: 3/04/23 FECHA FINAL:04-04-2023 ESTADO DEL TIEMPO Soleado ORDEN SERVICIO No.: 474

CLIENTE: JAM INGENIERIA Y MEDIO AMBIENTE SAS

OBRA: Exploración Geotécnica

LOCALIZACIÓN OBRA: Municipio de Timba, Departamento del Cauca y Valle del Cauca

PERFORACIÓN No.: 1 COORDENADAS Y/O ABSCISAS: puntos indicados por el cliente en archivo KMZ

NIVEL DE AGUA FREATICA
PROF. INICIAL: 1,60 FECHA: 03-04-2023

EQUIPO: **Manual**

APIQUE ____ PERF. MANUAL ___X___ PERF. MECANICA ____ PERF. ROTOPERCUSIÓN ____ PERF. ROTACIÓN ____

MUESTRA					GOLPES POR CADA 6 PULGADAS						AGUA		DESCRIPCIÓN
PROFUNDIDAD (m)		No.	CAJA No.	TUBO TIPO: (APIQUE, SHELBY, CUCHARA, NQ)				PENETRO METRO	RECOBRO (cm)	RQD (cm)	COLOR	% PÉRDIDA	
DE	HASTA				N1	N2	N3	(Kg/cm2)					
0,00	1,30	1		APIQUE									GRAVAS Y GUIJARROS DE MATRIZ FINA, COLOR CAFÉ MUY OSCURO, CEMENTACIÓN MODERADA, ESTADO HÚMEDO. LOS CLASTOS VAN DE SUB ANGULARES A REDONDEADOS DE ALTA DUREZA CON TAMAÑO 4" (DESCRIPCIÓN VISUAL DETALLADA EN LABORATORIO).
1,30	1,80	2		SH									GRAVA DE MATRIZ FINA, COLOR CAFÉ, CEMENTACIÓN MODERADA, ESTADO HÚMEDO. LAS GRAVAS VAN DE SUB ANGULARES A SUB REDONDEADAS DE ALTA DUREZA (DESCRIPCIÓN VISUAL DETALLADA EN LABORATORIO).
1,80	2,30	3		SPT	15	17	14						GRAVA DE MATRIZ FINA, COLOR GRIS CAFESOSO, CEMENTACIÓN MODERADA, ESTADO SATURADO. PRESENTAN FRAGMENTOS DE ROCA SUB ANGULARES A SUB REDONDEADAS DE ALTA DUREZA (DESCRIPCIÓN VISUAL DETALLADA EN LABORATORIO).
2,30	2,80				8	11	11						
2,80	3,30	4		SPT	11	14	16						GRAVA DE MATRIZ ARENOSA, COLOR GRIS VERDOSO DE CEMENTACIÓN MODERADA A FUERTE EN ESTADO SATURADO. LAS GRAVAS VAN DE ANGULARES A SUBANGULARES Y PRESENTAN UNA ALTA DUREZA (DESCRIPCIÓN VISUAL DETALLADA EN LABORATORIO). NOTA: CON LOS ÚLTIMOS 30 GOLPES SOLO AVANZA 8 CM DEL ÚLTIMO INCREMENTO DEL SPT, PRESENTANDO RECHAZO
3,30	3,80				4	2	30						

OBSERVACIONES:

FIN DEL SONDEO
SI: _____ NO: ___X____
CAUSA: _____RECHAZO____X____

REALIZO	COORD. LABORATORIO	DIGITO
Roselbert Imbachi	P// Karen Mosquera	Facnory Cabrera

www.geofisica.com.co
e-mail: info@geofisica.com.co

GEOFISICA SAS.
Calidad que Expresa Confianza
Laboratorio de Suelos, Materiales, Concretos y Pavimentos
Nit. 900.224.884-0

REGISTRO FOTOGRÁFICO	FGLR-17 Versión 02

CLIENTE: JAM INGENIERÍA Y MEDIO AMBIENTE SAS **ORDEN SERVICIO No.:** 474
OBRA: Exploración Geotécnica - Municipio de Timba, Cauca
LOCALIZACIÓN OBRA: Municipio de Timba, Departamentos del Cauca y Valle del Cauca
CONTRATISTA: N.A
INTERVENTORÍA: N.A
FECHA: 4-abr.-2023
DESCRIPCIÓN: Estado actual del terreno, proceso de sondeo y toma de muestras

SONDEO No. 2









REVISÓ
KAREN SOFIA MOSQUERA GOMEZ
GEOTECNOLOGO
M.P. # 19516030791 CAU

APROBÓ
FERNANDO MUÑOZ FUENTES
SUBGERENTE TÉCNICO
M.P. # 19516001294 CAU

LOS RESULTADOS PRESENTADOS CORRESPONDEN ÚNICAMENTE A LOS MATERIALES ENCONTRADOS Y SOMETIDOS A ENSAYO
ESTA PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN PARCIAL O TOTAL SIN LA AUTORIZACIÓN ESCRITA DEL LABORATORIO

www.geofisica.com.co
e-mail:info@geofisica.com.co

GEOFISICA SAS
Calidad que Expresa Confianza
Laboratorio de Suelos, Materiales, Concretos y Pavimentos
Nit. 900.224.884-0

REGISTRO DE PERFORACIÓN EN CAMPO / TOMA DE DATOS

FGSAD-03
Versión 04

FECHA INICIAL: 3/04/23 FECHA FINAL:04-04-2023 ESTADO DEL TIEMPO Soleado ORDEN SERVICIO No.: 474

CLIENTE: JAM INGENIERIA Y MEDIO AMBIENTE SAS

OBRA: Exploración Geotécnica

LOCALIZACIÓN OBRA: Municipio de Timba, Departamento del Cauca y Valle del Cauca

PERFORACIÓN No.:2 COORDENADAS Y/O ABSCISAS: puntos indicados por el cliente en archivo KMZ

NIVEL DE AGUA FREATICA
PROF. INICIAL: 1,70 FECHA: 30-04-2023

EQUIPO: **Manual**

APIQUE ____ PERF. MANUAL ____X____ PERF. MECANICA ____ PERF. ROTOPERCUSIÓN ____ PERF. ROTACIÓN ____

MUESTRA					GOLPES POR CADA 6 PULGADAS						AGUA		DESCRIPCIÓN
PROFUNDIDAD (m)		No.	CAJA No.	TUBO TIPO: (APIQUE, SHELBY, CUCHARA, NQ)				PENETRO METRO	RECOBRO (cm)	RQD (cm)	COLOR	% PÉRDIDA	
DE	HASTA				N1	N2	N3	(Kg/cm2)					
0,00	0,40	1		APIQUE									SUELO FINO, COLOR GRIS CAFESOSO, CONSISTENCIA BLANDA, ESTADO HÚMEDO CON COBERTURA VEGETAL (DESCRIPCIÓN VISUAL DETALLADA EN LABORATORIO).
0,40	1,70	2		APIQUE									GRAVAS Y GUIJARROS DE ORIGEN ALUVIAL CON MATRIZ ARENOSA, COLOR CAFÉ, CEMENTACIÓN MODERADA, ESTADO HÚMEDO. TODOS LOS CLASTOS VAN DE SUBANGULARES A SUBREDONDEADOS Y PRESENTAN UNA ALTA DUREZA (DESCRIPCIÓN VISUAL DETALLADA EN LABORATORIO).
1,70	2,50	3		SPT	14	16	16						GRAVAS DE ORIGEN ALUVIAL CON MATRIZ ARENOSA, COLOR CAFÉ, CEMENTACIÓN MODERADA, ESTADO SATURADO. TODOS LOS CLASTOS VAN DE SUBANGULARES A SUBREDONDEADOS Y PRESENTAN UNA ALTA DUREZA (DESCRIPCIÓN VISUAL DETALLADA EN LABORATORIO).
2,50	3,00	4		SPT	14	9	7						ARENA GRUESA DE ORIGEN ALUVIAL, COLOR GRIS, COMPACIDAD MEDIA A FIRME, ESTADO SATURADO. LOS CLASTOS VAN DE SUBANGULARES A REDONDEADOS Y PRESENTAN UNA ALTA DUREZA (DESCRIPCIÓN VISUAL DETALLADA EN LABORATORIO). NOTA: CON LOS ÚLTIMOS 45 GOLPES LA CUCHARA SOLO AVANZA 10 CM DEL ÚLTIMO INCREMENTO DEL SPT PRESENTADO RECHAZO
3,00	3,50				8	14	45						

OBSERVACIONES:

FIN DEL SONDEO
SI: _____ NO: ___X___
CAUSA: ___RECHAZO_____X_____

REALIZO	COORD. LABORATORIO	DIGITO
Roselbert Imbachi	P// Karen Mosquera	Facnory Cabrera

www.geofisica.com.co
e-mail: info@geofisica.com.co

REGISTRO FOTOGRÁFICO	FGLR-17 Versión 02

CLIENTE: JAM INGENIERÍA Y MEDIO AMBIENTE SAS **ORDEN SERVICIO No.:** 474
OBRA: Exploración Geotécnica - Municipio de Timba, Cauca
LOCALIZACIÓN OBRA: Municipio de Timba, Departamentos del Cauca y Valle del Cauca
CONTRATISTA: N.A
INTERVENTORÍA: N.A
FECHA: 4-abr.-2023
DESCRIPCIÓN: Estado actual del terreno, proceso de sondeo y toma de muestras

SONDEO No. 3







REVISÓ
KAREN SOFIA MOSQUERA GOMEZ
GEOTECNOLOGO
M.P. # 19516030791 CAU

APROBÓ
FERNANDO MUÑOZ FUENTES
SUBGERENTE TÉCNICO
M.P. # 19516001294 CAU

LOS RESULTADOS PRESENTADOS CORRESPONDEN ÚNICAMENTE A LOS MATERIALES ENCONTRADOS Y SOMETIDOS A ENSAYO
ESTA PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN PARCIAL O TOTAL SIN LA AUTORIZACIÓN ESCRITA DEL LABORATORIO

www.geofisica.com.co
e-mail:info@geofisica.com.co

GEOFISICA SAS
Calidad que Expresa Confianza
Laboratorio de Suelos, Materiales, Concretos y Pavimentos
Nit. 900.224.884-0

REGISTRO DE PERFORACIÓN EN CAMPO / TOMA DE DATOS

FGSAD-03
Versión 04

FECHA INICIAL: 3/04/23 FECHA FINAL:04-04-203 ESTADO DEL TIEMPC Soleado ORDEN SERVICIO No.: 474

CLIENTE: JAM INGENIERIA Y MEDIO AMBIENTE SAS

OBRA: Exploración Geotécnica

LOCALIZACIÓN OBRA: Municipio de Timba, Departamento del Cauca y Valle del Cauca

PERFORACIÓN No.: 3 COORDENADAS Y/O ABSCISAS: puntos indicados por el cliente en archivo KMZ

NIVEL DE AGUA FREATICA
PROF. INICIAL: 2,00 FECHA: 03-04-2023

EQUIPO: **Manual**

APIQUE ____ PERF. MANUAL X PERF. MECANICA ____ PERF. ROTOPERCUSIÓN ____ PERF. ROTACIÓN ____

MUESTRA					GOLPES POR CADA 6 PULGADAS			PENETRO METRO	RECOBRO (cm)	RQD (cm)	AGUA		DESCRIPCIÓN
PROFUNDIDAD (m)		No.	CAJA No.	TUBO TIPO: (APIQUE, SHELBY, CUCHARA, NQ)									
DE	HASTA				N1	N2	N3	(Kg/cm2)			COLOR	% PÉRDIDA	
0,00	0,40	1		APIQUE									SUELO FINO DE COLOR CAFÉ, CONSISTENCIA FIRME, ESTADO HÚMEDO. PRESENTA UNA COBERTURA VEGETAL Y FRAGMENTOS DE ROCA TAMAÑO GRAVA, VAN DE SUBANGULARES A SUBREDONDEADOS DE ALTA DUREZA (DESCRIPCIÓN VISUAL DETALLADA EN LABORATORIO).
0,40	1,50	2		APIQUE									GRAVA DE MATRIZ FINA, COLOR CAFÉ, CEMENTACIÓN MODERADA, ESTADO HÚMEDO. LOS CLASTOS VAN DE SUBANGULARES A SUBREDONDEADOS Y PRESENTAN UNA ALTA DUREZA (DESCRIPCIÓN VISUAL DETALLADA EN LABORATORIO).
1,50	2,00	3		SPT	6	9	9						GRAVA DE MATRIZ ARENOSA COLOR CAFÉ, CEMENTACIÓN MODERADA A FUERTE, ESTADO HÚMEDO. LOS CLASTOS VAN DE SUBANGULARES A SUBREDONDEADOS Y PRESENTAN UNA ALTA DUREZA (DESCRIPCIÓN VISUAL DETALLADA EN LABORATORIO). NOTA: CON LOS ÚLTIMOS 31 GOLPES SOLO AVANZA 5 CM DEL ÚLTIMO INCREMENTO DEL SPT PRESENTADO RECHAZO
2,00	2,50				8	17	31						

OBSERVACIONES:

FIN DEL SONDEO
SI: _____ NO: ___X___
CAUSA: ____RECHAZO_____X_____

REALIZÓ	COORD. LABORATORIO	DIGITÓ
Roselbert Imbachi	P// Karen Mosquera	Facnory Cabrera

www.geofisica.com.co
e-mail: info@geofisica.com.co

GEOFISICA SAS.
Calidad que Expresa Confianza
Laboratorio de Suelos, Materiales, Concretos y Pavimentos
Nit. 900.224.884-0

REGISTRO FOTOGRÁFICO	FGLR-17 Versión 02

CLIENTE: JAM INGENIERÍA Y MEDIO AMBIENTE SAS **ORDEN SERVICIO No.:** 474
OBRA: Exploración Geotécnica - Municipio de Timba, Cauca
LOCALIZACIÓN OBRA: Municipio de Timba, Departamentos del Cauca y Valle del Cauca
CONTRATISTA: N.A
INTERVENTORÍA: N.A
FECHA: 4-abr.-2023
DESCRIPCIÓN: Estado actual del terreno, proceso de sondeo y toma de muestras

SONDEO No. 4







REVISÓ
KAREN SOFIA MOSQUERA GOMEZ
GEOTECNOLOGO
M.P. # 19516030791 CAU

APROBÓ
FERNANDO MUÑOZ FUENTES
SUBGERENTE TÉCNICO
M.P. # 19516001294 CAU

LOS RESULTADOS PRESENTADOS CORRESPONDEN ÚNICAMENTE A LOS MATERIALES ENCONTRADOS Y SOMETIDOS A ENSAYO
ESTA PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN PARCIAL O TOTAL SIN LA AUTORIZACIÓN ESCRITA DEL LABORATORIO

www.geofisica.com.co
e-mail:info@geofisica.com.co

GEOFISICA SAS
Calidad que Expresa Confianza
Laboratorio de Suelos, Materiales, Concretos y Pavimentos
Nit. 900.224.884-0

REGISTRO DE PERFORACIÓN EN CAMPO / TOMA DE DATOS

FGSAD-03
Versión 04

FECHA INICIAL: 3/04/23 FECHA FINAL:04-04-2023 ESTADO DEL TIEMPO Soleado ORDEN SERVICIO No.: 474

CLIENTE: JAM INGENIERIA Y MEDIO AMBIENTE SAS

OBRA: Exploración Geotécnica

LOCALIZACIÓN OBRA: Municipio de Timba, Departamento del Cauca y Valle del Cauca

PERFORACIÓN No.: 4 COORDENADAS Y/O ABSCISAS: puntos indicados por el cliente en archivo KMZ

NIVEL DE AGUA FREATICA
PROF. INICIAL:1,80 FECHA: 03-04-2023

EQUIPO: **Manual**

APIQUE ____ PERF. MANUAL ____X____ PERF. MECANICA ____ PERF. ROTOPERCUSIÓN ____ PERF. ROTACIÓN ____

MUESTRA					GOLPES POR CADA 6 PULGADAS			PENETRO METRO	RECOBRO (cm)	RQD (cm)	AGUA		DESCRIPCIÓN
PROFUNDIDAD (m)		No.	CAJA No.	TUBO TIPO: (APIQUE, SHELBY, CUCHARA, NQ)									
DE	HASTA				N1	N2	N3	(Kg/cm2)			COLOR	% PÉRDIDA	
0,00	1,30	1		APIQUE									GRAVA DE ORIGEN ALUVIAL CON MATRIZ FINA, COLOR GRIS CAFESOSO, CEMENTACIÓN MODERADA, ESTADO HÚMEDO. PRESENTA CLASTOS TAMAÑO GUIJARRO, QUE VAN DE SUB ANGULARES A SUB REDONDEADOS DE ALTA DUREZA CON TAMAÑO 5". (DESCRIPCIÓN VISUAL DETALLADA EN LABORATORIO).
1,30	1,80	2		CORTE DIRECTO Y CONSOLIDACIÓN									GRAVA DE ORIGEN ALUVIAL CON MATRIZ FINA, COLOR GRIS CAFESOSO, CEMENTACIÓN MODERADA, ESTADO HÚMEDO. LOS CLASTOS VAN DE SUB ANGULAR A SUB REDONDEADO Y PRESENTAN UNA ALTA DUREZA. (DESCRIPCIÓN VISUAL DETALLADA EN LABORATORIO).
1,80	2,00			AVANCE									
2,00	2,50	3		SPT	10	9	4						GRAVA DE ORIGEN ALUVIAL CON MATRIZ ARENOSA, COLOR GRIS VERDOSO, CEMENTACIÓN MODERADA A FUERTE, ESTADO SATURADO. LOS CLASTOS VAN DE SUB ANGULARES A SUB REDONDEADOS Y PRESENTAN UNA ALTA DUREZA. (DESCRIPCIÓN VISUAL DETALLADA EN LABORATORIO).
2,50	3,00				4	7	10						
3,00	3,50			SPT	9	12	40						GRAVA DE ORIGEN ALUVIAL CON MATRIZ ARENOSA, COLOR GRIS VERDOSO, CEMENTACIÓN MODERADA A FUERTE, ESTADO SATURADO. LOS CLASTOS VAN DE SUB ANGULARES A SUB REDONDEADOS Y PRESENTAN UNA ALTA DUREZA. (DESCRIPCIÓN VISUAL DETALLADA EN LABORATORIO). NOTA: CON LOS ÚLTIMOS 40 GOLPES SOLO AVANZA 10 CM DEL ÚLTIMO INCREMENTO DEL SPT PRESENTANDO RECHAZO

OBSERVACIONES:

FIN DEL SONDEO
SI: _____ NO: ____X___
CAUSA: ____RECHAZO_____X_____

REALIZÓ	COORD. LABORATORIO	DIGITÓ
Roselbert Imbachi	P// Karen Mosquera	Facnory Cabrera

www.geofisica.com.co
e-mail: info@geofisica.com.co

GEOFISICA SAS.
Calidad que Expresa Confianza
Laboratorio de Suelos, Materiales, Concretos y Pavimentos
Nit. 900.224.884-0

REGISTRO FOTOGRÁFICO	FGLR-17 Versión 02

CLIENTE: JAM INGENIERÍA Y MEDIO AMBIENTE SAS — **ORDEN SERVICIO No.:** 474
OBRA: Exploración Geotécnica - Municipio de Timba, Cauca
LOCALIZACIÓN OBRA: Municipio de Timba, Departamentos del Cauca y Valle del Cauca
CONTRATISTA: N.A
INTERVENTORÍA: N.A
FECHA: 4-abr.-2023
DESCRIPCIÓN: Estado actual del terreno, proceso de sondeo y toma de muestras

SONDEO No. 5



Nota: la matriz del material es suelo color gris, se evidencia café debido a la presencia de capa vegetal











REVISÓ	APROBÓ
KAREN SOFIA MOSQUERA GOMEZ GEOTECNOLOGO M.P. # 19516030791 CAU	FERNANDO MUÑOZ FUENTES SUBGERENTE TÉCNICO M.P. # 19516001294 CAU

LOS RESULTADOS PRESENTADOS CORRESPONDEN ÚNICAMENTE A LOS MATERIALES ENCONTRADOS Y SOMETIDOS A ENSAYO
ESTA PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN PARCIAL O TOTAL SIN LA AUTORIZACIÓN ESCRITA DEL LABORATORIO

www.geofisica.com.co
e-mail:info@geofisica.com.co

GEOFISICA SAS
Calidad que Expresa Confianza
Laboratorio de Suelos, Materiales, Concretos y Pavimentos
Nit. 900.224.884-0

REGISTRO DE PERFORACIÓN EN CAMPO / TOMA DE DATOS

FGSAD-03
Versión 04

FECHA INICIAL: 3/04/23 FECHA FINAL:04-04-2023 ESTADO DEL TIEMPO Soleado ORDEN SERVICIO No.: 474

CLIENTE: JAM INGENIERIA Y MEDIO AMBIENTE SAS

OBRA: Exploración Geotécnica

LOCALIZACIÓN OBRA: Municipio de Timba, Departamento del Cauca y Valle del Cauca

NIVEL DE AGUA FREATICA
PROF. INICIAL: 1,10 FECHA: 03-04-2023

PERFORACIÓN No.: 5 COORDENADAS Y/O ABSCISAS: puntos indicados por el cliente en archivo KMZ

EQUIPO: **Manual**

APIQUE _____ PERF. MANUAL X PERF. MECANICA _____ PERF. ROTOPERCUSIÓN _____ PERF. ROTACIÓN _____

MUESTRA					GOLPES POR CADA 6 PULGADAS			PENETRO METRO	RECOBRO (cm)	RQD (cm)	AGUA		DESCRIPCIÓN
PROFUNDIDAD (m)		No.	CAJA No.	TUBO TIPO: (APIQUE, SHELBY, CUCHARA, NQ)									
DE	HASTA				N1	N2	N3	(Kg/cm2)			COLOR	% PÉRDIDA	
0,00	0,15			APIQUE									CAPA VEGETAL
0,15	1,10	1		APIQUE									SUELO FINO COLOR GRIS OSCURO, CONSISTENCIA BLANDA, ESTADO HÚMEDO, PRESENTA OXIDACIONES ROJAS. (DESCRIPCIÓN VISUAL DETALLADA EN LABORATORIO).
1,50	2,00	2		SHELBY									SUELO FINO DE COLOR GRIS CLARO, CONSISTENCIA BLANDA, ESTADO HÚMEDO. (DESCRIPCIÓN VISUAL DETALLADA EN LABORATORIO).
2,00	2,50			AVANCE									
2,50	3,00	3		CORTE DIRECTO Y CONSOLIDACIÓN									SUELO FINO COLOR GRIS OSCURO, CONSISTENCIA BLANDA, ESTADO HÚMEDO. (DESCRIPCIÓN VISUAL DETALLADA EN LABORATORIO).
3,00	3,50	4		SHELBY									SUELO ARENOSO COLOR GRIS, COMPACIDAD MEDIA, ESTADO HÚMEDO. (DESCRIPCIÓN VISUAL DETALLADA EN LABORATORIO).

www.geofisica.com.co
e-mail: info@geofisica.com.co

GEOFISICA SAS
Calidad que Expresa Confianza
Laboratorio de Suelos, Materiales, Concretos y Pavimentos
Nit. 900.224.884-0

MUESTRA					GOLPES POR CADA 6 PULGADAS			PENETRO METRO	RECOBRO (cm)	RQD (cm)	AGUA		DESCRIPCIÓN
PROFUNDIDAD (m)		No.	CAJA No.	TUBO TIPO: (APIQUE, SHELBY, CUCHARA, NQ)							COLOR	% PÉRDIDA	
DE	HASTA				N1	N2	N3	(Kg/cm2)					
3,50	4,00			AVANCE									
4,00	4,50	5		SPT	2	2	4						SUELO ARENOSO COLOR GRIS, COMPACIDAD MEDIA, ESTADO HÚMEDO. PRESENTA FRAGMENTOS DE ROCA TAMAÑO GRAVA QUE VAN DE SUB ANGULARES A SUB REDONDEADOS DE ALTA DUREZA. (DESCRIPCIÓN VISUAL DETALLADA EN LABORATORIO).
4,50	5,00				4	8	8						
5,00	5,50	6		SPT	7	19	40						SUELO FINO COLOR AMARILLO, CONSISTENCIA FIRME, ESTADO HÚMEDO. PRESENTA GRAVAS QUE VAN DE SUB ANGULARES A SUB REDONDEADAS DE ALTA DUREZA. (DESCRIPCIÓN VISUAL DETALLADA EN LABORATORIO). NOTA: CON LOS ÚLTIMOS 40 GOLPES SOLO AVANZA 10 CM DEL ÚLTIMO INCREMENTO DEL SPT PRESENTANDO RECHAZO

OBSERVACIONES: _____

FIN DEL SONDEO	
SI: _____	NO: ___X____
CAUSA: ____RECHAZO_____X_____	

REALIZÓ	COORD. LABORATORIO	DIGITÓ
Roselbert Imbachi	P// Karen Mosquera	Facnory Cabrera

www.geofisica.com.co
e-mail: info@geofisica.com.co

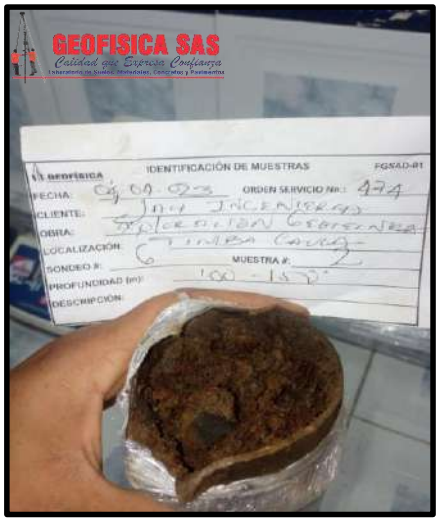
GEOFISICA SAS.
Calidad que Expresa Confianza
Laboratorio de Suelos, Materiales, Concretos y Pavimentos
Nit. 900.224.884-0

REGISTRO FOTOGRÁFICO	FGLR-17 Versión 02

CLIENTE: JAM INGENIERÍA Y MEDIO AMBIENTE SAS **ORDEN SERVICIO No.:** 474
OBRA: Exploración Geotécnica - Municipio de Timba, Cauca
LOCALIZACIÓN OBRA: Municipio de Timba, Departamentos del Cauca y Valle del Cauca
CONTRATISTA: N.A
INTERVENTORÍA: N.A
FECHA: 4-abr.-2023
DESCRIPCIÓN: Estado actual del terreno, proceso de sondeo y toma de muestras

SONDEO No. 6







REVISÓ
KAREN SOFIA MOSQUERA GOMEZ
GEOTECNOLOGO
M.P. # 19516030791 CAU

APROBÓ
FERNANDO MUÑOZ FUENTES
SUBGERENTE TÉCNICO
M.P. # 19516001294 CAU

LOS RESULTADOS PRESENTADOS CORRESPONDEN ÚNICAMENTE A LOS MATERIALES ENCONTRADOS Y SOMETIDOS A ENSAYO
ESTA PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN PARCIAL O TOTAL SIN LA AUTORIZACIÓN ESCRITA DEL LABORATORIO

www.geofisica.com.co
e-mail:info@geofisica.com.co

GEOFISICA SAS
Calidad que Expresa Confianza
Laboratorio de Suelos, Materiales, Concretos y Pavimentos
Nit. 900.224.884-0

REGISTRO DE PERFORACIÓN EN CAMPO / TOMA DE DATOS

FGSAD-03
Versión 04

FECHA INICIAL: 3/04/2023 FECHA FINAL:04-04-2023 ESTADO DEL TIEMPO Soleado ORDEN SERVICIO No.: 474

CLIENTE: JAM INGENIERIA Y MEDIO AMBIENTE SAS

OBRA: Exploración Geotécnica

LOCALIZACIÓN OBRA: Municipio de Timba, Departamento del Cauca y Valle del Cauca

PERFORACIÓN No.: 6 COORDENADAS Y/O ABSCISAS: puntos indicados por el cliente en archivo KMZ

NIVEL DE AGUA FREATICA
PROF. INICIAL: 1,00 FECHA: 04-04-2023

EQUIPO: **Manual**

APIQUE ____ PERF. MANUAL X PERF. MECANICA ____ PERF. ROTOPERCUSIÓN ____ PERF. ROTACIÓN ____

MUESTRA					GOLPES POR CADA 6 PULGADAS			PENETRO METRO	RECOBRO (cm)	RQD (cm)	AGUA		DESCRIPCIÓN
PROFUNDIDAD (m)		No.	CAJA No.	TUBO TIPO: (APIQUE, SHELBY, CUCHARA, NQ)									
DE	HASTA				N1	N2	N3	(Kg/cm2)			COLOR	% PÉRDIDA	
0,00	0,80	1		APIQUE									SUELO FINO DE COLOR CAFÉ, CONSISTENCIA MEDIA, ESTADO HÚMEDO. PRESENCIA DE CAPA VEGETAL. (DESCRIPCIÓN VISUAL DETALLADA EN LABORATORIO).
0,80	1,00			AVANCE									
1,00	1,50	2		SHELBY									GRAVA DE MATRIZ ARENOSA COLOR CAFÉ, CEMENTACIÓN FUERTE, ESTADO HÚMEDO. LOS CLASTOS VAN DE SUB ANGULARES A SUB REDONDEADOS, PRESENTAN UNA ALTA DUREZA. (DESCRIPCIÓN VISUAL DETALLADA EN LABORATORIO).
1,50	2,00			AVANCE									
2,00	2,50	3		SPT	18	20	41						GRAVA DE MATRIZ ARENOSA COLOR CAFÉ, CEMENTACIÓN MODERADA A FUERTE, ESTADO HÚMEDO. LOS CLASTOS VAN DE SUB ANGULARES A SUB REDONDEADOS Y PRESENTAN UNA ALTA DUREZA. (DESCRIPCIÓN VISUAL DETALLADA EN LABORATORIO).
													NOTA: A 2,50 METROS SE INSERTA CUCHARA CON 10 GOLPES CONSECUTIVOS NO AVANZA, PRESENTADO RECHAZO

OBSERVACIONES:

FIN DEL SONDEO
SI: ____ NO: ___X___
CAUSA: ___RECHAZO____X____

REALIZÓ	COORD. LABORATORIO	DIGITÓ
Roselbert Imbachi	P// Karen Mosquera	Facnory Cabrera

www.geofisica.com.co
e-mail: info@geofisica.com.co

GEOFISICA SAS.
Calidad que Expresa Confianza
Laboratorio de Suelos, Materiales, Concretos y Pavimentos
Nit. 900.224.884-0

REGISTRO FOTOGRÁFICO	FGLR-17 Versión 02

CLIENTE:	JAM INGENIERÍA Y MEDIO AMBIENTE SAS	**ORDEN SERVICIO No.:**	**474**
OBRA:	Exploración Geotécnica - Municipio de Timba, Cauca		
LOCALIZACIÓN OBRA:	Municipio de Timba, Departamentos del Cauca y Valle del Cauca		
CONTRATISTA:	N.A		
INTERVENTORÍA:	N.A		
FECHA:	4-abr.-2023		
DESCRIPCIÓN:	Estado actual del terreno, proceso de sondeo y toma de muestras		

SONDEO No. 7





REVISÓ
KAREN SOFIA MOSQUERA GOMEZ
GEOTECNOLOGO
M.P. # 19516030791 CAU

APROBÓ
FERNANDO MUÑOZ FUENTES
SUBGERENTE TÉCNICO
M.P. # 19516001294 CAU

LOS RESULTADOS PRESENTADOS CORRESPONDEN ÚNICAMENTE A LOS MATERIALES ENCONTRADOS Y SOMETIDOS A ENSAYO
ESTA PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN PARCIAL O TOTAL SIN LA AUTORIZACIÓN ESCRITA DEL LABORATORIO

www.geofisica.com.co
e-mail:info@geofisica.com.co

GEOFISICA SAS
Calidad que Expresa Confianza
Laboratorio de Suelos, Materiales, Concretos y Pavimentos
Nit. 900.224.884-0

REGISTRO DE PERFORACIÓN EN CAMPO / TOMA DE DATOS

FGSAD-03
Versión 04

FECHA INICIAL: 3/04/23 FECHA FINAL:04-04-2023 ESTADO DEL TIEMPO Soleado ORDEN SERVICIO No.: 474

CLIENTE: JAM INGENIERIA Y MEDIO AMBIENTE SAS

OBRA: Exploración Geotécnica

LOCALIZACIÓN OBRA: Municipio de Timba, Departamento del Cauca y Valle del Cauca

PERFORACIÓN No.: 7 COORDENADAS Y/O ABSCISAS: puntos indicados por el cliente en archivo KMZ

NIVEL DE AGUA FREATICA
PROF. INICIAL: 0,10 FECHA: 04-04-2023

EQUIPO: **Manual**

APIQUE ____ PERF. MANUAL ____X____ PERF. MECANICA ____ PERF. ROTOPERCUSIÓN ____ PERF. ROTACIÓN ____

MUESTRA					GOLPES POR CADA 6 PULGADAS			PENETRO METRO	RECOBRO (cm)	RQD (cm)	AGUA		DESCRIPCIÓN
PROFUNDIDAD (m)		No.	CAJA No.	TUBO TIPO: (APIQUE, SHELBY, CUCHARA, NQ)									
DE	HASTA				N1	N2	N3	(Kg/cm2)			COLOR	% PÉRDIDA	
0,00	0,90	1		APIQUE									GRAVAS Y GUIJARROS DE ORIGEN ALUVIAL CON MATRIZ ARENOSA, COLOR CAFÉ, CEMENTACIÓN MODERADA, ESTADO SATURADO. LOS CLASTOS VAN DE SUB ANGULAR A SUB REDONDEADO DE ALTA DUREZA. (DESCRIPCIÓN VISUAL DETALLADA EN LABORATORIO).
0,90	1,50	2		APIQUE									GRAVA DE ORIGEN ALUVIAL CON MATRIZ ARENOSA, COLOR CAFÉ, CEMENTACIÓN MODERADA A FUERTE, ESTADO SATURADO. LOS CLASTOS VAN DE SUB ANGULARES A SUB REDONDEADOS DE ALTA DUREZA. (DESCRIPCIÓN VISUAL DETALLADA EN LABORATORIO).
1,50	1,70	3		SPT	35	25	*						GRAVA DE ORIGEN ALUVIAL CON MATRIZ ARENOSA, COLOR CAFÉ, CEMENTACIÓN MODERADA A FIRME, ESTADO SATURADO. LOS CLASTOS VAN DE SUB ANGULARES A SUB REDONDEADOS DE ALTA DUREZA.
													NOTA: EN EL SEGUNDO INCREMENTO DEL SPT SE DA 25 GOLPES CONSECUTIVOS SIN PRESENTAR AVANCE, RECHAZO. POSIBLE ZONA DE LLANURA DE INUNDACIÓN DADA A LA APROXIMACIÓN AL NIVEL DEL RÍO.

OBSERVACIONES:

FIN DEL SONDEO
SI: _____ NO: ____X___
CAUSA: ____RECHAZO_____X_____

REALIZÓ	COORD. LABORATORIO	DIGITÓ
Roselbert Imbachi	P// Karen Mosquera	Facnory Cabrera

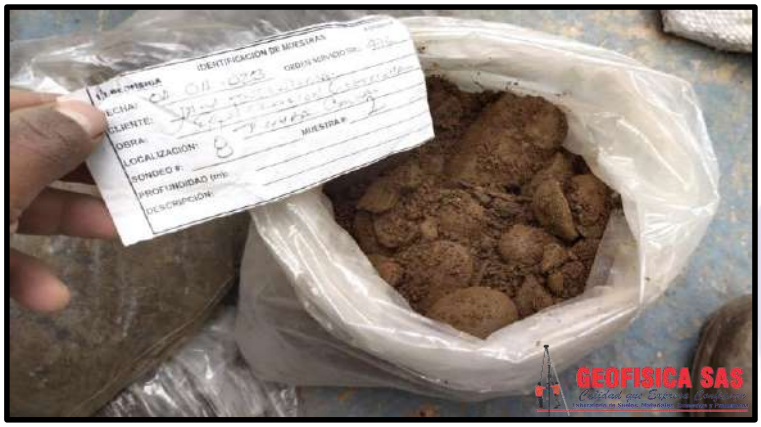
www.geofisica.com.co
e-mail: info@geofisica.com.co

REGISTRO FOTOGRÁFICO	FGLR-17 Versión 02

CLIENTE: JAM INGENIERÍA Y MEDIO AMBIENTE SAS — **ORDEN SERVICIO No.:** 474
OBRA: Exploración Geotécnica - Municipio de Timba, Cauca
LOCALIZACIÓN OBRA: Municipio de Timba, Departamentos del Cauca y Valle del Cauca
CONTRATISTA: N.A
INTERVENTORÍA: N.A
FECHA: 4-abr.-2023
DESCRIPCIÓN: Estado actual del terreno, proceso de sondeo y toma de muestras

SONDEO No. 8







REVISÓ
KAREN SOFIA MOSQUERA GOMEZ
GEOTECNOLOGO
M.P. # 19516030791 CAU

APROBÓ
FERNANDO MUÑOZ FUENTES
SUBGERENTE TÉCNICO
M.P. # 19516001294 CAU

LOS RESULTADOS PRESENTADOS CORRESPONDEN ÚNICAMENTE A LOS MATERIALES ENCONTRADOS Y SOMETIDOS A ENSAYO
ESTA PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN PARCIAL O TOTAL SIN LA AUTORIZACIÓN ESCRITA DEL LABORATORIO

www.geofisica.com.co
e-mail:info@geofisica.com.co

GEOFISICA SAS
Calidad que Expresa Confianza
Laboratorio de Suelos, Materiales, Concretos y Pavimentos
Nit. 900.224.884-0

REGISTRO DE PERFORACIÓN EN CAMPO / TOMA DE DATOS

FGSAD-03
Versión 04

FECHA INICIAL: 3/04/23 FECHA FINAL: ESTADO DEL TIEMPO: Soleado ORDEN SERVICIO No.: 474

CLIENTE: JAM INGENIERIA Y MEDIO AMBIENTE SAS

OBRA: Exploración Geotécnica

LOCALIZACIÓN OBRA: Municipio de Timba, Departamento del Cauca

PERFORACIÓN No.: 8 COORDENADAS Y/O ABSCISAS: puntos indicados por el cliente en archivo KMZ

NIVEL DE AGUA FREATICA
PROF. INICIAL: 1,50 FECHA: 04-04-2023

EQUIPO: **Manual**

APIQUE ____ PERF. MANUAL ____X____ PERF. MECANICA ____ PERF. ROTOPERCUSIÓN ____ PERF. ROTACIÓN ____

MUESTRA					GOLPES POR CADA 6 PULGADAS			PENETRO METRO	RECOBRO (cm)	RQD (cm)	AGUA		DESCRIPCIÓN
PROFUNDIDAD (m)		No.	CAJA No.	TUBO TIPO: (APIQUE, SHELBY, CUCHARA, NQ)									
DE	HASTA				N1	N2	N3	(Kg/cm2)			COLOR	% PÉRDIDA	
0,00	0,40	1		APIQUE									SUELO FINO COLOR CAFÉ, CONSISTENCIA MEDIA, ESTADO HÚMEDO. PRESENCIA DE CAPA VEGETAL. (DESCRIPCIÓN VISUAL DETALLADA EN LABORATORIO).
0,40	1,30	2		APIQUE									GRAVA DE ORIGEN ALUVIAL CON MATRIZ ARENOSA, COLOR CAFÉ, CEMENTACIÓN FUERTE, ESTADO HÚMEDO. LOS CLASTOS VAN DE SUB ANGULARES A SUB REDONDEADOS DE ALTA DUREZA. (DESCRIPCIÓN VISUAL DETALLADA EN LABORATORIO).
1,30	1,40			AVANCE									
1,40	1,90	3		SPT	24	44	60						GRAVAS Y GUIJARROS DE ORIGEN ALUVIAL CON MATRIZ ARENOSA, COLOR CAFÉ, CEMENTACIÓN FUERTE, ESTADO SATURADO. LOS CLASTOS VAN DE SUB ANGULAR A REDONDEADO DE ALTA DUREZA. (DESCRIPCIÓN VISUAL DETALLADA EN LABORATORIO). NOTA: EN EL TERCER INCREMENTO DEL SPT SE DAN MAS DE 50 GOLPES, PRESENTANDO REBOTE, RECHAZO

OBSERVACIONES:

FIN DEL SONDEO
SI: _____ NO: ____X___
CAUSA: ____RECHAZO_____X_____

REALIZÓ	COORD. LABORATORIO	DIGITÓ
Roselbert Imbachi	P// Karen Mosquera	Facnory Cabrera

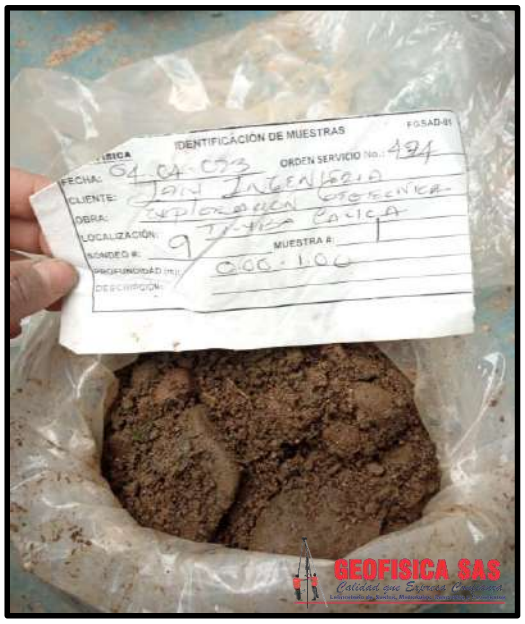
www.geofisica.com.co
e-mail: info@geofisica.com.co

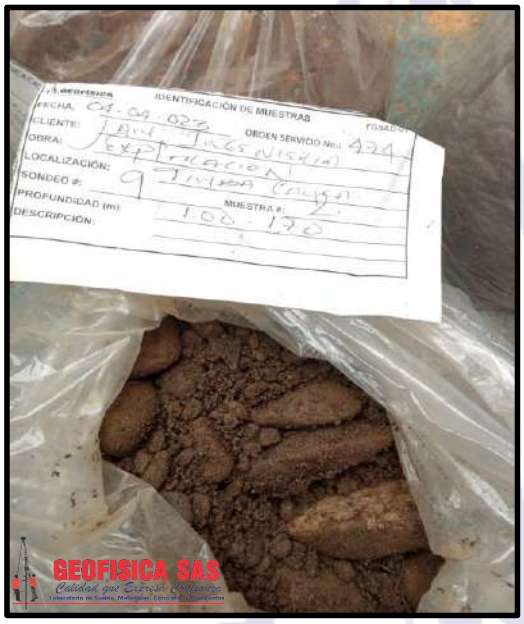
GEOFISICA SAS.
Calidad que Expresa Confianza
Laboratorio de Suelos, Materiales, Concretos y Pavimentos
Nit. 900.224.884-0

REGISTRO FOTOGRÁFICO	FGLR-17 Versión 02

CLIENTE: JAM INGENIERÍA Y MEDIO AMBIENTE SAS — **ORDEN SERVICIO No.:** 474
OBRA: Exploración Geotécnica - Municipio de Timba, Cauca
LOCALIZACIÓN OBRA: Municipio de Timba, Departamentos del Cauca y Valle del Cauca
CONTRATISTA: N.A
INTERVENTORÍA: N.A
FECHA: 4-abr.-2023
DESCRIPCIÓN: Estado actual del terreno, proceso de sondeo y toma de muestras

SONDEO No. 9







REVISÓ
KAREN SOFIA MOSQUERA GOMEZ
GEOTECNOLOGO
M.P. # 19516030791 CAU

APROBÓ
FERNANDO MUÑOZ FUENTES
SUBGERENTE TÉCNICO
M.P. # 19516001294 CAU

LOS RESULTADOS PRESENTADOS CORRESPONDEN ÚNICAMENTE A LOS MATERIALES ENCONTRADOS Y SOMETIDOS A ENSAYO
ESTA PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN PARCIAL O TOTAL SIN LA AUTORIZACIÓN ESCRITA DEL LABORATORIO

www.geofisica.com.co
e-mail:info@geofisica.com.co

GEOFISICA SAS
Calidad que Expresa Confianza
Laboratorio de Suelos, Materiales, Concretos y Pavimentos
Nit. 900.224.884-0

REGISTRO DE PERFORACIÓN EN CAMPO / TOMA DE DATOS

FGSAD-03
Versión 04

FECHA INICIAL: 3/04/23 FECHA FINAL:04-04-2023 ESTADO DEL TIEMPO Soleado ORDEN SERVICIO No.: 474

CLIENTE: JAM INGENIERIA Y MEDIO AMBIENTE SAS

OBRA: Exploración Geotécnica

LOCALIZACIÓN OBRA: Municipio de Timba, Departamento del Cauca

PERFORACIÓN No.:9 COORDENADAS Y/O ABSCISAS: puntos indicados por el cliente en archivo KMZ

NIVEL DE AGUA FREATICA
PROF. INICIAL: 1,70 FECHA: 04-04-2023

EQUIPO: **Manual**

APIQUE ____ PERF. MANUAL ____X____ PERF. MECANICA ____ PERF. ROTOPERCUSIÓN ____ PERF. ROTACIÓN ____

MUESTRA					GOLPES POR CADA 6 PULGADAS						AGUA		
PROFUNDIDAD (m)		No.	CAJA No.	TUBO TIPO: (APIQUE, SHELBY, CUCHARA, NQ)				PENETRO METRO	RECOBRO (cm)	RQD (cm)			**DESCRIPCIÓN**
DE	HASTA				N1	N2	N3	(Kg/cm2)			COLOR	% PÉRDIDA	
0,00	1,00	1		APIQUE									GRAVA DE ORIGEN ALUVIAL CON MATRIZ ARENOSA, COLOR CAFÉ, CEMENTACIÓN MODERADA, ESTADO HÚMEDO. LOS CLASTOS VAN DE SUBANGULARES A SUB REDONDEADOS DE ALTA DUREZA. PRESENCIA DE RAÍCES. (DESCRIPCIÓN VISUAL DETALLADA EN LABORATORIO).
1,00	1,70	2		APIQUE									GRAVA DE ORIGEN ALUVIAL CON MATRIZ ARENOSA, COLOR GRIS CAFESOSO, CEMENTACIÓN MODERADA, ESTADO HÚMEDO. LOS CLASTOS VAN DE ANGULARES A SUB REDONDEADOS DE ALTA DUREZA. PRESENCIA DE RAÍCES. (DESCRIPCIÓN VISUAL DETALLADA EN LABORATORIO).
1,70	2,30	3		SPT	2	4	5						SUELO ARENOSO COLOR GRIS, COMPACIDAD MEDIA, ESTADO HÚMEDO A SATURADO. (DESCRIPCIÓN VISUAL DETALLADA EN LABORATORIO).
				SPT	7	25	*						NO SE RECUPERA MUESTRA NOTA: EN EL SEGUNDO INCREMENTO DEL SPT SE DA 25 GOLPES CONSECUTIVOS SIN PRESENTAR AVANCE, RECHAZO

OBSERVACIONES:

FIN DEL SONDEO
SI: _____ NO: ____X___
CAUSA: ____RECHAZO_____X_____

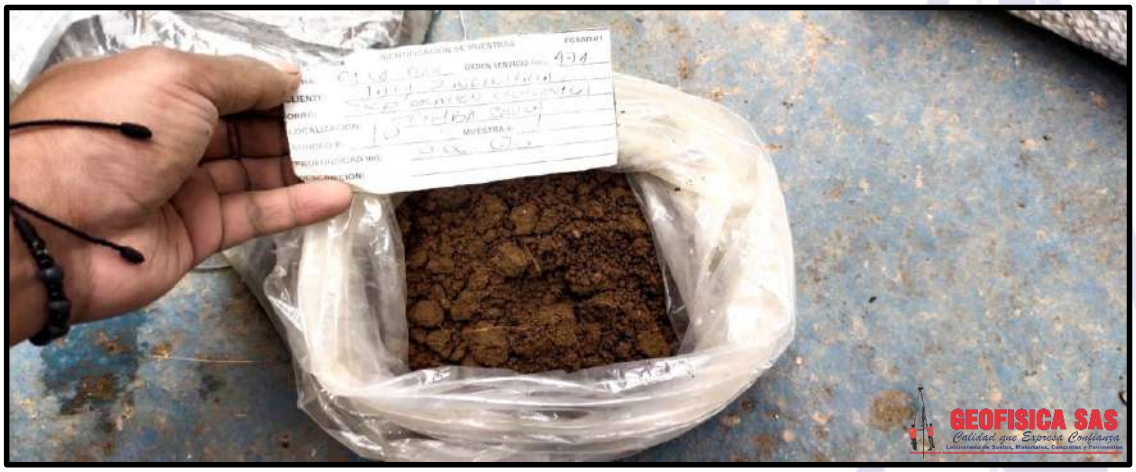
REALIZÓ	COORD. LABORATORIO	DIGITÓ
Roselbert Imbachi	P// Karen Mosquera	Facnory Cabrera

www.geofisica.com.co
e-mail: info@geofisica.com.co

REGISTRO FOTOGRÁFICO	FGLR-17 Versión 02

CLIENTE: JAM INGENIERÍA Y MEDIO AMBIENTE SAS **ORDEN SERVICIO No.:** 474
OBRA: Exploración Geotécnica - Municipio de Timba, Cauca
LOCALIZACIÓN OBRA: Municipio de Timba, Departamentos del Cauca y Valle del Cauca
CONTRATISTA: N.A
INTERVENTORÍA: N.A
FECHA: 4-abr.-2023
DESCRIPCIÓN: Estado actual del terreno, proceso de sondeo y toma de muestras

SONDEO No. 10







REVISÓ
KAREN SOFIA MOSQUERA GOMEZ
GEOTECNOLOGO
M.P. # 19516030791 CAU

APROBÓ
FERNANDO MUÑOZ FUENTES
SUBGERENTE TÉCNICO
M.P. # 19516001294 CAU

LOS RESULTADOS PRESENTADOS CORRESPONDEN ÚNICAMENTE A LOS MATERIALES ENCONTRADOS Y SOMETIDOS A ENSAYO
ESTA PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN PARCIAL O TOTAL SIN LA AUTORIZACIÓN ESCRITA DEL LABORATORIO

www.geofisica.com.co
e-mail:info@geofisica.com.co

GEOFISICA SAS
Calidad que Expresa Confianza
Laboratorio de Suelos, Materiales, Concretos y Pavimentos
Nit. 900.224.884-0

REGISTRO DE PERFORACIÓN EN CAMPO / TOMA DE DATOS

FGSAD-03
Versión 04

FECHA INICIAL: 3/04/23 FECHA FINAL:04-04-2023 ESTADO DEL TIEMPO Soleado ORDEN SERVICIO No.: 474

CLIENTE: JAM INGENIERIA Y MEDIO AMBIENTE SAS

OBRA: Exploración Geotécnica

LOCALIZACIÓN OBRA: Municipio de Timba, Departamento del Cauca

PERFORACIÓN No.: 10 COORDENADAS Y/O ABSCISAS: puntos indicados por el cliente en archivo KMZ

NIVEL DE AGUA FREATICA
PROF. INICIAL: 1,00 FECHA: 04-04-2023

EQUIPO: **Manual**

APIQUE _____ PERF. MANUAL X PERF. MECANICA _____ PERF. ROTOPERCUSIÓN _____ PERF. ROTACIÓN _____

MUESTRA					GOLPES POR CADA 6 PULGADAS			PENETRO METRO	RECOBRO (cm)	RQD (cm)	AGUA		DESCRIPCIÓN
PROFUNDIDAD (m)		No.	CAJA No.	TUBO TIPO: (APIQUE, SHELBY, CUCHARA, NQ)							COLOR	% PÉRDIDA	
DE	HASTA				N1	N2	N3	(Kg/cm2)					
0,00	0,70	1		APIQUE									SUELO FINO COLOR CAFÉ, CONSISTENCIA BLANDA, ESTADO HÚMEDO. PRESENCIA DE CAPA VEGETAL. (DESCRIPCIÓN VISUAL DETALLADA EN LABORATORIO).
0,70	1,00			AVANCE									
1,00	1,50	2		SH									SUELO ARENOSO COLOR CAFÉ, COMPACIDAD BLANDA, ESTADO HÚMEDO. (DESCRIPCIÓN VISUAL DETALLADA EN LABORATORIO).
1,50 2,00	2,00 2,50	3		SPT	6 4	6 6	4 8						GRAVA DE MATRIZ ARENOSA, COLOR CAFÉ GRISÁCEO, CEMENTACIÓN MODERADA, ESTADO SATURADO. LOS CLASTOS VAN DE SUB ANGULARES A SUB REDONDEADOS Y PRESENTAN UNA ALTA DUREZA. (DESCRIPCIÓN VISUAL DETALLADA EN LABORATORIO).
2,50	3,00			AVANCE									
3,00 3,50	3,50 4,00	4		SPT	12 23	17 41	24 51						GRAVA DE MATRIZ ARENOSA, COLOR GRIS, CEMENTACIÓN MODERADA A FUERTE, ESTADO SATURADO. LOS CLASTOS VAN DE SUB ANGULARES A REDONDEADOS Y PRESENTAN UNA ALTA DUREZA. (DESCRIPCIÓN VISUAL DETALLADA EN LABORATORIO). NOTA: CON LOS ÚLTIMOS 51 GOLPES SOLO AVANZA 10 CM DEL ÚLTIMO INCREMENTO DEL SPT PRESENTADO RECHAZO

OBSERVACIONES:

FIN DEL SONDEO
SI: _____ NO: __X____
CAUSA: ___RECHAZO_____X_____

REALIZÓ	COORD. LABORATORIO	DIGITÓ
Roselbert Imbachi	P// Karen Mosquera	Facnory Cabrera

www.geofisica.com.co
e-mail: info@geofisica.com.co

REGISTRO FOTOGRÁFICO	FGLR-17 Versión 02

CLIENTE: JAM INGENIERÍA Y MEDIO AMBIENTE SAS — **ORDEN SERVICIO No.:** 474
OBRA: Exploración Geotécnica - Municipio de Timba, Cauca
LOCALIZACIÓN OBRA: Municipio de Timba, Departamentos del Cauca y Valle del Cauca
CONTRATISTA: N.A
INTERVENTORÍA: N.A
FECHA: 4-abr.-2023
DESCRIPCIÓN: Estado actual del terreno, proceso de sondeo y toma de muestras

SONDEO No. 11









REVISÓ
KAREN SOFIA MOSQUERA GOMEZ
GEOTECNOLOGO
M.P. # 19516030791 CAU

APROBÓ
FERNANDO MUÑOZ FUENTES
SUBGERENTE TÉCNICO
M.P. # 19516001294 CAU

LOS RESULTADOS PRESENTADOS CORRESPONDEN ÚNICAMENTE A LOS MATERIALES ENCONTRADOS Y SOMETIDOS A ENSAYO
ESTA PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN PARCIAL O TOTAL SIN LA AUTORIZACIÓN ESCRITA DEL LABORATORIO

www.geofisica.com.co
e-mail:info@geofisica.com.co

GEOFISICA SAS
Calidad que Expresa Confianza
Laboratorio de Suelos, Materiales, Concretos y Pavimentos
Nit. 900.224.884-0

REGISTRO DE PERFORACIÓN EN CAMPO / TOMA DE DATOS

FGSAD-03
Versión 04

FECHA INICIAL: 3/04/23 FECHA FINAL:04-04-2023 ESTADO DEL TIEMPO Soleado ORDEN SERVICIO No.: 474

CLIENTE: JAM INGENIERIA Y MEDIO AMBIENTE SAS

OBRA: Exploración Geotécnica

LOCALIZACIÓN OBRA: Municipio de Timba, Departamento del Cauca

PERFORACIÓN No.: 11 COORDENADAS Y/O ABSCISAS: puntos indicados por el cliente en archivo KMZ

NIVEL DE AGUA FREATICA
PROF. INICIAL: 0,50 FECHA: 04-04-2023
PROF. FINAL: FECHA:

EQUIPO: **Manual**

APIQUE PERF. MANUAL X PERF. MECANICA PERF. ROTOPERCUSIÓN PERF. ROTACIÓN

MUESTRA					GOLPES POR CADA 6 PULGADAS			PENETRO METRO	RECOBRO (cm)	RQD (cm)	AGUA		DESCRIPCIÓN
PROFUNDIDAD (m)		No.	CAJA No.	TUBO TIPO: (APIQUE, SHELBY, CUCHARA, NQ)									
DE	HASTA				N1	N2	N3	(Kg/cm2)			COLOR	% PÉRDIDA	
0,00	0,50	1		APIQUE									SUELO FINO COLOR CAFÉ, CONSISTENCIA BLANDA, ESTADO HÚMEDO. PRESENTA OXIDACIONES ROJAS Y COBERTURA VEGETAL. (DESCRIPCIÓN VISUAL DETALLADA EN LABORATORIO).
0,50	1,20	2		APIQUE									SUELO FINO COLOR GRIS, CONSISTENCIA MUY BLANDA, ESTADO SATURADO. PRESENTA RAÍCES. (DESCRIPCIÓN VISUAL DETALLADA EN LABORATORIO).
1,20	2,20	3		SH									SUELO FINO COLOR GRIS, CONSISTENCIA MUY BLANDA, ESTADO SATURADO. PRESENTA RAÍCES. (DESCRIPCIÓN VISUAL DETALLADA EN LABORATORIO). NOTA: EL TUBO SHELBY PENETRA CON EL PESO DEL MARTILLO
2,20	2,70	4		SPT	4	18	35						SUELO ARENOSO COLOR GRIS, COMPACIDAD MEDIA A FIRME, ESTADO HÚMEDO A SATURADO. (DESCRIPCIÓN VISUAL DETALLADA EN LABORATORIO).
													NOTA: A 2,70 METROS SE INSERTA CUCHARA CON 10 GOLPES CONSECUTIVOS NO AVANZA, PRESENTADO RECHAZO

OBSERVACIONES:

FIN DEL SONDEO
SI: NO: X
CAUSA: RECHAZO X

REALIZÓ	COORD. LABORATORIO	DIGITÓ
Roselbert Imbachi	P// Karen Mosquera	Facnory Cabrera

www.geofisica.com.co
e-mail: info@geofisica.com.co

Bogotá D.C, Diciembre 2023

MEMORIAL DE RESPONSABILIDAD

ESTUDIO GEOTÉCNICO

Yo, JAVIER MILLÁN LÓPEZ, identificado con cédula de ciudadanía No 79345746 de Bogotá D.C., con Tarjeta Profesional No. 25202-32873 , certifico que realicé el **ESTUDIO GEOTÉCNICO** de acuerdo con los requerimientos de la NORMA COLOMBIANA DE DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN SISMO RESISTENTE para el contrato No. 0582-2022: "ANÁLISIS Y PROPUESTA DE SOLUCIÓN PARA EL CONTROL DE INUNDACIONES EN EL CORREGIMIENTO DE TIMBA, MUNICIPIO DE BUENOS AIRES, DEPARTAMENTO DEL CAUCA, EN CUMPLIMIENTO DE LA SENTENCIA 142 DE 2008 DEL JUZGADO 18 ADMINISTRATIVO DEL CIRCUITO JUDICIAL DE CALI.", declaro que asumo la responsabilidad pro los prejuicios que causa de ellos puedan deducirse.

Declaro que todas las actividades del estudio en mención se ciñen a lo exigido por los términos contractuales y la Norma Sismo Resistente de 2010.



JAVIER ANTONIO MILLÁN LÓPEZ

Ingeniero Civil – Matricula

25202-32873 Magíster en geotecnia

CONTRATO No. 0582-2022

"ANÁLISIS Y PROPUESTA DE SOLUCIÓN PARA EL CONTROL DE INUNDACIONES EN EL CORREGIMIENTO DE TIMBA, MUNICIPIO DE BUENOS AIRES, DEPARTAMENTO DEL CAUCA, EN CUMPLIMIENTO DE LA SENTENCIA 142 DE 2008 DEL JUZGADO 18 ADMINISTRATIVO DEL CIRCUITO JUDICIAL DE CALI."

INFORME GEOTÉCNICO OBRA EXISTENTE Y OBRAS NUEVAS

DICIEMBRE de 2023

JAM INGENIERÍA Y MEDIO AMBIENTE

NIT 830084684-9

Cra 42 No. 22A-03 Bogotá D.C., Colombia
+57 3118538700
+57 1 2440222
Info@Jam.com

CRC – CORPOROACIÓN AUTONOMA REGIONAL DEL CAUCA

HOJA DE CONTROL

ENTIDAD	RESPONSABLE	EJEMPLARES
JAM Ingeniería y Medio Ambiente SAS	Javier Antonio Millán	ORIGINAL

ÍNDICE DE MODIFICACIONES

VERSIÓN	SECCIÓN MODIFICADA	FECHA DE MODIFICACIÓN	OBSERVACIONES
1	Versión Original	JUNIO 2023	
2	Ajuste a observaciones	DICIEMBRE 2023	

ESTADO DE REVISIÓN Y APROBACIÓN

Elaborado por:	**JAM INGENIERÍA Y MEDIO AMBIENTE SAS**
Firma:	
Fecha:	

TABLA DE CONTENIDO

INTRODUCCIÓN 8
1 OBJETIVOS Y ALCANCES 9
1.1 OBJETIVO GENERAL 9
1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS 9
1.3 ALCANCE 9
1.4 MARCO NORMATIVO 10
2 DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO 11
2.1 LOCALIZACIÓN 11
2.2 VISITA DE RECONOCIMIENTO INICIAL 12
3 CONTEXTO GEOLÓGICO 16
3.1 GEOLOGÍA REGIONAL 16
3.2 ESTRATIGRAFÍA 17
3.3 GEOLOGÍA ESTRUCTURAL 21
4 ESTUDIO GEOMORFOLÓGICO 24
4.1 GEOFORMAS LOCALES 24
4.2 ANÁLISIS GEOMORFOLÓGICO MULTITEMPORAL - MORFODINÁMICA 25
4.2.1 1957 26
4.2.2 1970 27
4.2.3 1982 a 1991 28
4.2.4 2000 a 2018 30
4.2.5 Situación actual 34
4.2.6 Variación morfológica multitemporal del río Timba 35
4.3 PUNTOS CRÍTICOS O DE MAYOR INTERÉS DESDE EL PUNTO DE VISTA GEOMORFOLÓGICO 36
5 ESTUDIO GEOLÓGICO LOCAL 38
5.1 UNIDADES GEOLÓGICAS LOCALES PARA INGENIERÍA 38
5.2 ESTRUCTURAS DE PROTECCIÓN DE ORILLA Y OBRAS EN AFLUENTES PRESENTES 52
5.3 MAPA GEOLÓGICO LOCAL 55
5.4 SECCIONES GEOLÓGICAS 55
6 CARACTERIZACIÓN GEOTÉCNICA 59
6.1 PLAN DE EXPLORACIÓN 59

6.1.1 Resultados exploración directa 59
6.1.2 Ensayo de campo SPT 61
6.1.3 Resultados exploración indirecta 63
6.2 ENSAYOS DE LABORATORIO 77
6.3 CARACTERIZACIÓN GEO MECÁNICA 77
6.4 MODELO GEOLÓGICO GEOTÉCNICO 85
7 DISEÑO OBRAS GEOTÉCNICAS 87
7.1 CONDICIONES SÍSMICAS 87
6.1.1 Condiciones especiales 87
8 DISEÑO GEOTÉCNICO DE OBRAS 89
6.1.2 Diseño de obras de protección – estructura hidráulica abierta 89
6.1.3 Diseño de obras de protección de orilla – geoestera 95
6.1.4 Diseño de obras de protección – mejoramiento jarillones 96
9 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES 97

LISTADO DE TABLAS

Tabla 4-1. Relación imágenes sensores remotos utilizadas 25
Tabla 6-1 Profundidades y ubicación de Sondeos. * SISTEMA NUEVO ORIGEN NACIONAL CTM-12 59
Tabla 6-2 Coordenadas de ensayos realizados en el proyecto 63
Tabla 6-3 Calculo Vs30 m/s 65
Tabla 6-4 Calculo Vs30 69
Tabla 6-5 Cuadro resumen de ensayos del presente estudio. 77
Tabla 6-6 Peso Unitario LSR-1 81
Tabla 6-7 Peso Unitario LSR-2 81
Tabla 6-8 Peso Unitario LSR-3 81
Tabla 6-9 Resultados resistencia al corte 82
Tabla 6-10 Calculo Modulo de Young LSR-1 84
Tabla 6-11 Calculo Modulo de Young LSR-2 84
Tabla 6-12 Calculo Modulo de Young LSR-3 85
Tabla 7-1 Aspectos sísmicos zona de Barrancabermeja 87
Tabla 7-2 Coeficientes de amplificación Fpga 87
Tabla 8-1. Capacidad lateral pilotes D=0.3 m 91

LISTADO DE ILUSTRACIONES

Ilustración 2-1 Ubicación general del proyecto 12
Ilustración 3-1 Marco geológico regional 16
Ilustración 3-2. Vista geología sobre imagen de satélite. Tomado y modificado de Google Earth 17
Ilustración 3-3. Columna estratigráfica general Fm. Chimborazo. Tomado de INGEOMINAS 1999 18
Ilustración 3-4. Columna estratigráfica general Fm. Guachinte. Tomado de INGEOMINAS 1999 19
Ilustración 3-5. Columna estratigráfica general Fm. Ferreira. Tomado de INGEOMINAS 1999. 20
Ilustración 3-6. Geología estructural Regional departamento del Cauca 22
Ilustración 3-7. Lineamientos estructurales en zona de estudio 23
Ilustración 4-1. Ejemplo georreferenciación de fotos áreas 26
Ilustración 4-2. Fotointerpretación 1957 27
Ilustración 4-3. Fotointerpretación 1970 28
Ilustración 4-4. Fotointerpretación 1982 29
Ilustración 4-5. Fotointerpretación 1991 30
Ilustración 4-6. Fotointerpretación año 2000 31
Ilustración 4-7. Rasgos importantes para el año 2018 32
Ilustración 4-8. Detalle de espolones construidos en margen izquierda del río, Timba Valle del Cauca. A) año 2000. B) año 2015. C) año 2018 33
Ilustración 4-9. Mapa geomorfológico local 34
Ilustración 4-10. Variación multitemporal del río Timba 35
Ilustración 4-11. Sectores de interés para exploración del subsuelo 37
Ilustración 5-1. Afloramiento de rocas Fm. Chimborazo en deslizamiento de cuña 38
Ilustración 5-2. GSI rocas Fm. Chimborazo 39
Ilustración 5-3. Estimación en campo de resistencia a compresión simple roca Fm Chimborazo 40
Ilustración 5-4. Exposición de suelo residual de conglomerado Fm. Chimborazo 41
Ilustración 5-5. Suelo residual arcilloso Fm. Chimborazo 42
Ilustración 5-6.. Contacto suelo residual Fm. Chimborazo (Srch) con suelos transportados de llanura de inundación (Stli) 42
Ilustración 5-7. Exposición de suelos transportado de conos de deyección 43
Ilustración 5-8. Vista a contacto con cambio morfológico de Suelos transportados cono de deyección (Stcd) y suelos transportados de llanura de inundación (Stli) 44
Ilustración 5-9. Vista a suelos transportados de llanura de inundación 45
Ilustración 5-10.. Vista a barras aluviales antiguas erosionadas en márgenes de río Timba 46
Ilustración 5-11. Terraza aluvial río Timba 48
Ilustración 5-12. Vista litológica a los depósitos de terraza aluvial (Stta) 48
Ilustración 5-13. Vista a depósitos de fondo de canal expuestos por socavación de fondo río Timba 50

Ilustración 5-14. Vista terraplén de vía ferrea 51
Ilustración 5-15. Vista de Jarillón en la zona de estudio 52
Ilustración 5-16. Jarillones extremo norte 52
Ilustración 5-17. Espolones extremo sur 53
Ilustración 5-18. Muro protección orilla 53
Ilustración 5-19. Mapa de planta con obras de protección presentes en la actualidad 54
Ilustración 5-20. Localización de las secciones geológicas realizadas 56
Ilustración 5-21. Perfil A-A' 57
Ilustración 5-22. Perfil B-B' 57
Ilustración 5-23. Perfil C-C' 58
Ilustración 5-24. Perfil D-D' 58
Ilustración 5-25. Perfil E-E' 58
Ilustración 6-1 Figura exploración geotécnica 60
Ilustración 6-2 Resumen sondeos 61
Ilustración 6-3 a) N de campo b) N60 63
Ilustración 6-4 Registro fotográfico líneas sísmicas 64
Ilustración 6-5 Curva de dispersión golpe 2 66
Ilustración 6-6 Curva de dispersión golpe 5 66
Ilustración 6-7 Tomografía Vp LSR-1 67
Ilustración 6-8 Perfil 2D LSR-1 68
Ilustración 6-9 Curva de dispersión golpe 1 70
Ilustración 6-10 Curva de dispersión golpe 5 70
Ilustración 6-11 Tomografía LSR-2 71
Ilustración 6-12 Perfil 2D LSR-2 72
Ilustración 6-13 Curva de dispersión Golpe 1 74
Ilustración 6-14 Curva de dispersión Golpe 3 74
Ilustración 6-15 Tomografía LSR-3 75
Ilustración 6-16 Perfil 2D- LSR 76
Ilustración 6-17 Variación de parámetros índice zona 78
Ilustración 6-18Carta de plasticidad materiales zona 79
Ilustración 6-19 Variación granulometría Stta Stla 80
Ilustración 6-20 Variación granulometría Srch 80
Ilustración 6-21 Grafico esfuerzos, material SttA y Stla 83
Ilustración 7-1 Potencial de licuación materiales granulares de la zona 1-2. 88
Ilustración 8-1 Planta obras zona muro 89
Ilustración 8-2 Detalle obra 90
Ilustración 8-3 Distribución pilotes y anclajes 92
Ilustración 8-4 Diagrama de presiona pasivo y activo 93
Ilustración 8-5 Diagrama neto de presiones 94
Ilustración 8-6 Esquemas de geoestera 95
Ilustración 8-7 Imagen de sistema con Geoesteras 95
Ilustración 8-8 Fotografía Hidroblocks 96

INTRODUCCIÓN

El presente documento presenta los resultados del estudio geotécnico para el proyecto denominado “Análisis y propuesta de solución para el control de inundaciones en el corregimiento de Timba, municipio de Buenos Aires, departamento del Cauca, en cumplimiento de la sentencia 142 de 2008 del juzgado 18 administrativo del circuito judicial de Cali.”, en el cual se describe lo visto en la visita de reconocimiento, contexto geológico de la zona de estudio, estudio geomorfológico de detalle, incluyendo un análisis multitemporal sobre imágenes de sensores remotos, definición de unidades geológicas para ingeniería, resultados de exploración de campo , modelo geológico geotécnico y diseño de obras nuevas.

A partir de la información suministrada por la corporación autónoma regional del cauca -CRC y lo descrito en la sentencia 142 de 2008, en el corregimiento de Timba se han presentado múltiples eventos de inundación debido al desbordamiento del rio en periodos prolongados de lluvia, provocando daño en viviendas, vías públicas, obstrucción del sistema de alcantarillado pluvial y sanitario y aumento de los procesos erosivos y sedimentarios en las orillas.

Fue entonces enfocado el estudio geotécnico, a definir con detalle el contexto geológico, geomorfológico y comportamiento geotécnico de la zona de estudio, en especial en el componente geomorfológico se defino las diferentes geoformas presentes en el área de estudio, con énfasis en la dinámica fluvial y reconocimientos de zonas del terreno susceptibles a presentar fenómenos de inundación, como la llanura de inundación y meandros abandonados. Igualmente fueron reconocidos los puntos con problemas de erosión como socavación lateral, generados por la divagación y fuerte dinámica del río Timba.

Dentro del informe se presenta los resultados de la exploración geotécnica, el modelo geológico geotécnico de las zonas de obras existentes y nuevas, así como el diseño de las obras de mitigación propuestas para el control de erosión de orilla o desbordamiento del rio Timba.

1 OBJETIVOS Y ALCANCES

1.1 OBJETIVO GENERAL

Realizar el diseño geotécnico de las obras de mitigación y control de erosión de orilla e inundación, con el fin de garantizar la estabilidad de las márgenes del rio Timba en el sector del corregimiento de Timba, municipio de Buenos Aires, departamento del Cauca.

1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Establecer a detalle las características geológicas, geomorfológicas y de dinámica fluvial en el área de influencia directa del área de estudio, con el fin de garantizar que las obras de mitigación y control se diseñen y se construyan con las mejores condiciones de seguridad, durabilidad, estabilidad, operabilidad y economía.
- Identificar las zonas o superficies del terreno con mayor susceptibilidad a fenómenos de erosión por dinámica fluvial e inundación por desbordamiento del río Timba.
- Realizar la campaña de exploración geotécnica para la elaboración del modelo geotécnico de las zonas y la parametrización de los materiales encontrados
- Dar las recomendaciones geotécnicas para la implantación de las obras de mitigación recomendadas para la protección de orilla y control de inundaciones.
- Realizar el diseño geotécnico de las obras de mitigación propuestas.

1.3 ALCANCE

Este documento ofrece un análisis integral del estudio geotécnico para el proyecto "Análisis y propuesta de solución para el control de inundaciones en el corregimiento de Timba, municipio de Buenos Aires, departamento del Cauca." Dicho estudio se ejecuta en cumplimiento de la sentencia 142 de 2008 del juzgado 18 administrativo del circuito judicial de Cali.

El objetivo principal consiste en proporcionar un análisis detallado para el diseño de obras de mitigación y control de erosión de orilla e inundación en la zona específica de estudio. Se aborda la caracterización de las condiciones geológicas, geomorfológicas y la dinámica fluvial del área con un enfoque en la seguridad, durabilidad y estabilidad de las estructuras propuestas.

En este documento se analiza desde el punto de vista geotécnico el mapa geológico y geomorfológico de detalle para la zona de estudio, haciendo especial hincapié en la dinámica fluvial del río Timba realizado mediante el estudio geomorfológico multitemporal. Se busca identificar con precisión las zonas más susceptibles a fenómenos de erosión por dinámica fluvial e inundación.

Además, se contempla realizar una campaña de exploración geotécnica para la elaboración del modelo geotécnico de las zonas, parametrizando los materiales encontrados en el subsuelo. Con base en estos datos, se ofrecerán recomendaciones geotécnicas para la implantación de las obras de mitigación, así como el diseño geotécnico detallado de las estructuras propuestas.

Este documento no solo se orienta a satisfacer los requerimientos establecidos por la sentencia 142 de 2008, sino que aspira a establecer un fundamento geotécnico robusto para futuras intervenciones en el área de estudio, asegurando una gestión efectiva y sostenible de los riesgos asociados a inundaciones y erosiones en la zona.

1.4 MARCO NORMATIVO

Este estudio geotécnico se ha llevado a cabo en estricto cumplimiento con las especificaciones establecidas en la Norma Sismo Resistente Colombiana NSR-10. Esta normativa constituye la referencia fundamental para el diseño y ejecución de estructuras en el territorio nacional.

La NSR-10 se erige como un marco normativo integral que aborda diversos aspectos relacionados con la seguridad estructural, resistencia sísmica, y consideraciones geotécnicas para proyectos de construcción. Particularmente para este estudio geotécnico se tuvo como guía esta normativa, garantizando así que las condiciones sísmicas sean las recomendadas bajo la normativa colombiana.

2 DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

2.1 LOCALIZACIÓN

El área de estudio se ubica en el rio Timba a .la altura del corregimiento Timba en el municipio de Buenos Aires, departamento del Cauca. Este rio nace en el Parque Nacional Natural Farallones de Cali, en el municipio de Jamundí en el Valle del Cauca y desemboca en el río Cauca entre los municipios de Jamundí y Buenos Aires, departamento del Cauca. Sus principales afluentes son los ríos Mary López, Chupadero y Silencio.

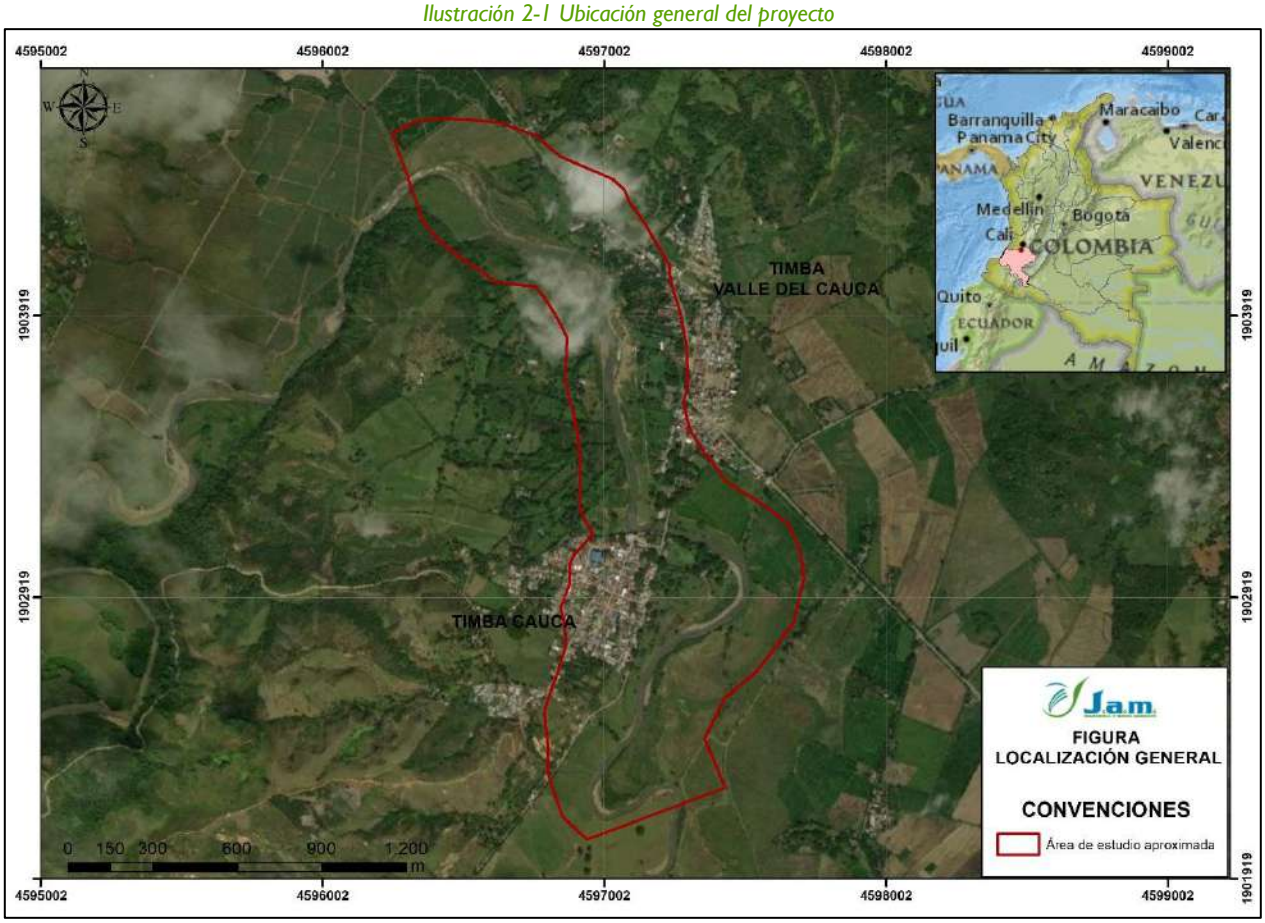
El municipio de Buenos Aires este ubicado en el norte del Departamento del Cauca a una distancia de 115 kilómetros de la ciudad de Popayán, posee una extensión total de 410 km^2 y su cabecera está localizada a los 03°01’08” N de latitud y 76°38'37" W de longitud, El municipio de Buenos Aires pertenece a la cuenca hidrográfica del Rio Cauca, cuenca localizada entre la margen occidental de la cordillera central y la margen oriental de la cordillera occidental, limitando jurisdiccionalmente con el Departamento del Valle del Cauca.

Límites del municipio, Norte: Jamundí y Buenaventura (Valle del Cauca) Sur: Suarez y Morales Al municipio de Buenos Aires pertenecen los siguientes corregimientos: Timba, El Porvenir El Ceral, La Balsa, San Ignacio, Honduras, Paloblanco. (Tornado del Plan de Desarrollo Buenos Aires 2020/2023).

El corregimiento de Timba Cauca en el municipio de Buenos Aires se encuentra ubicado en el piedemonte de la cordillera Occidental a 17 kilómetros de la cabecera municipal de Buenos Aires al noroeste de esta, marcando límites con el municipio de Jamundí, departamento del Valle y específicamente con el corregimiento de Timba Valle- Timba Cauca se encuentra rodeado en su parte noroccidental y en su parte norte por el Rio Timba y en su parte sur este por el rio Cauca.

Límites de Timba Cauca: Norte: con el rio timba y el corregimiento de Timba Valle, Municipio de Jamundí, Sur: con el rio Cauca y la vereda del Cañutico, corregimiento de Asnazu, municipio de Suarez, cauca. Oriente: Con la parcelación la Bertha, corregimiento de Timba Valle, Occidente: Con la vereda del Jagual, Municipio de Suarez y con la región del Naya, Buenaventura, Valle.

Ilustración 2-1 Ubicación general del proyecto



2.2 VISITA DE RECONOCIMIENTO INICIAL

El día 10 de febrero de 2023 se realizó la visita de reconocimiento a la zona de estudio. El recorrido inició en el corregimiento de Timba Cauca, sobre la margen derecha del río Timba, sector donde se presenta una estructura de contención del río, que se trata de un muro en ciclópeo, el cual tiene una longitud aproximada de 258 metros. El muro que probablemente sea contemporáneo a la construcción de vía de ferrocarril (años 1920's) se mantiene en condiciones funcionales relativamente buenas, con ligeras perdidas de material en la base, y sirve como protección a la socavación en esta margen (ver Fotografía 2-1).

Fotografía 2-1. Muro ciclópeo Timba Cauca



Por otra parte, los estribos de los puentes se encuentran expuestos a procesos de socavación lateral, observándose rasgos de este proceso erosivo en las márgenes del río, y que puede comprometer a largo plazo la estabilidad de las estructuras.

Fotografía 2-2 Vista a situación de estribos puentes Timba Cauca



Es común observar en las edificaciones cercanas al río en la cabecera de Timba Cauca, marcas de alteración en los muros de las fachadas, que dan muestra de que la lámina de agua del río ha llegado a ascender cerca de 1 metro del nivel de las casas, siendo entonces insuficiente el muro en ciclópeo del río para contener los desbordamientos del río en épocas de lluvias intensas.

Posteriormente se visitó el sector occidental de Timba Valle del Cauca, sobre la margen del río, en donde se pudo apreciar fuertes procesos de socavación lateral, como se muestra en la siguiente fotografía.

Fotografía 2-3 Vista a procesos de socavación en Timba Valle del Cauca



En este sector se observaron al menos tres estructuras de protección contra socavación y desbordamientos del rio, que corresponden a espigones perpendiculares al cauce. Estas estructuras presentan rotura y perdida del material por la socavación lateral del río (ver Fotografía 2-4).

Fotografía 2-4. Perdida de espigones por procesos de socavación



Por último, fue visitado el extremo sur de Timba Cauca, sobre la vía hacia Suarez Cauca, donde sector de cementerio local, donde el rio se encuentra aproximadamente a 45 m de la vía. En este sector se pudo apreciar zonas de encharcamiento paralelas a la vía, así como rasgos de posible socavación en el talud inferior de la vía, probablemente generadas en épocas de ascenso de niveles del río.

Fotografía 2-5 Zona baja sector Pola II

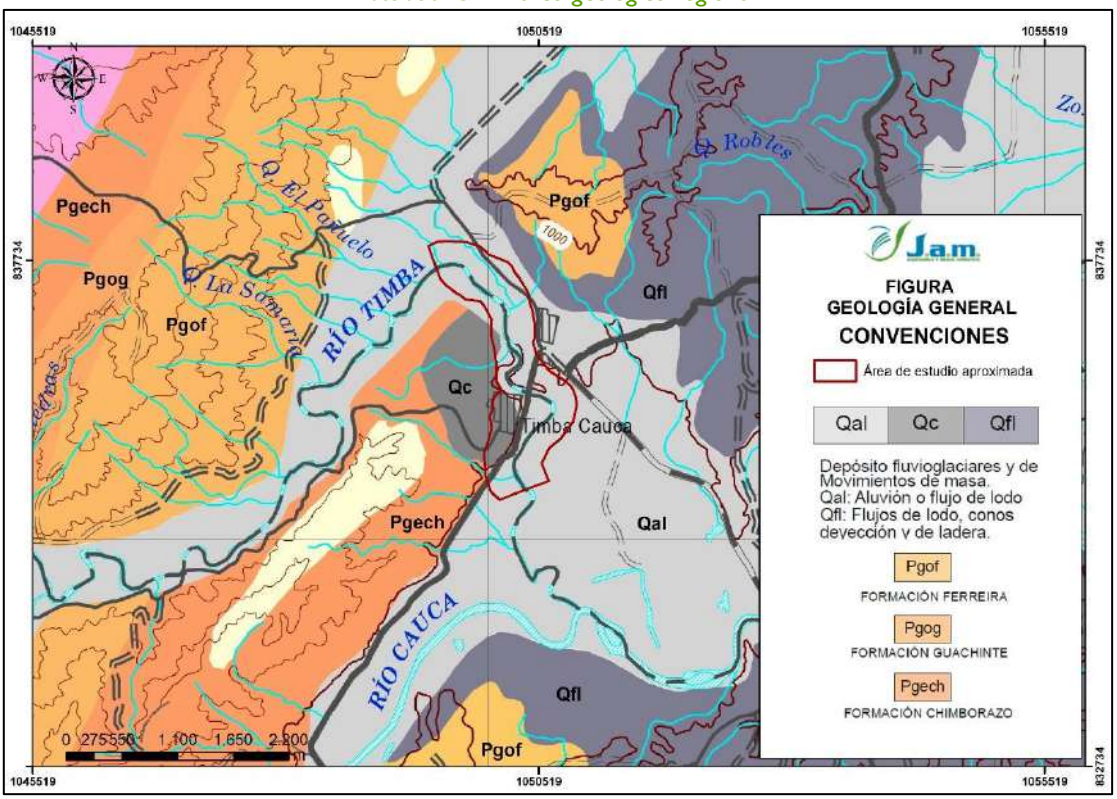


3 CONTEXTO GEOLÓGICO

3.1 GEOLOGÍA REGIONAL

El área de estudio se localiza sobre la cordillera occidental de Colombia, sobre las márgenes del río Timba, a pocos kilómetros de la desembocadura en el río Cauca. Esta zona geológicamente se caracteriza por presentar lomeríos de unidades cenozoicas del Grupo del Cauca, como la Formación Chimborazo (Pgech), Formación Guachinte (Pgog) y Formación Ferreira (Pgof). Igualmente se presentan depósitos cuaternarios no consolidados, de tipo aluvial (Qal), flujos de lodos y conos de deyección (Qfl), depósitos coluviales y fluvioglaciares (Qc).

Ilustración 3-1 Marco geológico regional

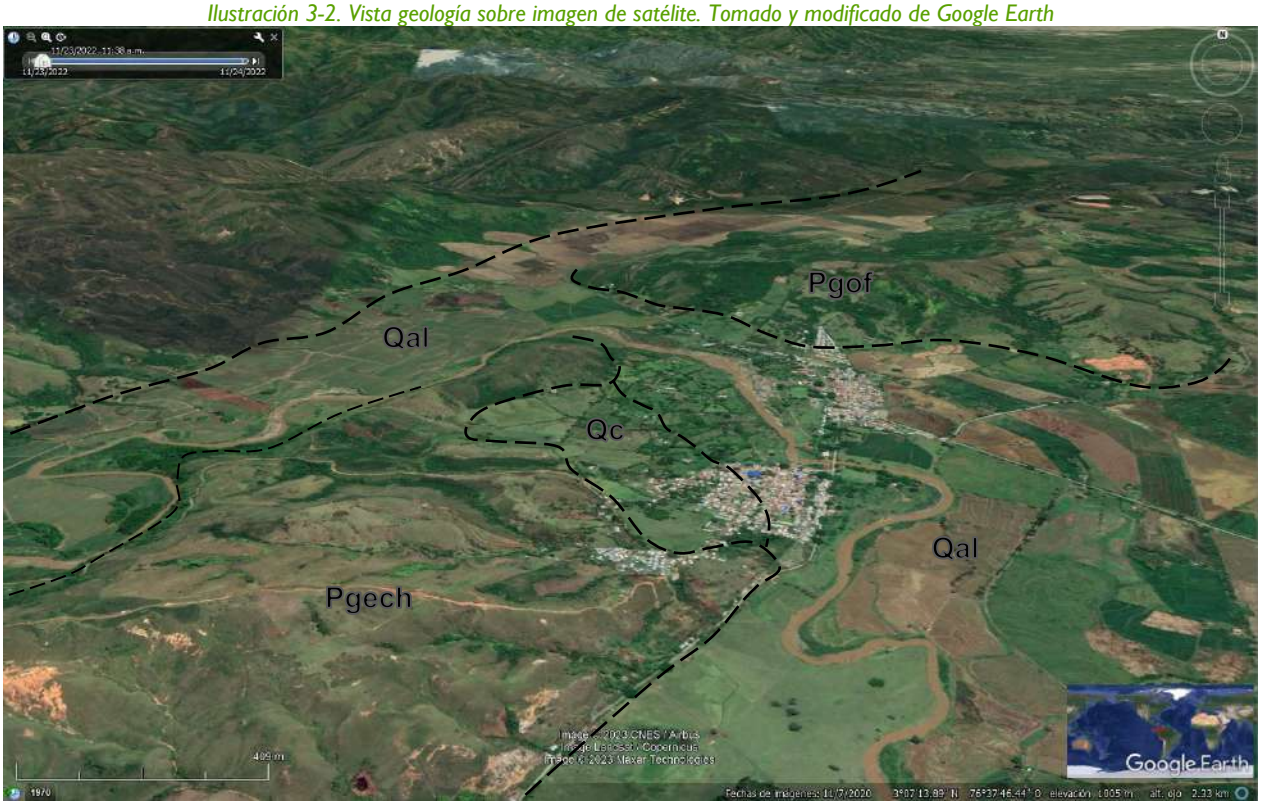


Fuente: tomado y modificado de; Geología de la plancha 320 Buenos Aires. Servicio geológico colombiano antes INGEOMINAS 1999

Al occidente y sur occidente de Timba se presenta una geoforma de lomerío, sobre la cual se tiene la presencia de rocas de la Formación Chimborazo, que se compone de los Miembros Confites, y Miembro Loma Larga. El Miembro Confites se constituye de conglomerado polimíctico, grauvacas, en menor medida de limolita y arcillolitas, y esporádicamente niveles de caliza clástica. El Miembro Loma Larga por su parte de niveles finos como limolitas y arcillolitas predominantemente, así como sales carbonáceos y conglomerados en menor medida.

El río Timba muestra una fuerte desviación en su cauce, transcurriendo de sur a norte y cambiado su curso en sentido NW – SE, "rodeando" el lomerío anteriormente descrito, siendo respuesta del control estructural en la zona, y posible presencia de zona de falla, pues se ve interrumpida la continuidad de la Formación Chimborazo (presente margen derecha del río Timba), y aflorando la Formación Ferreira en la margen izquierda del río (ver Ilustración 3-2).

Ilustración 3-2. Vista geología sobre imagen de satélite. Tomado y modificado de Google Earth



Los depósitos aluviales que componen el valle del río Timba corresponden en mayor medida a depósitos de llanura de inundación, que se constituyen de materiales finos como limos y arcillas, pero igualmente son comunes depósitos de complejos de oríllales antiguos o meandros abandonados, y de niveles de terraza del río, que corresponden a materiales granulares como arenas, gravas y bolos predominantemente.

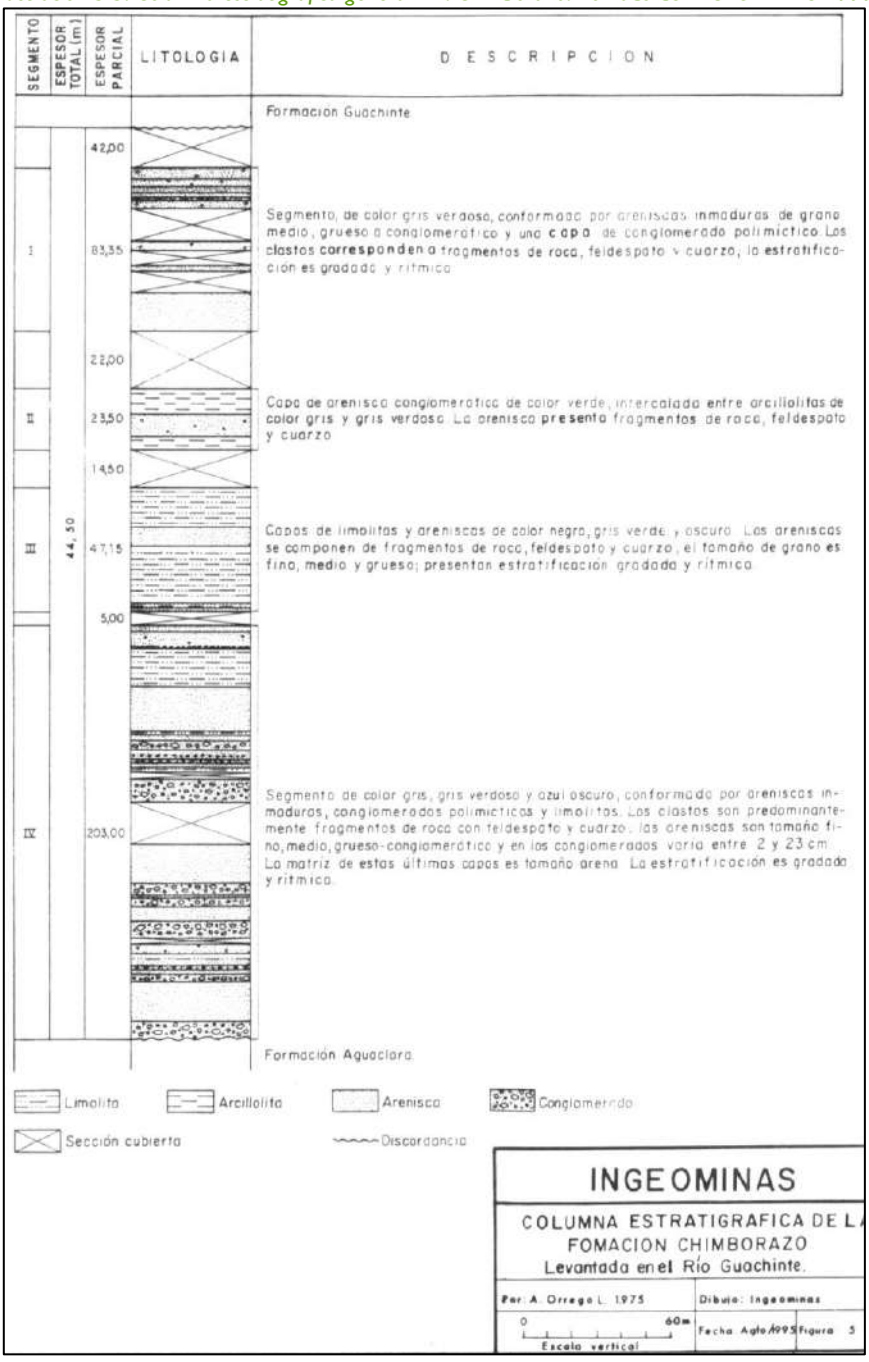
Es probable que el espesor de los depósitos aluviales del valle del río Timba tengan espesores superiores a 30 metros, esto de acuerdo con el ancho del valle y la posible zona de falla antigua que explica la discontinuidad geológica a lado y lado del río.

3.2 ESTRATIGRAFÍA

Formación Chimborazo (Pgech): Unidad geológica a nivel de Formación que hace parte del Grupo Cauca, correspondiente a secuencias de rocas sedimentarias clásticas, dividida en tres miembros. De base a techo, en su parte inferior se presenta la secuencia denominada como Miembro Confites, el cual se constituye de conglomerados polimíctico, areniscas, limolitas,

brechas y arcillolitas. En la parte superior se presenta el Miembro Loma Larga, compuesto por conglomerados areniscas grauvaquicas, limolitas arcillolitas, y areniscas fosilíferas.

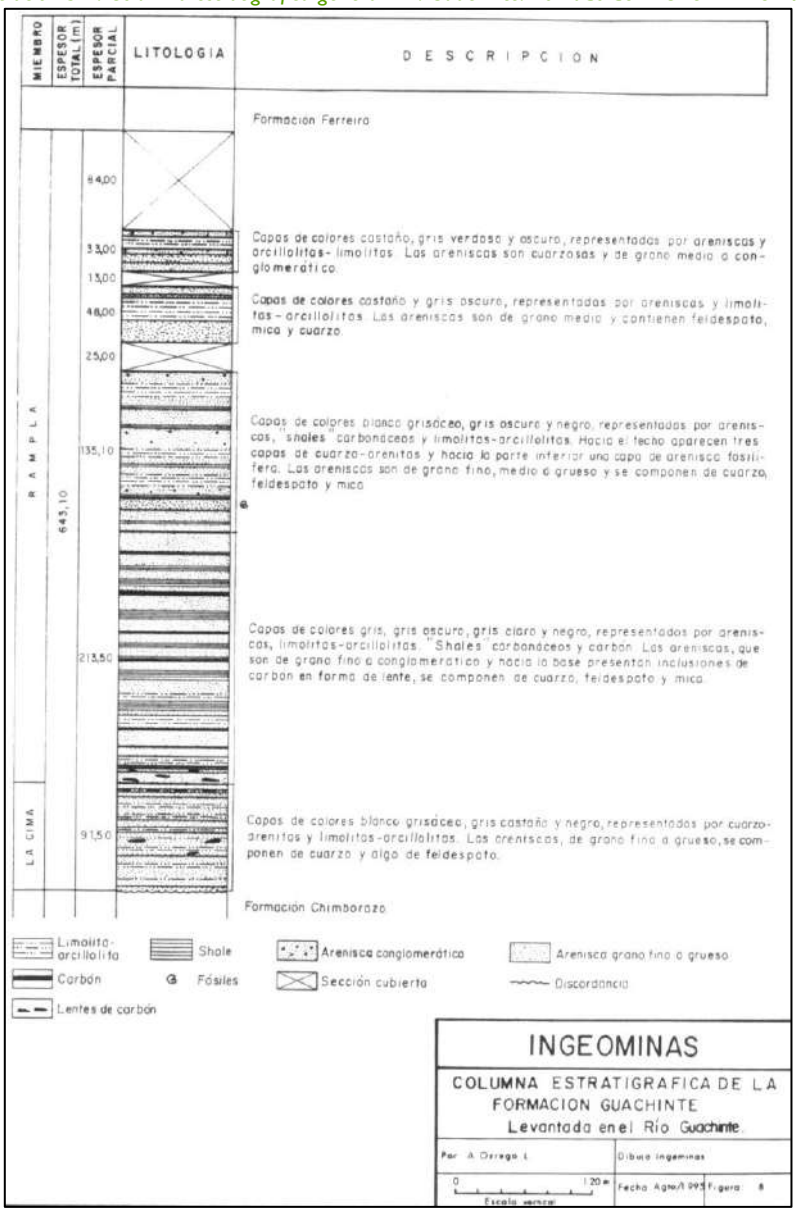
Ilustración 3-3. Columna estratigráfica general Fm. Chimborazo. Tomado de INGEOMINAS 1999



Formación Guachinte (Pgog): Unidad geológica a nivel de Formación que hace parte del Grupo Cauca, constituida por una secuencia de rocas sedimentarias clásticas como areniscas cuarzosas a cuarzo areniscas, areniscas micáceas oscuras, limolitas, arcillolitas shales

carbonáceos, y capas de carbón lenticulares. Esta divida en dos miembros, el inferior corresponde al Miembro La Cima, conformado por capas de cuarzo areniscas con intercaaciones de limolitas y arcillolitas, y el segundo el Miembro Rampla se constituye por areniscas micáceas con intercalaciones de limolitas, arcillolitas con concreciones calcáreas, shales carbonáceos y capas de carbón.

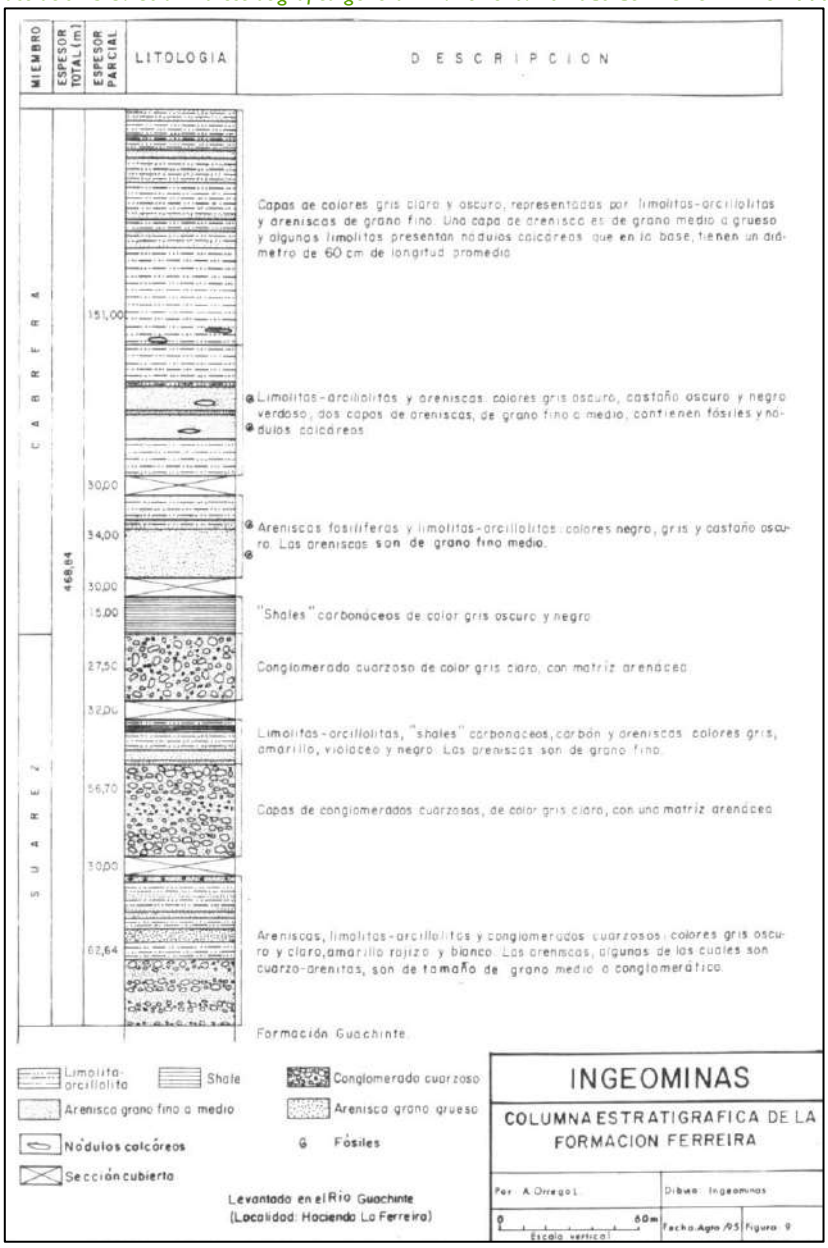
Ilustración 3-4. Columna estratigráfica general Fm. Guachinte. Tomado de INGEOMINAS 1999



Formación Ferreira (Pgof): Unidad geológica a nivel de Formación que hace parte de la parte superior del Grupo Cauca, constituida por una secuencia de rocas sedimentarias clásticas. Se divide en dos miembros que de base a techo corresponden a: Miembro Suarez, conformado por conglomerados cuarzosos de color gris, con areniscas cuarzosas, limolitas, arcillolitas, shales y

capas de carbón. Miembro Cabrera, constituido por areniscas oscuras fosilíferas, con intercalaciones de limolitas, arcillolitas y capas lenticulares de carbón.

Ilustración 3-5. Columna estratigráfica general Fm. Ferreira. Tomado de INGEOMINAS 1999



Flujos de lodos, conos de deyección y de ladera (Qc): Depósitos clásticos cuaternarios asociados con periodos de lluvias intensas durante etapas de levantamiento más reciente de las cordilleras, que erosionan unidades geológicas preexistentes. Presentan drenajes bien desarrollados, y son reconocidos por su morfología colinada a lomada suave, generalmente en el pie o base de las prominencias topográficas locales más notables. Son predominantemente

granulares, compuestos por arenas y bloques, cuya composición se relaciona con la roca parental aflorante en la parte alta de la cuenca.

Depósitos aluviales (Qal): Depósitos cuaternarios localizados en las márgenes de los ríos y quebradas, dando lugar a superficies del terreno con morfologías relativamente planas a levemente inclinadas y onduladas, originadas por erosión de las corrientes de agua y transporte de sedimentos que son depositados al llegar a zona de baja pendiente. Se conforman por arenas, gravas redondeadas, limos, arcillas, con espesores no mayores a 50 metros.

Esta unidad agrupa depósitos de playa o barras aluviales, meandros antiguos, terrazas, sedimentos finos de planicies de inundación, y el lecho actual de los cauces.

3.3 GEOLOGÍA ESTRUCTURAL

La zona de estudio se encuentra sobre el flanco oriental de la cordillera occidental de Colombia, siendo una provincia caracterizada por un estilo estructural de acreciones de materiales rocoso-volcánicos exógenos contra rocas continentales. Los terrenos acrecionados desde el occidente hacia el continente, generaron esfuerzos compresivos que definen las discontinuidades de contactos regionales, que representan cada episodio de acreción o adosamiento de la corteza oceánica. Igualmente fueron generados fallamientos paralelos a la cordillera por la deformación de los materiales.

Las fallas presentes en la región tienen una dirección preferencial Norte-Sur a Nor-noreste, siendo predominantemente de cabalgamiento profundas, con vergencia al occidente. Se presentan fallas secundarias oblicuas.

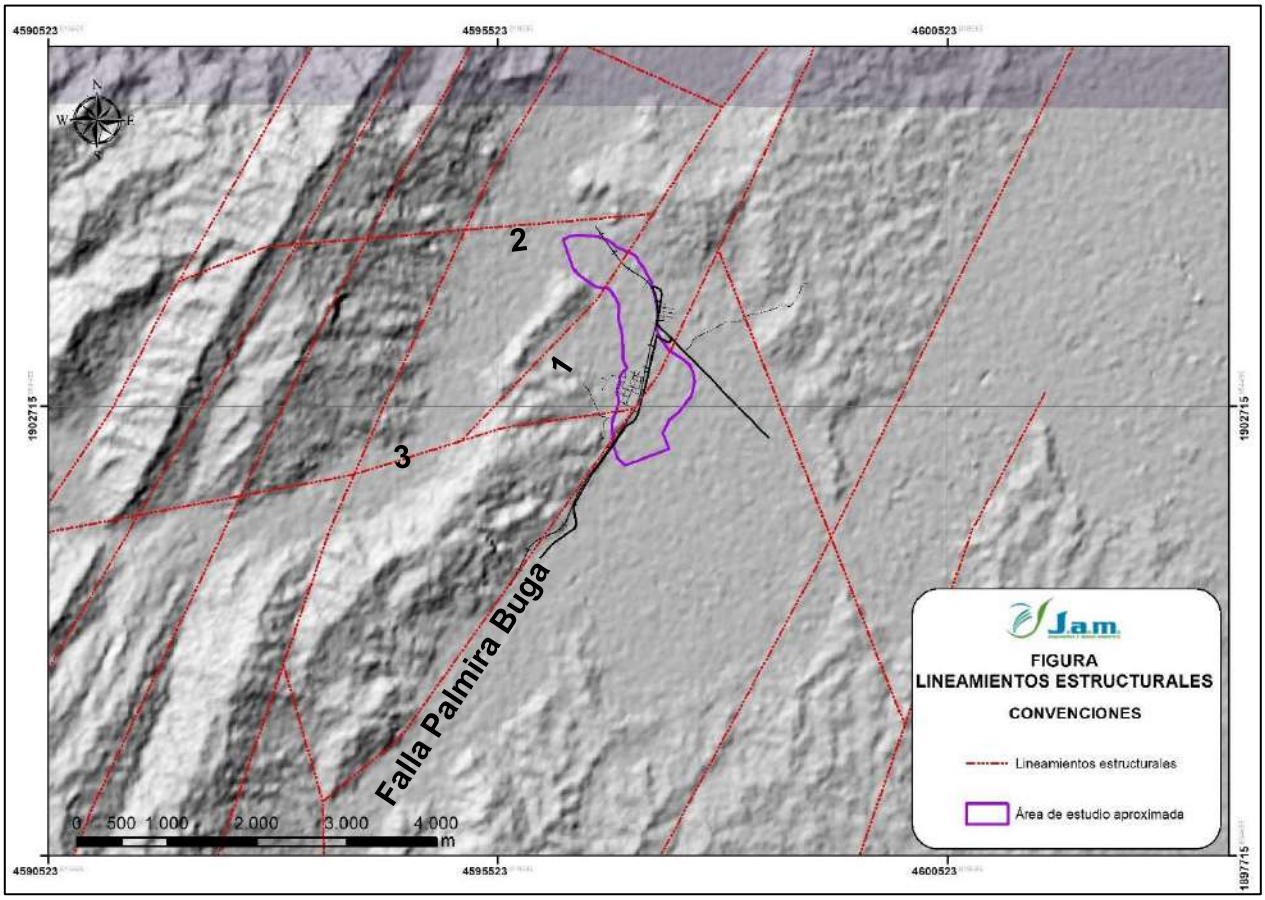
De acuerdo con el Servicio geológico colombiano, en su memoria explicativa del mapa geológico del departamento del Cauca, la zona de estudio se encontraría atravesada por la Falla Palmira-Buga la cual tiene una dirección general SW-NE como se muestra en la Ilustración 3-6. La Falla de Palmira-Buga corresponde a una falla de tipo de cabalgamiento con rumbo preferencial norte-sur a noreste y con vergencia al oeste.

Ilustración 3-6. Geología estructural Regional departamento del Cauca



Al realizar un estudio semi regional a local de rasgos estructurales presentes, se puede observar la presencia general de lineamientos con dirección NE-SW que limitan bloques estructurales, y son coincidentes con lo descrito de manera regional. Es probable que la Falla de Palmira Buga, tenga una fuerte incidencia en el estilo estructural de la zona, siendo reconocido el posible trazo principal de la Falla justo al sur de la cabecera del corregimiento de Timba Cauca, como se muestra en la siguiente ilustración.

Ilustración 3-7. Lineamientos estructurales en zona de estudio



Es interesante notar el cambio fuerte de rumbo del río Timba, pues al salir de la cordillera tiene un sentido hacia el NW, posteriormente al entrar al área de estudio cambia a W-E y por último viaja hacia el SE. Esto puede ser explicado por la presencia de los lineamientos identificados, donde se tiene que, el lineamiento 3 controla el valle del río Timba en la salida de la cordillera, y los lineamientos 1 y 2 generan desvíos en el trazo normal del río siendo límites estructurales para el mismo, pues lo obligan a rodar los macizos rocosos expuestos.

4 ESTUDIO GEOMORFOLÓGICO

4.1 GEOFORMAS LOCALES

A continuación, se describen las geoformas locales identificadas en campo y en el análisis geomorfológico multitemporal que se describe en el siguiente apartado. Estas geoformas están a nivel de componentes geomorfológicos por su escala de trabajo detallado de delimitación.

Cauce aluvial: Geoforma de origen fluvial, con morfología de canal, excavado por corrientes de agua superficial permanentes o intermitentes, que en el caso del área de estudio corresponde al cauce del río Timba. Este río es de tipo meándrico**,** con tramos trenzados por el alto contenido y deposición de sedimentos aluviales como barras, que dividen el cauce principal en “brazos” o múltiples canales menores. Se constituye de sedimentos granulares como arenas gravas redondeadas, y bolos.

Barras aluviales: Geoformas de origen fluvial, constituidos de sedimentos gruesos como arenas, gravas redondeadas y bolos. Se localizan dentro o en las márgenes de cauces aluviales, y son originadas por deposición de sedimentos cuando el cauce aluvial pierde energía y no tiene la capacidad de seguir transportándolos. Tienen formas elongadas, curvas o de medialuna, siendo suavemente inclinadas y onduladas en perfil. Pueden ser puntuales, longitudinales o compuestas de acuerdo con su posición respecto al cauce.

Para el área de estudio son abundantes justo después del cambio en el rumbo del cauce aluvial, cuando pasa a tener un flujo hacia el suroriente, ya que sale de una zona de control estructural donde el cauce es estrecho controlado por rocas de la Formación Chimborazo, y llega a una zona donde se amplía el valle o llanura de inundación, además de existir una disminución en la pendiente del cauce.

Llanura de inundación: Planicie de origen fluvial, con pendientes muy bajas menores a 5° de inclinación en general, localizada en las márgenes del cauce aluvial, y limitadas por cambios de pendientes como terrazas aluviales o altos topográficos que definen el valle. Representa la superficie del terreno que presenta mayor susceptibilidad a fenómenos de inundación por desbordamiento del río, y en el área de estudio enmarca la zona de divagación del río Timba en al menos los últimos 70 años. Se constituye predominantemente de sedimentos finos, arcillas y limo, pero al presentarse dentro de estas meandros abandonados y complejos de oríllales antiguos se presentan zonas y secuencias con niveles o lentes de arenas gravosas y bolos.

Terrazas: Geoforma de origen fluvial, con forma de plano elongado, de morfología plana a suavemente ondulada, compuesta por sedimentos aluviales gruesos como gravas y bolos en una matriz de arena limosa. Se diferencian en la zona de estudio al menos tres niveles de terraza, de acuerdo con su posición y altura respecto al lecho del río Timba, nombrados como: terraza baja, terraza media y terraza alta.

Meandro antiguo: Geoforma de origen fluvial, que conformaba un tramo sinuoso o curvo antiguo del río Timba, que fue abandonado por estrangulamiento o deriva lateral del cauce. Esta superficie es temporalmente inundable, y se constituye de sedimentos finos, con variación lateral hacia sedimentos gruesos.

Cono de deyección: Geoforma de origen denudacional a fluvial, que conforma una superficie del terreno en forma de "cono" o abanico, con pendientes o inclinaciones de la ladera aproximadamente entre 5° y 10°. Se localiza en sobre zonas con cambios de pendiente fuerte, siendo una zona de deposición de sedimentos erosionados desde las prominencias o alto topográficos adyacentes. Se componen de arenas y gravas predominantemente.

Cerro residual: Geoforma de origen morfogenético denudacional, que conforma una prominencia topográfica aislada. Con morfología alomada o colinada, cimas redondeadas, y laderas rectas a convexas. Se relaciona a procesos de meteorización diferencial sobre rocas y suelos residuales de la Formación Chimborazo en la zona de estudio**.**

4.2 ANÁLISIS GEOMORFOLÓGICO MULTITEMPORAL - MORFODINÁMICA

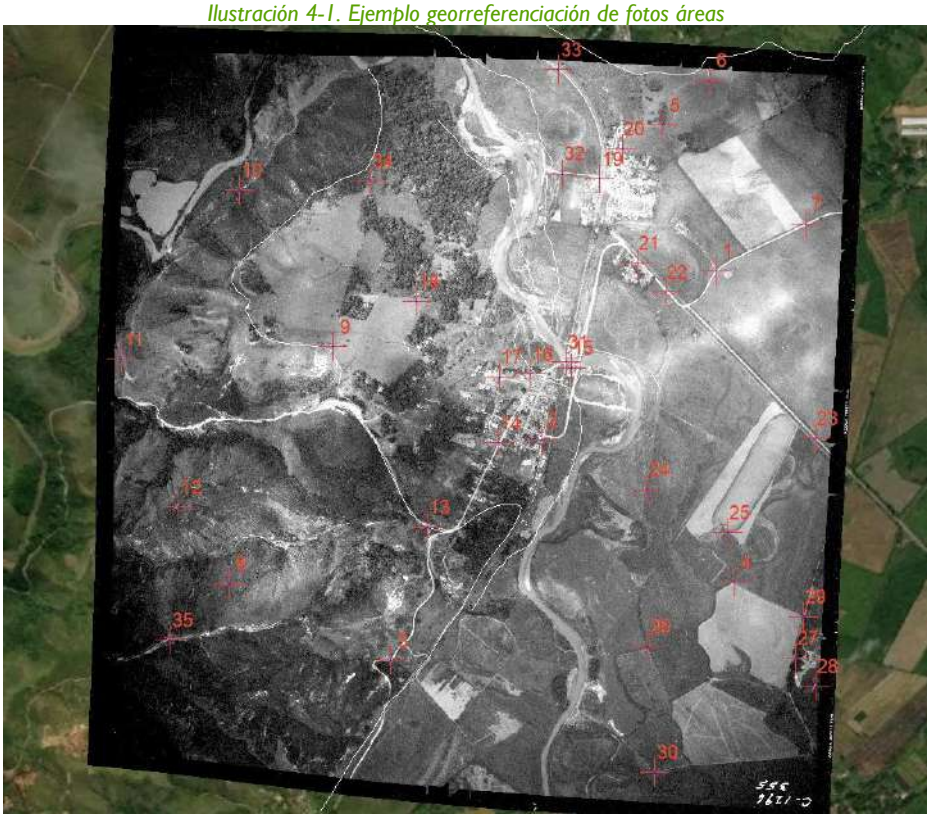
A partir de la recopilación de imágenes históricas de sensores remotas, se realizó un análisis de evolución morfodinámica y morfológica multitemporal del sector, con el fin de apoyar el diagnóstico sobre los procesos de socavación lateral y desbordamientos del río Timba desde el componente geológico y geomorfológico. Las imágenes recopiladas y utilizadas se relacionan en la siguiente tabla:

Tabla 4-1. Relación imágenes sensores remotos utilizadas

IMAGEN/PLANCHA	Tipo	FECHA	ESCALA/RESOLUCIÓN	FUENTE	FOTO
R-371	Fotografías aéreas	8/02/1957	1:20000	IGAC	159-160
C-1296	Fotografías aéreas	3/02/1970	1:10300	IGAC	354-355-356
C-2062	Fotografías aéreas	12/08/1982	1:47600	IGAC	133
C-2459	Fotografías aéreas	10/09/1991	1:36300	IGAC	157
GE-03-2000	Imagen satelital	10/03/2000	1 metro	Google Earth	NA
GE-05-2009	Imagen satelital	13/05/2009	1 metro	Google Earth	NA
GE-03-2018	Imagen satelital	3/10/2018	1 metro	Google Earth	NA
Basemap ArcGIS	Imagen satelital	2022	50 cm	ArcGIS	NA

Las imágenes anteriormente enlistadas hacen parte de las recopiladas para el desarrollo del estudio, y será complementada la fotointerpretación durante el proyecto. Con el fin de dar mayor precisión al estudio, las fotografías aéreas fueron georreferenciadas en software GIS, con al menos 30 puntos de foto control, y utilizando la técnica de SPLINE.

Ilustración 4-1. Ejemplo georreferenciación de fotos áreas

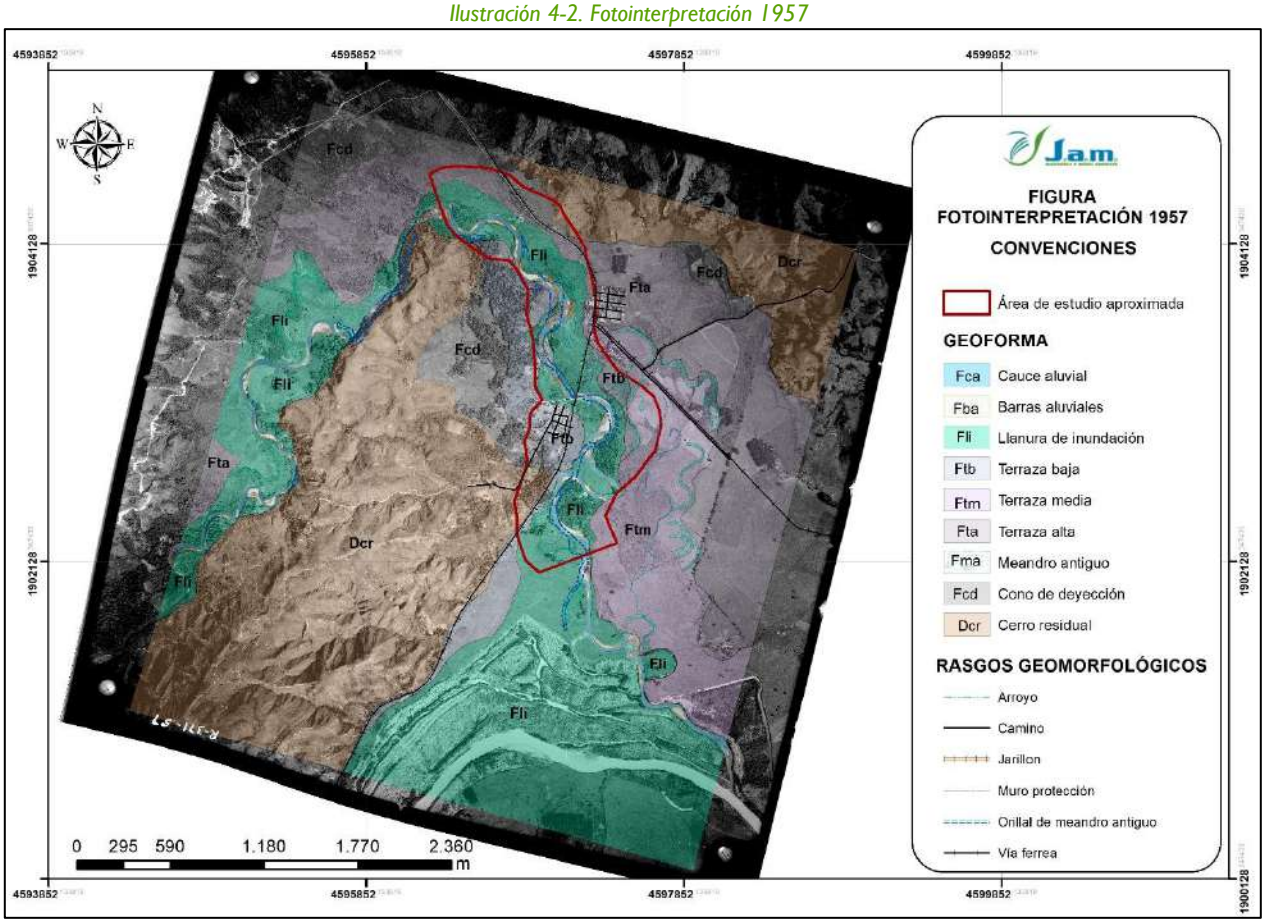


4.2.1 1957

Como fotografía aérea de mayor antigüedad se cuenta con fotografías del vuelo R-371 del año 1957, en estas puede observarse que el río Timba presenta una morfología de río meándrico, con fuerte divagación lateral, pues se observan frecuentes vestigios de meandros abandonados en la llanura de inundación del río. Se puede apreciar también la presencia de tres niveles de terraza del río (Terraza baja, terraza media, y terraza alta), estando el corregimiento de Timba Cauca emplazado sobre depósitos de terraza baja del río, mientras que Timba Valle del Cauca se encuentra sobre una terraza alta del río.

Por otra parte, se observa para esta época la presencia de la vía férrea y la estructura de muro en ciclópeo de protección de orilla en Timba ya existía en ese momento, con igual geometría y longitud a la actual. También se resalta que se pudieron observar jarillones y espolones a lo largo del río en la margen izquierda del mismo a la altura de Timba Valle del Cauca.

Ilustración 4-2. Fotointerpretación 1957

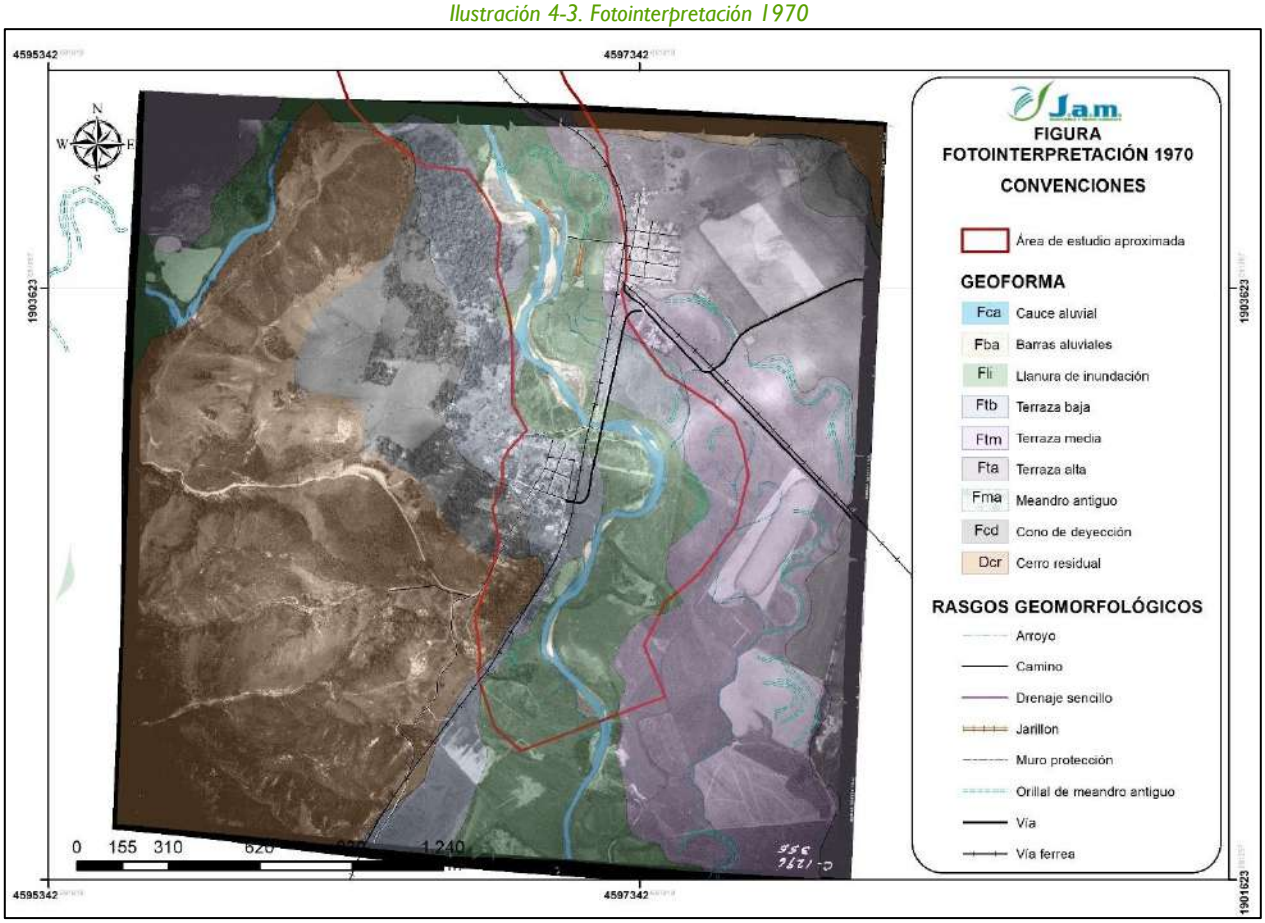


4.2.2 1970

Fue igualmente georreferenciado e interpretado el vuelo C-1296 de 1970, en el que se apreció una divagación fuerte del río Timba respecto a 1957, y crecimiento poblacional en el sector. Algunos de las estructuras de contención observados en la época anterior ya no están presentes para este periodo, probablemente debido la divagación del río que se llevó esas estructuras. Por otro lado, aparecen jarillones paralelos a la margen del río, a la altura de Timba Valle del Cauce, construidas probablemente para contener los desbordamientos del río en este sector.

Para el corregimiento de Timba Cauca, resalta la construcción de vía y puente vehicular que comunica el Valle del Cauca con el Cauca, hacia el municipio de Suarez. Se puede observar que el cauce del río Timba incide contra el muro de protección de forma tangente, prácticamente contra el estribo del puente de la vía férrea.

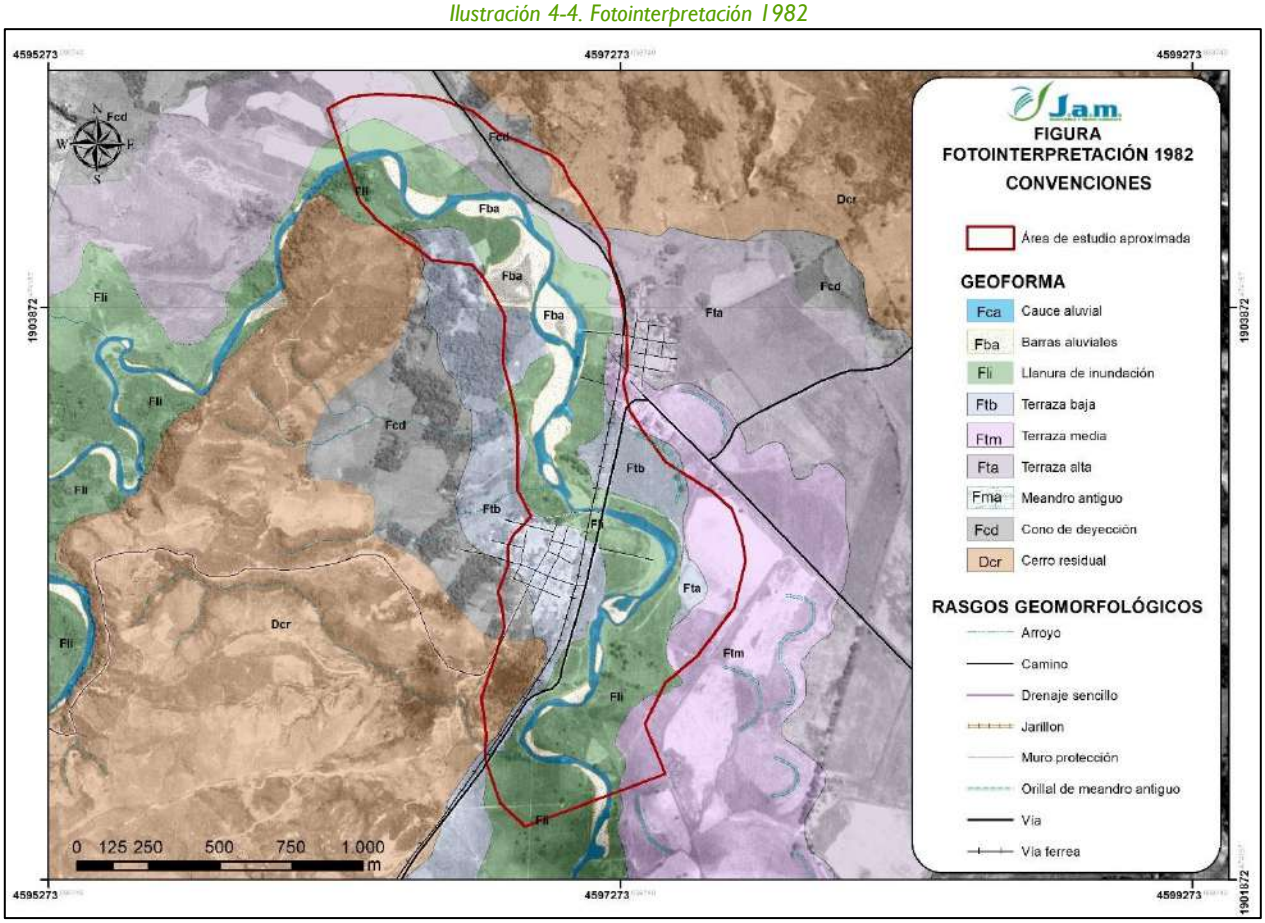
Ilustración 4-3. Fotointerpretación 1970



4.2.3 1982 a 1991

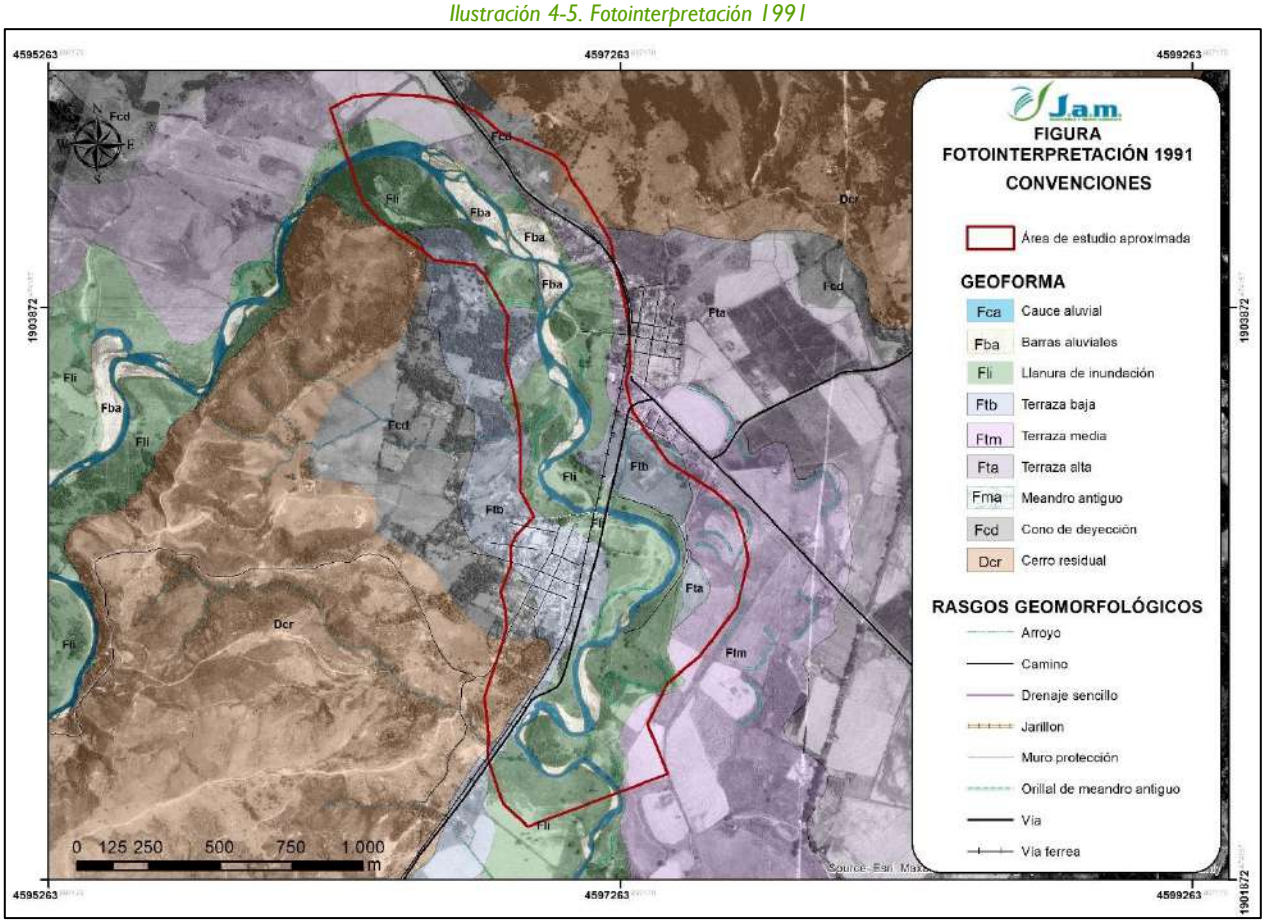
Para el año 1982 fue fotointerpretado el vuelo C-2062, con fecha de toma el día 12 del mes de agosto, se puede observar presencia de abundantes barras aluviales (playones, barras centrales, barras laterales), debido a que corresponde probablemente a una época de bajo caudal del río Timba. Se aprecia una divagación del río hacia el suroccidente en la zona que impacta sobre el muro de protección y estribos de puentes, y ausencia en otros puntos del río de estructuras de protección de orilla como jarillones o espolones.

Ilustración 4-4. Fotointerpretación 1982



Para el año 1991, se cuenta con el vuelo C-2459, en el cual se puede apreciar que continua la divagación del río hacia el suroccidente en el punto de contacto con el muro de protección en ciclópeo. Hacia el sur del corregimiento de Timba Cauca, el meandro cercano a la vía vehicular (extremo sur del área de estudio) muestra rasgos de probable estrangulamiento futuro, ya que su sinuosidad en este tramo ha aumentado considerablemente, generando un meandro con morfología de circunferencia casi completa (ver Ilustración 4-5).

Ilustración 4-5. Fotointerpretación 1991

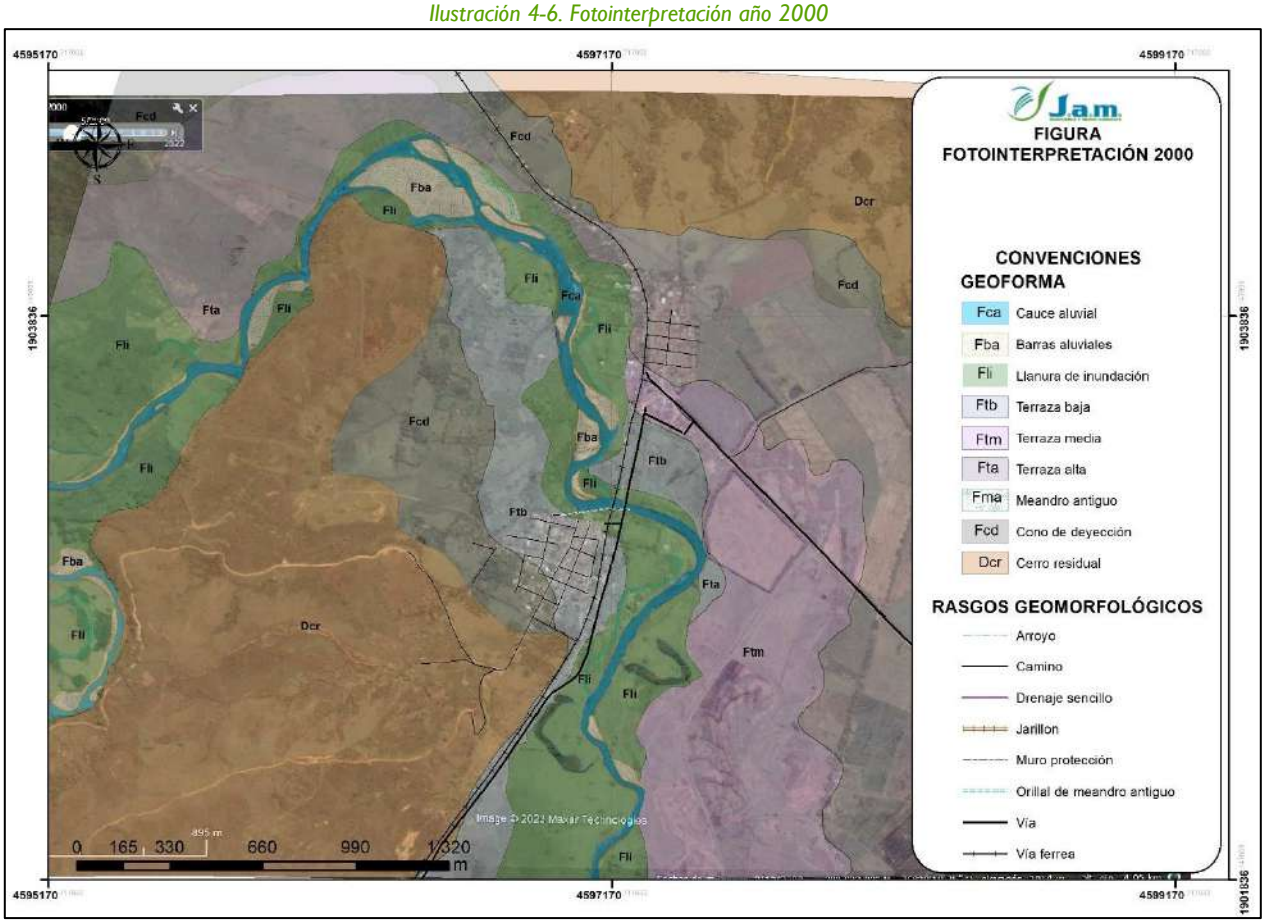


4.2.4 2000 a 2018

Como fue expuesto en el periodo anterior (1991) era probable el estrangulamiento de meandro en el sur de la zona de estudio, cercano a la vía hacia el municipio de Suarez, situación que ocurrió en el lapso de 1991 al año 2000, pues sobre la imagen satelital de Google Earth de mayor del año 2000 se tiene un trazo del cauce del río Timba mucho más recto, y la presencia de dos meandros abandonados en el sector (ver Ilustración 4-6).

Es relevante también notar que continua la divagación al suroccidente del meandro del río Timba que incide sobre el muro de protección, estructura que continua sin cambios en su geometría o posición, dando cuenta que ha resistido con los años.

Ilustración 4-6. Fotointerpretación año 2000



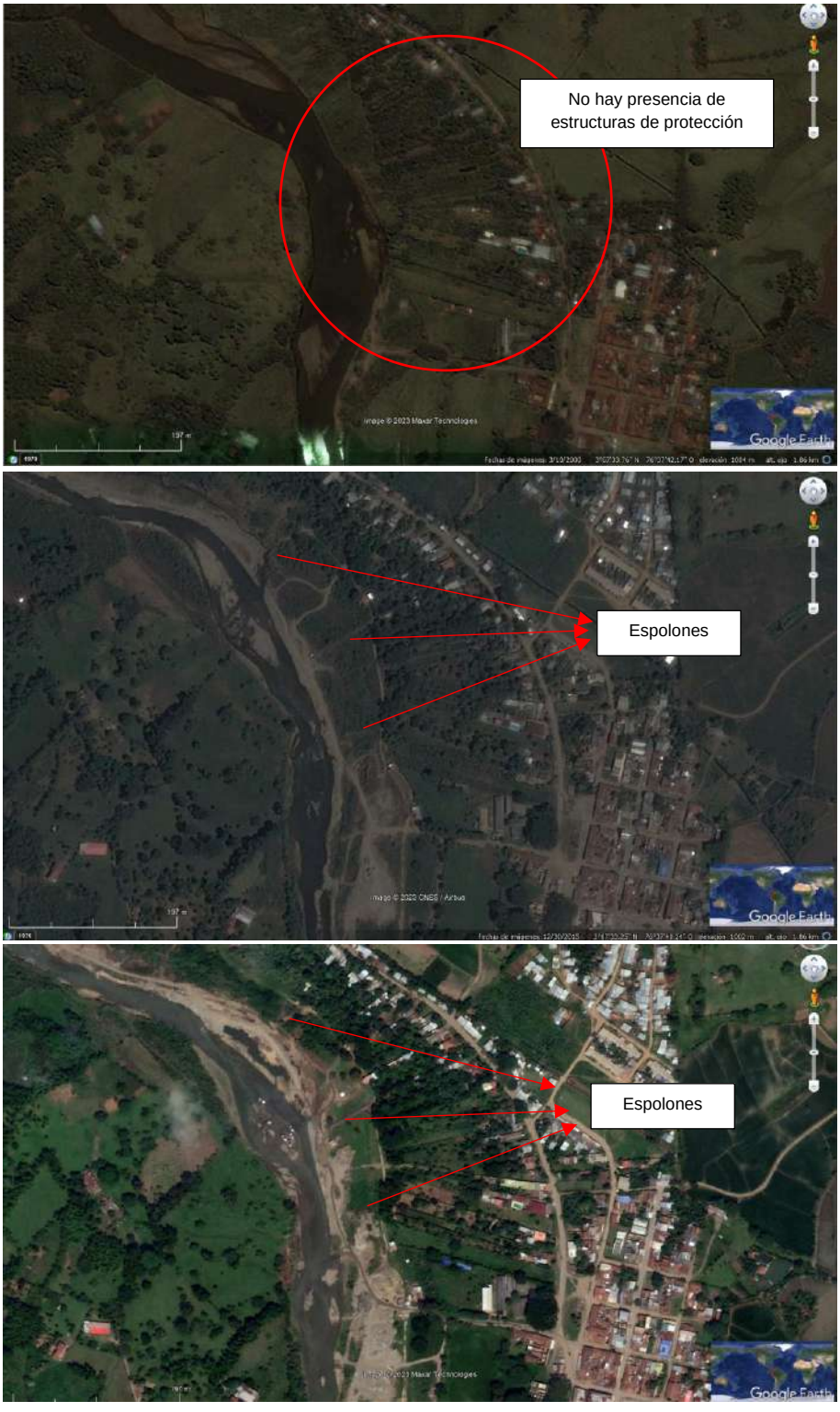
Para el año 2018 se resalta que el trazo del río Timba en la zona del muro en ciclópeo presenta una morfología mucho más recta, incidiendo contra el muro y generando un ángulo recto de prácticamente 90°, conservándose un pequeño drenaje auxiliar al occidente que concuerda con el trazo del cauce para los años 1991 a 2000. Igualmente, en esta imagen satelital se aprecia con claridad la presencia de un pequeño arroyo que descarga en la margen izquierda del río al oriente del estribo del puente vehicular.

Ilustración 4-7. Rasgos importantes para el año 2018



Al revisar con detalle la evolución morfológica del río Timba a la altura de Timba Valle del Cauca (ver Ilustración 4-8), se puede apreciar un crecimiento poblacional sobre la llanura de inundación del río (margen izquierda aguas abajo) hasta el año 2000, que fue detenida por la socavación lateral del río. Para el año 2015 se observa la presencia de estructuras de protección de orilla como espolones perpendiculares al cauce, construidos con el fin de mitigar la socavación lateral en este punto. Dichas estructuras para el año 2018 habían sido parcialmente destruidas, ya que su longitud es menor que la inicial. Como fue descrito en el apartado 2.3 Visita de reconocimiento inicial, estos espolones fueron afectadas por socavación lateral y es probable que continue la tendencia del río de erosión intensa en este sector.

Ilustración 4-8. Detalle de espolones construidos en margen izquierda del río, Timba Valle del Cauca. A) año 2000. B) año 2015. C) año 2018

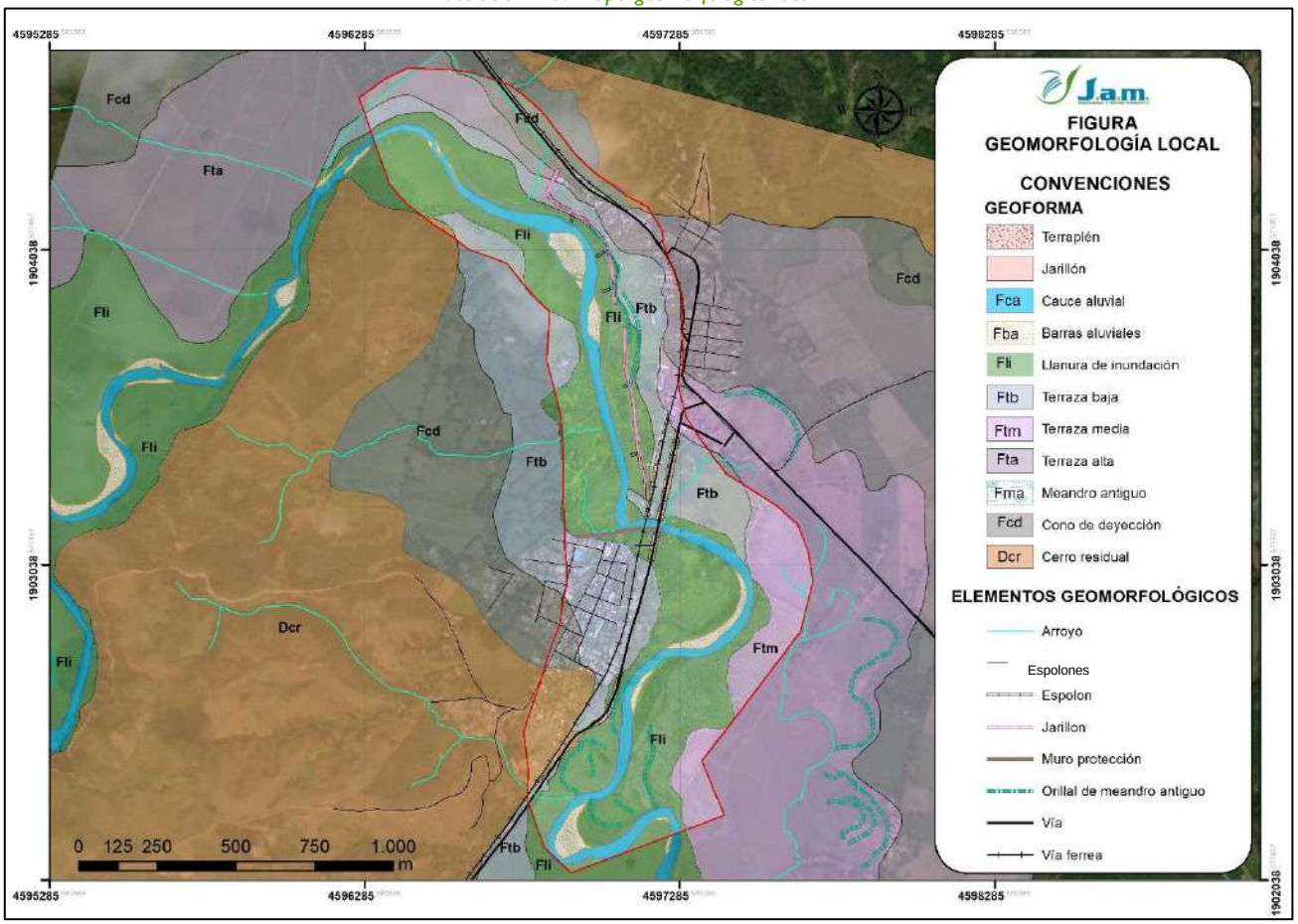


4.2.5 Situación actual

Con imágenes satelitales actuales (finales del año 2022), así como la reconstrucción e interpretación histórica realizada, fue generado el mapa geomorfológico local (ver Ilustración 4-9), en el que se definen y delimitan las geoformas presentes en el área de estudio, y rasgos geomorfológicos característicos que dan cuenta de la geodinámica de la zona. Es importante resalta que la geoforma "Llanura de inundación" además de la interpretación morfológica y morfométrica, tiene en cuenta el trazo del río Timba desde el año 1957, correspondiendo entonces a una superficie del terreno donde históricamente ha divagado el río y presenta la mayor susceptibilidad a procesos de erosión como socavación lateral, así como a inundación por desbordamientos del río en épocas de lluvias intensas.

En la actualidad se presenta una incidencia del río Timba de forma recta o directa sobre la estructura de protección (muro en ciclópeo). Se presentan estructuras de protección de orilla a lo largo del río, teniéndose al menos tres espolones en la margen izquierda del río a la altura de la cabecera de Timba Valle del Cauca.

Ilustración 4-9. Mapa geomorfológico local



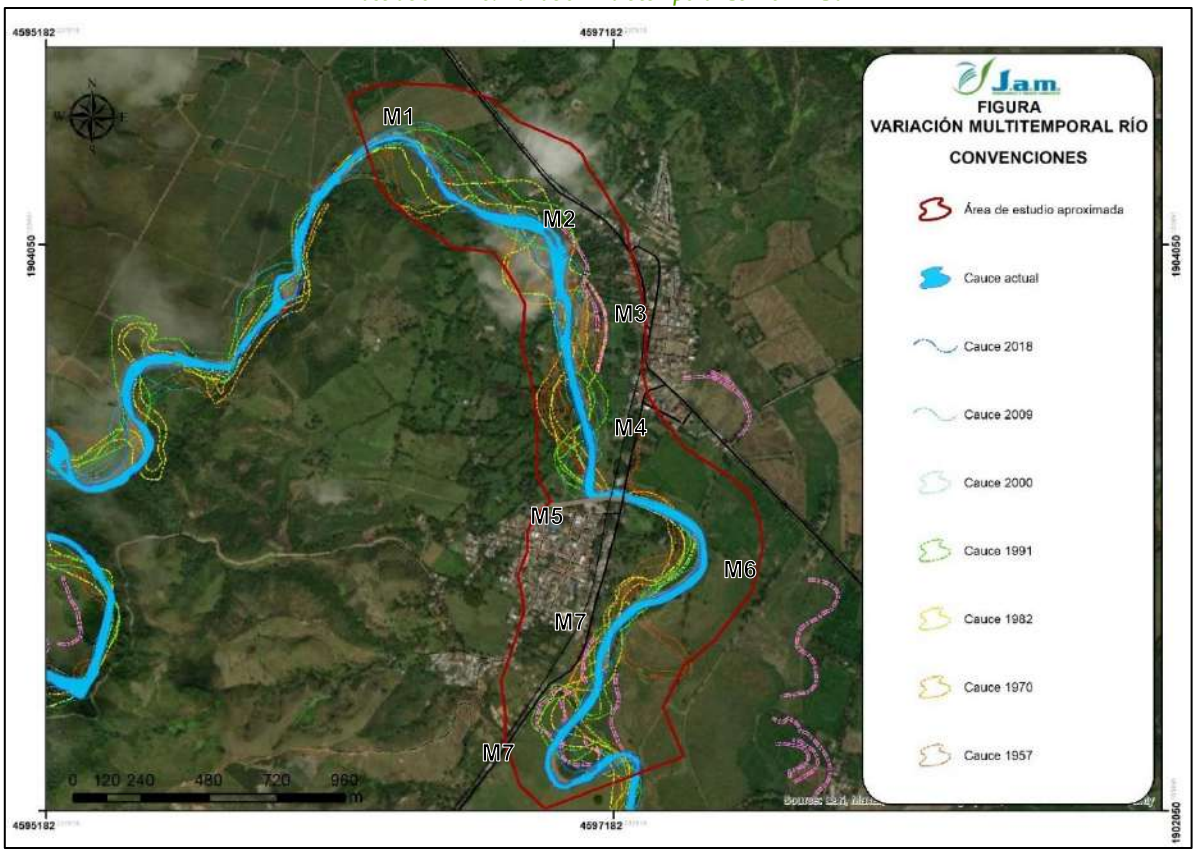
4.2.6 Variación morfológica multitemporal del río Timba

Con el fin de observar con mayor claridad las variaciones morfológicas del río Timba, dadas por la divagación histórica del cauce, fueron superpuestos los trazos del cauce de imágenes de sensores remotos interpretadas (ver Ilustración 4-10). Fueron nombrados los meandros principales del cauce a lo largo del área de estudio como M1 al M7.

El meandro 1 (M1) para los años 1957 y 1970 se encontraba recostado hacia el sur, y fue progresivamente desplazándose hacia el norte cambia incluso su orientación, alcanzando su posición más norte para el periodo 2000 a 2009, y posteriormente moviéndose nuevamente un poco hacia el suroccidente hacia su posición actual.

El meandro 2 (M2) corresponde a un tramo del río con una divagación muy fuerte y rápida, estando recostado en el año 1957 hacia el occidente, y actualmente hacia el oriente. En esta zona son predominantes grandes barras aluviales y los cambios morfológicos son dados entre épocas de alto y bajo caudal, ya que cuando el río no tiene suficiente energía para transportar los sedimentos da lugar a sedimentos granulares gruesos en las barras aluviales, y en épocas de alta energía son erosionados dichos depósitos.

Ilustración 4-10. Variación multitemporal del río Timba



Los meandros 3 y 4 (M3 y M4) a pesar de actualmente corresponden a un tramo relativamente recto del río (baja sinuosidad), se puede apreciar que han divagado fuertemente al igual que el meandro 2, recostándose en épocas hacia el oriente y generando socavación lateral fuerte de esa zona (margen izquierda del río a la altura de la timba Valle del Cauca), donde como fue expuesto se han construido múltiples estructuras de protección de orilla, que a lo largo de la historia han sido erosionadas y remplazadas.

El meandro 5 (M5) como ya fue mencionado inicialmente, año 1957, incidía de forma diagonal a contra la estructura, muro en ciclópeo de este sector. Luego fue migrando hacia el sur occidente hasta que aproximadamente para el año 2018 tomo una morfología mucho más recta, incidiendo casi a 90° contra la estructura de protección.

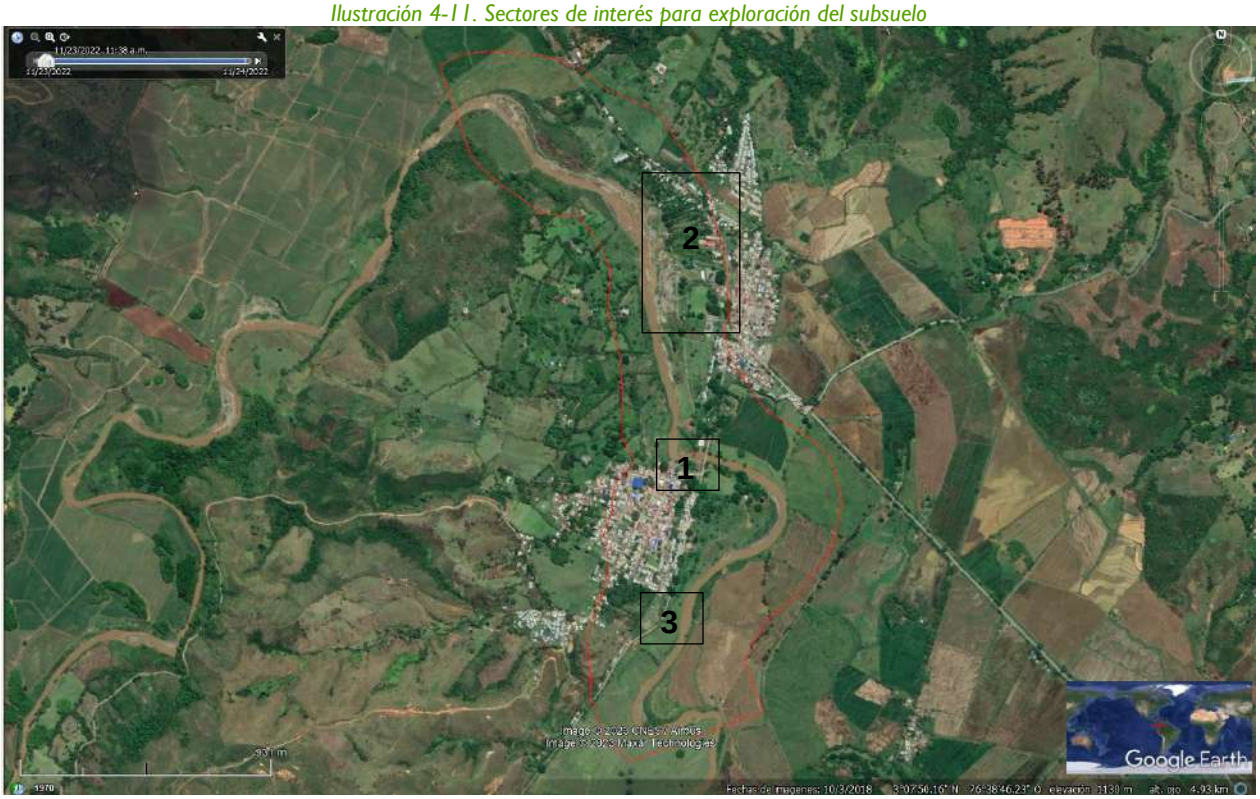
El meandro 6 (M6) muestra un desplazamiento histórico hacia el suroriente, ampliando su radio progresivamente, controlado en parte por la trayectoria del agua posterior a su incidencia sobre el muro de protección y estribos de los puentes.

4.3 PUNTOS CRÍTICOS O DE MAYOR INTERÉS DESDE EL PUNTO DE VISTA GEOMORFOLÓGICO

Para la definición de puntos de mayor interés para la exploración del subsuelo, se tienen en cuenta los condicionantes geomorfológicos, así como la presencia de infraestructura a conservar. De manera general desde el componente geológico-geomorfológico se reconocieron tres zonas donde se hace necesario adelantar trabajos de exploración, pues es probable que se requieran diseñar obras de control de desbordamiento y socavación del río.

En la siguiente ilustración se muestran los tres puntos o zonas claves donde se requiere exploración, y más adelante será sustentada cada uno de ellos.

Ilustración 4-11. Sectores de interés para exploración del subsuelo



El sector 1 corresponde a la zona donde se encuentran implantados los puentes (férreo y vehicular), así como el muro en ciclópeo de protección ante la socavación del río. En esta zona como se indicó anteriormente se observan rasgos que indican el desbordamiento del río, así como procesos de socavación lateral en los estribos del puente. Geomorfológicamente esta zona corresponde a la llanura de inundación del río, en la que se tiene fuerte divagación lateral de este.

El sector 2 como se expuso en las Fotografía 2-3 y Fotografía 2-4, corresponde a una zona de llanura de inundación con evidencias de fuerte socavación lateral y desbordamientos, donde históricamente se tienen espigones que buscaban mitigar los problemas, y donde existen edificaciones que se ven afectadas en las crecientes del río Timba.

Por su parte el sector 3 se trata de una zona donde la vía principal de comunicación hacia el municipio de Suarez Cauca se ve amenazada ante socavación lateral y desbordamientos del río, y donde en los años 1957, antes de la construcción de la vía, se encontraba un meandro activo del río Timba.

5 ESTUDIO GEOLÓGICO LOCAL

Posterior al trabajo de fotointerpretación y recopilación de información, se realizó una visita de trabajo de campo detallado, con el fin de reconocer las unidades geológicas aplicadas para ingeniería presentes en el área de estudio, afinar contactos y trazo de geoformas identificadas, y describir cada uno de los materiales de manera detallada.

5.1 UNIDADES GEOLÓGICAS LOCALES PARA INGENIERÍA

Formación Chimborazo (Pgech):

- **Rocas blandas meteorizadas (Rbch):** Corresponde a predominantemente de arcillolitas color rojizo blandas, muy fracturadas, de las cuales fueron diferenciadas 4 familias principales de discontinuidades y algunas sueltas. No fue posible diferenciar con claridad el plano de estratificación, pero se observó un nivel de limolitas amarillas cortando de manera vertical el afloramiento mostrado en la Ilustración 5-1.

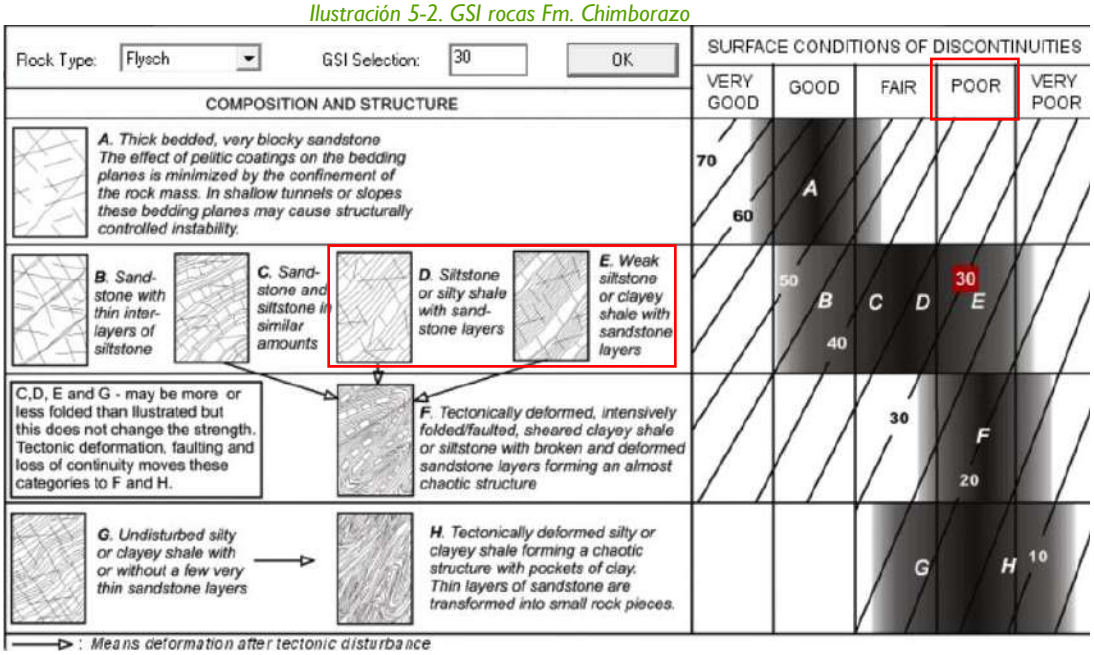
Ilustración 5-1. Afloramiento de rocas Fm. Chimborazo en deslizamiento de cuña



Se presentan entonces niveles de capas de limolitas blandas, también de acuerdo con los suelos residuales observados y clastos en depósitos coluviales, se presentan localmente capas de areniscas conglomeráticas y conglomerados.

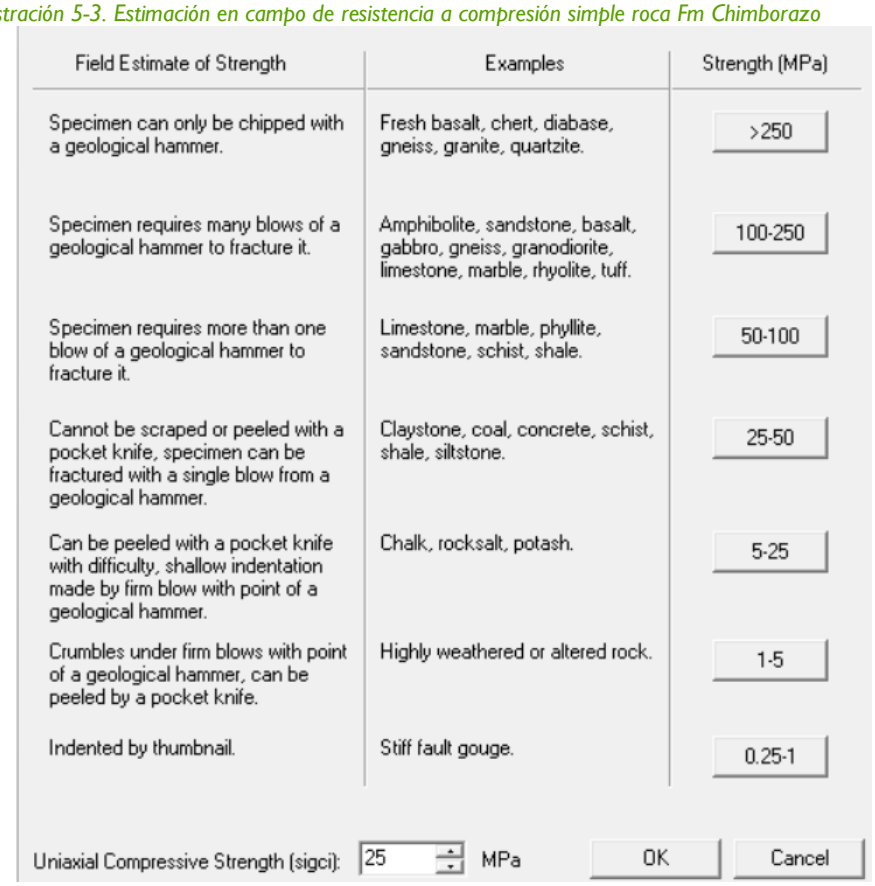
De acuerdo con las discontinuidades observadas, y el carácter de la roca predominantemente arcillolita, con condiciones de superficies pobre por su alta meteorización, se clasifica con un GSI de 30 como lo muestra la gráfica a continuación:

Ilustración 5-2. GSI rocas Fm. Chimborazo



Por otro lado, como pruebas de campo para conocer de manera general la resistencia a compresión simple de la roca, fue utilizado el martillo geológico, navaja y uña, pudiendo apreciar que superficialmente la roca arcillolitca podría ser rota con la uña o navaja, mientras que en zonas con condiciones de meteorización menores podía ser fácilmente fracturada con un golpe de martillo, por tanto, se estima una resistencia UCS de 25 MPa.

Ilustración 5-3. Estimación en campo de resistencia a compresión simple roca Fm Chimborazo



- **Suelos residuales (Srch):** Se trata de los suelos residuales producto de meteorización intensa de las rocas blandas de la Formación Chimborazo, que presentan en general coloraciones naranja intensas ocre. Fueron diferenciados suelos residuales de conglomerados y suelos residuales de arcillolitas.
  Los suelos residuales de conglomerados (**Srch-c**) son de carácter matriz soportado, con matriz limo arenosa naranja a ocre, de compacidad, media a suelta, clastos de cuarzo lechoso, areniscas y lodolitas negras con tamaños de 1 cm a 6 cm de diámetros, formas subredondeadas y subesféricas.

Ilustración 5-4. Exposición de suelo residual de conglomerado Fm. Chimborazo



C

Los suelos residuales de arcillolitas (**Srch-a**) están mayormente extendidos, y se componen de arcilla limosa de alta plasticidad de consistencia blanda a firme, con colores naranjas a ocres.

Ilustración 5-5. Suelo residual arcilloso Fm. Chimborazo



Estos suelos residuales son diferenciables de depósitos o suelos transportados aluviales cuaternarios, ya que presentan coloraciones mucho más naranjas a rojizas, y geomorfológicamente se encuentras sobre zonas de lomerios y colinas, siendo clave notar los cambios de pendiente para trazar con claridad los contactos.

Ilustración 5-6.. Contacto suelo residual Fm. Chimborazo (Srch) con suelos transportados de llanura de inundación (Stli)



Depósitos de cono de deyección (Qcd): Esta unidad se conforma por depósitos gravitacionales dados por la erosión de las rocas y suelos residuales de la Fm. Guachinte. Corresponden a complejos de conos o depósitos coluviales, cuya geoforma es similar a un cono o abanico, pues se ubican en el cambio de pendiente o la base de lomeríos y cerros de la zona de estudio.

- Suelos transportados de conos de deyección (Stcd): Constituidos de un depósito matriz soportado, cuya matriz es arcillo arenosa de color ocre, con fragmentos de areniscas y gravas gruesas. La relación de matriz-clastos es de 75%-25% respectivamente, aunque se presentan zonas con incluso mayor contenido de matriz, y presencia esporádica u ocasional de bloques métricos (1 a 2 metros).

Ilustración 5-7. Exposición de suelos transportado de conos de deyección



Estos depósitos como ya fue mencionado son fácilmente diferenciables de la llanura de inundación del río Timba por su mayor pendiente, y morfología ondulada a colinada, como se aprecia en la

Ilustración 5-8. Vista a contacto con cambio morfológico de Suelos transportados cono de deyección (Stcd) y suelos transportados de llanura de inundación (Stli)



Depósitos aluviales (Qal): Depósitos cuaternarios originados por depósitación de materiales transportados por las corrientes fluviales de la zona, río timba y afluentes. Agrupa barras aluviales, llanuras de inundación, terrazas y meandros abandonados. Como unidades geológicas para ingeniería se identificaron:

- Suelos transportados aluviales (Stal):
  Incluye sedimentos de llanura aluvial (Stli): Se trata de sedimentos generados durante creciente del río Timba, en la planicie o llanura inundable del río, superficie por la cual el río Timba migra o divaga lateralmente. Se constituyen predominantemente de arena limosa de baja plasticidad, con alta humedad, color café, con niveles de arcilla limosa y capas delgadas de arenas gravosas.

Ilustración 5-9. Vista a suelos transportados de llanura de inundación



Suelos transportados de barra aluvial (Stba): Se trata de sedimentos granulares gruesos localizados en las márgenes o dentro del cauce aluvial del río Timba. A pesar de que se encuentran dentro de la llanura de inundación, fueron diferenciados por gran diferencia granulométrica. Estos materiales son predominantemente clasto soportados, conformados por bolos y gravas redondeadas subesféricos, en una matriz areno limosa de compacidad suelta.

Ilustración 5-10.. Vista a barras aluviales antiguas erosionadas en márgenes de río Timba



Los depósitos de barras aluviales son generalmente transitorios, fácilmente erodables, y su posición y espesores puede varias bastante en pocos años, pero por procesos de socavación de fondo de canal en el río Timba, estas barras aluviales pueden dar lugar con el tiempo a terrazas del río, quedando abandonadas.

La siguiente ilustración muestra una exposición de una barra aluvial antigua, sobre depósitos de llanura de inundación (Stli), demostrando la alta variación litológica de los depósitos aluviales en profundidad, ya que, por las migraciones del río, pueden presentarse secuencias de depósitos intercalando sedimentos tamaño arena media limosa gris de llanura aluvial, con sedimentos gruesos de canal y barras aluviales abandonadas.



- Suelos transportados de terraza aluvial (Stta): Los depósitos de terrazas aluviales son unidades que se encuentran en áreas adyacentes al río Timba donde se han depositado sedimentos durante períodos de tiempo prolongados. Estas terrazas son planicies elevadas que se encuentran a lo largo de los márgenes del río y son el resultado de procesos de erosión y sedimentación. Con el tiempo, estas capas se compactan y se endurecen, y pueden elevarse por encima del nivel actual del río, por socavación de fondo del canal.

  En la zona de la vía hacia el municipio de Suarez al sur del corregimiento de Timba, se puede apreciar que el cementerio se localiza sobre una terraza del río como se muestra en la Ilustración 5-11.

Ilustración 5-11. Terraza aluvial río Timba



Este material se compone por un depósito heterogéneo, predominantemente clasto soportado, teniendo una relación de matriz-clastos 40-60% respectivamente, cuya matriz corresponde a limo de alta plasticidad, y el armazón gravas y bloques de diámetros promedio 5 cm y máximos 15 cm, formas redondeadas ovalados caóticos (no imbricados)

Ilustración 5-12. Vista litológica a los depósitos de terraza aluvial (Stta)



Justo al norte del muro de protección de orilla del corregimiento de Timba, se puede apreciar sobre la margen izquierda del río la presencia de una terraza baja extendida hacia el oriente, con una altura desde la lámina de agua cercana a los 3.6 m en su parte más alta, donde es apreciables rasgos de socavación lateral. Esta se compone de bolos redondeados en una matriz de arena gravosa de compacidad media, seca, con relación de matriz-clastos de 25-75% respectivamente.



- Depósitos de fondo de canal (Stac): Corresponde a suelos transportados por acción del río Timba, depositados en el valle del río, debido a la divagación lateral del cauce. Por acción de socavación lateral y de fondo pueden ser expuestos, siendo en general depósitos de espesores no mayores a algunos metros (5 metros), conformados por gravas y arenas, en una matriz de limo.

  Fue reconocido este material en el fondo del cauce del río Timba (ver Ilustración 5-13), donde quedo expuesto debido a socavación de fondo de canal, y al tomar una muestra de este, se observa un material de coloración oscura con niveles oxidados naranjas, teniendo una compacidad media y plasticidad nula.

Ilustración 5-13. Vista a depósitos de fondo de canal expuestos por socavación de fondo río Timba



Depósitos antrópicos (Qan): Esta unidad geológica agrupa los materiales dispuestos por el hombre, con el fin de rellenar y allanar zonas para construcción de edificaciones, o conformar estructuras y zonas alta que sirvan de barrera o protección contra desbordamiento del río como el caso de Jarillones.

- **Terraplenes**: Se trata de una estructura elevada y continua de tierra construida para nivelar un terreno o para mantener la estabilidad de una carretera, ferrocarril u otra infraestructura. Comúnmente los terraplenes son construidos con tierra excavada de las áreas adyacentes y se compactan en capas para formar una estructura sólida y estable.
  En el área de estudio se presentan dos principalmente, que corresponden al terraplén de vía férrea con altura cercana a 3 metros y amplia extensión longitudinal a lado y lado del puente sobre el río Timba, y al terraplén de vía vehicular el cual presenta mayor altura, pero menor extensión longitudinal.

Ilustración 5-14. Vista terraplén de vía ferrea

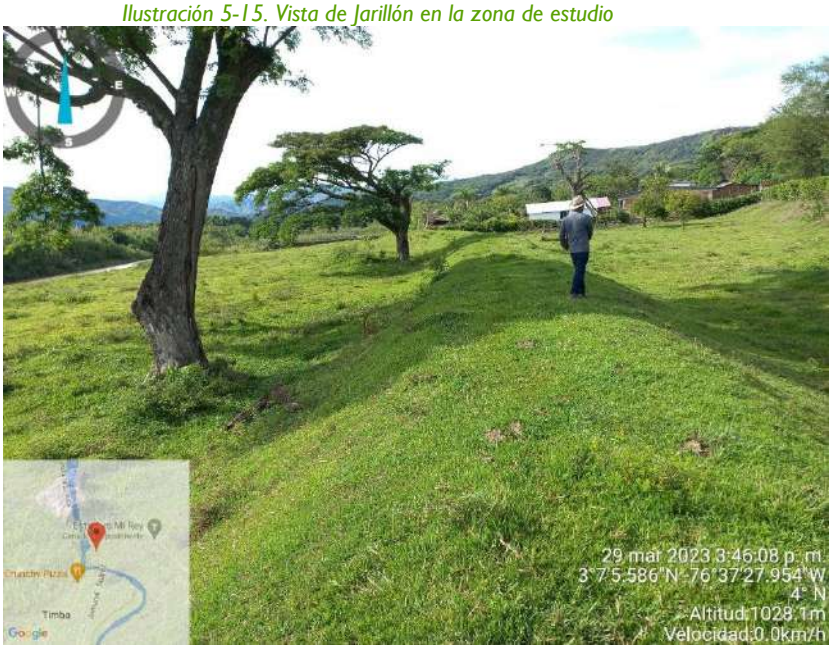


De acuerdo con lo observado en campo estos terraplenes superficialmente se componen de gravas, y es probable que su núcleo se componga de arcillas residuales de la Formación Chimborazo como material de sitio.

- **Jarillones:** Corresponde a estructura de ingeniería construida a lo largo de las orillas de un río o un canal para prevenir inundaciones y proteger las áreas circundantes. Un Jarillón generalmente consiste en una pared de tierra reforzada con materiales de construcción adicionales, como rocas o concreto, para fortalecer la estructura y evitar la erosión del suelo.

  En el área de estudio fue identificado un Jarillón muy extenso longitudinalmente, ubicado en la margen izquierda del río Timba sobre el departamento del Valle del Cauca. Dicha estructura tiene una altura promedio 1.8 metros, y se compone de arcilla de alta plasticidad muy blandas, con algunas zonas superficiales compuestas de gravas y bolos tipo recebo para tránsito de vehículos livianos y motos. De acuerdo con los testimonios de pobladores este Jarillón es contemporáneo con los espolones identificados, teniendo aproximadamente 20 años de construcción.

Ilustración 5-15. Vista de Jarillón en la zona de estudio



5.2 ESTRUCTURAS DE PROTECCIÓN DE ORILLA Y OBRAS EN AFLUENTES PRESENTES

- **Jarillón:** como fue descrito anteriormente corresponde a una estructura longitudinal conformada por tierras, con una altura cercana 1.8 m, localizada en el margen izquierdo del río sobre el departamento del Valle del Cauca, construida para contener desbordamientos del río en esta margen.

- **Espolones:** Corresponde a estructuras dispuestas perpendicularmente al cauce del río Timba, construidas con el fin de mitigar fenómenos de socavación lateral y la divagación del río en estas zonas. Fueron identificados 6 espolones en la margen izquierda del río, construidos contemporáneamente al Jarillón.

Ilustración 5-16. Jarillones extremo norte



Ilustración 5-17. Espolones extremo sur



- **Muro protección orilla:** Corresponde a un muro en ciclópeo de 260 metros de longitud aproximada, construido a finales de los años 1920's, cuando fue implantado el puente de la vía férrea, con el fin de proteger la orilla ante socavación lateral y posibles desbordamientos del río. Este muro presenta en general buenas condiciones en su estructura, pero su base que se compone de un aglomerado con bolos muestra ligeras zonas erosionadas con perdida parcial de material de la estructura original.

Ilustración 5-18. Muro protección orilla



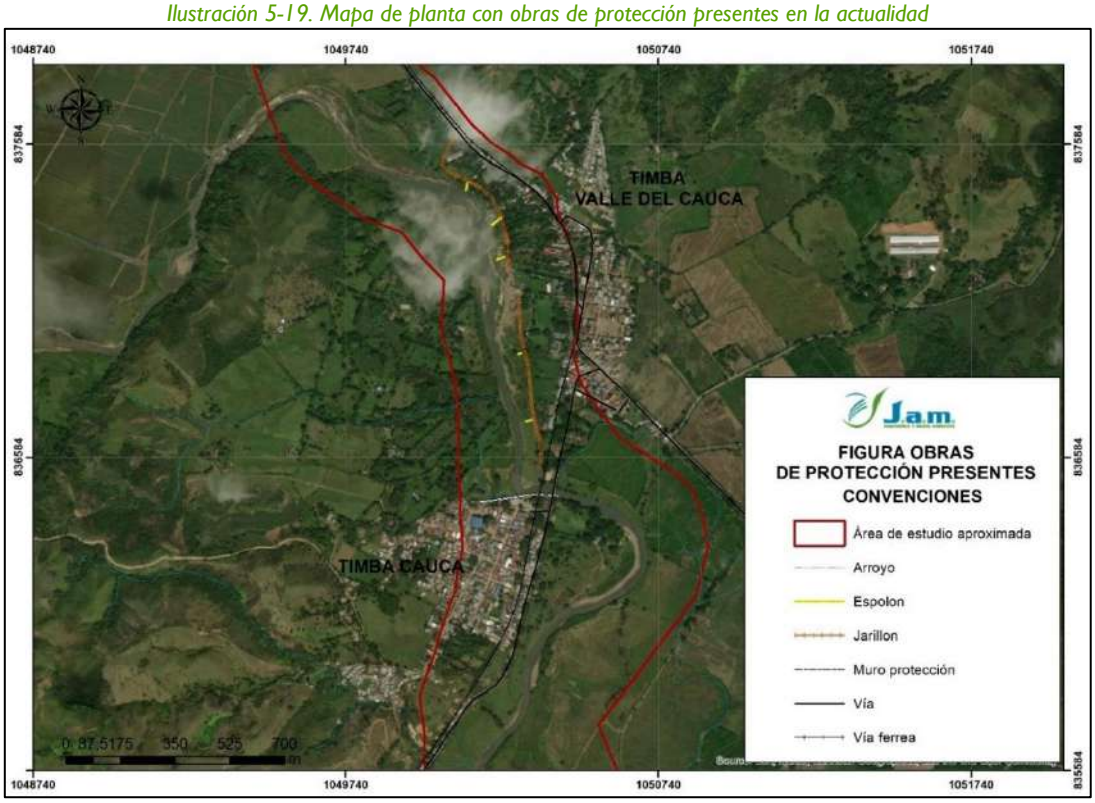
- **Canalización y desvío de afluente:** Fue identificado en el extremo nororiental del área de estudio, la canalización de un afluente del río Timba, que geomorfológicamente

conformaba un antiguo brazo del río. El afluente además de estar canalizado en un tramo, presenta una estructura que desvía su cauce hacia cultivos en predios al occidente de la antigua vía ferra que transcurre en este sector.

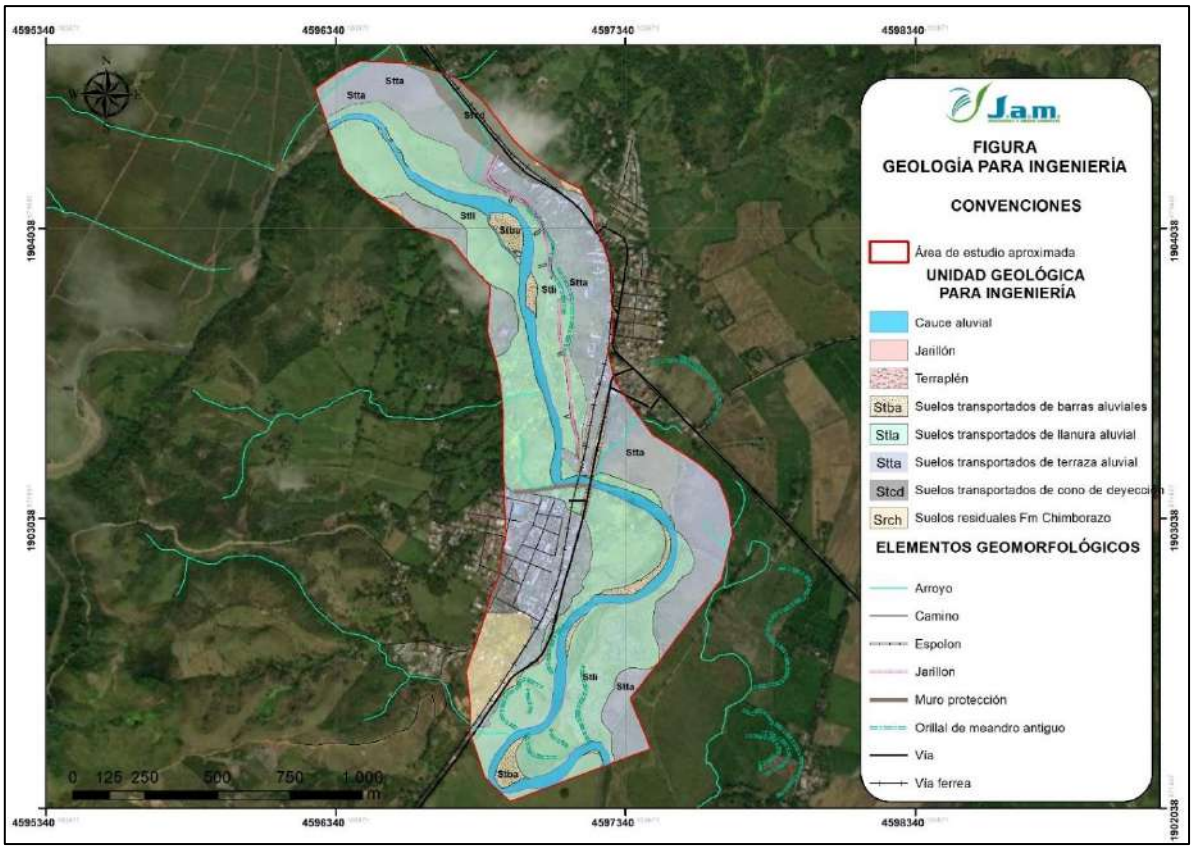


A continuación, se presenta una figura localizando en un mapa de planta las estructuras identificadas anteriormente descritas.

Ilustración 5-19. Mapa de planta con obras de protección presentes en la actualidad



5.3 MAPA GEOLÓGICO LOCAL



5.4 SECCIONES GEOLÓGICAS

Fueron realizadas 5 secciones geológicas a lo largo del área de estudio en el punto, en las zonas de mayor interés. En esta se identifican materiales aluviales como, Suelo transportados aluviales (Stal), que agrupan barras aluviales y depósitos de llanura aluvial, Suelos transportados de terraza aluvial (Stta), Suelos transportados aluviales densos (Stal-2) localizados solo en profundidad; y el perfil de meteorización de la Formación Chimborazo, incluyendo suelos residuales (Srch) saprolito o transición a roca (Spch) y rocas de la unidad (Rch).

Ilustración 5-20. Localización de las secciones geológicas realizadas

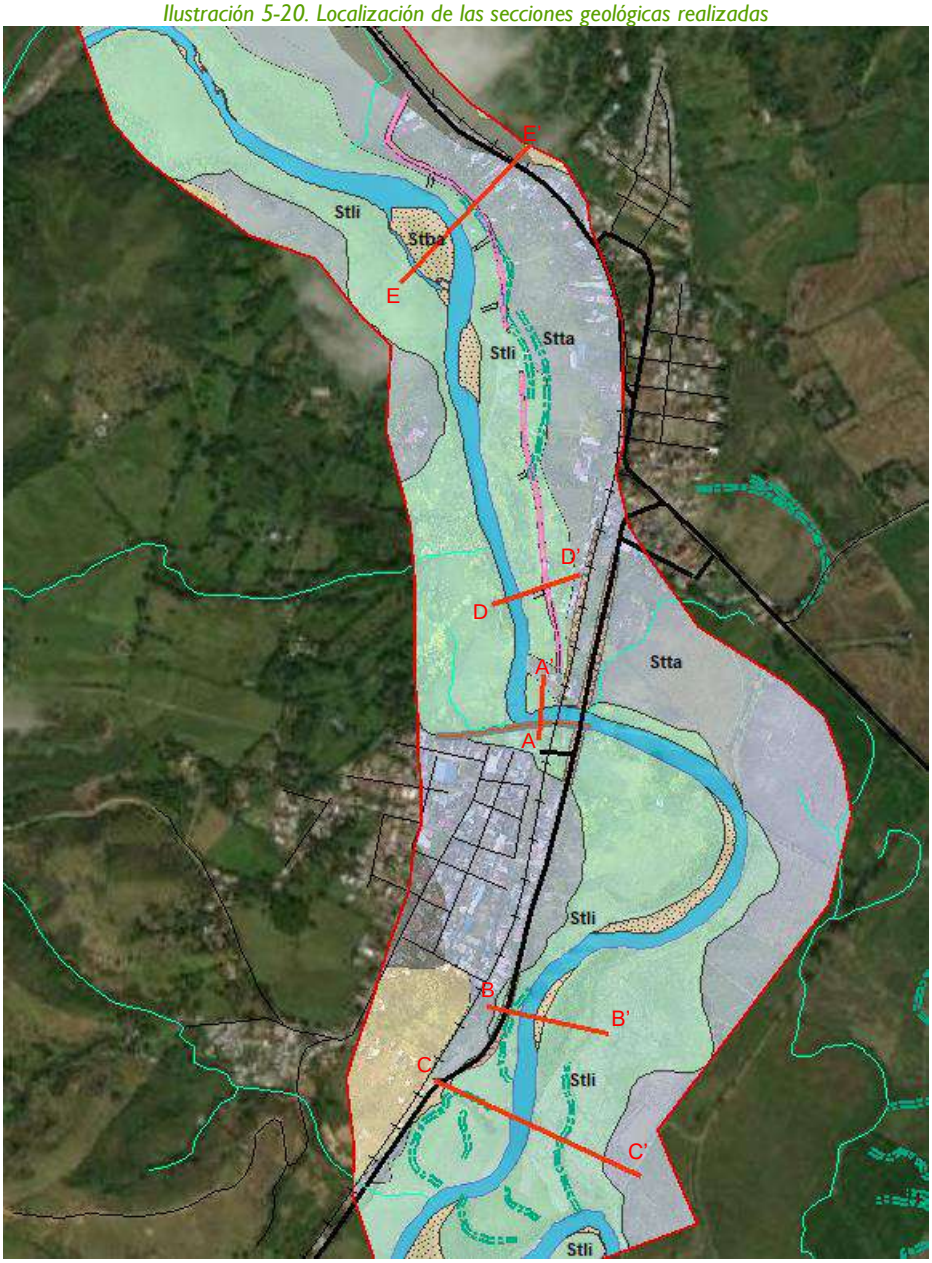


Ilustración 5-21. Perfil A-A'

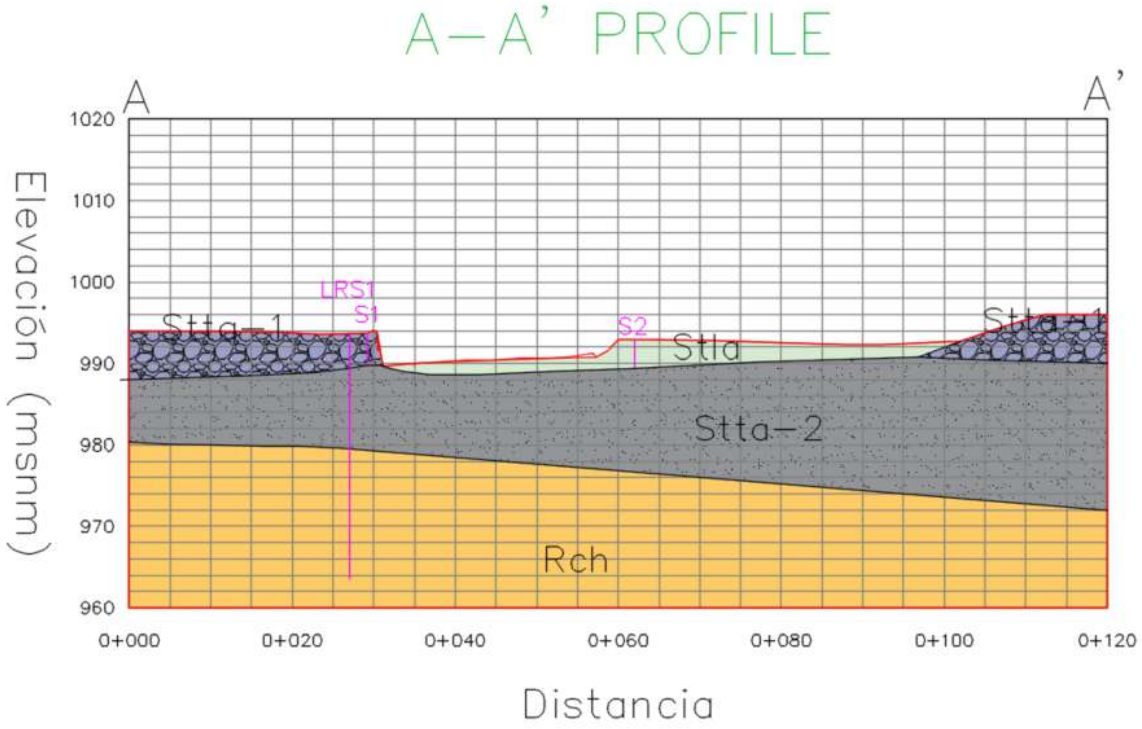


Ilustración 5-22. Perfil B-B'

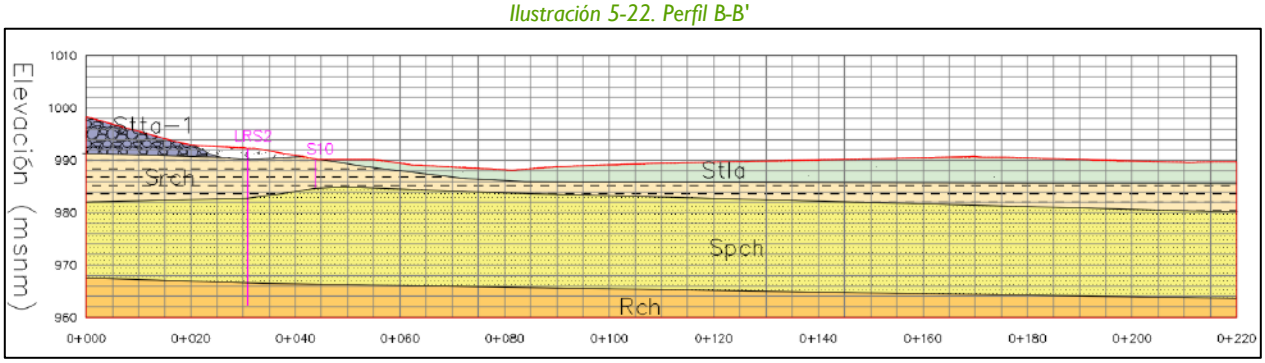


Ilustración 5-23. Perfil C-C'

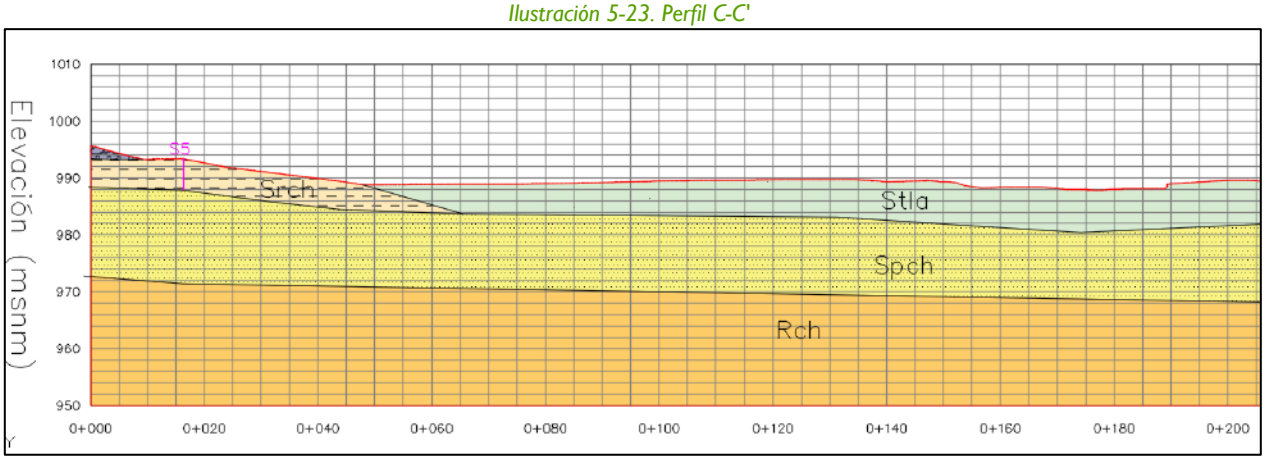


Ilustración 5-24. Perfil D-D'

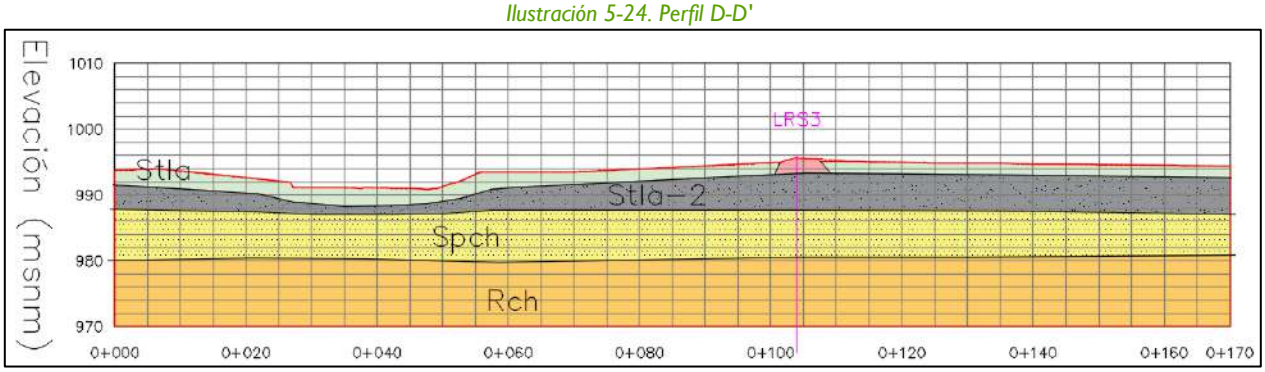
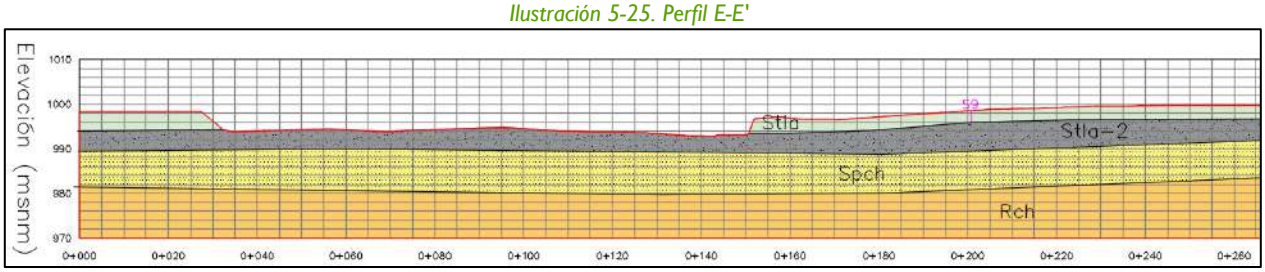


Ilustración 5-25. Perfil E-E'



6 CARACTERIZACIÓN GEOTÉCNICA

6.1 PLAN DE EXPLORACIÓN

Para determinar de forma adecuada el modelo geológico-geotécnico de la zona de estudio se deben relacionar y analizar las características geológicas generales y detalladas del área de influencia del proyecto, con los resultados obtenidos del trabajo de exploración geotécnica en campo, los resultados de los ensayos realizados a muestras extraídas del subsuelo en laboratorio y la exploración indirecta.

Los trabajos de exploración geotécnica fueron enfocados en la realización del modelo geológico geotécnico y caracterización geomecánica de los materiales. La exploración geotécnica incluyo la realización de sondeos mecánicos, y ensayos geofísicos (ensayos sísmicos), así como realización de ensayos directos como ensayo de penetración estándar (SPT).

Los ensayos de laboratorio fueron enfocados en definir las propiedades físicas y comportamiento geo mecánico de los materiales; comprenderán la caracterización general (ensayos de humedad natural, límites de consistencia, peso específico de sólidos, peso unitario, granulometrías, lavado tamiz 200) y ensayos que permitan determinar la resistencia del material suelo o roca (corte directo, compresión inconfinada, carga puntual, etc.). Todos los ensayos se realizaron según normas INV-E y ASTM para suelos y rocas.

6.1.1 Resultados exploración directa

Para el desarrollo del plan de exploración se realizaron 11 sondeos mecánicos de profundidades de 2 a 5.5 m, en la Tabla 6-1 se presenta las coordenadas de la exploración directa y las longitudes finales de exploración y en la Ilustración 6-1 la ubicación en planta.

*Tabla 6-1 Profundidades y ubicación de Sondeos. * SISTEMA NUEVO ORIGEN NACIONAL CTM-12*

Sondeo	Profundidad (m)	Nivel del agua	X	Y
S1	3.80	1.60	4,597,137	1,903,147
S2	3.5	1.7	4,597,169	1,903,183
S3	2.5	2.0	4,597,232	1,903,177
S4	3.5	1.8	4,597,237	1,903,134
S5	5.5	1.1	4,596,963	1,902,487
S6	2.5	1.0	4,597,134	1,903,627
S7	1.7	0.1	4,597,069	1,903,940
S8	1.9	1.5	4,597,155	1,903,436
S9	2.3	1.7	4,597,016	1,904,113
S10	4.0	1.0	4,597,079	1,902,602
S11	2.7	0.5	4,596,951	1,903,131

Ilustración 6-1 Figura exploración geotécnica

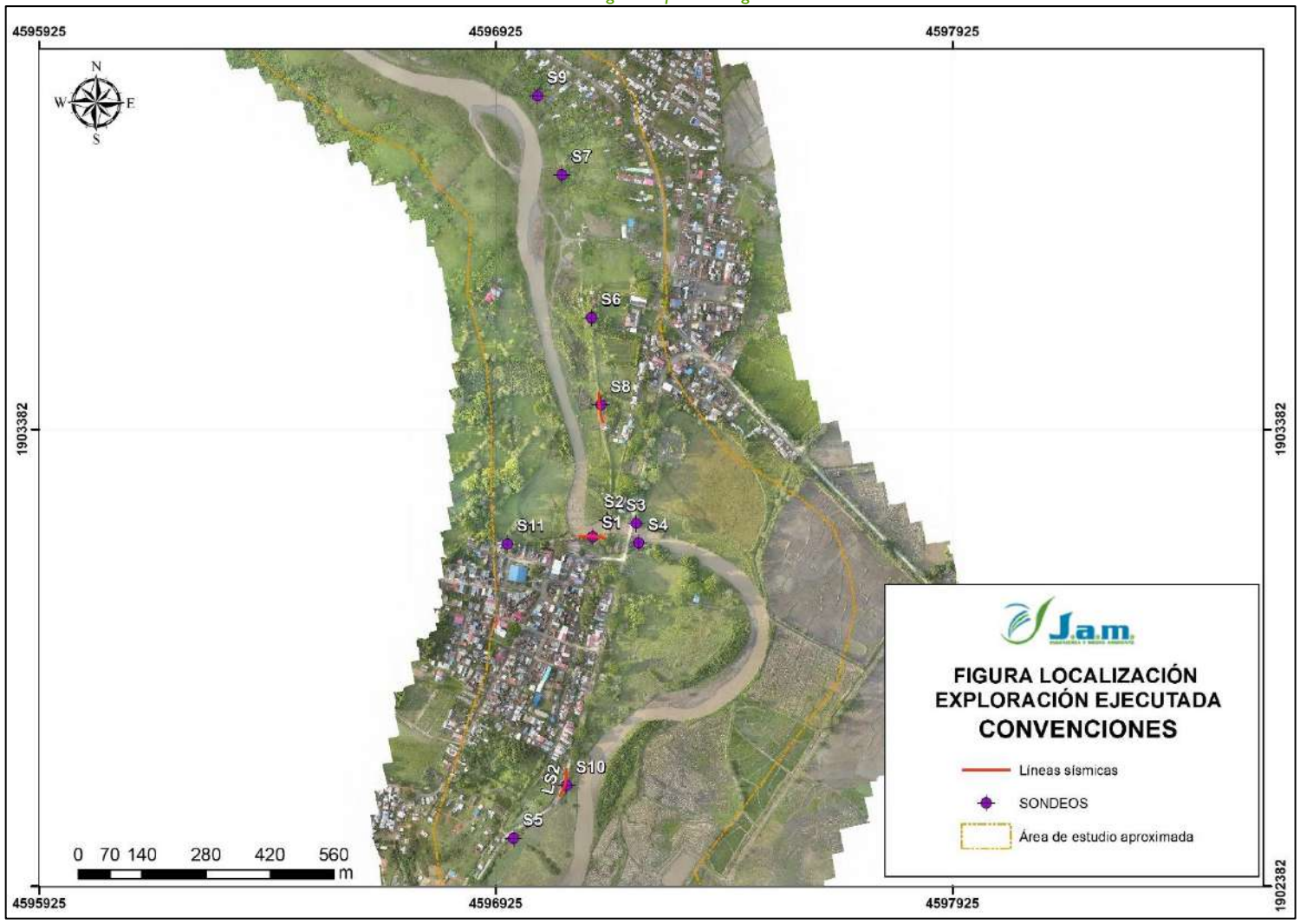


Ilustración 6-2 Resumen sondeos

PROFUNDIDAD		S1	S2	S3	S4	S5	S6
DESDE	HASTA						
0.00	0.50	Stta: Gravas en matriz fina color café. Rechazo en 3.8 m	Stta: Gravas en matriz arenosa con clastos de subangulares a subredondeadas presenta rechazo en 3.5 m	Stta: Grava en matriz fina con clasos sub redondeados. Rechazo 2.5 m	Stta: Gravas en matriz arenosa con clastos de subangulares a subredondeadas presenta rechazo en 3.5 m	Srch: Suelo residual compuesto por arcillas arenosas de cosistencia blanda presenta rechazo a 5.5 m	Stta: Grava en matriz fina con clasos sub redondeados. Rechazo 2.5 m
0.50	1.00						
1.00	1.25						
1.25	1.50						
1.50	1.75						
1.75	2.00						
2.00	2.50						
2.50	3.00						
3.00	3.25						
3.25	3.50						
3.50	4.00						
8.00	4.50						
4.50	5.00						
5.00	5.50						

PROFUNDIDAD		S7	S8	S9	S10	S11
DESDE	HASTA					
0.00	0.50	Stta: Grava en matriz fina con clasos sub redondeados. Rechazo 1.7m	Stta: Grava en matriz fina con clasos sub redondeados. Rechazo 1.9m	Stta: Grava en matriz fina con clasos sub redondeados. Rechazo 2.3 m	Srch: Suelo residual compuesto por arcillas arenosas de cosistencia blanda presenta rechazo a 5.5 m	Stta: Grava en matriz fina con clasos sub redondeados. Rechazo 2.5 m
0.50	1.00					
1.00	1.25					
1.25	1.50					
1.50	1.75					
1.75	2.00					
2.00	2.50					
2.50	3.00					
3.00	3.25					
3.25	3.50					
3.50	4.00					
8.00	4.50					
4.50	5.00					
5.00	5.50					

En el Anexo 2 se presenta los registros de exploración y el plano de ubicación.

6.1.2 Ensayo de campo SPT

El ensayo de penetración estándar (SPT) se practica en la totalidad de las perforaciones, en general una vez se obtuvo rechazo en el ensayo se procede a continuar la exploración por medio de la técnica de rotación con barrena. Para obtener un orden de magnitud del ensayo e identificar

cambios de resistencia se graficó en profundidad, tanto los ensayos de campo como los corregidos al 45% de la energía, obteniendo como resultado una diferencia entre sondeos.

Los resultados del ensayo SPT fueron corregidos con la siguiente expresión:

$$Ncrr = N \times Cn \times \eta 1 \times \eta 2 \times \eta 3 \times \eta 4$$

En donde:

Ncrr: Número de golpes corregido para un esfuerzo de confinamiento de 1 kg/cm^2 y un determinado nivel de transmisión de energía

Cn: Factor de ajuste para tener en cuenta el nivel de confinamiento.

El valor de Cn Se evaluó siguiendo la propuesta de Seed-Idriss (González, 1999) que se expresa como:

$$Cn = 1 - K^{*}\log Rs$$

η1: Factor de corrección por caída del martillo. Se obtiene como la relación entre la energía impartida por el martillo a la parte superior del sistema de varillas y la energía teórica en caída libre. Las eficiencias medias son diferentes en cada país así, para Japón la eficiencia es del 72%, para USA del 60% y para Colombia del orden de 45% tomado del artículo de "Estimativos de parámetros efectivos de resistencia con el SPT" (González, 1999).

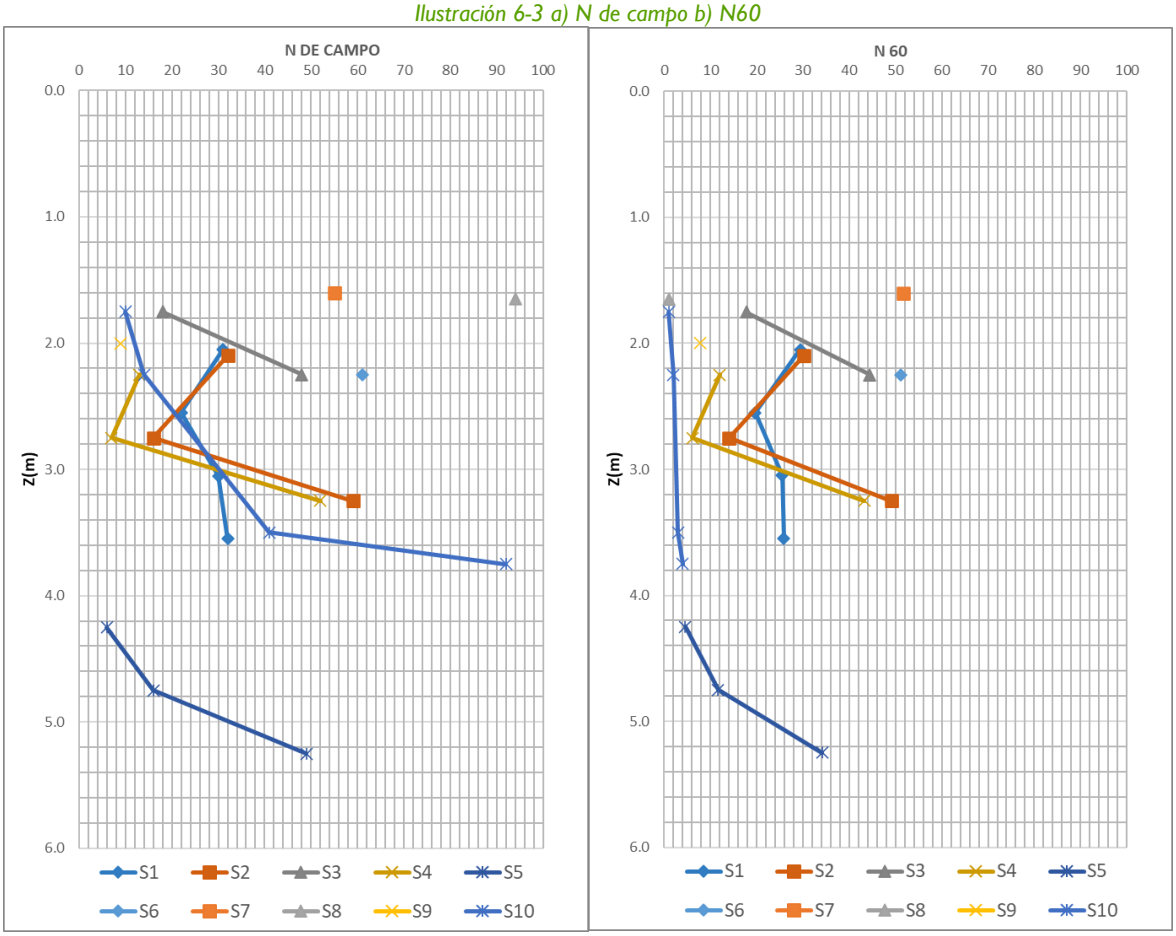
η 2: Factor de corrección por longitud del sistema de varillas. Como las longitudes de varillaje fueron inferiores a 4 m, el factor de corrección es 0.75.

η 3: Factor de corrección por presencia de revestimiento interno. Debido a que no se utilizó revestimiento, el factor de corrección es 1.0.

η 4: Factor de corrección por diámetro de la perforación. Los diámetros de las perforaciones fueron inferiores a 12 cm, por lo cual el factor de corrección es 1.0.

En la Ilustración 6-3 se presenta los valores de Ncampo y Ncorregido en profundidad, de manera general se presenta que los primeros 4 metros del suelo se encuentra un depósito más fino, después de los 4.0 m se presenta el rechazo por el aumento de las gravas y guijarros.

Ilustración 6-3 a) N de campo b) N60



6.1.3 Resultados exploración indirecta

La Campaña de exploración consistió en la ejecución de tres (3) líneas sísmicas con toma de ondas superficiales de 69 m, la ubicación de los ensayos se presenta en la Tabla 4-2.

Las coordenadas de inicio y fin de la línea sísmica realizada se presentan en la Tabla 5-2

Tabla 6-2 Coordenadas de ensayos realizados en el proyecto

	Coordenada plana inicio		Coordenada plana final	
Punto	**Coordenada X**	**Coordenada Y**	**Coordenada X**	**Coordenada Y**
LRS_1	4,597,166	1,903,144	4,597,105	1,903,148
LRS_2	4,597,079	1,902,642	4,597,063	1,902,577
LRS_3	4,597,150	1,903,465	4,597,160	1,903,397

*Sistema Magna Colombia Origen Nacional

Ilustración 6-4 Registro fotográfico líneas sísmicas



La campaña de exploración realizada consiste en la aplicación de los métodos de medición de ondas superficiales con el ensayo MASW. Se ejecutaron 3 ensayos sísmicos con toma de ondas superficiales.

Para la realización de la campaña de exploración sísmica se usó el equipo descrito a continuación:

- Sismógrafo marca PASI tipo GEA24 (1 Unidad de procesamiento).
- Geófonos o receptores de frecuencia resonante igual a 4.5Hz (24 Unidades).
- Línea o Cable de adquisición de 69 m de longitud con separación de canales igual a 3 m respectivamente (2 Unidades)
- Batería de 12 V (1 Fuente de Poder).
- Martillo de acero de 15 lb y placa de acero para impacto
- Computador portátil para visualización de datos y control del montaje experimental (1 Unidad de almacenamiento).

6.1.3.1 *Línea sísmica de refracción 1*

Se realizó la línea sísmica 1 al costado del muro de contención en el costado izquierdo del rio Timba, la separación de geófonos fue de 3 m para una longitud total de 69 m. En la Ilustración 6-7 se presenta la tomografía de ondas Vp, con base en el sondeo 1 y la geología se realiza la relación entre los resultados sísmicos y el perfil estratigráfico de la zona:

- Primer estrato con Vp de 500 m/s con un espesor variable de 1.5 a 2 m, este estrato se asocia a un material blando compuesto por gravas en matriz arcillosa de origen aluvial.
- Segundo estrato con Vp desde 500 m/s hasta 1000 m/s con espesor variable de 6 m que aumenta a lo largo de la línea hasta 13 m, se asocia un nivel de terraza aluvial compuesto por gravas en matriz arenosa.
- Tercer estrato de Vp de 1300 a 1900 m/s se con un espesor variable de 2 a 5 m correspondiente al suelo residual de la formación Chimborazo.
- Cuarto estrato de Vp mayores a 1900 m/s desde profundidades variables de 8 a 18 m, profundizándose hacia el final de la línea, este estrato se asocia a la roca de la Formación Chimborazo.

Adicionalmente, se realizó el ensayo MASW donde se obtuvo un perfil de velocidad de onda de corte Vs el cual se presenta en la Ilustración 6-8. Con base en la geología se interpreta el perfil con la estratigrafía de la zona:

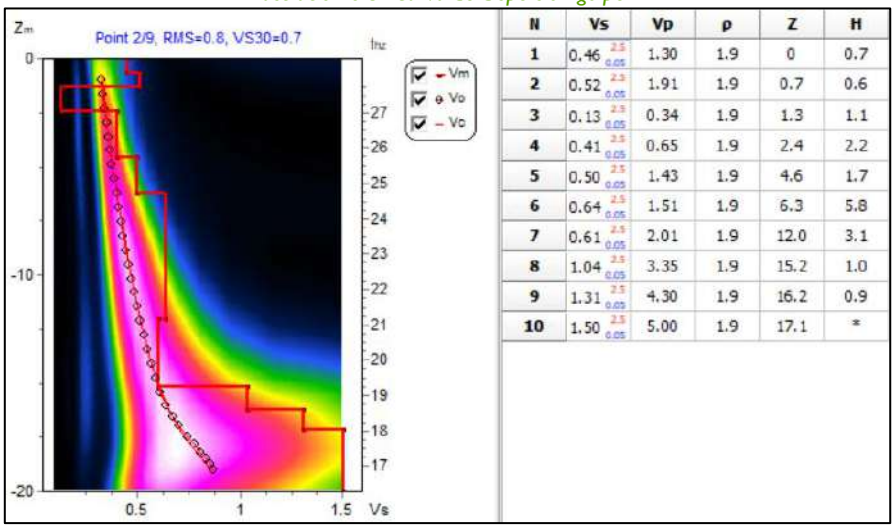
- Primer estrato con Vs de 280 m/s hasta 450 m/s con un espesor variable de 6 a 9 m, se asocia a un material firme compuesto por gravas en matriz arcillosa de origen aluvial, dentro del estrato se identifican zonas más blandas con Vs menores a 200 m/s asociados a la matriz del depósito con mayor contenido de arcillas.
- Segundo estrato con Vs de 450 m/s a 660 m/s, asociado al suelo residuales de la Formación Chimborazo.
- Ultimo estrato con Vs mayores a 750 m/s asociado al basamento rocoso de la Formación Chimborazo, compuesta por arcillolitas y conglomerados.
- El perfil de suelo de la zona corresponde a Tipo “C”, correspondiente a suelos densos o roca blanda.

Tabla 6-3 Calculo Vs30 m/s

Prof. Media (m)	Vs (m/s)	Espesor	d/E
0.4	250	0.7	0.00
1.2	380	0.9	0.00
2.1	440	1.0	0.00
4.1	300	3.0	0.01
6.5	470	1.8	0.00
10.2	570	5.6	0.01
14.4	680	2.7	0.00

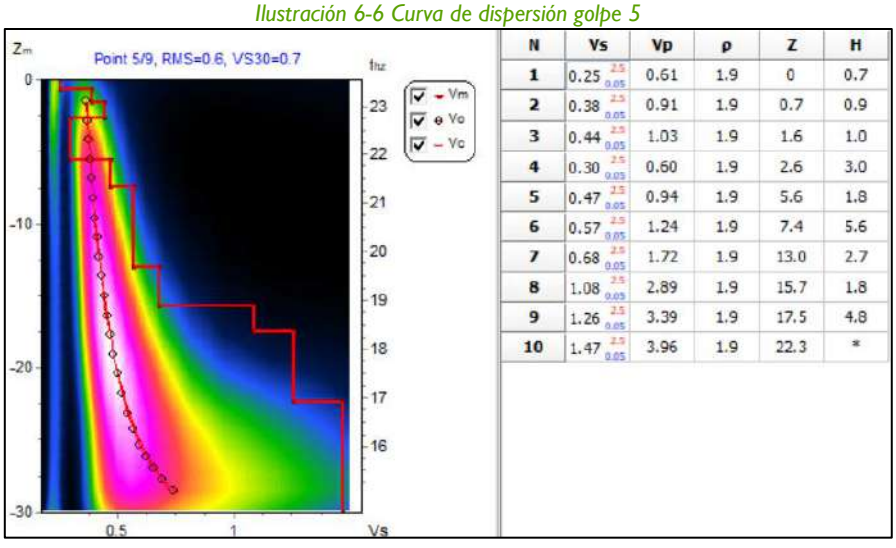
Prof. Media (m)	Vs (m/s)	Espesor	d/E
16.6	1080	1.8	0.00
19.9	1260	4.8	0.00
26.2	1470	7.7	0.01
		Vs30(m/s)	655.30

Ilustración 6-5 Curva de dispersión golpe 2



N	Vs	Vp	ρ	Z	H
1	0.46	1.30	1.9	0	0.7
2	0.52	1.91	1.9	0.7	0.6
3	0.13	0.34	1.9	1.3	1.1
4	0.41	0.65	1.9	2.4	2.2
5	0.50	1.43	1.9	4.6	1.7
6	0.64	1.51	1.9	6.3	5.8
7	0.61	2.01	1.9	12.0	3.1
8	1.04	3.35	1.9	15.2	1.0
9	1.31	4.30	1.9	16.2	0.9
10	1.50	5.00	1.9	17.1	*

Ilustración 6-6 Curva de dispersión golpe 5



N	Vs	Vp	ρ	Z	H
1	0.25	0.61	1.9	0	0.7
2	0.38	0.91	1.9	0.7	0.9
3	0.44	1.03	1.9	1.6	1.0
4	0.30	0.60	1.9	2.6	3.0
5	0.47	0.94	1.9	5.6	1.8
6	0.57	1.24	1.9	7.4	5.6
7	0.68	1.72	1.9	13.0	2.7
8	1.08	2.89	1.9	15.7	1.8
9	1.26	3.39	1.9	17.5	4.8
10	1.47	3.96	1.9	22.3	*

Ilustración 6-7 Tomografía Vp LSR-1

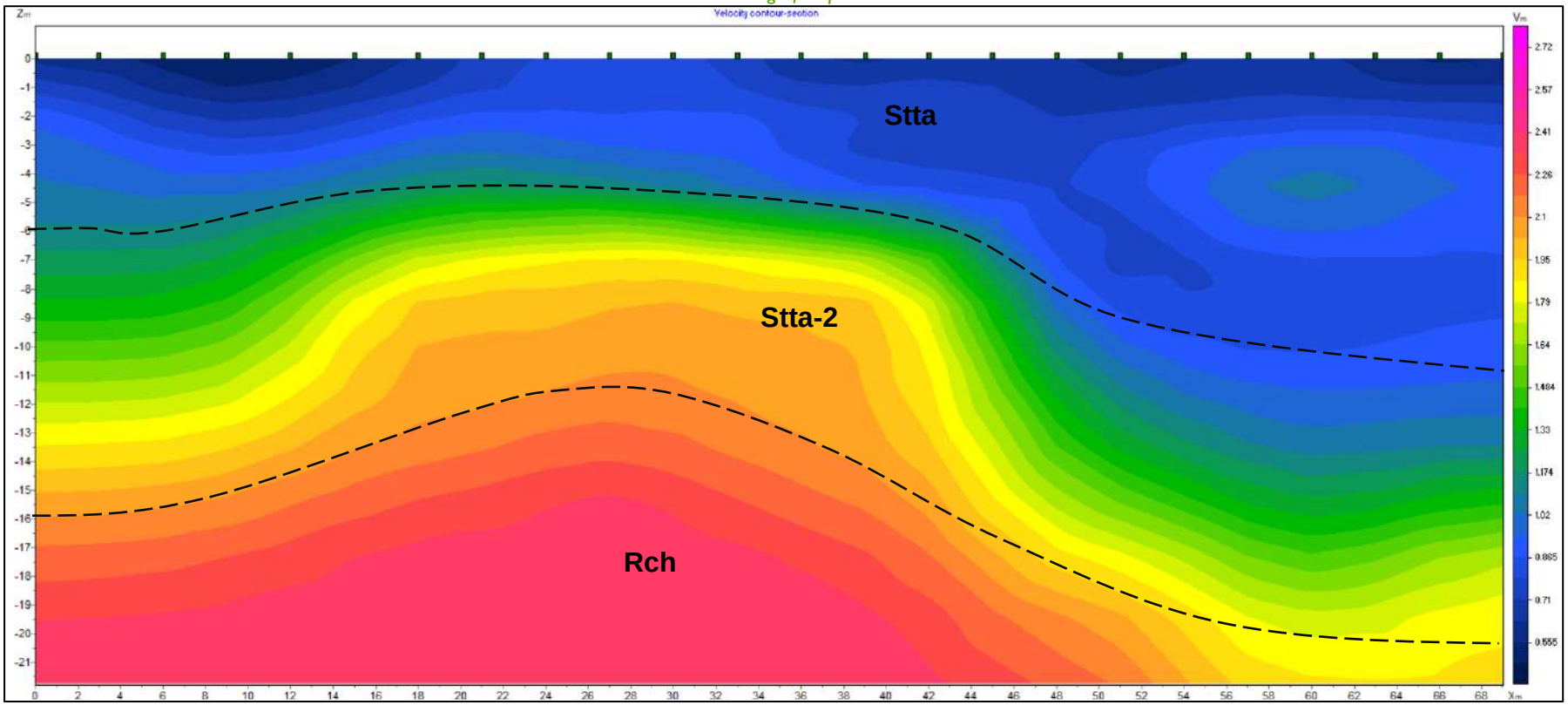
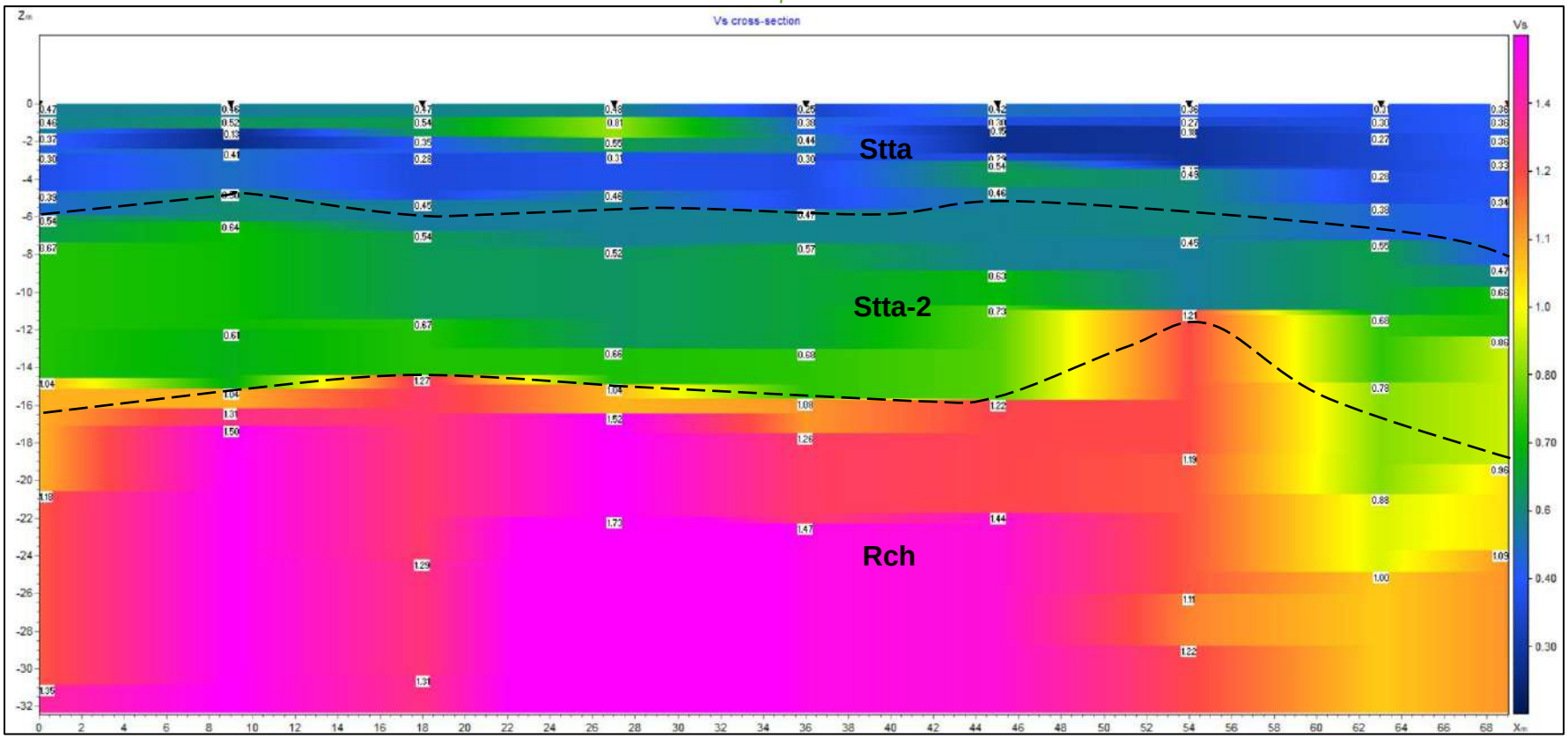


Ilustración 6-8 Perfil 2D LSR-1



6.1.3.2 *Línea sísmica de refracción 2*

Se realizo la línea sísmica 2 al costado sur del municipio de Timba sobre el terraplén, la separación de geófonos fue de 3 m para una longitud total de 69 m. En la Ilustración 6-11 se presenta la tomografía de ondas Vp, con base en el sondeo 10 y la geología se realiza la relación entre los resultados sísmicos y el perfil estratigráfico de la zona:

- Primer estrato con Vp de 500 m/s con un espesor variable de 1.0 a 3 m, este estrato se asocia a un material blando compuesto por arcillas correspondiente al material del Terraplén.
- Segundo estrato con Vp desde 500 m/s hasta 1100 m/s con espesor variable de variable de 5 a 8 m correspondiente al suelo residual de la formación Chimborazo.
- Tercer estrato de Vp de 1300 a 1900 m/s se con un espesor variable de 5 a 8 metros correspondiente a la transición de suelo a roca.
- Cuarto estrato de Vp mayores a 1900 m/s desde profundidades variables de 12 a 16 m, este estrato se asocia a la roca de la Formación Chimborazo.

Adicionalmente, se realizó el ensayo MASW donde se obtuvo un perfil de velocidad de onda de corte Vs el cual se presenta en la Ilustración 6-12. Con base en la geología se interpreta el perfil con la estratigrafía de la zona:

- Primer estrato con Vs de 180 m/s con un espesor variable de 2 a 3 m, se asocia a un material blando, asociado al terraplén.
- Segundo estrato con Vs de 200 m/s a 400 m/s, asociado al suelo residuales finde la Formación Chimborazo.
- Tercer estrato con Vs de 400 m/s a 600 m/s se asocia a la transición de suelo residual a la roca, con un espesor de 6 m.
- Ultimo estrato con Vs mayores a 600 m/s asociado al basamento rocos de la Formación Chimborazo, compuesta por arcillolitas y conglomerados.

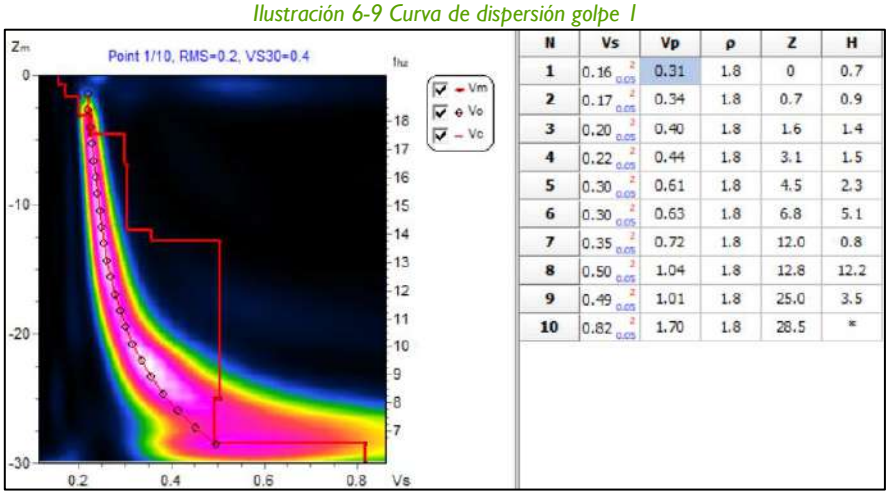
- El perfil de suelo de la zona corresponde a Tipo “D”, correspondiente a suelos densos.

Tabla 6-4 Calculo Vs30

Prof. Media (m)	Vs (m/s)	Espesor	d/E
0.4	180	0.7	0.00
1.2	190	1.0	0.01
2.4	190	1.4	0.01
3.9	200	1.6	0.01
6.4	250	3.4	0.01
9.8	270	3.4	0.01
12.1	360	1.2	0.00

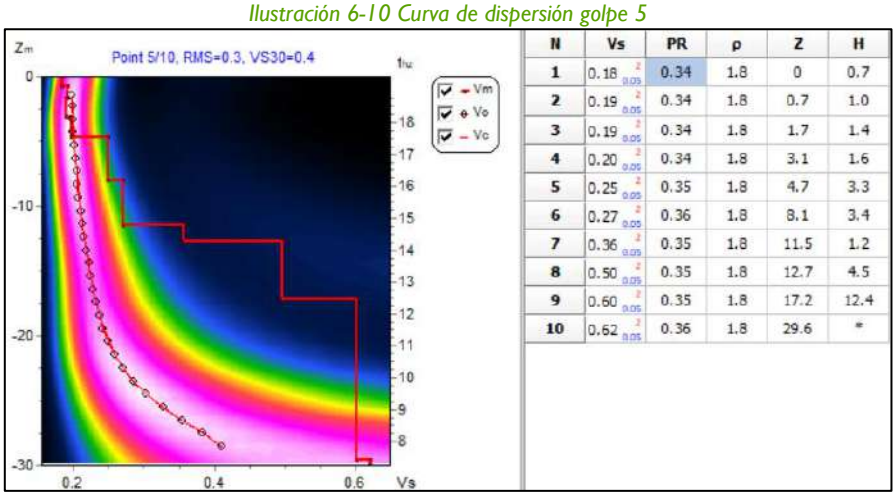
Prof. Media (m)	Vs (m/s)	Espesor	d/E
15.0	500	4.5	0.01
23.4	600	12.4	0.02
29.8	620	0.4	0.00
		Vs30 m/s	355.63

Ilustración 6-9 Curva de dispersión golpe 1



N	Vs	Vp	ρ	Z	H
1	0.16	0.31	1.8	0	0.7
2	0.17	0.34	1.8	0.7	0.9
3	0.20	0.40	1.8	1.6	1.4
4	0.22	0.44	1.8	3.1	1.5
5	0.30	0.61	1.8	4.5	2.3
6	0.30	0.63	1.8	6.8	5.1
7	0.35	0.72	1.8	12.0	0.8
8	0.50	1.04	1.8	12.8	12.2
9	0.49	1.01	1.8	25.0	3.5
10	0.82	1.70	1.8	28.5	*

Ilustración 6-10 Curva de dispersión golpe 5



N	Vs	PR	ρ	Z	H
1	0.18	0.34	1.8	0	0.7
2	0.19	0.34	1.8	0.7	1.0
3	0.19	0.34	1.8	1.7	1.4
4	0.20	0.34	1.8	3.1	1.6
5	0.25	0.35	1.8	4.7	3.3
6	0.27	0.36	1.8	8.1	3.4
7	0.36	0.35	1.8	11.5	1.2
8	0.50	0.35	1.8	12.7	4.5
9	0.60	0.35	1.8	17.2	12.4
10	0.62	0.36	1.8	29.6	*

Ilustración 6-11 Tomografía LSR-2

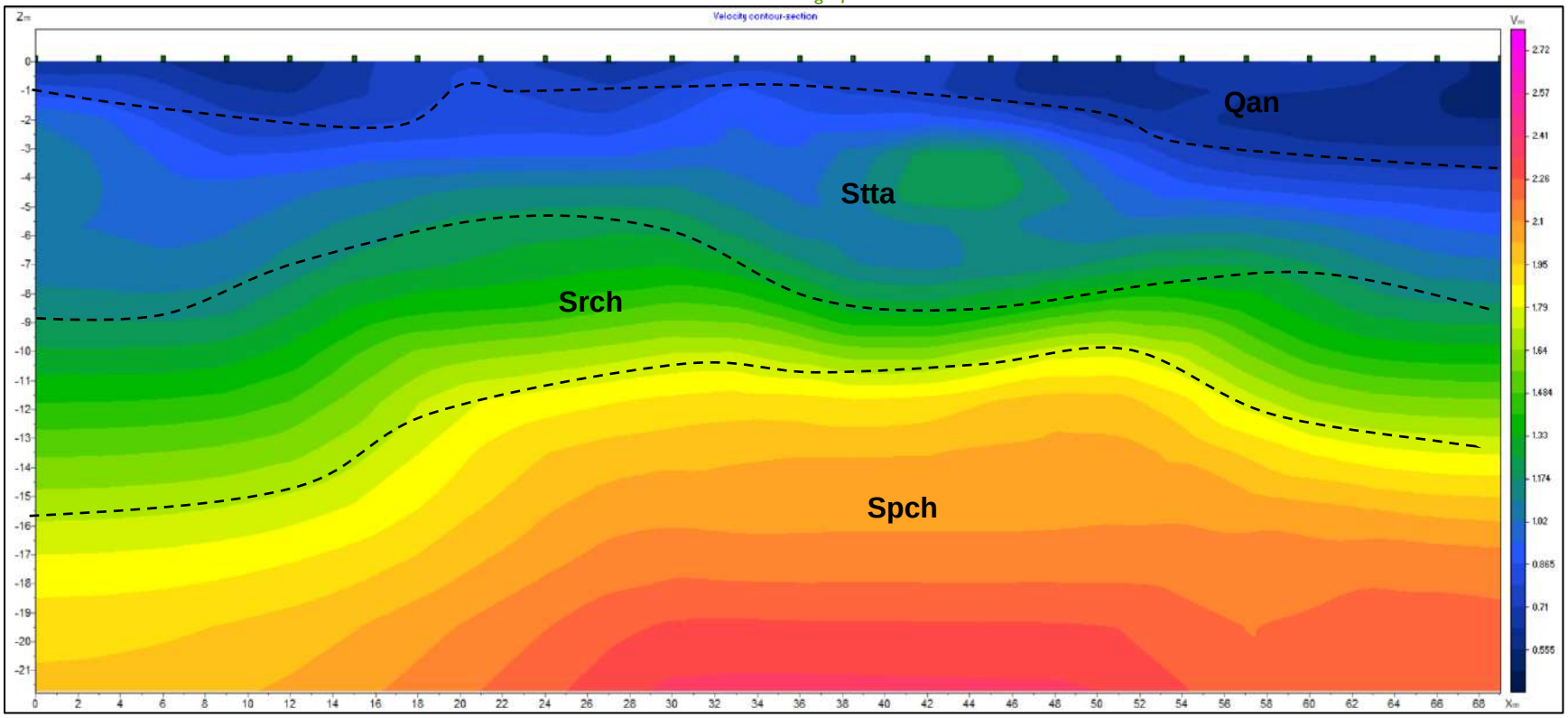
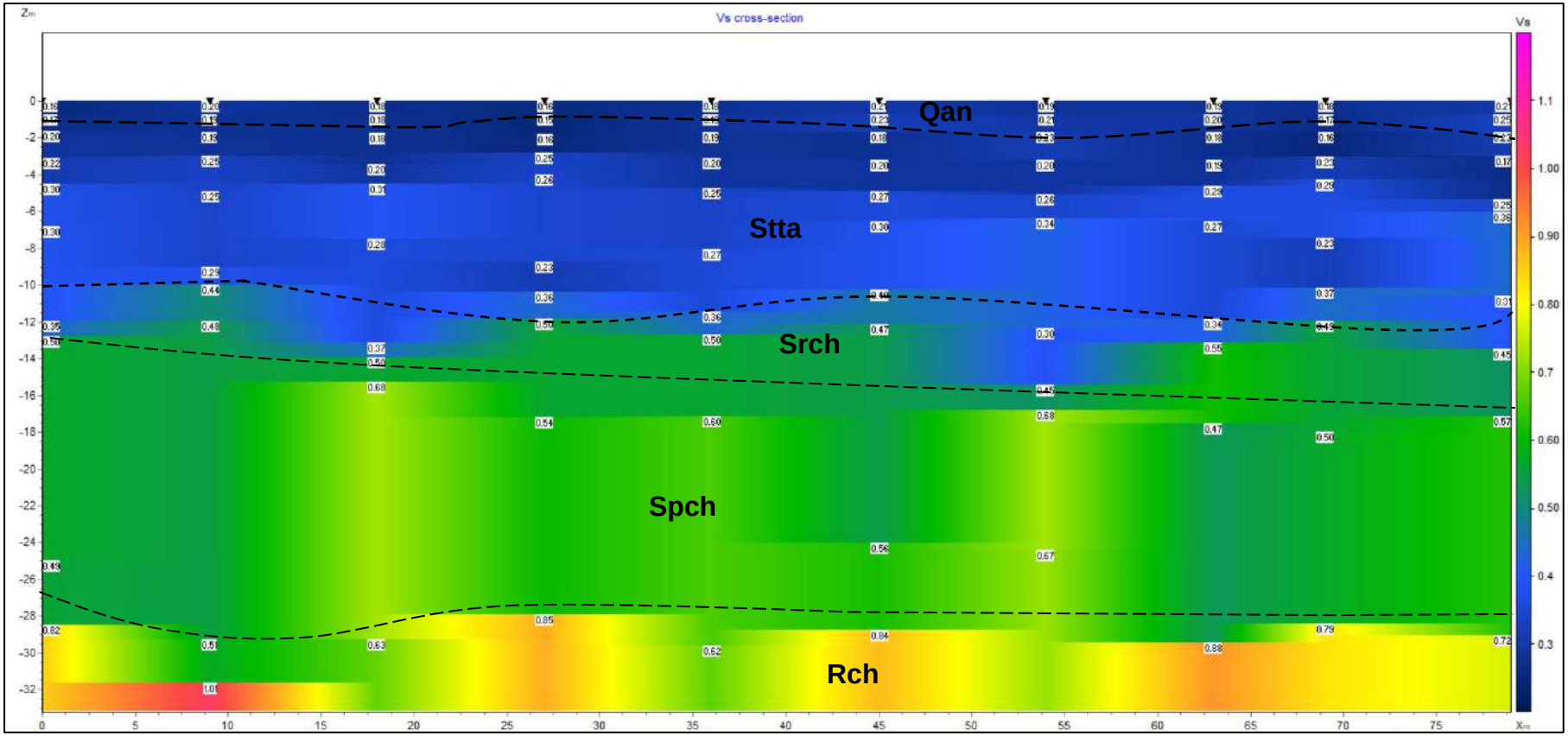


Ilustración 6-12 Perfil 2D LSR-2

V



6.1.3.3 *Línea sísmica de refracción 3*

Se realizo la línea sísmica 3 al costado derecho del rio Timba, la separación de geófonos fue de 3 m para una longitud total de 69 m. En la Ilustración 6-15 se presenta la tomografía de ondas Vp, con base en el sondeo 8 y la geología se realiza la relación entre los resultados sísmicos y el perfil estratigráfico de la zona:

- Primer estrato con Vp de 800 m/s con un espesor de 3 m, este estrato se asocia a un material blando compuesto por arcilla.
- Segundo estrato con Vp desde 1000 m/s hasta 1800 m/s con espesor variable de 6 m que aumenta a lo largo de la línea hasta 18 m, se asocia un nivel de terraza aluvial compuesto por gravas en matriz arenosa.
- Tercer estrato de Vp de 1800 a 2500 m/s VP correspondiente a la formación Chimborazo.

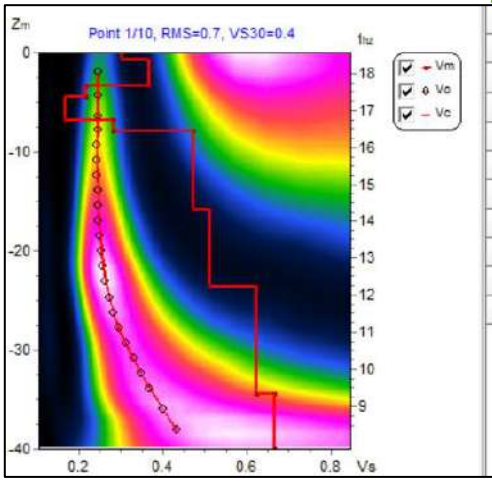
Adicionalmente, se realizó el ensayo MASW donde se obtuvo un perfil de velocidad de onda de corte Vs el cual se presenta en la Ilustración 6-16. Con base en la geología se interpreta el perfil con la estratigrafía de la zona:

- Primer estrato con Vs de 200 m/s hasta 350 m/s con un espesor variable de 8 a 14 m, se asocia a un material firme compuesto por gravas en matriz arcillosa de origen aluvial, dentro del estrato se identifican zonas más blandas con Vs menores a 200 m/s asociados a la matriz del depósito con mayor contenido de arcillas.
- Segundo estrato con Vs de 350 m/s a 600 m/s, asociado al suelo residuales de la Formación Chimborazo.
- Ultimo estrato con Vs mayores a 600 m/s asociado al basamento rocos de la Formación Chimborazo, compuesta por arcillolitas y conglomerados. Se identifica este estrato a profundidades variables de 24 m al inicio de la línea y 16 m en la parte central.
- El perfil de suelo de la zona corresponde a Tipo “C”, correspondiente a suelos densos o roca blanda.

Prof. Inicial (m)	Prof. Final (m)	Prof. Media (m)	Vs(m/s)	Espesor	d/E
0.0	0.7	0.4	330	0.7	0.00
0.7	1.7	1.2	370	1.0	0.00
1.7	3.2	2.5	370	1.5	0.00
3.2	4.7	4.0	260	1.5	0.01
4.7	7.1	5.9	220	2.4	0.01
7.1	8.7	7.9	280	1.6	0.01
8.7	16.3	12.5	450	7.6	0.02
16.3	22.8	19.6	680	6.5	0.01
22.8	26.8	24.8	750	4.0	0.01

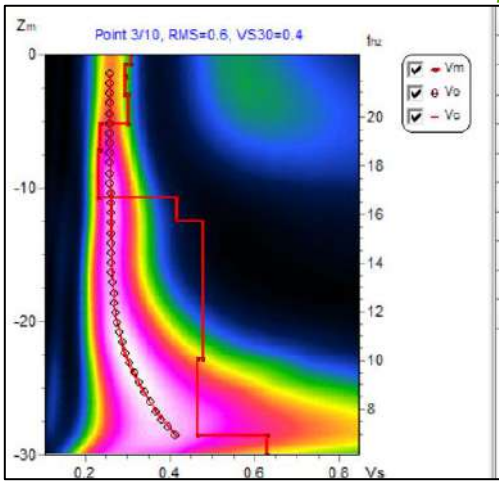
Prof. Inicial (m)	Prof. Final (m)	Prof. Media (m)	Vs(m/s)	Espesor	d/E
26.8	30.0	28.4	770	3.2	0.00
				VS30 m/s	446.38

Ilustración 6-13 Curva de dispersión Golpe 1



N	Vs	PR	ρ	Z	H
1	0.30	0.33	1.8	0	0.7
2	0.37	0.33	1.8	0.7	1.0
3	0.37	0.34	1.8	1.7	1.6
4	0.22	0.34	1.8	3.3	1.1
5	0.17	0.35	1.8	4.4	2.5
6	0.28	0.34	1.8	6.9	1.0
7	0.47	0.34	1.8	7.9	8.0
8	0.51	0.34	1.8	15.8	7.8
9	0.62	0.34	1.8	23.7	10.7
10	0.67	0.33	1.8	34.4	*

Ilustración 6-14 Curva de dispersión Golpe 3



N	Vs	PR	ρ	Z	H
1	0.31	0.33	1.8	0	0.7
2	0.29	0.33	1.8	0.7	1.0
3	0.29	0.34	1.8	1.7	1.4
4	0.30	0.34	1.8	3.0	2.1
5	0.24	0.34	1.8	5.2	2.1
6	0.23	0.35	1.8	7.2	3.5
7	0.42	0.34	1.8	10.7	1.8
8	0.48	0.34	1.8	12.5	10.3
9	0.46	0.34	1.8	22.8	5.7
10	0.63	0.34	1.8	28.5	*

Ilustración 6-15 Tomografía LSR-3

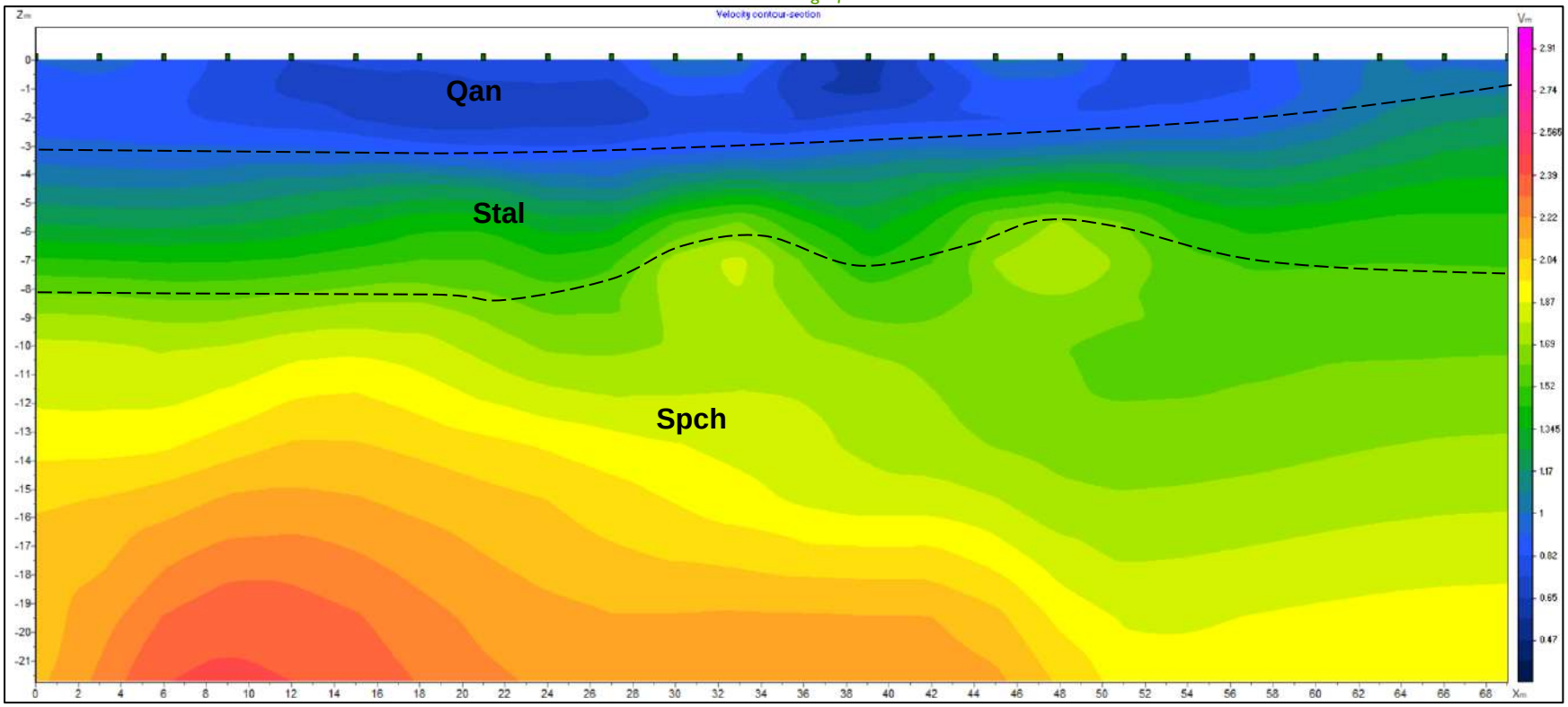
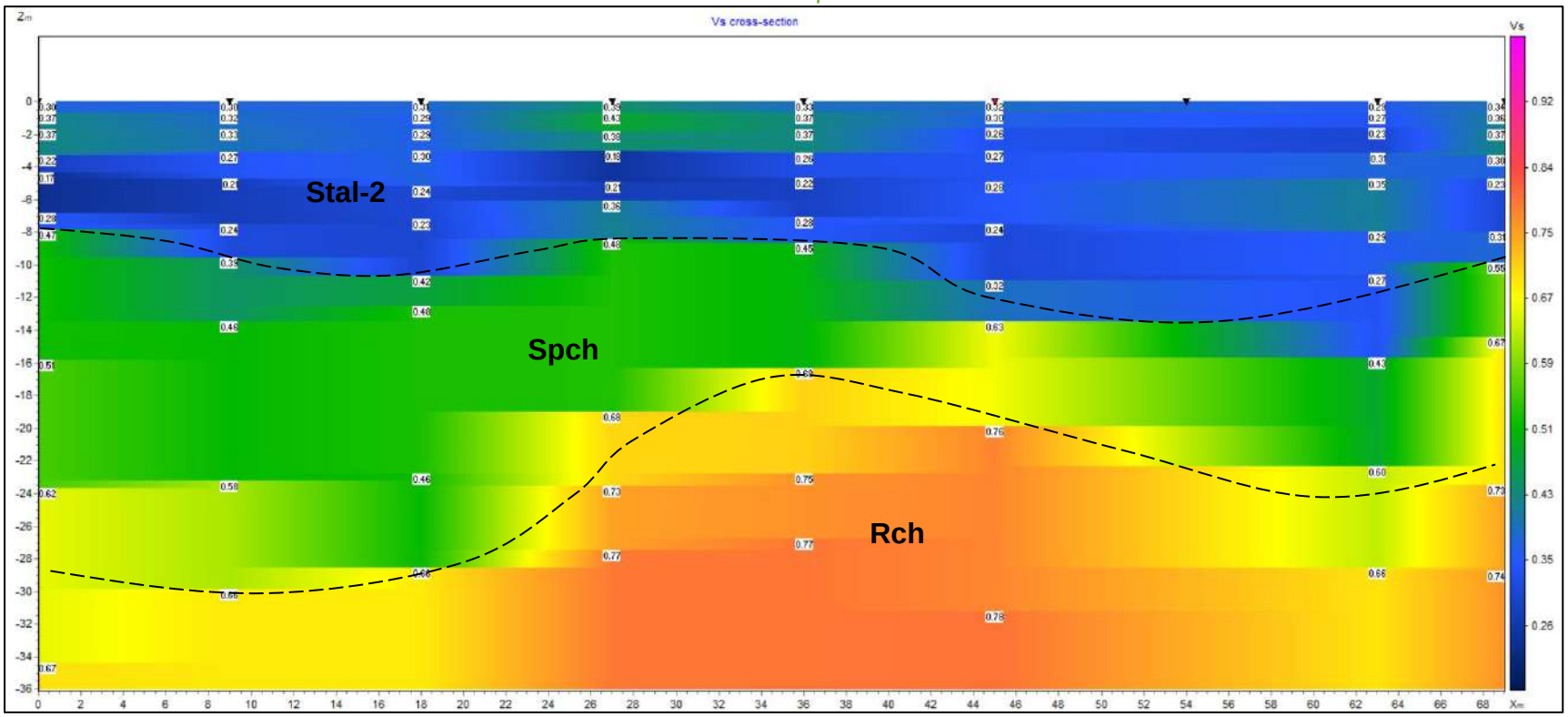


Ilustración 6-16 Perfil 2D- LSR



6.2 ENSAYOS DE LABORATORIO

A las muestras obtenidas se realizaron los siguientes ensayos de laboratorios:

Tabla 6-5 Cuadro resumen de ensayos del presente estudio.

Tipo de ensayo	Cantidad de ensayos ejecutados	Normativa
Humedad natural	6	INV E 135
Límites de Atterberg	5	INV E 125 INV E 126
Peso unitario	3	INV E 152
Granulometría	13	INV E 123
Compresión inconfinada	4	INV E 152
Corte directo CU	3	INV E 164

6.3 CARACTERIZACIÓN GEO MECÁNICA

A continuación, se presenta la descripción geotécnica de cada material en la zona de estudio y los resultados de laboratorio.

En la zona de estudio se identificaron 3 tipos de materiales los cuales corresponden a diferentes niveles de depósito aluvial, a continuación, se describe cada uno de estos y se presenta los parámetros físicos y geo mecánicos.

Stta: El material Stta corresponde a un suelo transportado de terrazas aluviales compuesto en su mayoría por Gravas de matriz fina y Arenas gruesas de origen aluvial, se encuentran hasta profundidades inferiores a los 3.50 m.

Stla: El material Stla corresponde a un suelo transportado de llanuras aluviales compuesto en su mayoría por Gravas de matriz arenosa de origen aluvial, se encuentran en profundidades inferiores a 4.0 m.

Srch: El material Srch corresponde a un suelo residual de la formación Chimborazo compuesto principalmente por un suelo fino de consistencia blanda, se encuentra a profundidades inferiores a 5.50 m.

Parámetros índices

Se graficaron los resultados en profundidad del contenido de agua y límites de consistencia realizados en los materiales Stta, Stla y Srch, el material predominante en la zona corresponde a las terrazas aluviales las cuales tiene una humedad de 6 % a 30%, el límite liquido de la matriz fina es de 25% y el límite plástico en 16%.

En el sondeo S5 se perforo en el suelo residual de la formación Chimborazo se obtuvo una humedad de 43 %, un LL de 65% y un límite plástico de 25% clasificando con un suelo de arcilla de alta plasticidad.

Ilustración 6-17 Variación de parámetros índice zona

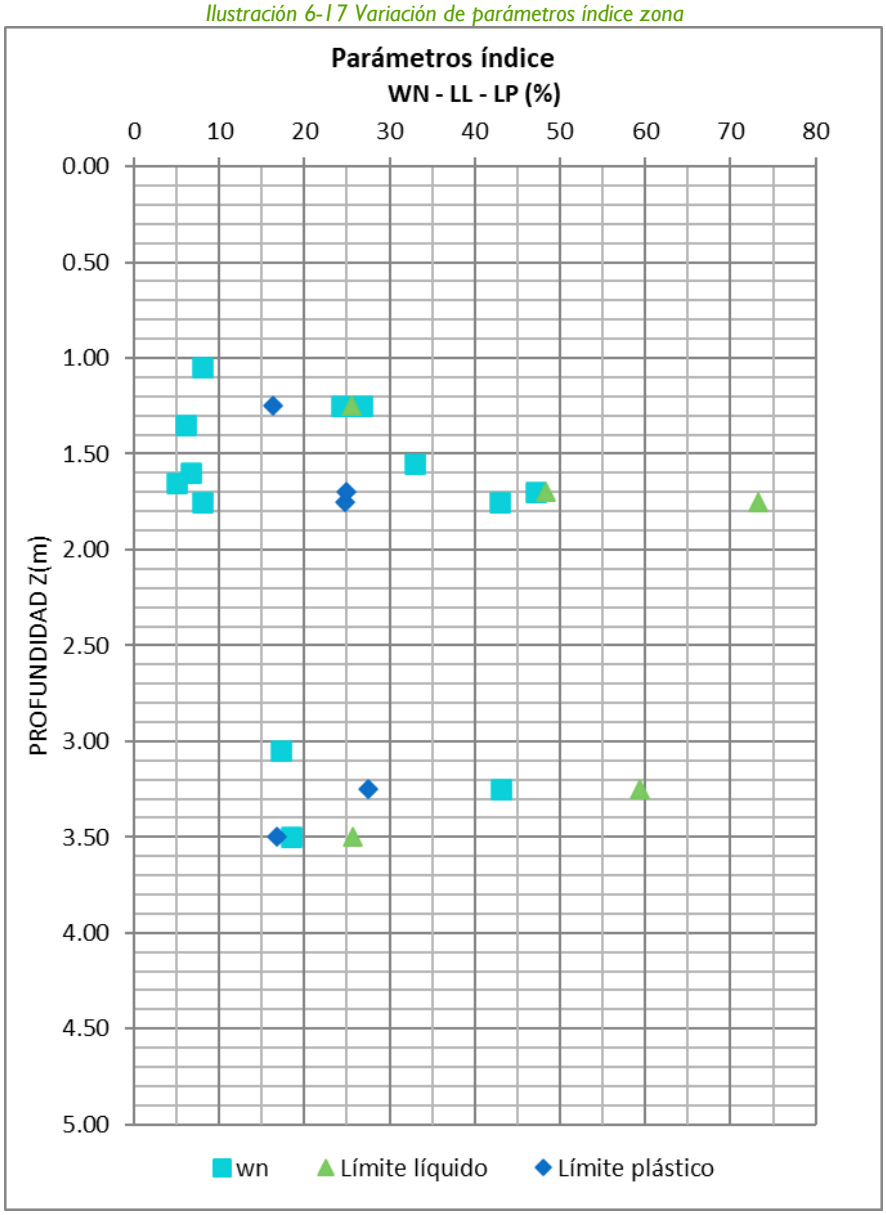
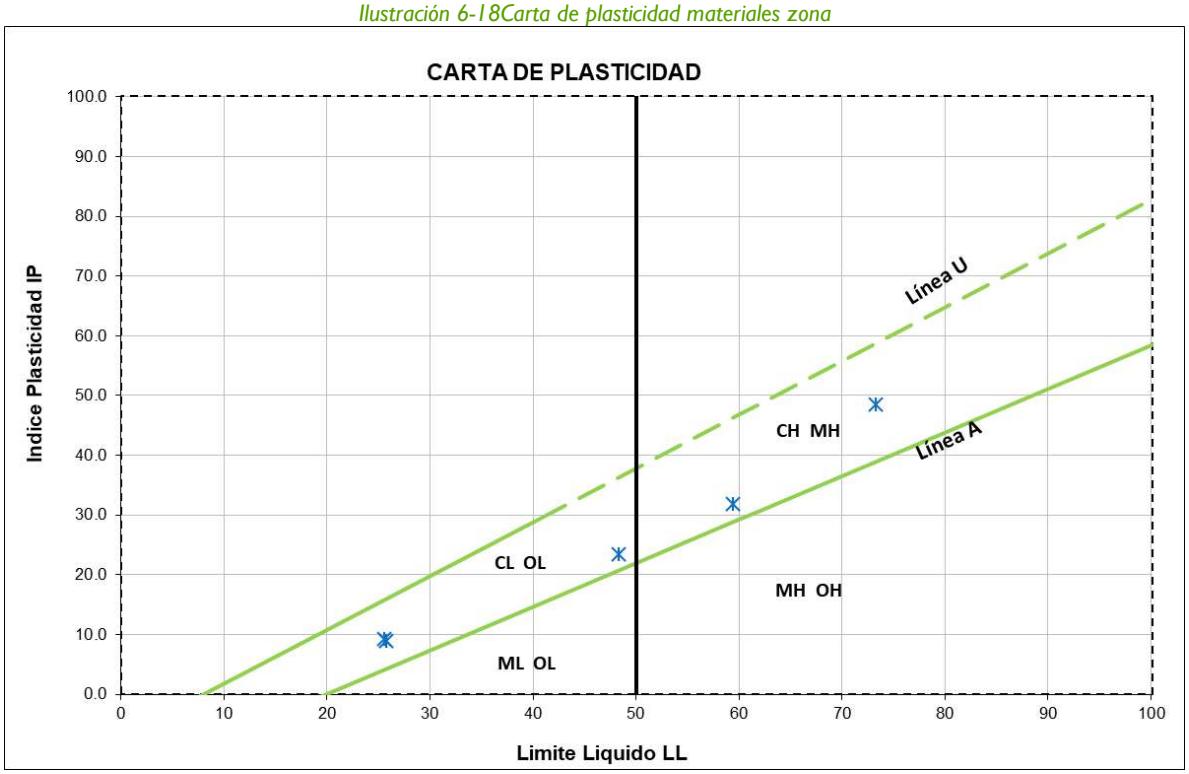


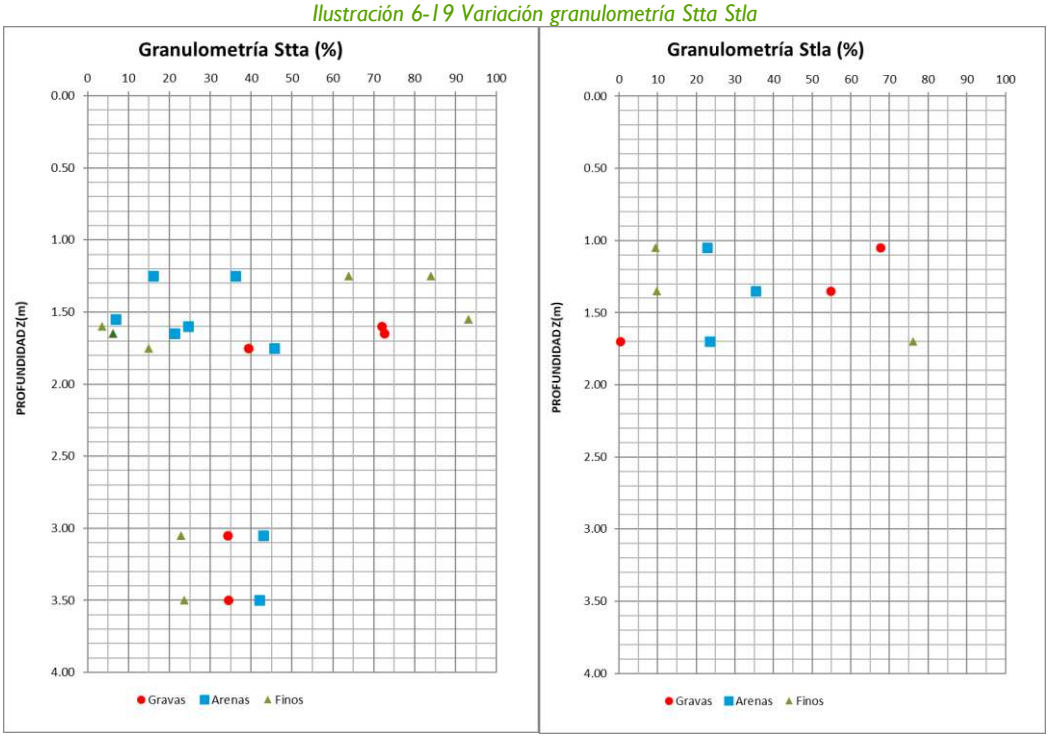
Ilustración 6-18Carta de plasticidad materiales zona



Granulometría

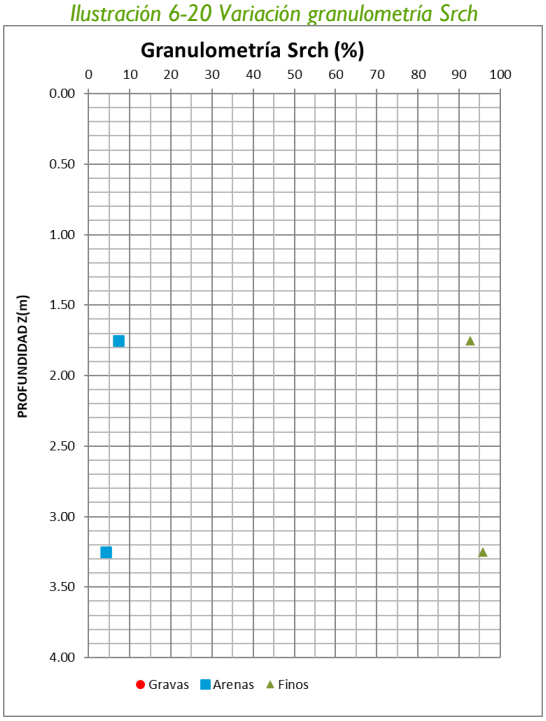
En la Ilustración 6-19 y la Ilustración 6-20 se presenta los resultados de los ensayos de granulometría realizados hasta los 4 m, para cada uno de los materiales. El material Stta predominan un material heterogéneo compuesto por gravas en un porcentaje mayor al 50%, el cual disminuye ligeramente en profundidad.

Ilustración 6-19 Variación granulometría Stta Stla



En la Ilustración 6-20 se observa los ensayos realizados en el suelo residual, concluyendo que corresponde a un suelo fino con más del 80% de finos.

Ilustración 6-20 Variación granulometría Srch



Peso unitario

A partir de ensayo de laboratorio

Se realizó el ensayo de peso unitario en las muestras inalteradas con mayor fracción fina, se obtuvieron valores entre 1.79 y 1.88 t/m^3 para el material Stta el valor promedio es de 1.88 t/m^3, para el material Stla es no realizo ensayo de peso unitario y Srch es de 1.80 t/m^3.

A partir de geofísica

Para estimar los valores de peso unitario por geofísica a partir de la Vs, se utilizará la siguiente ecuación:

$$\gamma t \ \left(\frac{KN}{m^3}\right) = 8.32 \log(Vs) - 1.61 \ \log(z)$$

Donde:

Vs: Velocidad Sísmica

z: profundidad media

Tomando la formula anterior se obtienen como resultados:

Tabla 6-6 Peso Unitario LSR-1

Pesos unitarios Kn/m3	
Stta	20.8
Stta-2	21.5
Rch	23.5

Tabla 6-7 Peso Unitario LSR-2

Pesos unitarios Kn/m3	
Stta	18.7
Srch	20.0

Tabla 6-8 Peso Unitario LSR-3

Pesos unitarios Kn/m3	
Qan	21.2
Stal	18.8

Peso especifico

De los ensayos realizados se obtuvo los valores de peso específico del depósito aluvial de la zona y el suelo residual es de 2.66.

Resistencia al corte drenado

Del material con mayor cantidad de finos se realizaron ensayos de compresión inconfinada para estimar el valor de resistencia al corte drenado, a continuación, se muestran los resultados obtenidos.

Tabla 6-9 Resultados resistencia al corte

SONDEO	TIPO	Prof. prom. [m]	MATERIAL	qu [t/m²]	Cu [t/m²]
S 1_1	BL	0.65	Stta	14.90	7.45
S 5_2	SH	1.75	Srch	4.60	2.30
S 5_4	SH	3.25	Srch	4.80	2.40

Resistencia al corte

Cortes directos

Se realizaron tres cortes directos sobre los materiales Stta, Stla y Srch, donde para el primer caso se realizó sobe un suelo granular de matriz fina en el cual se obtuvieron como resultados un C de 2.49, de igual forma se obtuvieron valores de Ø' de 26.93.

Para el siguiente material (Srch) se obtuvo como único resultado un C de 1.16 t/m² y un valor de Ø' igual a 22.25°.

Para el material (Stal) se obtuvo como único resultado un C de 1.72 t/m² y un valor de Ø' igual a 26°.

Cortes directos correlación con SPT

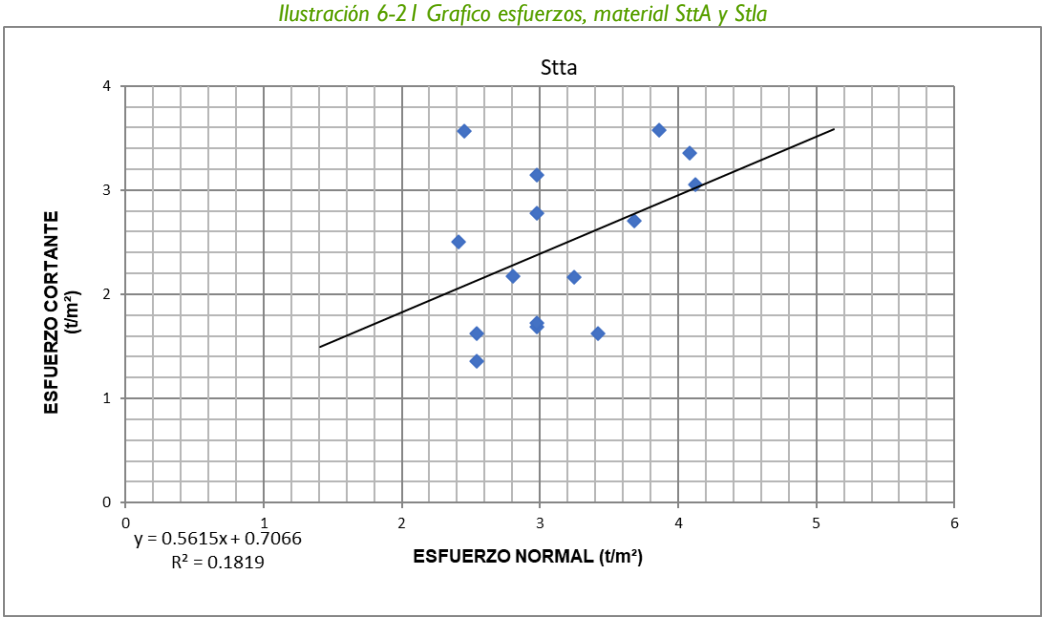
Para estimar los valores de ángulo de fricción de los materiales Stta y Srch se utilizó la correlación en el ensayo de SPT calculando el ángulo de fricción equivalente (ϕ_{equiv}), para ello se utilizó la siguiente expresión:

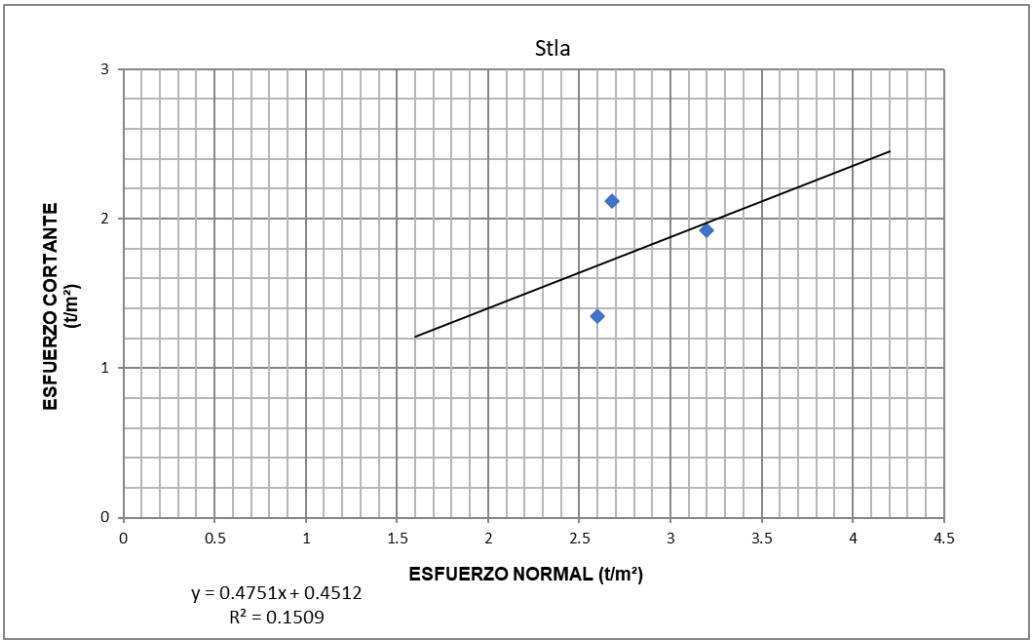
$$\phi_{equiv} = 15 + \sqrt{20\,N'_{72}} \qquad (Kishida)$$

Con el valor de ϕ_{equiv} se calcularon los parámetros de c' y ϕ' para cada material, siguiendo la metodología propuesta por González A. J. (1999) que consiste en graficar puntos (σ_v', τ) en planos Mohr-Coulomb, donde los coeficientes obtenidos en una regresión lineal corresponden a los parámetros geo mecánicos efectivos buscados. El esfuerzo efectivo vertical σ_v', se calcula como la diferencia entre el esfuerzo geo-estático total y la presión de poros, y el esfuerzo cortante a la

profundidad del ensayo, mientras que τ, se obtiene como el producto del esfuerzo efectivo vertical por la tangente del ángulo de fricción equivalente ϕ_{equiv}.

Ilustración 6-21 Grafico esfuerzos, material SttA y Stla





Módulo de elasticidad

A partir de la información obtenida de los ensayos geofísicos se calcularon los parámetros de deformabilidad del suelo a bajas deformaciones. La estimación de las características rigidez del

suelo parte de la teoría de la elasticidad donde se establece la relación entre el módulo de corte máximo (Go) con las velocidad de onda Vs (Foti, 2013).

Ecuación 1

$$G_0 = \rho * Vs^2 \ ; \ Donde \ \rho = \frac{\gamma}{9{,}81}$$

Además, siguiendo la teoría de elasticidad de plantea la relación entre el módulo de corte máximo con el módulo de Young máximo.

Ecuación 2

$$E_0 = 2 * (1 + \upsilon) * G_0$$

A partir de los perfiles Vs obtenidos del ensayo se determinó el valor de G_0 , E_0 para cada estrato identificado. Los valores obtenidos del ensayo son módulos para bajas deformaciones los cuales no pueden ser utilizados en diseño ya que los niveles de deformación del suelo son mayores bajo las cargas impuestas, por lo tanto, los módulos máximos obtenidos se disminuyeron entre 6% y 10% siguiendo la relación G/Go para el 1.0% de deformación cortante según lo establecido en las curvas de degradación del módulo.

Para calcular los valores de módulo de Young de los materiales se tomó como referencia las líneas sísmicas de refracción 2 y 3 las cuales se encuentran en la zona geotecnia 1.

Tabla 6-10 Calculo Modulo de Young LSR-1

Material	Prof. Inicial (m)	Prof. Final (m)	Prof. Media (m)	Vs (m/s)	γ_t (kN/m³)	ρ (K-kg/m³)	V_p (m/s)	μ (-)	G_o (MPa)	E_o (MPa)	G (1%) (MPa)	E (1%) (MPa)
Stta	0.0	0.7	0.4	250	20.7	2.11	610	0.40	131.8	368.8	13.18	36.9
Stta	0.7	1.6	1.2	380	21.4	2.18	910	0.39	314.5	877.1	31.45	87.7
Stta	1.6	2.6	2.1	440	21.5	2.19	1030	0.39	423.8	1176.8	42.38	117.7
Stta	2.6	5.6	4.1	300	19.6	2.00	600	0.33	180.0	480.1	18.00	48.0
Stta	5.6	7.4	6.5	470	20.9	2.13	940	0.33	471.1	1256.4	47.11	125.6
Stta-2	7.4	13.0	10.2	570	21.3	2.17	1240	0.37	705.6	1927.8	70.56	192.8
Stta-2	13.0	15.7	14.4	680	21.7	2.21	1700	0.40	1023.0	2874.2	102.30	287.4
Rch	15.7	17.5	16.6	1080	23.3	2.37	2890	0.42	2767.2	7852.5	276.72	785.2
Rch	17.5	22.3	19.9	1260	23.7	2.42	3390	0.42	3836.1	10893.5	383.61	1089.3
	22.3	30.0	26.2	1470	24.1	2.45	3960	0.42	5302.0	15058.7	530.20	1505.9

Tabla 6-11 Calculo Modulo de Young LSR-2

Material	Prof. Inicial (m)	Prof. Final (m)	Prof. Media (m)	Vs (m/s)	γ_t (kN/m³)	ρ (K-kg/m³)	V_p (m/s)	μ (-)	G_o (MPa)	E_o (MPa)	G (1%) (MPa)	E (1%) (MPa)
Stta	0.0	0.7	0.4	180	19.5	1.99	365	0.34	64.4	172.5	6.44	17.2
Stta	0.7	1.7	1.2	190	18.8	1.92	386	0.34	69.3	185.7	6.93	18.6
Stta	1.7	3.1	2.4	190	18.3	1.87	386	0.34	67.5	180.9	6.75	18.1
Stta	3.1	4.7	3.9	200	18.2	1.85	420	0.35	74.2	200.8	7.42	20.1

Material	Prof. Inicial (m)	Prof. Final (m)	Prof. Media (m)	Vs (m/s)	γ_t (kN/m^3)	ρ (K-kg/m^3)	V_p (m/s)	μ (-)	G_o (MPa)	E_o (MPa)	G (1%) (MPa)	E (1%) (MPa)
Stta	4.7	8.1	6.4	250	18.7	1.90	521	0.35	118.8	321.0	11.88	32.1
Stta	8.1	11.5	9.8	270	18.6	1.90	531	0.33	138.5	367.1	13.85	36.7
Srch	11.5	12.7	12.1	360	19.5	1.99	720	0.33	257.9	687.9	25.79	68.8
Srch	12.7	17.2	15.0	500	20.6	2.10	1040	0.35	524.1	1414.6	52.41	141.5
Spch	17.2	29.6	23.4	600	20.9	2.13	1248	0.35	767.3	2071.4	76.73	207.1
Rch	29.6	30.0	29.8	620	20.9	2.13	1350	0.37	817.4	2233.6	81.74	223.4

Tabla 6-12 Calculo Modulo de Young LSR-3

Material	Prof. Inicial (m)	Prof. Final (m)	Prof. Media (m)	Vs (m/s)	γ_t (kN/m^3)	ρ (K-kg/m^3)	V_p (m/s)	μ (-)	G_o (MPa)	E_o (MPa)	G (1%) (MPa)	E (1%) (MPa)
Qan	0.0	0.7	0.4	330	21.7	2.21	670	0.34	240.8	645.1	24.08	64.5
Qan	0.7	1.7	1.2	370	21.2	2.17	751	0.34	296.4	794.3	29.64	79.4
Qan	1.7	3.2	2.5	370	20.7	2.11	751	0.34	289.4	775.6	28.94	77.6
Stal	3.2	4.7	4.0	260	19.1	1.95	528	0.34	131.8	353.3	13.18	35.3
Stal	4.7	7.1	5.9	220	18.2	1.86	447	0.34	90.0	241.3	9.00	24.1
Stal	7.1	8.7	7.9	280	18.9	1.93	568	0.34	151.2	405.1	15.12	40.5
Spch	8.7	16.3	12.5	450	20.3	2.07	914	0.34	419.2	1123.4	41.92	112.3
Spch	16.3	22.8	19.6	680	21.5	2.19	1379	0.34	1012.8	2712.9	101.28	271.3
Spch	22.8	26.8	24.8	750	21.7	2.21	1488	0.33	1242.9	3305.5	124.29	330.6
Spch	26.8	30.0	28.4	770	21.7	2.21	1600	0.35	1310.0	3535.3	131.00	353.5

6.4 MODELO GEOLÓGICO GEOTÉCNICO

Se identificaron y parametrizaron 3 materiales principales descritos como:

Suelos transportados aluviales densos (Stla): El material Stla corresponde a un suelo transportado de llanuras aluviales compuesto en su mayoría por Gravas de matriz arenosa de origen aluvial

- Contenido de agua: 20.3%
- Limite liquido: 48 %
- Limite plástico: 24.9 %
- Índice de plasticidad: 23%
- Peso unitario: 1.8 t/m^2
- Angulo de fricción: 26°
- Cohesión: 1.0 t/m^2
- Módulo de Young: 24 MPa

Suelos transportados de terraza aluvial (Stta): El material Stta corresponde a un suelo transportado de terrazas aluviales compuesto en su mayoría por Gravas de matriz fina y Arenas gruesas de origen aluvial.

- Contenido de agua: 32%
- Limite liquido: 25 %
- Limite plástico: 16.6 %
- Índice de plasticidad: 9%
- Peso unitario: 1.88 t/m^2
- Angulo de fricción: 29
- Cohesión: 2.6 t/m^2
- Módulo de Young: 24 MPa

Suelos residuales (Srch): Se trata de suelos residuales producto de meteorización intensa de las rocas blandas de la formación Chimborazo, que presenta en general coloraciones naranjas intensas ocres. Los suelos residuales corresponden a arcillas de alta plasticidad.

- Contenido de agua: 15%
- Limite liquido: 25 %
- Limite plástico: 16.6 %
- Índice de plasticidad: 9%
- Peso unitario: 1.88 t/m^2
- Angulo de fricción: 27
- Cohesión: 2.49 t/m^2
- Módulo de Young: 18 MPa

Rocas de la unidad (Rch): Corresponde a arcillolitas color rojizo blandas muy fracturadas.

- Peso unitario: 21 t/m^2
- Módulo de Young: 223 MPa

7 DISEÑO OBRAS GEOTÉCNICAS

7.1 CONDICIONES SÍSMICAS

Las condiciones sísmicas para diseño se terminaron de acuerdo con el Código Colombiano de Puentes en su sección 3 “Cargas y factores de carga”, donde se presenta el procedimiento general (numeral 3.10.2.1) para la determinación del espectro de diseño. En la Tabla 7-1, se presentan los valores de aceleración pico del terreno (PGA), los coeficientes de periodo corto y largo (Ss y S1) y las regiones asociadas al municipio de Timba

Tabla 7-1 Aspectos sísmicos zona de Barrancabermeja

Región PGA	PGA	Región Ss	Ss	Región S_1	S_1
6	0.3	6	0.6	6	0.30

Fuente: JAM Ingeniería y Medio Ambiente SAS

Según los resultados de las líneas sísmicas se definió el perfil del suelo tipo “D” en del muro con velocidades de onda de corte Vs30 de 180 hasta 360 m/s.

Tabla 7-2 Coeficientes de amplificación Fpga

Tipo Suelo	PGA= 0.15
	Fpga
D	1.2

Fuente: JAM Ingeniería y Medio Ambiente SAS

Dentro del proceso de análisis y diseños en estabilidad se recomienda usar un coeficiente sísmico de diseño para análisis pseudoestático (Kh) menor o igual a la aceleración máxima del terreno Ao. Según el numeral 11.6.5.2.1 del código de puentes el valor del Kh se calcula para los perfiles de suelo C,D,E como la multiplicación de Fpga por PGA por un coeficiente hasta de 0.5, para el caso del presente diseño se seguirá las recomendaciones de la norma con un valor de 0.67 Kh=Fpga*PGA*0.67= 0.24 g.

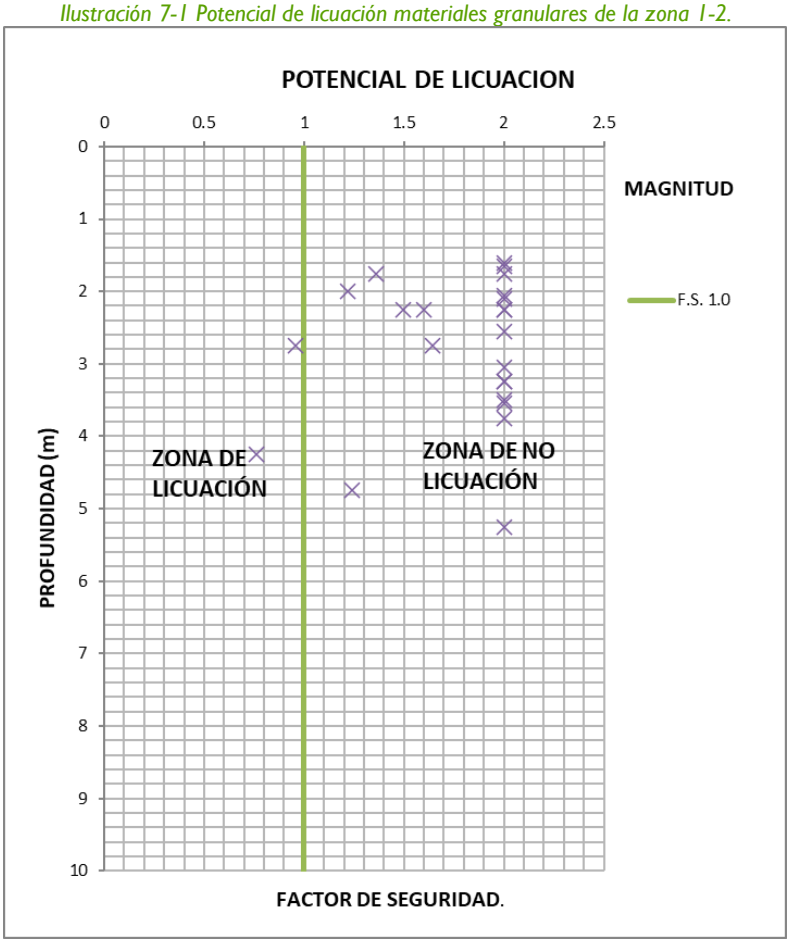
6.1.1 Condiciones especiales

6.1.1.1 Suelos licuables

Debido a que se presentan arenas sueltas con alto contenido de finos, se realizó el análisis de licuación siguiendo la metodología de Idriss & Boulanger (2008), para el análisis se determinó una magnitud de sismo máxima esperada de 6.5 correspondiente a la zona de Timba, según el Modelo de Amenaza Sísmica para Colombia (SGC & GEM, 2018). Los resultados obtenidos presentan que zonas puntuales arenosas del depósito de terraza en el sondeo S4 son susceptibles a licuar, como se presenta en la Ilustración 7-1, por lo tanto, se recomienda utilizar pilotes hincados para densificar el suelo

Las memorias de cálculo para cada sondeo se presentan en el **Anexo 4**.

Ilustración 7-1 Potencial de licuación materiales granulares de la zona 1-2.



Fuente: JAM Ingeniería y Medio Ambiente SAS

8 DISEÑO GEOTÉCNICO DE OBRAS

A continuación se presenta el diseño detallado de las obras a la luz del componente geotécnico, en el Anexo 4 se presentan las memorias de cálculo y en el Anexo 5 los planos y las especificaciones técnicas de las obras propuestas.

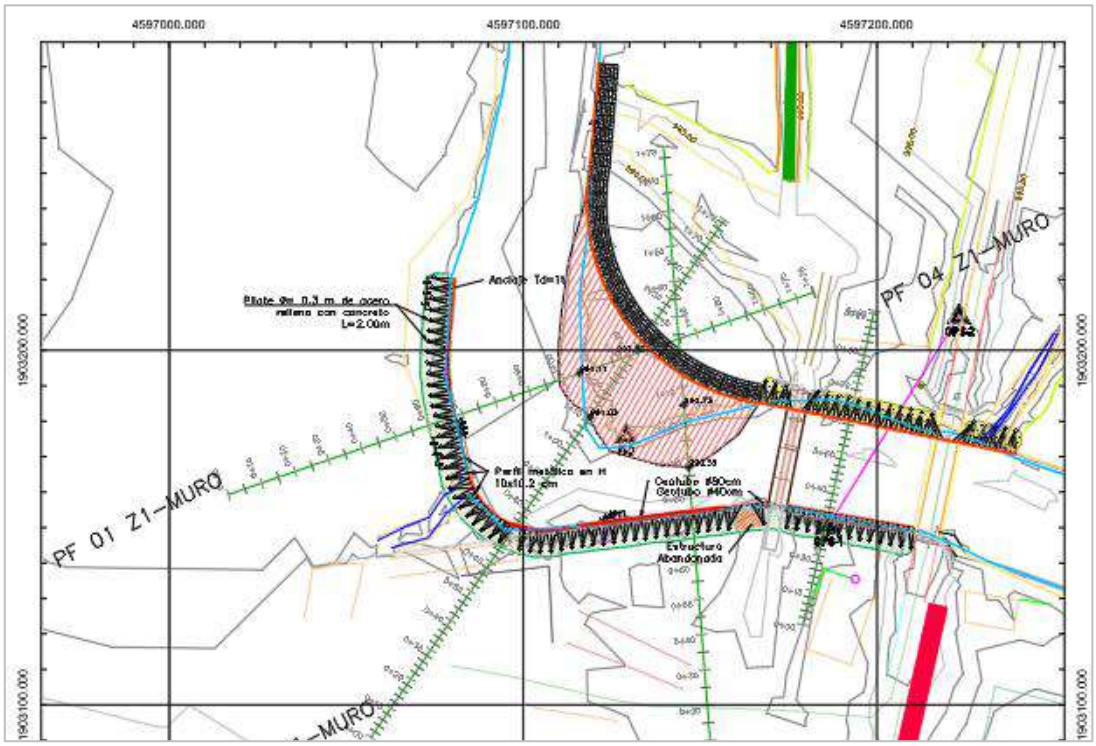
6.1.2 Diseño de obras de protección – estructura hidráulica abierta

Para el manejo hidráulico del río Timba, en el sector 1 identificado y descrito en el numeral 4.3. PUNTOS CRÍTICOS O DE MAYOR INTERÉS DESDE EL PUNTO DE VISTA GEOMORFOLÓGICO se propone la construcción de una estructura hidráulica abierta la cual consiste en una cortina de pilotes hincados en acero con el trasdós relleno con material granular de tal forma que permita el flujo de agua dentro de la estructura disminuyendo su velocidad.

Descripción general de la estructura

La estructura va a estar implantada en la zona donde se encuentra el muro existente en concreto ciclópeo y la zona de los puentes existentes. La estructura se propone en 200 m de longitud como se muestra en la ilustración 8-1, esta consiste en pilotes hincados de perfil H de 10 x10 cm con una separación 1.5 m empotrados 2 m con un tensor en la parte superior, el cual estará conformado por un anclaje pasivo y un pilote trabajando a carga lateral como se muestra en la Ilustración 8-2.

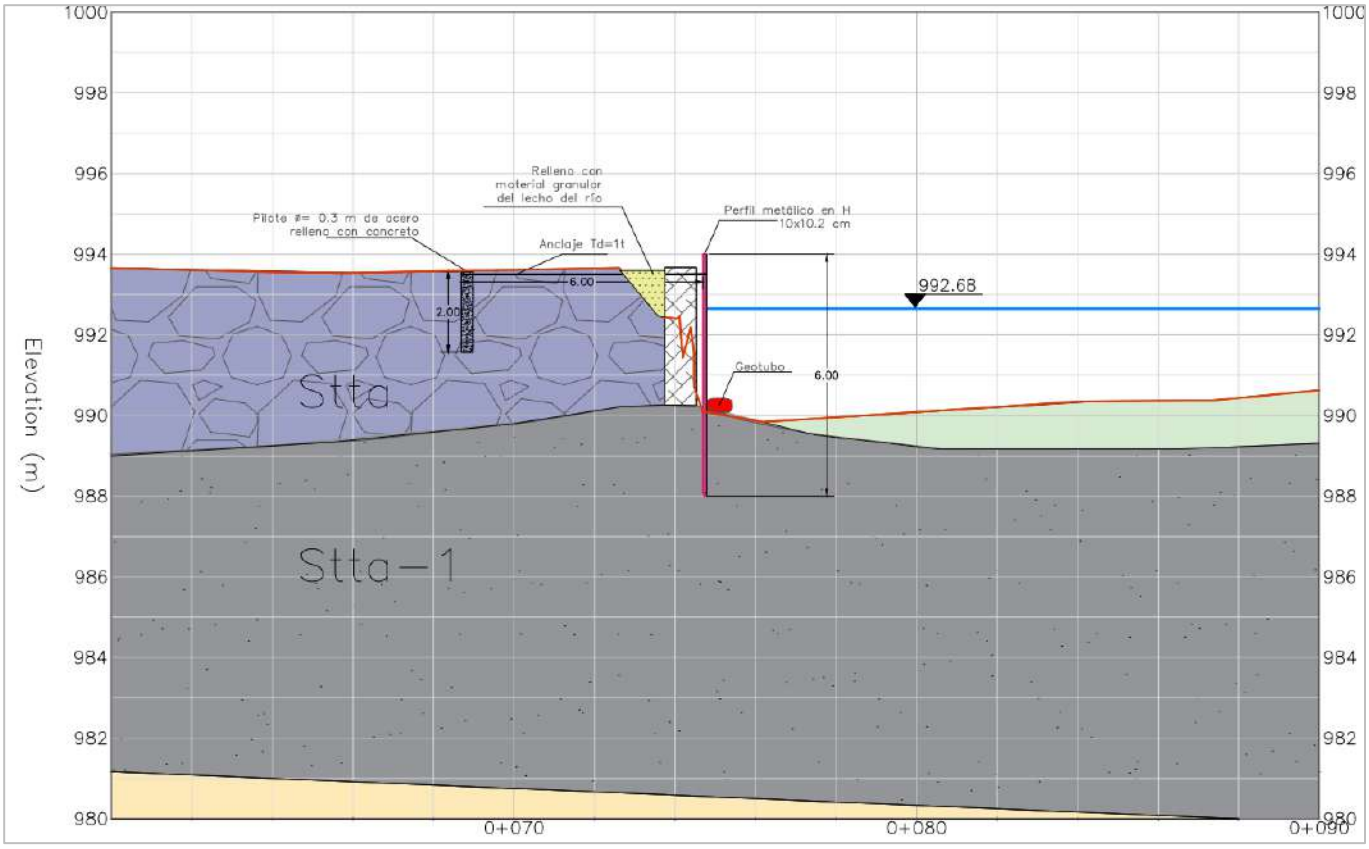
Ilustración 8-1 Planta obras zona muro

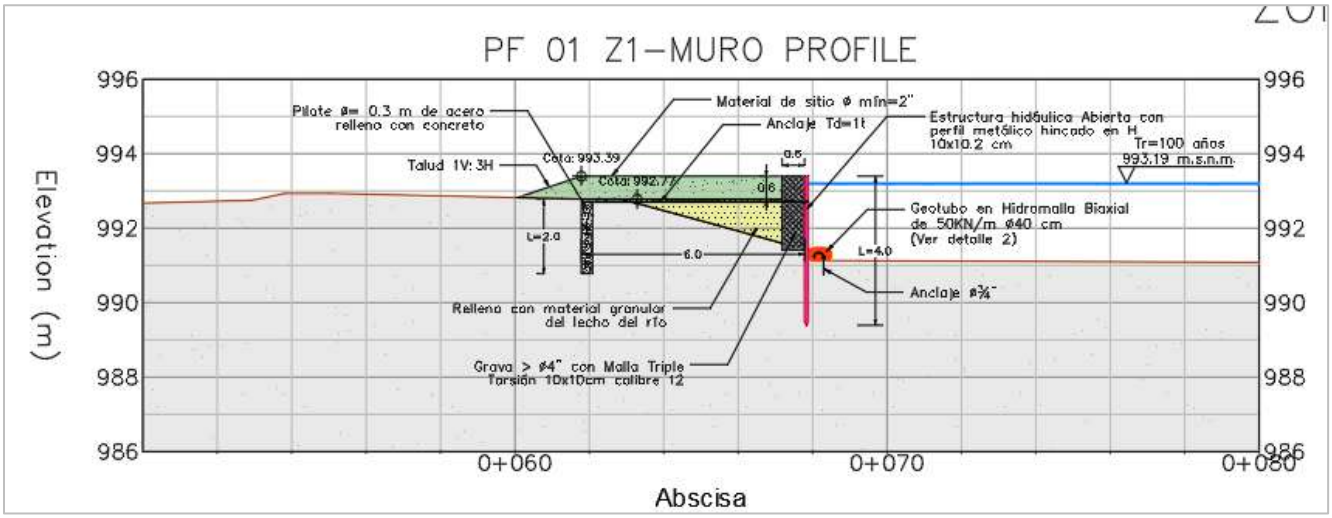


Fuente: JAM Ingeniería y Medio Ambiente SAS

El diseño de la estructura se realizó asumiendo una tablestaca hincada con un tensor en la parte superior, el diseño se realizó utilizando la estratigrafía del sondeo 1 y el perfil geológico geotécnico A-A como se muestra a continuación:

Ilustración 8-2 Detalle obra





Fuente: JAM Ingeniería y Medio Ambiente SAS

Los parámetros de diseño seleccionados se tomaron del capítulo de Caracterización geotécnica para el material Stta.

Para el material de relleno granular se seleccionó unos parámetros típicos de 35° de ángulo de fricción con 0 de cohesión, un peso unitario de 19 kPa y un módulo de elasticidad de 25 MPa correspondiente a un material granular de compacidad media a densa.

Las condiciones tenidas en cuenta para diseño fueron:

- El factor de seguridad se calculó aplicando un factor de 1.5 al coeficiente de tierras pasivo en condición estática y 1.1 en condición pseudoestatica.
- Para garantizar la estabilidad y controlar deformaciones laterales del sistema de tablestacado, se evaluará implementar un sistema de anclajes pasivos.

Diseño del tensor

Para definir la profundidad necesaria en el pilote que trabaja en la zona posterior de la estructura, se verifica la capacidad lateral del mismo mediante la metodología de Broms para suelos no cohesivos con un factor de seguridad de 1.5, tal como se presenta a continuación:

Tabla 8-1. Capacidad lateral pilotes D=0.3 m

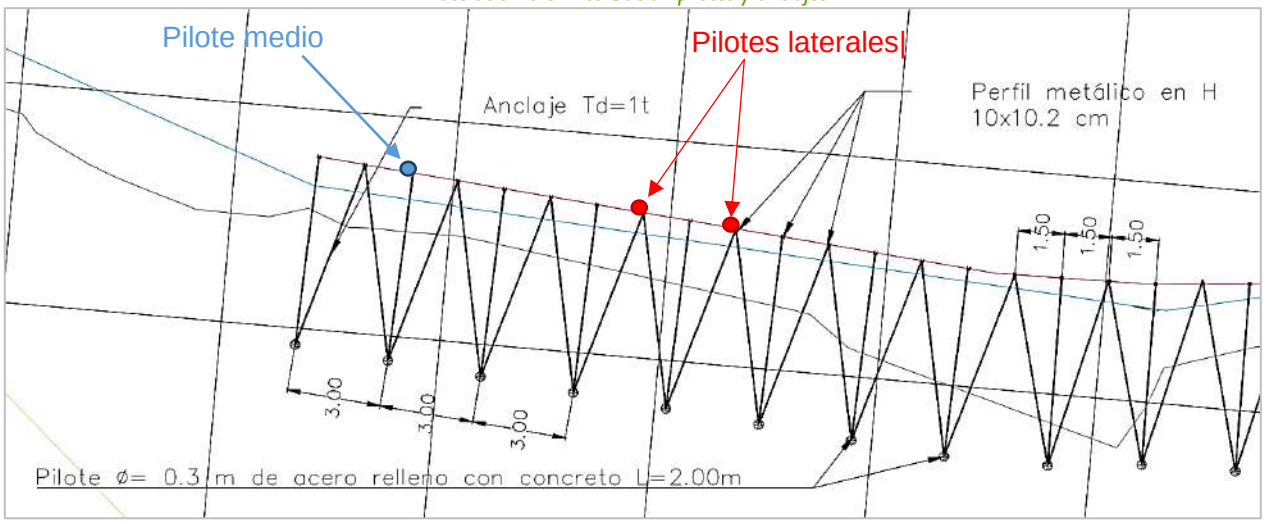
PILOTE CON CABEZAL LIBRE														
					Pilote corto				Pilote Largo					Qadm (t)
Inicial	Final	ϕ (º)	γ (t/m3)	Kp	Qu	f	Mmax	Comportamiento Pilote	A1	A2	A3	f	Qu	
0	0,5	29	1,9	2,882	0,203	0,290	0,039	Corto	1,625	0,000	5,633	1,51	5,583	0,1
0,5	1	29	1,9	2,882	0,813	0,580	0,314	Corto	1,625	0,000	5,633	1,51	5,583	0,5
1	1,5	29	1,9	2,882	1,829	0,870	1,060	Corto	1,625	0,000	5,633	1,51	5,583	1,2
1,5	2	29	1,9	2,882	3,251	1,160	2,513	Corto	1,625	0,000	5,633	1,51	5,583	2,2

Fuente: JAM Ingeniería y Medio Ambiente SAS

Teniendo en cuenta que la distribución propuesta de los pilotes es con una separación entre centros de 3.0 m y van amarrados a los anclajes y por ende a los pilotes en acero tipo H como se presenta en la Ilustración 8-3, el pilote medio (identificado con color azul) va anclado a un solo pilote y los laterales (identificados con color rojo) a 2 pilotes.

Con el fin de no exceder la capacidad lateral del pilote de anclaje se recomiendan anclajes con una Td de 1 Ton, de esta manera se asegura que el pilote del medio con su único anclaje y los laterales mediante sus dos anclajes cuenten con una tensión de 1 Ton cada uno sin superar las 2.2 Ton de capacidad lateral de los pilotes de anclaje.

Ilustración 8-3 Distribución pilotes y anclajes



Fuente: JAM Ingeniería y Medio Ambiente SAS

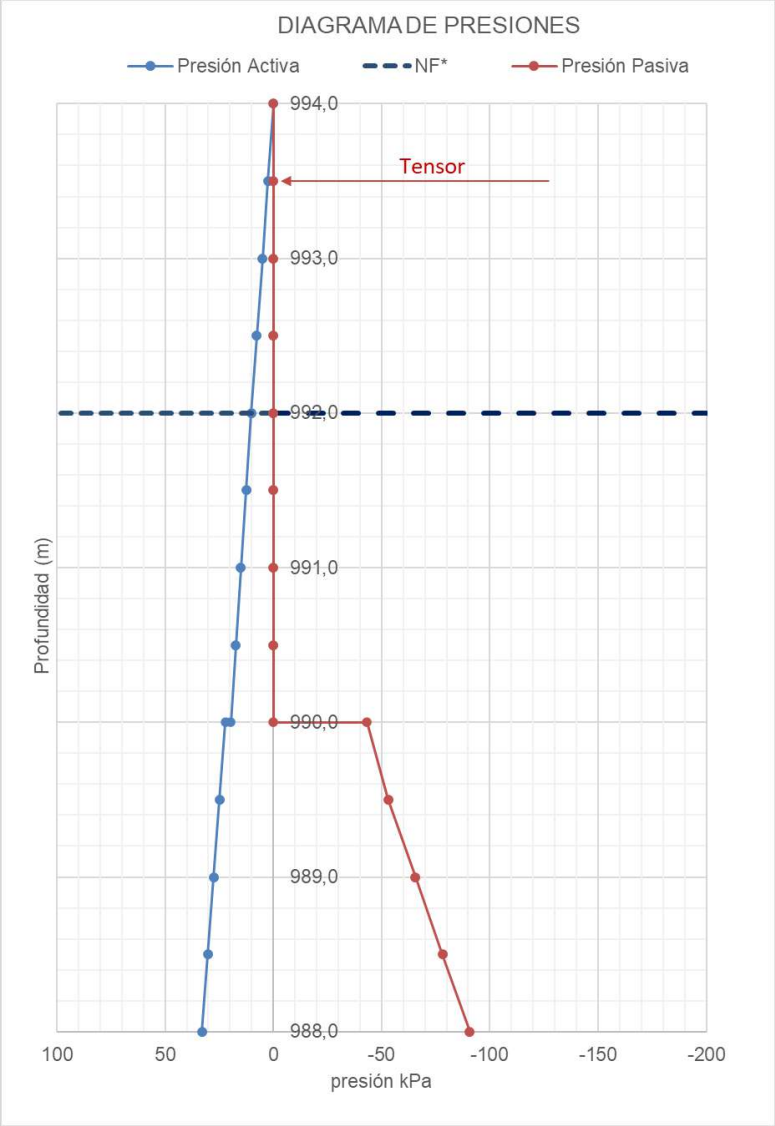
Diseño de la tablestaca

Siguiendo la metodología de soporte libre del terreno para una tablestaca con tensor se modeló la longitud de empotramiento (D') 2 m bajo los escenarios estático y pseudoestático. A continuación, se presentan los resultados de los cálculos para una longitud de empotramiento de 2 m y altura libre critica de 4 m, en el anexo 4 se incluyen las memorias de cálculo.

a- Diagrama de presiones activa y pasiva:

Se presenta en la Ilustración 8-4 el diagrama de presiones activo, pasivo y el diagrama de presiones hidrostático.

Ilustración 8-4 Diagrama de presiona pasivo y activo

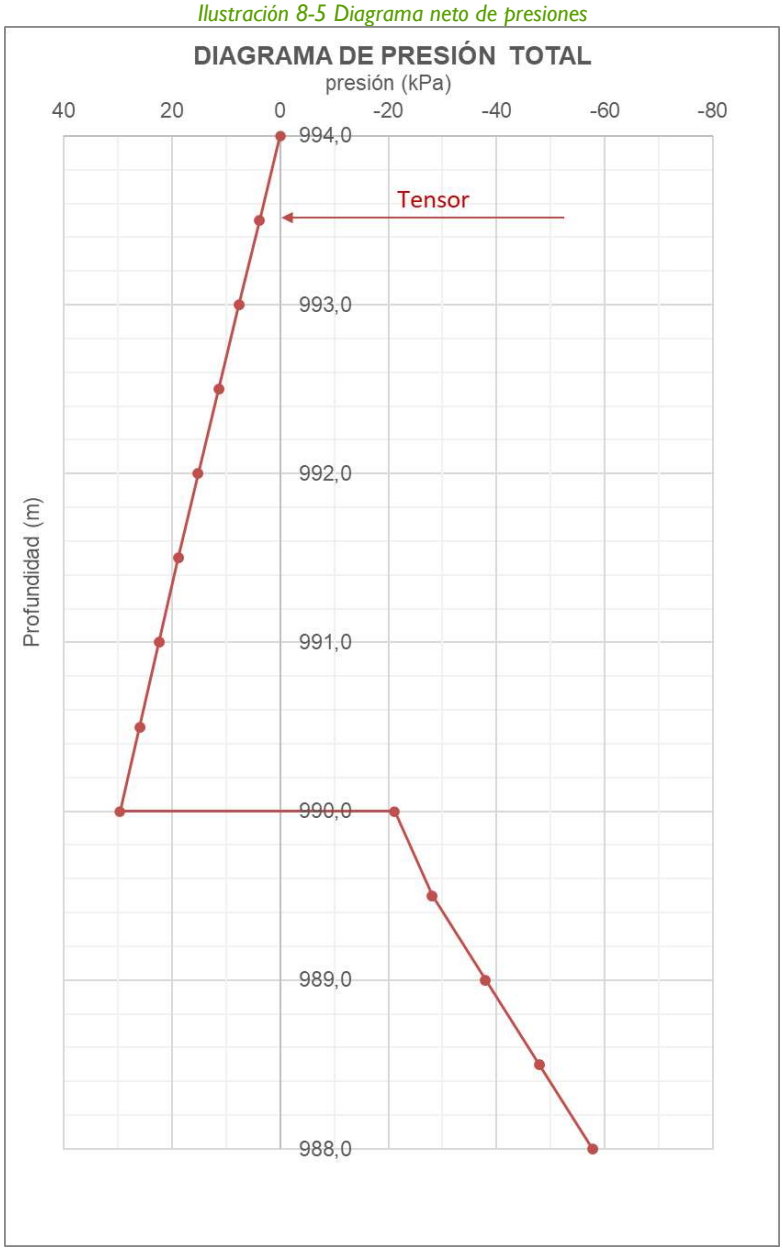


Fuente: JAM Ingeniería y Medio Ambiente SAS

b- Diagrama de presiones totales

Se presenta en la Ilustración 8-5 el diagrama de presiones neto, a partir del cual se realiza la sumatoria de momentos en A.

Ilustración 8-5 Diagrama neto de presiones



Fuente: JAM Ingeniería y Medio Ambiente SAS

c. Sumatoria de momentos en A

En la memoria de cálculo se presenta el cálculo de momentos en el anclaje de la tablestaca, para una longitud de empotramiento de 2 m se tiene una relación de momentos resistentes/ actuantes de 1.9 lo que indica el equilibrio.

d. Cálculo de momento y cortante máximo

Para esta condición el cortante y momento máximo es de 60 kN y 79 kN*m respectivamente para un ancho aferente de 1.5 m

6.1.3 Diseño de obras de protección de orilla – geoestera

Se propone la implementación de protección de orilla con Geoestera (ver Ilustración 8-6) las cuales corresponden a un colchón enrocado articulado armado comuna hidromalla rellena de material granular. (Ver planos de obra, anexo 5). Estas obras de protección de orilla se proponen en lugares estratégicos con el fin de evitar la erosión y la socavación lateral.

Ilustración 8-6 Esquemas de geoestera



Las Geoesteras son sistemas protección de orilla para protección contra la erosión de borde, estas se caracterizan por ser contenedores que se ensamblan con Hidromalla y se llenan con cantos de roca del material de sitio, este sistema se ajusta a las formas de talud al mismo tiempo se integra naturalmente a los suelos y vegetación de sitio.

Ilustración 8-7 Imagen de sistema con Geoesteras



Las características de la estructura son:

- Son elementos de gran masa y dimensiones
- Estructura flexible, otorgando la capacidad de adatarse a las formas de talud
- Alta durabilidad a largo plazo
- Se recomienda utilizar la Geoestera 50

Referencia	Resistencia kN/m	Tamaño de abertura (mm)
GEOESTERA 50	55 x 55	31,1 x 28,6
GEOESTERA 80	80 x 80	59,6 x 60,5
GEOESTERA 150	150 x 150	57 x 57
GEOESTERA 300	300 x 300	44,9 x 59,4

6.1.4 Diseño de obras de protección – mejoramiento jarillones

Para complementar los jarillones actuales se propone un realce con Hidroblocks, las cuales son contenedores en geotextil rellenos con material de sitio (ver Ilustración 8-8).

Ilustración 8-8 Fotografía Hidroblocks



9 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Fue definido el contexto geológico general del área de estudio, en el cual se puede apreciar que la zona se encuentra sobre depósitos de origen aluvial reciente, teniendo prominencias topográficas que en marcan los límites del valle del río Timba, constituidos por rocas del Grupo Cauca principalmente Formación Chimborazo.

Fue desarrollado un estudio geomorfológico detallado, utilizando la fotointerpretación de imágenes de sensores remotos de diferentes años, con un cubrimiento total de 65 años (1957 a 2022). Sobre estas fueron identificadas las geoformas locales, y fue desarrollado un análisis de los cambios morfológicos del río Timba en el tiempo.

Se determinaron las zonas con mayor susceptibilidad a presentar fenómenos de inundación (llanura de inundación) por, así como expuestos a procesos de erosión como socavación lateral, de acuerdo con la evolución y cambios históricos en el cauce del río Timba. Fueron entonces reconocidas las zonas de mayor interés para la implantación de obras de protección de orilla y control de desbordamiento, apoyando la propuesta de exploración del subsuelo para el desarrollo del proyecto.

En la zona de estudio se identificaron 3 tipos de materiales los cuales corresponden a diferentes niveles de depósito aluvial, en resumen, se tienen los siguientes materiales asociados a arenas y gravas con alto contenido de finos.

Stta: El material Stta corresponde a un suelo transportado de terrazas aluviales compuesto en su mayoría por Gravas de matriz fina y Arenas gruesas de origen aluvial, se encuentran hasta profundidades inferiores a los 3.50 m.

Stla: El material Stla corresponde a un suelo transportado de llanuras aluviales compuesto en su mayoría por Gravas de matriz arenosa de origen aluvial, se encuentran en profundidades inferiores a 4.0 m.

Srch: El material Srch corresponde a un suelo residual de la formación Chimborazo compuesto principalmente por un suelo fino de consistencia blanda, se encuentra a profundidades inferiores a 5.50 m.

El diseño geotécnico de las obras propuestas para el control de erosión de orilla e inundación en el corregimiento de Timba se ha desarrollado con un enfoque integral, considerando factores geológicos, geomorfológicos y de dinámica fluvial específicos de la zona de estudio.

La estructura hidráulica abierta propuesta, consiste en una cortina de pilotes hincados en acero con trasdós relleno de material granular anclados mediante tensores a unos pilotes traseros que funcionan a capacidad lateral. Para su diseño se tuvo en cuenta la estratigrafía de la zona y el perfil geológico geotécnico para garantizar la estabilidad y resistencia requeridas. La distribución

de pilotes y anclajes, así como el diseño del tensor, han sido concebidos para asegurar una capacidad lateral adecuada y controlar deformaciones laterales.

Para la protección de la orilla, se optó por la implementación de Geoesteras, que son sistemas flexibles y duraderos, capaces de adaptarse a las formas del talud y proporcionar protección contra la erosión. Además, se propone el realce de los jarillones existentes mediante el uso de Hidroblocks, los cuales corresponden a contenedores en geotextil rellenos con material del sitio, fortaleciendo así las defensas existentes.

Los resultados de los cálculos y los análisis de estabilidad se presentan en las memorias de cálculo y planos presentados en los Anexos 4 y 5, proporcionando una base técnica sólida para la ejecución de las obras propuestas.

En resumen, el diseño geotécnico desarrollado para estas obras no solo aborda los desafíos específicos de la zona, sino que también cumple con los estándares normativos y de ingeniería, asegurando así la eficacia y la seguridad de las intervenciones propuestas.