Lemoine Rivera
Ingenieros Asociados s.a.s.

VOLUMEN IV: SUELOS

Calle 109 No. 20 – 77 Apto 202, Teléfono: 316 4218611, correo: lemoinerivera@gmail.com

Lemoine Rivera
Ingenieros Asociados s.a.s.

REMISIÓN METODOLOGÍA

Calle 109 No. 20 – 77 Apto 202, Teléfono: 316 4218611, correo: lemoinerivera@gmail.com

Lemoine Rivera
Ingenieros Asociados S.a.s.

Manizales, 26 de septiembre de 2024
LEMOINE- CM004-2024 LOTE 3 - TEC 11

Señores:
MAURICIO LEON TORRES
REPRESENTANTE LEGAL
WENTZER S.A.S
Manizales, Caldas.

Asunto: **Remisión metodología de prospección geotécnica**

Referencia: Contrato No. **2408130942** cuyo objeto es **ESTUDIOS Y DISEÑOS DEFINITIVOS (FASE 3) PARA LA CONSTRUCCION DE INFRAESTRUCTURA DE LA INTERSECCION CALLE 63 CON CALLE 64 EN EL SECTOR DE LA ESCUELA DE CARABINEROS DE LA CIUDAD DE MANIZALES**

Cordial saludo,

Remito metodología de prospección geotécnica para contrato **2408130942** cuyo objeto es **ESTUDIOS Y DISEÑOS DEFINITIVOS (FASE 3) PARA LA CONSTRUCCION DE INFRAESTRUCTURA DE LA INTERSECCION CALLE 63 CON CALLE 64 EN EL SECTOR DE LA ESCUELA DE CARABINEROS DE LA CIUDAD DE MANIZALES**

CRISTIAN MAURICIO CUELLAR LEGUIZAMON
Representante Legal
LEMOINE RIVERA INGENIEROS ASOCIADOS SAS.

ALCALDIA DE MANIZALES

SECRETARIA DE INFRAESTRUCTURA

CONTRATO N° 2408130942

ESTUDIOS Y DISEÑOS DEFINITIVOS (FASE 3) PARA LA CONSTRUCCIÓN DE INFRAESTRUCTURA DE LAS INTERSECCIONES PARA 1- EL INGRESO A LOS BARRIOS LA FRANCIA Y ALCAZARES EN EL SECTOR DEL PARQUE DEL AGUA, 2- CALLE 67 CON CRA 25 SECTOR PARQUE DE LAS GARZAS Y 3 – CALLE 63 CON CALLE 64 EN EL SECTOR DE LA ESCUELA DE CARABINEROS DE LA CIUDAD DE MANIZALES

VOLUMEN IV – ESTUDIO DE SUELOS PARA DISEÑOS DE FUNDACIONES DE PUENTES, MUROS Y ESTABILIDADES DE TALUDES.

VERSIÓN 0

LEMOINE RIVERA INGENIEROS ASOCIADOS S.A.S

MANIZALES, CALDAS

HOJA DE CONTROL DEL DOCUMENTO

NOMBRE DEL DOCUMENTO:	CÓDIGO DEL DOCUMENTO:
ESTUDIO DE SUELOS PARA DISEÑOS DE FUNDACIONES DE PUENTES, MUROS Y ESTABILIDADES DE TALUDES.	VOLUMEN IV

CONTROL DE CAMBIOS

VERSIÓN	FECHA	OBSERVACIÓN
V-01	Septiembre 2024	ESTUDIO DE SUELOS Y FUNDACIONES

REVISIÓN DEL DOCUMENTO

CONTROL	NOMBRE	FIRMA	FECHA
Elaboró Especialistas	JULIÁN VELÁSQUEZ ARIAS JUAN ALEJANDRO DÁVILA R.		SEPTIEMBRE 2024
Revisó Director de Estudios y Diseños	ÁLVARO VERA		SEPTIEMBRE 2024
Aprobó Especialista Interventoría	NA		SEPTIEMBRE 2024
Valido Director Interventoría	NA		SEPTIEMBRE 2024

CONTROL Y DISTRIBUCIÓN DEL DOCUMENTO

UBICACIÓN	NOMBRE	COPIA
ENTIDAD	SECRETARIA DE INFRAESTRUCTURA	DIGITAL / IMPRESO
ARCHIVO	LEMOINE RIVERA INGENIEROS ASOCIADOS S.A.S	DIGITAL
ARCHIVO	WENTZER S.A.S	DIGITAL

TABLA DE CONTENIDO

1 INTRODUCCIÓN 3
2 GEOTECNIA EN INFRAESTRUCTURA PÚBLICA 3
3 OBJETIVOS 3
3.1 OBJETIVO GENERAL 3
3.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS 4
4 CADENA DE VALOR 5
5 LOCALIZACIÓN DEL PROYECTO 6
6 METODOLOGIA 7
6.1 MARCO NORMATIVO 7
6.2 PROCEDIMIENTO OPERATIVO 7
6.2.1 PROSPECCIÓN GEOTECNICA 7
6.2.2 TOMA DE MUESTAS ALTERADAS E INALTERADAS DE SUELO Y/O ROCA 7
6.2.3 ENSAYOS DE LABORATORIO SOBRE MUESTRAS DE CAMPO 7
6.2.4 DEFINICIÓN DEL PERFIL DE SUELO 8
6.2.5 DEFINICIÓN, DIMENSIONAMIENTO Y CALCULO GEOTECNICO DE LA CIMENTACIÓN ESTABLECIDA PARA LAS OBRAS ASOCIADAS A LA INTERSECCIÓN VIAL 8
6.2.6 ELABORACIÓN DE INFORME GEOTÉCNICO 8
6.2.7 INTERACCIÓN CON OTRAS DISICIPLINAS 8
7 PRODUCTOS A ENTREGAR 8
8 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES 9

1 INTRODUCCIÓN

De acuerdo con el pliego de condiciones que hace parte integral del contrato de obra, el contratista LEMOINE RIVERA INGENIEROS ASOCIADOS S.A.S se compromete a desarrollar la consultoría relacionada con ESTUDIOS Y DISEÑOS DEFINITIVOS (FASE 3) PARA LA CONSTRUCCIÓN DE INFRAESTRUCTURA DE LAS INTERSECCIONES PARA CALLE 63 CON CALLE 64 EN EL SECTOR DE LA ESCUELA DE CARABINEROS DE LA CIUDAD DE MANIZALES LOTE 3, con el fin de llevar a cabo todas las labores necesarias para entregar a ALCALDIA DE MANIZALES los estudios y diseños que incluyen los entregables solicitados en el anexo técnico, encontrándose entre los volúmenes relacionados el denominado "Geotecnia".

2 GEOTECNIA EN INFRAESTRUCTURA PÚBLICA

La geotecnia dentro del desarrollo de la infraestructura pública provee la información necesaria para conocer las condiciones del subsuelo, su historia y la posible respuesta al desarrollo de las obras propuestas; este resultado se obtiene mediante la prospección geotécnica, investigación de campo y el escrutinio técnico de esta información, permitiendo así obtener recomendaciones de diseño y construcción a los diferentes elementos a desarrollar dentro de una obra de infraestructura vial, que suelen ser excavaciones, rellenos, estructuras de contención y cimentaciones, los cuales están bajo normativas que establecen chequeos numéricos para soportar cargas estáticas y dinámicas que afectan las estructuras proyectadas.

3 OBJETIVOS

3.1 OBJETIVO GENERAL

Adelantar el ***Estudio de suelos para diseños de fundaciones de puentes, muros y estabilidades de taludes***, para la consultoría correspondiente al Contrato N° 2408130942 de 2024, cuyo objeto es: "ESTUDIOS Y DISEÑOS DEFINITIVOS (FASE 3) PARA LA CONSTRUCCIÓN DE INFRAESTRUCTURA DE LAS INTERSECCIONES PARA CALLE 63 CON CALLE 64 EN EL SECTOR DE LA ESCUELA DE CARABINEROS DE LA CIUDAD DE MANIZALES LOTE 3", con base en el contrato y los pliegos de condiciones que lo sustentan.

3.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS

- Determinar el número de perforaciones y su profundidad con base en las indicaciones dadas en el Código de Diseño de Puentes CCP-14.
- Realizar toma de muestras alteradas e inalteradas para ser ensayadas en laboratorio.
- Realizar ensayos de laboratorio de clasificación, así como de propiedades físicas y mecánicas de los suelos y rocas.
- Procesar y analizar los resultados de los ensayos de laboratorio, con el fin de establecer los parámetros que servirán de base para el diseño de la cimentación de todas las estructuras.
- Definir y dimensionar el tipo de cimentación requerida para la construcción de los elementos necesarios para llevar a cabo el mejoramiento vial requerido (puentes, muros, llenos entre otros).
- Emitir recomendaciones para excavaciones y llenos, ya sean permanentes o temporales, manejo de aguas al interior y las demás necesarias para la conservación y mantenimiento de las estructuras diseñadas.
- Elaborar el informe geotécnico que consolide todo el proceso y resultados obtenidos del componente en mención.

4 CADENA DE VALOR

Se procederá a efectuar las siguientes actividades de cara al cumplimiento de los productos a entregar:

Tabla 1.Cadena de valor

ACTIVIDAD	DESCRIPCIÓN	ENTREGABLE
Campaña de perforaciones	Se llevarán a cabo las siguientes perforaciones: - Manual (5 de 6 m c/u) - Mecánica a percusión, incluye SPT (3 de 20 m c/u). - Mecánica a rotación, incluye SPT (6 de 20 m c/u).	Plano de ubicación de perforaciones y columna estratigráfica típica.
Toma de muestras alteradas e inalteradas para ensayos de laboratorio	Para la parametrización geomecánica del suelo y su posible respuesta a las solicitaciones, se plantea los siguientes ensayos de laboratorio: - 30 clasificaciones SUCS (humedades, límites y granulometrías). - 15 compresiones inconfinadas. - 4 Cortes directos (UU). - 2 LRS (Línea de refracción sísmica). - 2 consolidaciones.	Resultados de ensayos de laboratorio.
Procesamiento y análisis de resultados de laboratorio.	Con base en los resultados obtenidos, se procederá a aplicar técnicas y métodos de amplio uso y reconocimiento, para definir los parámetros geotécnicos que serán los insumos principales para el diseño y dimensionamiento de la cimentación del puente.	Parámetros geomecánicos del suelo y/o roca.
Dimensionamiento y cálculo de cimentación.	Con base en las teorías disponibles en la actualidad, se realizarán los cálculos de capacidad de carga y asentamientos de las estructuras de cimentación.	Diseño geotécnico de cimentación
Elaboración de informe geotécnico	Documento que describe y consolida los procesos y metodologías llevadas a cabo para la obtención del diseño geotécnico de la cimentación del puente, y las recomendaciones a seguir durante la ejecución para garantizar las condiciones de diseño durante la construcción y vida útil del proyecto.	Informe geotécnico con sus respectivos anexos y planos detalle de las estructuras diseñadas.

5 LOCALIZACIÓN DEL PROYECTO

La intersección vial se encuentra entre las calles 63 y 64 en el sector de la Escuela de Carabineros, en la ciudad de Manizales (Caldas), su localización es un punto álgido para el tráfico peatonal y vial en todos los escenarios cronológicos.

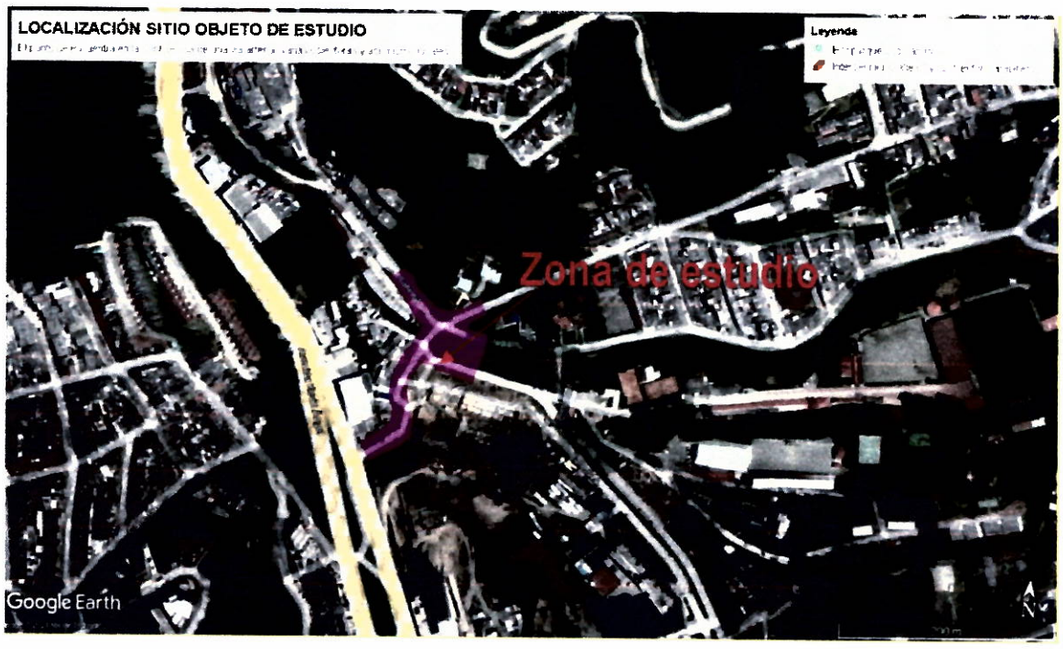


Figura 1.Localización zona de estudio
Fuente: Imagen satelital extraída de Google Earth.

El área de intervención directa tiene 7124 m2, los cuales obedecen a la franja vial de cada acceso hasta donde se pretende desarrollar el proyecto según los lineamientos establecidos por el contrato y la normativa vigente (CCP14).

6 METODOLOGIA

6.1 MARCO NORMATIVO

Los proyectos de infraestructura vial se basan en las recomendaciones y criterios dados en el Código Colombiano de Puentes – CCP-14 del INVIAS.

6.2 PROCEDIMIENTO OPERATIVO

A continuación, se identifican las diferentes etapas y la descripción de las mismas:

6.2.1 PROSPECCIÓN GEOTECNICA

De conformidad con la tabla 10.4.2.1 del Código Colombiano de Puentes CCP-14, normatividad aplicable al proyecto, para cimentaciones profundas en estribos de puentes de menos de 30 m. se debe realizar un sondeo por cada subestructura, es decir una perforación por cada estribo, desde el nivel actual del terreno y estarán ubicados junto a cada uno de los estribos existentes. Lo anterior para las estructuras aéreas que se seleccionen dentro de la alternativa de diseño más viable. En ésta campaña de prospección, se realizará exploración indirecta con dos líneas de refracción sísmica, una en cada margen de la quebrada en el sentido paralelo a la misma.

6.2.2 TOMA DE MUESTAS ALTERADAS E INALTERADAS DE SUELO Y/O ROCA

Se propone la toma de muestras alteradas e inalteradas de suelo y núcleos de roca; sin embargo, la toma de estas muestras dependerá de las condiciones en campo, tanto del suelo como de la roca encontrada.

6.2.3 ENSAYOS DE LABORATORIO SOBRE MUESTRAS DE CAMPO

A las muestras alteradas de suelo se les realizará ensayos de clasificación (humedad natural, límites de Atterberg y granulometrías); las muestras inalteradas serán sometidas a ensayos de corte directo, para determinar parámetros de resistencia al corte (cohesión y ángulo de fricción). Sobre las muestras tomadas en los estratos portantes, se realizará el ensayo de consolidación, para obtener información necesaria para estimar los asentamientos. De manera complementaria, para corroborar la estratigrafía identificada en las perforaciones y determinar las propiedades resistentes del estrato competente (Formación Quebradagrande), se propone la realización de LRS (Líneas de Refracción Sísmica).

6.2.4 DEFINICIÓN DEL PERFIL DE SUELO

Con base en la tabla 3.10.3.1.1 del CCP-14, se realizará la definición del perfil del suelo tomando como fuente la información de velocidad de onda obtenida de las LRS, así como de las correlaciones con el ensayo de compresión simple.

6.2.5 DEFINICIÓN, DIMENSIONAMIENTO Y CALCULO GEOTECNICO DE LA CIMENTACIÓN ESTABLECIDA PARA LAS OBRAS ASOCIADAS A LA INTERSECCIÓN VIAL

Basados en estructuras de similares características y la experiencia del grupo consultor, se propondrá una cimentación con pilas en concreto para la infraestructura de los puentes resultantes, para las obras menores como muros y llenos se verificarán cotas de movimientos, funcionalidad y capacidad portante del suelo fundación para definir el tipo de intervención, sea superficial o profundad. Lo anterior estará determinado por la definición de las cargas estáticas y dinámicas establecidas por el ingeniero estructural. Una vez se tenga definido el estado del arte de las alternativas de construcción para cada elemento, se definirán las dimensiones y profundidad de las obras geotécnicas.

6.2.6 ELABORACIÓN DE INFORME GEOTÉCNICO

El informe geotécnico será estructurado con base en los requerimientos del CCP-14, dichos requerimientos piden reconocer el estado del subsuelo a un nivel que permita establecer los estados de esfuerzo, su cercanía a la falla, deformaciones y asentamientos, dando como resultado una parametrización del suelo antes de la intervención y después de ella.

6.2.7 INTERACCIÓN CON OTRAS DISICIPLINAS

Para lograr el objetivo propuesto por la consultoría, es necesario llevar a cabo un proceso interdisciplinario por medio de comités, en los cuales se establecerán las necesidades de información de otras disciplinas para ser integrada en el estudio geotécnico, como el caso del componente hidráulico con los niveles de socavación, el componente estructural con la determinación de las cargas transmitidas a la cimentación, entre otros.

7 PRODUCTOS A ENTREGAR

Como resultado de la presente consultoría se entregará el documento Informe Geotécnico con sus respectivos anexos, necesarios para describir y detallar las estructuras diseñadas, incluyendo las metodologías y teorías aplicadas para la obtención de dichas estructuras.

8 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

El trabajo debe ser articulado con la interventoría para efectos de su seguimiento y aprobación, de igual forma con el equipo de la entidad contratante y demás entidades involucradas en la ejecución del proyecto según Contrato N° 2408130942, incluye la revisión de los diseños metodológicos para el desarrollo de los diferentes volúmenes definidos dentro del pliego de condiciones.

Para el desarrollo del componente geotécnico, es necesario contar previamente con la información topográfica y geológica de la zona de estudio; de igual manera, es importante conocer información hidrológica e hidráulica (caudales de diseño para diferentes períodos de retorno, perfil de socavación proyectado, manchas de inundación, etc.) y las cargas que serán transmitidas a la cimentación.

Lemoine Rivera
Ingenieros Asociados s.a.s.

APROBACIÓN INTERVENTORÍA

Calle 109 No. 20 – 77 Apto 202, Teléfono: 316 4218611, correo: lemoinerivera@gmail.com

Manizales, 17 de octubre de 2024.

Ingeniero:
ÁLVARO VERA
Coordinador de Consultoría
LEMOINE RIVERA INGENIEROS ASOCIADOS S.A.S.

referencia:
contrato 2408080929 *"INTERVENTORÍA TÉCNICA, ADMINISTRATIVA, FINANCIERA Y JURÍDICA A LOS ESTUDIOS Y DISEÑOS DE LA INTERSECCIÓN VIAL UBICADA EN LA CALLE 63 CON CALLE 64 EN EL SECTOR DE LA ESCUELA DE CARABINEROS DE LA CIUDAD DE MANIZALES"*

contrato 2408130942 *"ESTUDIOS Y DISEÑOS DEFINITIVOS (FASE 3) PARA LA CONSTRUCCIÓN DE INFRAESTRUCTURA DE LA INTERSECCIÓN CALLE 63 CON CALLE 64 EN EL SECTOR DE LA ESCUELA DE CARABINEROS DE LA CIUDAD DE MANIZALES"*

documento Leomine – CM004-2024 Lote 3 – TEC 11: *Remisión "de prospección geotécnica"*

ASUNTO: *Revisión de la metodología de prospección geotécnica.*

Cordial saludo,

En mi calidad de interventor del contrato de interventoría No. 2408080929, he revisado el documento "Metodología para la Prospección Geotécnica" presentado por el Consorcio Lemoine Rivera Ingenieros Asociados S.A.S. para el proyecto de la intersección vial ubicada en la Calle 63 con Calle 64, sector de la Escuela de Carabineros en Manizales.

Luego de analizar detalladamente la metodología y compararla con las condiciones establecidas en el contrato 2408130942, se concluye lo siguiente:

- **Prospección geotécnica**: La campaña de perforaciones propuesta, tanto manual como mecánica (SPT y rotación), es adecuada y cumple con los lineamientos del Código Colombiano de Puentes (CCP-14). Las ubicaciones de los sondeos y la utilización de refracción sísmica para obtener parámetros de correlación son coherentes con las especificaciones contractuales.
- **Toma de muestras y ensayos de laboratorio**: El enfoque planteado para la recolección de muestras alteradas e inalteradas y la realización de ensayos de laboratorio es consistente con lo requerido para la caracterización física y mecánica del suelo. Se incluyen ensayos de corte directo, consolidación y refracción sísmica, lo que proporciona un análisis robusto de las condiciones geotécnicas.
- **Dimensionamiento y cálculo geotécnico**: La metodología propuesta para el dimensionamiento y cálculo de cimentaciones, basada en las características del suelo y las cargas estructurales, sigue los lineamientos normativos del CCP-14 y la NSR-2010. Se

observa que se prevé el análisis de capacidad portante, asentamientos y la intervención de estructuras como puentes y muros.

- **Informe geotécnico**: La estructura y los contenidos del informe geotécnico propuesto son adecuados. Se incluye toda la información requerida por la normativa, como los registros de sondeos, los resultados de ensayos, recomendaciones para cimentación y estabilización de taludes, así como recomendaciones para el sistema de drenaje.

CONCLUSIÓN

La metodología presentada por el Consorcio Lemoine Rivera Ingenieros Asociados S.A.S. para la prospección geotécnica se ajusta a las condiciones estipuladas en el contrato y cumple con las normativas vigentes aplicables. Por lo tanto, **se aprueba la metodología propuesta** para la ejecución de los estudios geotécnicos en el área de intervención.

Es importante destacar que la aprobación de esta metodología no excluye el cumplimiento de las obligaciones contractuales, y se podrán realizar ajustes en la misma con base en las recomendaciones que surjan en futuras mesas de trabajo, siempre y cuando se respeten las disposiciones contractuales y no se altere el alcance del proyecto.

Agradecemos el esfuerzo del equipo consultor en la elaboración de este documento y confiamos en su exitosa implementación durante el desarrollo de los diseños.

Cordialmente,

WENTZER MAURICIO LEÓN TORRES
Director De Interventoría
WENTZER SAS.
Tel. 317 426 6566
Correo. supervisiontecnicawm@gmail.com

ALCALDIA DE MANIZALES

SECRETARIA DE INFRAESTRUCTURA

CONTRATO N° 2408130942

ESTUDIOS Y DISEÑOS DEFINITIVOS (FASE 3) PARA LA CONSTRUCCIÓN DE INFRAESTRUCTURA DE LAS INTERSECCIONES PARA 1- EL INGRESO A LOS BARRIOS LA FRANCIA Y ALCAZARES EN EL SECTOR DEL PARQUE DEL AGUA, 2- CALLE 67 CON CRA 25 SECTOR PARQUE DE LAS GARZAS Y 3 – CALLE 63 CON CALLE 64 EN EL SECTOR DE LA ESCUELA DE CARABINEROS DE LA CIUDAD DE MANIZALES

VOLUMEN III – ESTUDIO DE TRAZADOS Y DISEÑO GEOMETRICO.

VERSIÓN 0

LEMOINE RIVERA INGENIEROS ASOCIADOS S.A.S

MANIZALES, CALDAS

HOJA DE CONTROL DEL DOCUMENTO

NOMBRE DEL DOCUMENTO:	CÓDIGO DEL DOCUMENTO:
ESTUDIO DE TRAZADOS Y DISEÑO GEOMETRICO	VOLUMEN IV

CONTROL DE CAMBIOS

VERSIÓN	FECHA	OBSERVACIÓN
V-01	Octubre 2024	DISEÑO GEOMETRICO

REVISIÓN DEL DOCUMENTO

CONTROL	NOMBRE	FIRMA	FECHA
Elaboró Especialista	JULIÁN VELÁSQUEZ ARIAS JUAN ALEJANDRO DÁVILA RINCÓN		OCTUBRE 2024
Revisó Director de Estudios y Diseños	ÁLVARO VERA		OCTUBRE 2024
Aprobó Especialista Interventoría	NA		OCTUBRE 2024
Valido Director Interventoría	NA		OCTUBRE 2024

CONTROL Y DISTRIBUCIÓN DEL DOCUMENTO

UBICACIÓN	NOMBRE	COPIA
ENTIDAD	SECRETARIA DE INFRAESTRUCTURA	DIGITAL / IMPRESO
ARCHIVO	LEMOINE RIVERA INGENIEROS ASOCIADOS S.A.S	DIGITAL
ARCHIVO	WENTZER S.A.S	DIGITAL

TABLA DE CONTENIDO

1 INTRODUCCIÓN 2
2 DISEÑO GEOMETRICO EN INFRAESTRUCTURA PÚBLICA 3
3 OBJETIVOS 3
3.1 OBJETIVO GENERAL 3
3.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS 3
4 CADENA DE VALOR 4
5 LOCALIZACIÓN DEL PROYECTO 4
6 METODOLOGIA 5
6.1 MARCO NORMATIVO 5
6.2 PROCEDIMIENTO OPERATIVO 5
6.2.1 INVESTIGACION DE REDES E INTERFERENCIAS 5
6.2.2 DEFINICIÓN DE ALTERNATIVAS VIALES 6
6.2.3 DISEÑO GEOMETRICO DE ELEMENTOS 6
6.2.4 DEFINICIÓN, DIMENSIONAMIENTO EN PLANOS 6
6.2.5 ELABORACIÓN DE INFORME GEOTÉCNICO 6
6.2.6 INTERACCIÓN CON OTRAS DISICIPLINAS 7
7 PRODUCTOS A ENTREGAR 7
8 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES 7

1 INTRODUCCIÓN

De acuerdo con el pliego de condiciones que hace parte integral del contrato de obra, el contratista LEMOINE RIVERA INGENIEROS ASOCIADOS S.A.S se compromete a desarrollar la consultoría

relacionada con ESTUDIOS Y DISEÑOS DEFINITIVOS (FASE 3) PARA LA CONSTRUCCIÓN DE INFRAESTRUCTURA DE LAS INTERSECCIONES PARA CALLE 63 CON CALLE 64 EN EL SECTOR DE LA ESCUELA DE CARABINEROS DE LA CIUDAD DE MANIZALES LOTE 3, con el fin de llevar a cabo todas las labores necesarias para entregar a ALCALDIA DE MANIZALES los estudios y diseños que incluyen los entregables solicitados en el anexo técnico, encontrándose entre los volúmenes relacionados el denominado "ESTUDIO DE TRAZADOS Y DISEÑO GEOMETRICO".

2 DISEÑO GEOMETRICO EN INFRAESTRUCTURA PÚBLICA

La concepción de un proyecto de infraestructura vial comienza determinando un corredor con criterios básicos de diseño, allí es donde el diseño geométrico con todos sus requerimientos para proveer corredores seguros; empieza a indicar alternativas de una vía según la necesidad, capacidad, ambiente, topografía entre otros. Debido a esto proceso, se entiende que el estudio del trazado va de la mano con el origen del proyecto y termina en un diseño geométrico que cumple todos los parámetros solicitados por la normativa aplicable.

3 OBJETIVOS

3.1 OBJETIVO GENERAL

Adelantar el ***Estudio de Trazados y Diseño Geométrico***, para la consultoría correspondiente al Contrato N° 2408130942 de 2024, cuyo objeto es: "ESTUDIOS Y DISEÑOS DEFINITIVOS (FASE 3) PARA LA CONSTRUCCIÓN DE INFRAESTRUCTURA DE LAS INTERSECCIONES PARA CALLE 63 CON CALLE 64 EN EL SECTOR DE LA ESCUELA DE CARABINEROS DE LA CIUDAD DE MANIZALES LOTE 3", con base en el contrato y los pliegos de condiciones que lo sustentan.

3.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS

- Determinar alternativas viales a la intersección en cuestión, considerando los casos en que la intersección puede ir mejorando sus especificaciones y hasta encontrarse con los requerimientos de tránsito, ambiente, condición del suelo y del mismo diseño geométrico.
- Localizar las estructuras viales actuales y proyectadas.
- Definir y dimensionar el tipo de sección vial con sus elementos como perfiles, cálculo de rasante, peraltes, empalmes para la intersección vial.
- Investigar la interferencia de la localización de las redes de servicios públicos existente con las secciones viales proyectadas.
- Emitir recomendaciones sobre los planteamientos viales y sus límites en cuanto a la normativa.
- Elaborar el informe de estudio de trazados y diseño geométrico que consolide todo el proceso y resultados obtenidos del componente en mención.

4 CADENA DE VALOR

Se procederá a efectuar las siguientes actividades de cara al cumplimiento de los productos a entregar:

Tabla 1.Cadena de valor

ACTIVIDAD	DESCRIPCIÓN	ENTREGABLE
Alternativas viales	Se presentarán bosquejos de la intersección vial considerando la relación de los siguientes elementos en orden de importancia: - Estudio de transito - Estudio ambiental - Inventario de redes - Estudio H&h - Presupuesto	Planos con Planta, Perfiles y Secciones
Determinación y cálculo de parámetros de diseño a la alternativa vial definida.	Para la parametrización geométrica del diseño se realizará: - Velocidad de diseño - Peralte máximo - Bombeo - Ancho de calzada - Radios de giro	Parámetros de diseño vial
Diseño	Para todos los elementos viales, el diseño contendrá: - Diseño geométrico en planta. - Diseño geométrico en perfil. - Diseño de secciones transversales.	Planos en planta, perfil y secciones Con sus respectivos elementos como guitarra de peraltes, elementos geométricos (PT, PC, %S, entre otros requeridos en el anexo técnico)
Elaboración de informe trazados y diseño geométrico	Documento que describe y consolida los procesos y metodologías llevadas a cabo para la obtención del diseño geométrico de la intersección vial.	Informe de trazados y diseño geométrico con sus respectivos anexos y planos a detalle de las estructuras diseñadas.

5 LOCALIZACIÓN DEL PROYECTO

La intersección vial se encuentra entre las calles 63 y 64 en el sector de la Escuela de Carabineros, en la ciudad de Manizales Caldas, su localización es un punto álgido para el tráfico peatonal y vial en todos los escenarios cronológicos.

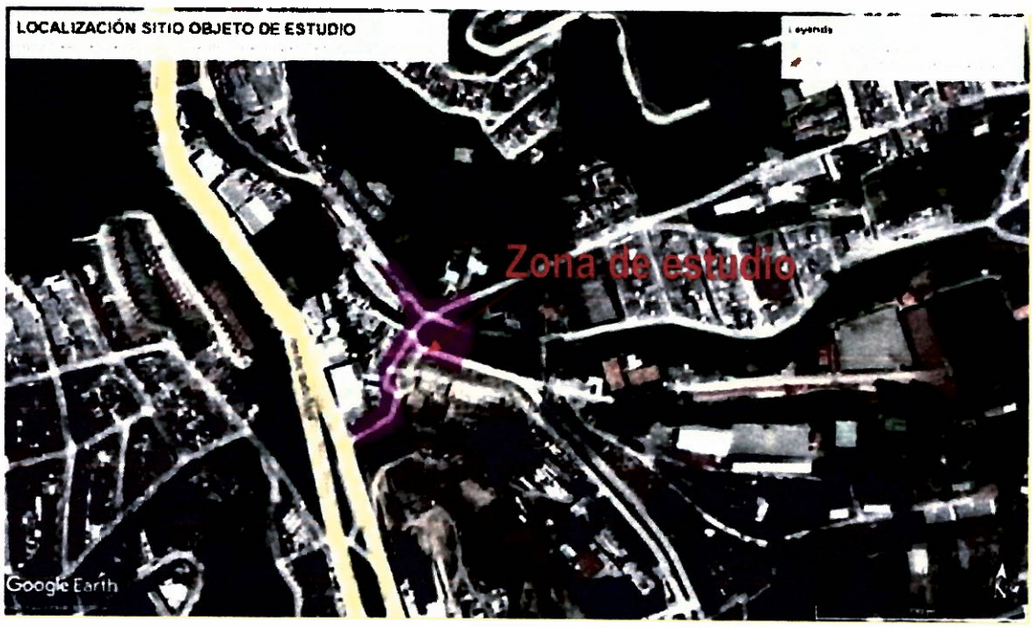


Figura 1.Localización zona de estudio
Fuente: Imagen satelital extraída de Google Earth.

El área de intervención directa tiene 7124 m2, los cuales obedecen a la franja vial de cada acceso hasta donde se pretende desarrollar el proyecto según los lineamientos establecidos por el contrato y la normativa vigente (MANUAL DE DISEÑO GEOMETRICO DEL INVIAS).

6 METODOLOGIA

6.1 MARCO NORMATIVO

Los proyectos de infraestructura vial se basan en las recomendaciones y criterios de diseño dados en el MANUAL DE DISEÑO GEOMETRICO DEL INVIAS.

6.2 PROCEDIMIENTO OPERATIVO

A continuación, se identifican las diferentes etapas y la descripción de las mismas:

6.2.1 INVESTIGACION DE REDES E INTERFERENCIAS

Se investigarán todas las posibles interferencias con las redes, además de esto se tendrá en cuenta las interferencias generadas por la confrontación de los demás volúmenes de diseño, considerando que las limitantes mas importantes para este tipo de proyecto vial la determinan el tránsito, el componente ambiental, la hidráulica del cauce y la posibilidad de cimentación de las estructuras.

6.2.2 DEFINICIÓN DE ALTERNATIVAS VIALES

La solución vial que se escoja con base en la geometría y respuesta del tránsito, será chequeada por los demás componentes de diseño, a su vez esta alternativa es la que se llevará a diseños Fase III (planos para construcción).

6.2.3 DISEÑO GEOMETRICO DE ELEMENTOS

Una vez definida la alternativa vial, se procederá a diseñar la misma con todos los requerimientos aplicables, tales como:

- Velocidad de diseño
- Peraltes
- Bombeos
- Ponteaderos
- Ancho de calzada
- Pendientes
- Visibilidad
- Operación

6.2.4 DEFINICIÓN, DIMENSIONAMIENTO EN PLANOS

Basados en estructuras de similares características y la experiencia del grupo consultor, se propondrá una intersección vial con una glorieta a nivel y un puente para la mayor solicitación de tránsito, todos los elementos derivados de esta intersección, se presentarán en planos con su respectivo diseño en planta, perfil y secciones transversales. Con ello se tendrá una total comprensión geométrica de la solución planteada.

6.2.5 ELABORACIÓN DE INFORME GEOTÉCNICO

El informe de diseño geométrico será estructurado con base en los requerimientos del MANUAL DE DISEÑO GEOMETRICO DEL INVIAS; dichos requerimientos exigen estudiar las alternativas viales

desde un punto de vista de optimización del tránsito, previendo que lo que se plantea, además de cumplir normativas técnicas, cumpla criterios de seguridad y confortabilidad para la intersección.

6.2.6 INTERACCIÓN CON OTRAS DISICIPLINAS

Para lograr el objetivo propuesto por la consultoría, es necesario llevar a cabo un proceso interdisciplinario por medio de comités en los cuales se establecerán las necesidades de información de otras disciplinas para ser integrada al estudio geométrico, como el componente hidráulico para el galibo de las estructuras, diseño estructural por sus limitantes, el tránsito para el origen de la solución vial y el componente ambiental para las limitantes del área.

7 PRODUCTOS A ENTREGAR

Como resultado de la presente consultoría, se entregará el documento "Informe de Diseño Geométrico" con sus respectivos anexos (planos a detalle en planta, perfil y sección transversal).

8 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

El trabajo debe ser articulado con la interventoria para efectos de su seguimiento y aprobación, de igual forma con el equipo de la entidad contratante y demás entidades involucradas en la ejecución del proyecto según Contrato N° 2408130942, incluye la revisión de los diseños metodológicos para el desarrollo de los diferentes volúmenes definidos dentro del pliego de condiciones.

Para el desarrollo del componente de diseño geométrico, es necesario contar previamente con la información topográfica y del tránsito para generar un diseño que cumpla el objeto del contrato.

Manizales, 05 de diciembre de 2024.

Ingeniero:
ÁLVARO VERA
Coordinador de Consultoría
LEMOINE RIVERA INGENIEROS ASOCIADOS S.A.S

Referencia:
Contrato 2408080929 *"INTERVENTORÍA TÉCNICA, ADMINISTRATIVA, FINANCIERA Y JURÍDICA A LOS ESTUDIOS Y DISEÑOS DE LA INTERSECCIÓN VIAL UBICADA EN LA CALLE 63 CON CALLE 64 EN EL SECTOR DE LA ESCUELA DE CARABINEROS DE LA CIUDAD DE MANIZALES"*

Contrato 2408130942 *"ESTUDIOS Y DISEÑOS DEFINITIVOS (FASE 3) PARA LA CONSTRUCCIÓN DE INFRAESTRUCTURA DE LA INTERSECCIÓN CALLE 63 CON CALLE 64 EN EL SECTOR DE LA ESCUELA DE CARABINEROS DE LA CIUDAD DE MANIZALES"*

Documento: *Lemoine-CM004-2024 Lote 3 – TEC30: Remisión volumen preliminar de Estudios geológicos y geomorfológicos, estabilidad de taludes, terraplenes y puntos críticos, zonas de disposición de sobrantes y fuentes de materiales.*

Documento: *Volumen V. Geología para Ingeniería*

ASUNTO: *Aprobación Informe preliminar del componente de estudios geológicos y geomorfológicos CTO 2408130942.*

Cordial saludo,

En cumplimiento de nuestras funciones como interventoría técnica, administrativa, financiera y jurídica del Contrato No. 2408130942, nos permitimos informar que se ha llevado a cabo el análisis detallado del informe preliminar correspondiente al componente de Estudios y Diseños Geológicos y Geomorfológicos, presentado por su equipo.

La revisión realizada incluyó la evaluación de la caracterización geológica del área de intervención, el análisis de los riesgos asociados y la identificación de recomendaciones preliminares necesarias para la ejecución de las siguientes fases del proyecto. El informe presenta una estructura técnica clara y cumple con los parámetros establecidos para esta etapa del contrato.

Con base en lo anterior, validamos y aprobamos la entrega preliminar del componente de geología como insumo para avanzar hacia la consolidación de los entregables finales. Durante las revisiones posteriores, se verificará que los productos finales cumplan con todos los requisitos técnicos y contractuales establecidos.

Agradecemos el compromiso demostrado en la elaboración de este componente y confiamos en seguir avanzando de manera coordinada hacia la exitosa ejecución del proyecto.

Cordialmente,

WENTZER MAURICIO LEÓN TORRES
Director De Interventoría
WENTZER SAS.
Tel. 317 426 6566

LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO DEL ÁREA DE INFLUENCIA DE LA INTERSECCIÓN VIAL ENTRE LA CALLE 64 Y LA CALLE 63 UBICADA EN EL MUNICIPIO DE MANIZALES - CALDAS

PRESENTADO A

ALCALDÍA
DE MANIZALES

CONTRATO DE CONSULTORÍA No. 2408130942

BOGOTÁ, SEPTIEMBRE DE 2024

ÍNDICE DE MODIFICACIONES

No de revisión	Fecha Entrega / Modificación	Observaciones Presentadas por la interventoría al Informe

RESPONSABLES POR ELABORACIÓN



ING. ANDERSON CASTILLO ABRIL
CC 1032403778
Ingeniero Topográfico
MP 25335-314055 CND

PROFESIONALES RESPONSABLES POR REVISIÓN Y APROBACIÓN

_____
ING. ALVARO HERNANDO VERA AYALA
Director de Consultoría
MP 25202-315979 CND

CONTENIDO

1 INTRODUCCION 7
2 UBICACIÓN DE LA INTERSECCIÓN VIAL 7
3 ALCANCE DEL LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO 8
4 MARCO TÉCNICO Y NORMATIVO PARA LA ELABORACIÓN DEL LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO CON EQUIPOS GNSS. 10
4.1 DEFINICIONES 11
4.1.1 Levantamiento Topográfico 11
4.1.2 Sistema De Posicionamiento Global 11
4.1.3 Marco de referencia MAGNA –SIRGAS 12
4.1.4 Estación Permanente MAGNA ECO 12
4.1.5 Red Pasiva MAGNA –SIRGAS 12
4.1.6 Georreferenciación Estático Diferencial 13
4.1.7 Georreferenciación Rápido Diferencial 13
4.1.8 Levantamiento RTK –GNSS. 14
5 RECURSOS UTILIZADOS 14
5.1 RECURSO HUMANO. 14
5.2 EQUIPOS UTILIZADOS. 15
6 METODOLOGÍA PARA LA EJECUCIÓN DE LOS LEVANTAMIENTOS TOPOGRÁFICOS 16
6.1 MONUMENTACIÓN DE LOS GPS Y/O VÉRTICES GEODÉSICOS 16
6.2 DETERMINACIÓN DE LOS TIEMPOS DE RASTREO DE LAS SESIONES EN ESTÁTICO DIFERENCIAL 18
6.3 LEVANTAMIENTO TOPOGRAFICO DE DETALLE 19
7 DESCRIPCIÓN METODOLÓGICA PARA CÁLCULOS Y ELABORACIÓN DE LAS SALIDAS GRÁFICAS DEL LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO 21
7.1 DESCARGA DE DATOS CRUDOS PARA EL CÁLCULO DE LAS SESIONES ESTÁTICAS DEL LEVANTAMIENTO 21
7.1.1 Descarga De Datos RINEX De La Base IGAC 22
7.1.2 Descarga de las coordenadas SEMANALES. 24

7.1.3 Descarga Efemérides Precisas 25
7.2 CÁLCULO DE LAS SESIONES ESTÁTICO DIFERENCIAL DEL LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO 25
7.2.1 Resultados Del Post Proceso 27
7.2.2 Transformación de Época 2024.7 a 2018.0 28
7.2.3 Conversión de coordenadas 30
7.3 NIVELACIÓN GEOMÉTRICA 31
7.4 PROCESO DEL LEVANTAMIENTO TOPOGRAFICO DETALLES 38
7.4.1 Para los datos Real Time Kinematic-RTK. 38
7.4.2 Para los datos de Estación total. 39
7.5 CATASTRO DE REDES 41
7.6 SALIDA GRÁFICA 43
8 ANEXOS DIGITALES 44

ILUSTRACIONES

Ilustración 1. Localización de la intersección vial 7
Ilustración 2. Imagen general de la intersección vial 8
Ilustración 3: Equipos GNSS CHCNAV i83. 15
Ilustración 4. Placas incrustadas en aluminio. 17
Ilustración 5. Ubicación de los vértices geodésicos de referencia. 17
Ilustración 6. Bases permanentes IGAC más cercanas al área de influencia. 18
Ilustración 7. Determinación del tiempo mínimo de sesión estático diferencial. 19
Ilustración 8: Toma de detalles en campo con Estación Total. 20
Ilustración 9: Toma de detalles en campo con equipo GNSS. 21
Ilustración 10. Calendario GPS - Día De Posicionamiento 22
Ilustración 11. Descarga de RINEX desde la página de Colombia Mapas. 23
Ilustración 12. Descarga de RINEX desde la página de Colombia Mapas. 23
Ilustración 13. Descarga de RINEX desde la página de Colombia Mapas. 24
Ilustración 14. Coordenadas de las soluciones semanales de las estaciones SIRGAS 24
Ilustración 15. Diagrama de doble determinación para el punto GPS 14 26
Ilustración 16. Diagrama de tiempos por doble determinación para el punto GPS 14 y Estaciones Permanentes 26
Ilustración 17. Diagrama de doble determinación para el punto GPS 1 27

Ilustración 18. Diagrama de tiempos por doble determinación para el punto GPS 1 y Estaciones Permanentes 27
Ilustración 19. Resumen del procesamiento de los puntos GPS 14 27
Ilustración 20. Resumen del procesamiento de los puntos GPS 1 28
Ilustración 21. Cálculo de velocidades modelo Vemos 2017 29
Ilustración 22. Red Geodésica de Manizales – GPS 14 31
Ilustración 23. Punto de control – GPS 14 32
Ilustración 24. Circuito de nivelación geométrica de los puntos GPS 32
Ilustración 25. Nivelación geométrica en campo 36
Ilustración 26. Datos descargados de la controladora, levantamiento RTK 39
Ilustración 27. Diagrama de la poligonal cerrada 40
Ilustración 28. Datos de estación procesados en el software Topcon Link 41
Ilustración 29. Inspección de redes sanitarias 42
Ilustración 30. Plano de catastro de redes sanitarias 42
Ilustración 31. Plano planta perfil de la intersección vial 43
Ilustración 32. Secciones transversales de la intersección vial 44

LISTADO DE TABLAS

Tabla 1. Tiempos de rastreo cuando la distancia del GPS red pasiva o activa se encuentra dentro de un radio inferior a los 10 km, resolución IGAC 643 del 2018. 13
Tabla 2. Personal que conforma la comisión topográfica 14
Tabla 3. Equipos utilizados para el levantamiento topográfico 16
Tabla 4. Software utilizado en los diferentes procesos de oficina y campo. 16
Tabla 5: Cartera posicionamiento en campo de los puntos GNSS 25
Tabla 6: Cálculo de velocidades de los puntos GPS 29
Tabla 7: Determinación de la época actual 29
Tabla 8: Coordenadas geocéntricas ajustadas 30
Tabla 9: Cuadro con Coordenadas Elipsoidales en Época de referencia obtenidas a partir del software Magna Sirgas Pro V5.0 30
Tabla 10: Cuadro con Coordenadas Gauss Krüger en Época de referencia 30
Tabla 11: Cuadro con Coordenadas Origen Nacional en Época de referencia 31
Tabla 12: Esquema de nivelación geométrica de los puntos GPS 33
Tabla 13: Cotas geométricas de los puntos GPS 36
Tabla 14: Cotas geométricas de los pozos 36

Tabla 15: Precisión y error de cierre de la poligonal 39
Tabla 16: Coordenadas de los deltas topográficos 40

1 INTRODUCCION

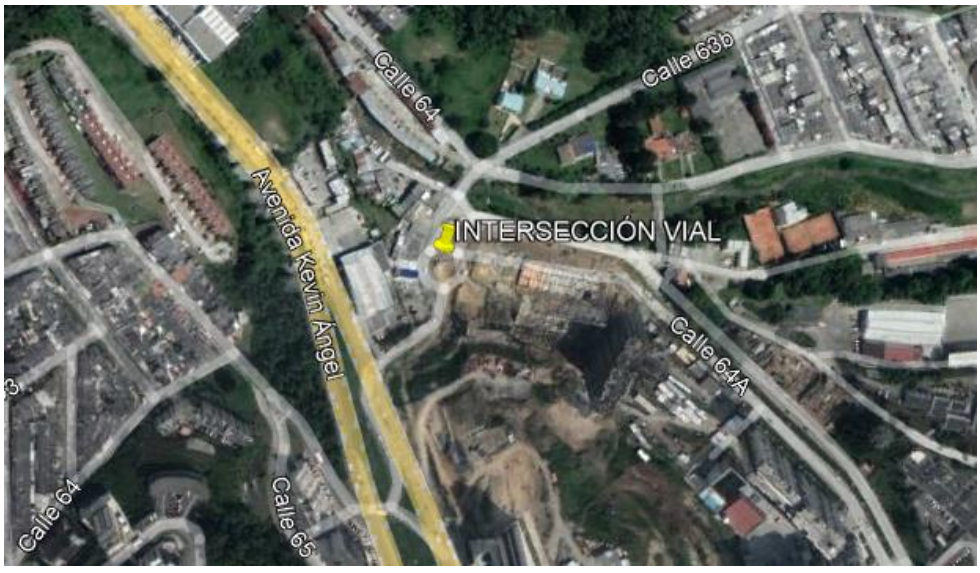
El Consorcio LEMOINE RIVERA INGENIEROS ASOCIADOS S.A.S., en calidad de ejecutor del contrato de asistencia técnica de uno de los própositos establecidos en el Plan de Desarrollo 2020-2023 vigente para el año 2024, adoptado mediante el acuerdo 1053 del 4 de junio del 2020, se permite presentar el informe de topografía del levantamiento del área de influencia de la intersección vial entre la calle 64 y calle 63 cerca a la Escuela de Carabineros Alejandro Gutiérrez – ESAGU ubicada en el municipio de Manizales – Caldas. En el presente informe se relacionan las actividades desarrolladas durante el levantamiento topográfico de la intersección vial, (monumentación, posicionamiento GPS, cálculo y dibujo del levantamiento topográfico), en concordancia con las especificaciones técnicas para levantamientos topográficos establecidos en la resolución 643 de 2018 del Instituto Geográfico Agustín Codazzi – IGAC.

2 UBICACIÓN DE LA INTERSECCIÓN VIAL

La intersección vial se localiza en el Municipio de Manizales, Departamento de Caldas y cuenta con las siguientes coordenadas del punto de acceso:

Latitud: 5° 03' 34.03"N y **Longitud:** 75° 28' 58.75"W

Ilustración 1. Localización de la intersección vial



Fuente: Elaboración a partir de Google Earth

Ilustración 2. Imagen general de la intersección vial



Fuente: Elaboración Propia a partir de los trabajos en campo

3 ALCANCE DEL LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO

Teniendo en cuenta que el objeto del contrato es realizar "ESTUDIOS Y DISEÑOS DEFINITIVOS (FASE 3) PARA LA CONSTRUCCIÓN DE INFRAESTRUCTURA DE LAS INTERSECCIONES PARA 1-EL INGRESO A LOS BARRIOS LA FRANCIA Y ALCAZARES EN EL SECTOR DEL PARQUE DEL AGUA, 2-CALLE 67 CON CRA 25 SECTOR DEL PARQUE DE LAS GARZAS Y 3-CALLE 63 CON CALLE 64 EN EL SECTOR DE LA ESCUELA DE CARABINEROS DE LA CIUDAD DE MANIZALES", en calidad de consultores se procede a realizar el levantamiento topográfico, conforme las recomendaciones dadas por la Interventoría y la supervisión del contrato, mediante medición directa en terreno.

El levantamiento topográfico del área de influencia de la intersección vial entre la calle 64 y calle 63 ubicada en el municipio de Manizales - Caldas, se realizó mediante la combinación de la metodología estático diferencial, levantamiento GPS GNSS RTK (Real Time Kinematic) y uso de estación total, conforme a las siguientes condiciones y características encontradas en terreno:

- El plazo de ejecución estipulado por la Alcaldía Municipal de Manizales y el plan metodológico de trabajo para el levantamiento topográfico oscila entre tres y cuatro días.

- El área del levantamiento topográfico se determinó en sitio, teniendo en cuenta la delimitación mencionada en los términos de referencia, la cual es de 2.06 hectáreas aproximadamente (20623 m^2).

Conforme a lo expuesto, y en virtud del alcance del contrato de consultoría del Consorcio LEMOINE RIVERA INGENIEROS ASOCIADOS S.A.S., se procedió a realizar el levantamiento topográfico del área de influencia de la intersección vial, cuyos trabajos consistieron en:

0. Materialización de pareja de puntos GPS georreferenciados por el método estático diferencial y cálculo con doble determinación con las bases activas o pasivas del IGAC, cabe resaltar que para este caso se colocaron dos puntos de amarre y se utilizó un punto de la red de Manizales.
1. Levantamiento topográfico del área de influencia de la intersección vial[1], construcciones existentes, vías, cercas, luminaria, cuerpos de agua y relieve existente, delimitan el perímetro del área de influencia de la intersección vial.
2. Cálculo y edición de la información topográfica.
3. Entrega carteras de campo, memorias de cálculo, informe y planos.

Todos los productos entregables se encuentran dentro del Marco Geocéntrico Nacional de Referencia (MAGNA-SIRGAS) en época ITRF2014 época 2018.0 de acuerdo a la resolución 715 de 2018 (la cual modifica la Resolución 068 28/01/2005) por la cual el Instituto Geográfico Agustín Codazzi –IGAC- actualiza el Marco Geocéntrico Nacional de Referencia: Magna-Sirgas.

En el siguiente capítulo, se informa el marco técnico y normativo, de tal manera que los levantamientos topográficos, sirvan de base para los futuros diseños y mejoras a proyectar por los diferentes especialistas de la consultoría.

[1] El levantamiento topográfico del área de influencia de la intersección vial, se realizó bajo los lineamentos técnicos establecidos en la resolución 643 de 2018, en el marco de la resolución conjunta 1732(SNR) y 221 (IGAC) del 2018, el decreto 148 del 4 de febrero del 2020 y articulo 22 de la resolución conjunta 1101 (IGAC) - 11344(SNR).

4 MARCO TÉCNICO Y NORMATIVO PARA LA ELABORACIÓN DEL LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO CON EQUIPOS GNSS.

A continuación, se especifica el marco normativo y la memoria técnica del levantamiento topográfico correspondiente al área de influencia de la intersección vial entre la calle 64 y calle 63 ubicada en el municipio de Manizales - Caldas, como también, las precisiones obtenidas y el marco legal que sustenta la metodología implementada. A continuación, se mencionan las características más importantes de la normativa:

1. Los levantamientos topográficos con equipos GNSS y RTK (Real Time Kinematic), se encuentran regulados por la resolución 643 del 30 de mayo del 2018 del IGAC. Dentro de las técnicas para la realización de los levantamientos se tiene: (I) Estático Rápido Diferencial, (II) Cinemático, (III) Cinemático en tiempo real. Es preciso mencionar que, para el desarrollo del producto se utilizaron dos de las tres metodologías mencionadas, las cuales son: Estático Rápido Diferencial para los puntos GPS base y Cinemático en tiempo real (RTK) para el levantamiento de detalles.
2. La forma de sustentar las precisiones se realiza con los siguientes soportes: (I) Ficha técnica de los GPS utilizados. (II) Reporte de postproceso de los vértices posicionados mediante la metodología estático rápido diferencial de los vértices geodésicos instalados y utilizados en el levantamiento topográfico, y reporte de los puntos de control leídos por el método estático rápido diferencial durante la ejecución del levantamiento topográfico.
3. Para el levantamiento Cinemático en tiempo real, “Se deben materializar dos puntos topográficos base, cercanos entre sí, de los cuales uno se empleará como referencia para la corrección diferencial en tiempo real y el otro, para chequeo u verificación al inicio y al final del levantamiento topográfico. En caso de emplear para la obtención de puntos de levantamiento otras tecnologías de corrección en tiempo real, transmitidos a los receptores vía satelital o por protocolos de internet, es esencial relacionar las especificaciones técnicas de los equipos utilizados.”[2]

[2] Resolución No 643 del 30 de mayo del 2018, por el cual de adoptan las especificaciones técnicas de levantamiento topográfico o planimétrico predial, en el marco de los requerimientos de la ley 1682 de 2013, la

4. Los equipos GNSS deben contar con registro NOAA para su corrección, que permitan configuración para grabar épocas hasta el segundo, este registro puede ser consultado en el siguiente enlace https://www.ngs.noaa.gov/ANTCAL/.

De esta manera, se sustenta la normatividad técnica que simplifica los procedimientos, y prescinde de la elaboración de poligonales y nivelación de los deltas de la misma. Los levantamientos topográficos generan el modelo de terreno mediante coordenadas enlazadas al sistema de coordenadas del Instituto Geográfico Agustín Codazzi - IGAC. Cabe resaltar que, para este caso, se llevo a cabo una poligonal y una nivelación geométrica de los puntos GPS, con el fin de garantizar la calidad de los datos presentados.

4.1 DEFINICIONES

4.1.1 Levantamiento Topográfico

Se entiende por levantamiento topográfico al conjunto de actividades que se realizan en el campo con el objeto de capturar la información necesaria que permita determinar las coordenadas rectangulares de los puntos del terreno, ya sea directamente o mediante un proceso de cálculo, con las cuales se obtiene la representación gráfica del terreno levantado, el área y volúmenes de tierra cuando así se requiera; (Torres y Villate, 2001, p.17).

4.1.2 Sistema De Posicionamiento Global

Es uno de los sistemas GNSS basado en la radio navegación por satélite que proporciona información precisa tridimensional de posición, navegación y tiempo a los usuarios. El sistema está continuamente disponible a nivel Mundial. [1] Resolución No 643 del 30 de mayo del 2018, Instituto Geográfico Agustín Codazzi, Bogotá D.C., 2018.

(GPS) Es un Sistema que hace uso de un conjunto de Satélites ubicados en el espacio agrupados en forma de constelaciones. Actualmente se conocen las

---

resolución 193 de 2014 y la resolución conjunta 1732 (SNR) y 221 (IGAC) DE 2018-Casos Puntuales, INSTITUTO GEOGRÁFICO AGUSTÍN CODAZZI, Bogotá D.C, 30 de mayo del 2018.

siguientes constelaciones: NAVSTAR (americano), GLONASS (Ruso) y GALILEO (Europeo). La metodología de rastreo se define como un sistema de medición tridimensional que utiliza señales de radio que proporciona el sistema que conforman los satélites de cada constelación asegurando un rastreo continúo las 24 horas del día durante todo el año.

4.1.3 Marco de referencia MAGNA –SIRGAS

El Marco Geocéntrico Nacional de Referencia, es la densificación de SIRGAS y por lo tanto el ITRF en Colombia. Está compuesto por un conjunto de estaciones con coordenadas geocéntricas (X Y y Z de alta precisión y cuyas velocidades (Vx, Vy y Vz) cambio de coordenadas con respecto al tiempo). Dichas estaciones conforman la materialización del sistema de referencia global para Colombia, y sus coordenadas están dadas en SIRGAS o ITRF. Está constituida por estaciones pasivas y activas de funcionamiento continuo. [1] Resolución No 643 del 30 de mayo del 2018, Instituto Geográfico Agustín Codazzi, Bogotá D.C., 2018.

4.1.4 Estación Permanente MAGNA ECO

Cada una de las estaciones que hacen parte de la red de estaciones continúas del IGAC, compuesta de un punto materializado, un receptor de posicionamiento satelital de doble frecuencia y un sistema de transmisión de datos que operan permanentemente. [1] Resolución No 643 del 30 de mayo del 2018, Instituto Geográfico Agustín Codazzi, Bogotá D.C., 2018.

4.1.5 Red Pasiva MAGNA –SIRGAS

La red MAGNA-SIRGAS Pasiva se ha densificado a través de proyectos geodésicos y cartográficos que son desarrollados siguiendo las especificaciones del IGAC. Actualmente, existe cerca de 4000 puntos de densificación (pilastra, mojón o incrustación). De acuerdo con el artículo 2 de la Resolución IGAC 364 del 25 de abril de 2012, se dispone a través del Geoportal “Mapas de Colombia” la Información Geodésica de manera gratuita, para que el usuario verifique que puntos pueden ser útiles para su trabajo. [1] Resolución No 643 del 30 de mayo del 2018, Instituto Geográfico Agustín Codazzi, Bogotá D.C., 2018.

4.1.6 Georreferenciación Estático Diferencial

Consiste en la Georreferenciación de puntos topográficos mediante el uso de equipos GNSS doble frecuencia, denominados L1/L2. Se emplea el método estático diferencial, a partir de dos puntos geodésicos de la red pasiva, o dos estaciones permanentes de la Red Magna ECO (activas), o con combinación de ambas en forma simultánea.

El tiempo de rastreo depende de la distancia existente entre la estación de la red MAGNAECO o a la distancia de la placa de la Red Pasiva y del punto topográfico a posicionar. [1] Resolución No 643 del 30 de mayo del 2018, Instituto Geográfico Agustín Codazzi, Bogotá D.C., 2018.

Para distancias menores a los diez kilómetros y mayores a 80 kilómetros, con equipos doble frecuencia L1/L2 se aplica la siguiente formula:

$$t = 65\,min + (3min * (d - 10))$$

Donde:

$$t = tiempo$$

$$d = distancia$$

4.1.7 Georreferenciación Rápido Diferencial

Consiste en la Georreferenciación de puntos topográficos mediante el uso de equipos GNSS doble frecuencia, denominados L1/L2. El tiempo de duración de las sesiones con equipos doble frecuencia es de cinco (5) minutos de medición diferencial para líneas de hasta 6km. Para distancias mayores a 6 km se debe aumentar dos (2) minutos por cada kilómetro adicional. Deben evitarse rastreos mayores a los 10 km.

Tabla 1. Tiempos de rastreo cuando la distancia del GPS red pasiva o activa se encuentra dentro de un radio inferior a los 10 km, resolución IGAC 643 del 2018.

DISTANCIA EN KILÓMETROS	TIEMPO DE RASTREO EN MINUTOS	
	EQUIPO DE DOBLE FRECUENCIA (L1/L2)	EQUIPO DE FRECUENCIA SENCILLA (L1)
1 - 6	5	10
7	7	14
8	9	18
9	11	22
10	13	26

Fuente. Resolución No 643 del 30 de mayo del 2018-IGAC

4.1.8 Levantamiento RTK –GNSS.

El levantamiento topográfico con GPS GNSS RTK (Real Time Kinematic), que traduce posicionamiento cinemático en tiempo real, consisten en señales transmitidas por los sistemas globales de navegación por satélites GPS, (Glonass y Galileo). Una estación de referencia provee correcciones instantáneas para estaciones móviles o Rover's, lo que hace que con la precisión obtenida se llegue al nivel centimetrito sin ser necesario realizar un post-proceso a la información obtenida y que no haya visual directa entre la base y el rover del equipo, aumentando los rendimientos en la captura de la información hasta un 500% respecto a los trabajos efectuados con estación total. Es de precisar que para la implementación de esta metodología y no presentar fallas en los levantamientos se debe efectuar las actividades de Georreferenciación de los vértices geodésicos.

5 RECURSOS UTILIZADOS

Para la ejecución de los levantamientos topográficos, se contó con recursos humanos y técnicos, como equipos, vehículos y demás herramientas requeridas para la elaboración de los levantamientos.

5.1 RECURSO HUMANO.

Además de los profesionales solicitados en los pliegos de condiciones del proceso, se contó con técnicos idóneos para realizar cada una de las actividades de campo y oficina. Los trabajos fueron ejecutados por una comisión topográfica integrada por un ingeniero topográfico, un topógrafo y un cadenero o auxiliar de campo. A continuación, se relaciona el personal en la siguiente tabla:

Tabla 2. Personal que conforma la comisión topográfica

NOMBRE	CARGO	DOCUMENTO
Anderson Castillo Abril	ING. TOPOGRÁFO	25335-314055 CND
Jeisson Fabian Peña Quiroga	TOPOGRÁFO	01-17946 CPNT
Carlos Adolfo Yazo	AUXILIAR 1	80.019.346

Fuente: Elaboración propia

5.2 EQUIPOS UTILIZADOS.

Los equipos utilizados corresponden a equipos GNSS doble frecuencia marca CHCNAV modelo i83. Se utilizaron dos (2) equipos simultáneamente para la georreferenciación y puntos de control. El levantamiento topográfico del área de influencia de la intersección vial se realizó bajo la metodología de RTK (Real Time Kinematic) y convencional con Estación Total.

En total se utilizaron para todo el proyecto los siguientes equipos:

- Dos equipos GNSS marca CHC NAV i83.
- Una estación total marca CYGNUS.
- Nivel automático Topcon AT-B2.
- Hardware para descarga y procesos (3 unidades).
- Software para cálculos y salidas graficas (2 Software).
- Alquiler de transporte, según modalidad dominante en el Municipio (Moto taxi, Carretas).

Ilustración 3: Equipos GNSS CHCNAV i83.



Fuente: Elaboración propia a partir de las especificaciones del equipo y registro fotográfico.

A continuación, se describen los equipos utilizados tanto en oficina como en campo:

Tabla 3. Equipos utilizados para el levantamiento topográfico

Equipos utilizados				
Equipo	***Marca***	***Modelo***	***Serie***	***Descripción***
GNSS	CHCVAV	I83	3788305	Base
GNSS	CHCVAV	I83	3788312	Rover
Estación total	Cygnus	KS-102	HV2225	Estación
Nivel	Topcon	AT-B2	JZ29482	Automático

Fuente: Elaboración propia a partir del desarrollo del levantamiento topográfico

Tabla 4. Software utilizado en los diferentes procesos de oficina y campo.

SOFTWARE UTILIZADOS	
1	Software Trimble Business Centre
2	CHC Geomatic office 2
3	AutoCAD CIVIL 3D
4	Adobe Acrobat PDF
5	Google Earth
6	Office 2019
7	ArcGIS

Fuente: Elaboración propia a partir del desarrollo del levantamiento topográfico

6 METODOLOGÍA PARA LA EJECUCIÓN DE LOS LEVANTAMIENTOS TOPOGRÁFICOS

Se siguió una serie de metodologías y actividades diarias para lograr recopilar la información en campo con la mayor exactitud y precisión, y de esta manera cumplir con la normativa vigente, la resolución No 643 del 30 de mayo del 2018.

6.1 MONUMENTACIÓN DE LOS GPS Y/O VÉRTICES GEODÉSICOS

Con el fin de georreferenciar el levantamiento topográfico dentro del Sistema de coordenadas MAGNA-SIRGAS, se materializaron dos incrustaciones (GPS), que sirvieron de base y control para el levantamiento topográfico de la intersección vial ubicada en el municipio de Manizales - Caldas y su zona de influencia.

Los vértices posicionados corresponden a los **GPS 1** y **GPS 2**, los cuales se materializaron en terreno mediante la incrustación de una placa de aluminio, de diámetro de 6 cm y vástago 9 cm, a una distancia entre los dos puntos GPS aproximada de 126 metros.

Ilustración 4. Placas incrustadas en aluminio.



Fuente: Elaboración propia a partir del desarrollo del levantamiento topográfico

Ilustración 5. Ubicación de los vértices geodésicos de referencia.



Fuente: Elaboración propia a partir del desarrollo del levantamiento topográfico

6.2 DETERMINACIÓN DE LOS TIEMPOS DE RASTREO DE LAS SESIONES EN ESTÁTICO DIFERENCIAL

Teniendo en cuenta que los levantamientos topográficos deberán encontrarse dentro del marco Geocéntrico Nacional de Referencia (MAGNA-SIRGAS), se verificó la disponibilidad de las estaciones permanentes de la red activa del Instituto Geográfico Agustín Codazzi – IGAC más cercanas a la zona de estudio.

Se procede con la georreferenciación de los puntos GPS 1 y GPS 2, mediante el método estático diferencial y RTK, el cual consiste colectar datos RINEX (Receiver Independent Exchange Format), para posterior post-proceso con doble determinación, utilizando los RINEX y coordenadas de las soluciones semanales de las estaciones permanentes (activas) de Manizales (MZAL y PLTR) y Palestina (UNCA) del IGAC.

Ilustración 6. Bases permanentes IGAC más cercanas al área de influencia.



Fuente: Elaboración propia a partir de los datos abiertos del IGAC.

El día 08 de septiembre del 2024, se realizó el posicionamiento de los vértices geodésicos GPS 1 y GPS 2, los cuales sirvieron de base para la realización del levantamiento topográfico de la intersección vial y su área de influencia.

Teniendo en cuenta que las bases activas del IGAC más cercanas al área de estudio se encuentran a una distancia de 4, 17 y 22 km, se deja el equipo GNSS CHHNAV i83 rastreando[3] sobre el vértice GPS 14 en cual hace parte de la Red Geodésica de Manizales y se encuentra ubicado en la glorieta de San Rafael, más de tres (3) horas continuas, conforme a la siguiente formula:

Ilustración 7. Determinación del tiempo mínimo de sesión estático diferencial.

$$t = 65\,\text{min} + (3\,\text{min}(d - 10))$$

Donde:

$$t = Tiempo\ de\ rastreo$$
$$d = Distancia\ en\ kilometros$$

Cabe resaltar que la base GNSS se coloco en el GPS 14 y el Rover en los puntos GPS 1 y GPS 2.

6.3 LEVANTAMIENTO TOPOGRAFICO DE DETALLE

Una vez posicionados los vértices geodésicos **GPS 1** y **GPS 2**, se realiza el levantamiento topográfico del área de influencia de la intersección vial ubicada en el municipio de Manizales - Caldas, mediante la metodología de georreferenciación cinemático en tiempo real RTK (Real Time Kinematic), el cual se basa en el uso de medidas de fase de navegadores con señal GPS, GLONASS y GALILEO.

La mayor parte de los detalles se tomaron con las antenas CHCNAV i83 partiendo de la metodología RTK, y a su vez también se tomaron datos con una Estación total Marca Cygnus. Los detalles se tomaron de la siguiente manera:

- Vías: se tomarán puntos al borde de esta y sobre el eje.
- Cámaras de teléfono: puntos a levantar tres puntos del mismo.

[3] El tiempo de rastreo depende de la distancia existente entre la estación de la red MAGNA-ECO o a la distancia de la placa de la Red Pasiva y del punto topográfico a posicionar. [1] Resolución No 643 del 30 de mayo del 2018, Instituto Geográfico Agustín Codazzi, Bogotá D.C., 2018. El cálculo debe realizarse conforme a la fórmula establecida en la precipitada resolución.

- Cajas de energía: puntos a levantar mínimo tres esquinas de estas y clasificadas en, cajas dobles, cajas sencillas o cajas de paso.
- Pozos de alcantarillado: punto a levantar en su centro.
- Válvulas de acueducto: punto a levantar en su centro.
- Contadores de agua: punto a levantar en su centro.
- Cajas de Inspección Aguas Residuales: puntos a levantar mínimo tres esquinas.
- Hidrantes: punto a levantar en su centro.
- Sumideros de rejilla: puntos a levantar tres puntos del mismo.
- Sumidero de entrada lateral: puntos a levantar dos puntos.
- Postes de energía: punto a levantar al centro.
- Postes de teléfonos: punto a levantar al centro.
- Postes de alta tensión: punto a levantar al centro.
- Sardineles: todos los puntos necesarios.
- Paramentos: todos los puntos que se consideren necesarios especificando su detalle. Estos detalles son: esquinas, curvas (PC, PCC y PT), quiebres y direcciones.
- Árboles: punto a levantar al centro.
- Infraestructura visual: punto a levantar al centro.

Ilustración 8: Toma de detalles en campo con Estación Total.



Fuente: Elaboración propia a partir del levantamiento en campo

Ilustración 9: Toma de detalles en campo con equipo GNSS.



Fuente: Elaboración propia a partir del levantamiento en campo

7 DESCRIPCIÓN METODOLÓGICA PARA CÁLCULOS Y ELABORACIÓN DE LAS SALIDAS GRÁFICAS DEL LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO

7.1 DESCARGA DE DATOS CRUDOS PARA EL CÁLCULO DE LAS SESIONES ESTÁTICAS DEL LEVANTAMIENTO

A continuación, se realiza la descripción metodológica para la obtención de coordenadas de los vértices geodésicos base GPS 14, GPS 1 y GPS 2, por el método estático diferencial y RTK dentro del sistema MAGNA SIRGAS.

Una vez terminada la sesión de rastreo o posicionamiento estático con los receptores GNSS referencia CHCNAV i83, se procede a realizar la descarga de archivos y conversión de datos crudos a RINEX, en el software CHC Geomatics Office 2 para los puntos GPS 14, y GPS 1, toda vez que este es el Software nativo de los georeceptores.

Se utiliza este tipo de formatos ya que un archivo RINEX es compatible con todos los programas de procesamiento de datos satelitales y estos pueden ser verificados por cualquier profesional en el momento que se requiera consultar.

7.1.1 Descarga De Datos RINEX De La Base IGAC

Para dar inicio al post proceso, se realiza la descarga de los RINEX (Receiver Independent Exchange Format – RINEX-), tomados automáticamente por la red de Estaciones Continuas del Marco Geocéntrico Nacional de Referencia MAGNA-SIRGAS (MAGNA-ECO). Para lo cual, se requiere conocer la fecha de posicionamiento, ya que con esta fecha se consulta la página http://www.ngs.noaa.gov/CORS/Gpscal.shtml y se visualiza las semanas GPS**.**

Ilustración 10. Calendario GPS - Día De Posicionamiento

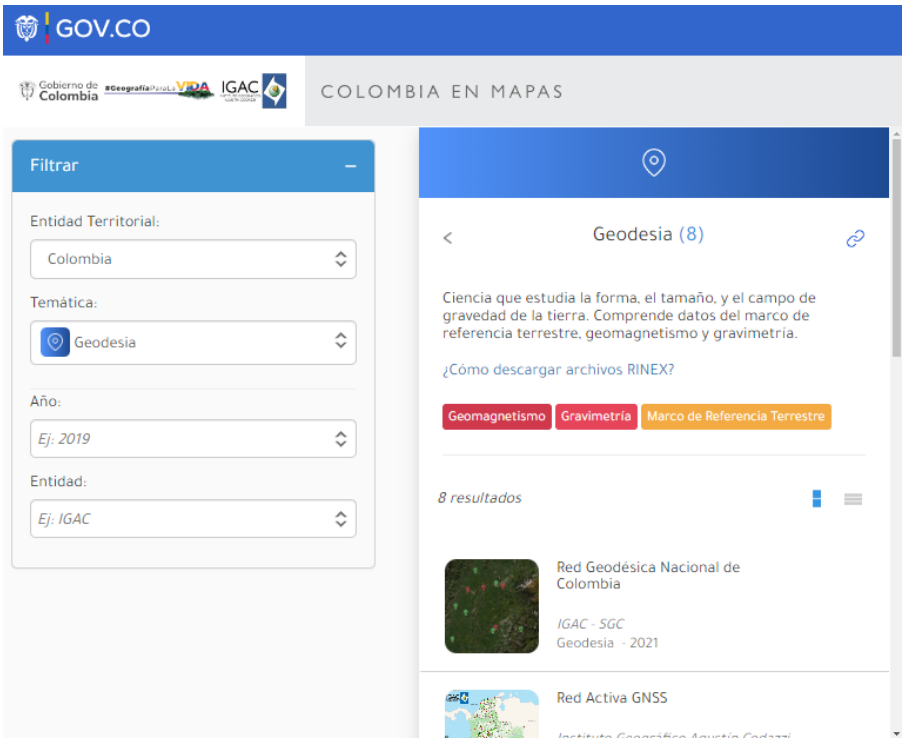
September 2024

Week	Sun : 0	Mon : 1	Tue : 2	Wed : 3	Thu : 4	Fri : 5	Sat : 6
2330	1 : 245	2 : 246	3 : 247	4 : 248	5 : 249	6 : 250	7 : 251
2331	**8 : 252**	9 : 253	10 : 254	11 : 255	12 : 256	13 : 257	14 : 258
2332	15 : 259	16 : 260	17 : 261	18 : 262	19 : 263	20 : 264	21 : 265
2333	22 : 266	23 : 267	24 : 268	25 : 269	26 : 270	27 : 271	28 : 272
2334	29 : 273	30 : 274	1 : 275	2 : 276	3 : 277	4 : 278	5 : 279

Fuente: Elaboración Propia a partir del desarrollo de la consultoría.

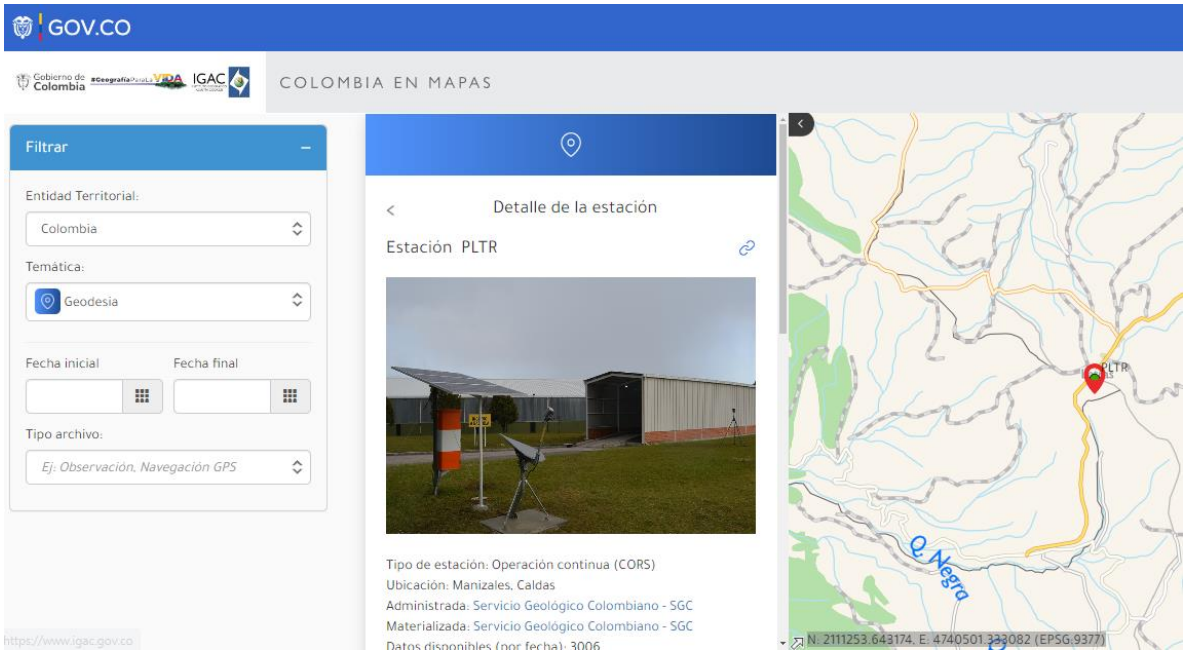
Debido a que las estaciones Continuas del Marco Geocéntrico Nacional de Referencia MAGNA-SIRGAS (MAGNA-ECO) en funcionamiento más cercanas al área de estudio son las estaciones de ubicadas en Manizales (MZAL y PLTR) y Palestina (UNCA). Se revisa la disponibilidad de los datos navegados, observados y grabados para el día de posicionamiento para su posterior descarga. La información es consultada en el siguiente enlace: https://www.colombiaenmapas.gov.co/.

Ilustración 11. Descarga de RINEX desde la página de Colombia Mapas.



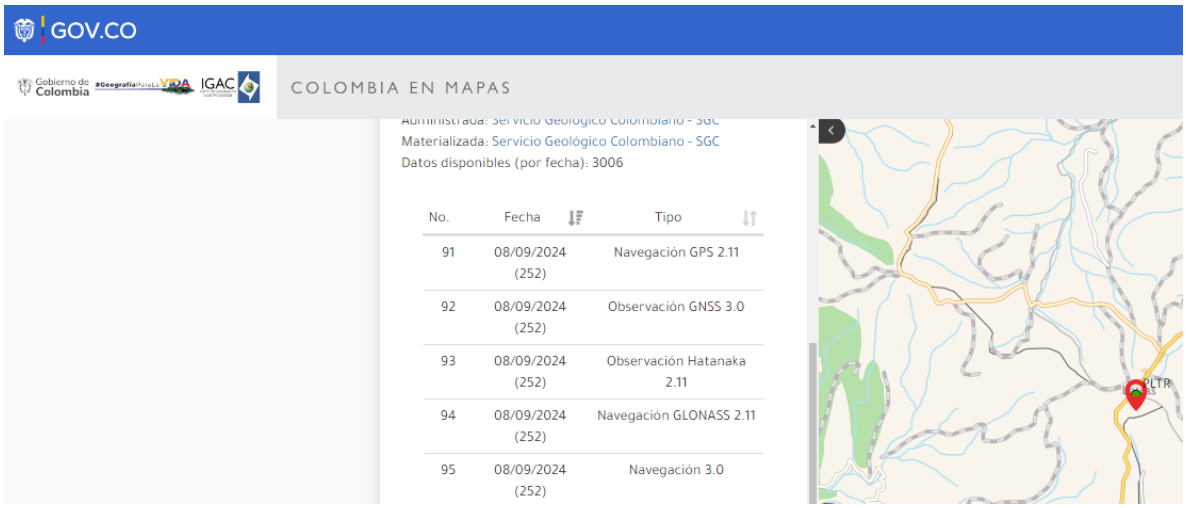
Fuente: Elaboración propia a partir de los datos abiertos del IGAC.

Ilustración 12. Descarga de RINEX desde la página de Colombia Mapas.



Fuente: Elaboración propia a partir de los datos abiertos del IGAC.

Ilustración 13. Descarga de RINEX desde la página de Colombia Mapas.



Fuente: Elaboración propia a partir de los datos abiertos del IGAC.

7.1.2 Descarga de las coordenadas SEMANALES.

Una vez descargados los datos RINEX de las estaciones continuas del Marco Geocéntrico Nacional de Referencia MAGNA-SIRGAS (MAGNA-ECO): Manizales (MZAL y PLTR) y Palestina (UNCA), se deben descargar las coordenadas de las soluciones semanales de las estaciones SIRGAS actual (2318), por lo que se consulta el siguiente enlace web: https://t.co/8DLsBU4miC

Ilustración 14. Coordenadas de las soluciones semanales de las estaciones SIRGAS

```
Solución semanal estaciones MAGNA-ECO no incluidas en SIRGAS-CON
Centro de procesamiento IGA - Instituto Geográfico Agustín Codazzi IGAC
SEMANA GNSS 2318
--------------------------------------------------------------------------------
IGS20                                                  ÉPOCA:2024-06-12 12:00:00

NUM   NOMBRE ESTACIÓN              X (M)          Y (M)          Z (M)

1       3MAT                 2105061.21081   -6000295.85965  496490.73066
2       AECH                 1597473.57347   -6161876.92967  411650.93459
59      MZAL                 1594538.35628   -6152563.40038  555672.61046
72      PLTR                 1609769.96178   -6150113.86441  557338.14655
107     UNCA                 1572397.62112   -6156751.29295  560239.99887
108     UNIO                 1601778.31487   -6095793.76706  974943.47951
109     UNME                 1579593.64292   -6141923.84313  691446.98200
```

Fuente: Instituto Geográfico Agustín Codazzi - IGAC.

7.1.3 Descarga Efemérides Precisas

Posteriormente se procede con la descarga de las Efemérides Precisas, pues son indispensables para la corrección de los satélites. En nuestro caso tenemos la semana 2331 y el día 252 que corresponden al día de posicionamiento. Para ello se consulta el siguiente enlace, donde se descargan los archivos: ftp://lox.ucsd.edu/pub/products/.

Se descargan las efemérides conforme a la siguiente estructura de datos:
igs23310.sp3.Z

Igr = IGR, GPS+GLONASS
2331 = Semana GPS
0 = Día de la semana (domingo=0, lunes=1, martes=2,…., viernes=5 y sábado=6)
*.eph = Abarcan todo el día, desde las cero (0) horas hasta las 23.45 h

Nota: Estos archivos de descarga y los demás mencionados en el informe se adjuntan en una carpeta digital anexa al presente

7.2 CÁLCULO DE LAS SESIONES ESTÁTICO DIFERENCIAL DEL LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO

Una vez descargados los datos RINEX y las coordenadas semanales de las estaciones permanentes de Manizales (MZAL y PLTR) y Palestina (UNCA) de la Red Magna ECO del IGAC, las efemérides precisas para las correcciones satelitales y la conversión de datos RINEX de los puntos GPS 14, GPS 1 y GPS 2, se procede a realizar el traslado de coordenadas para los puntos topográficos que servirán de base y de control.

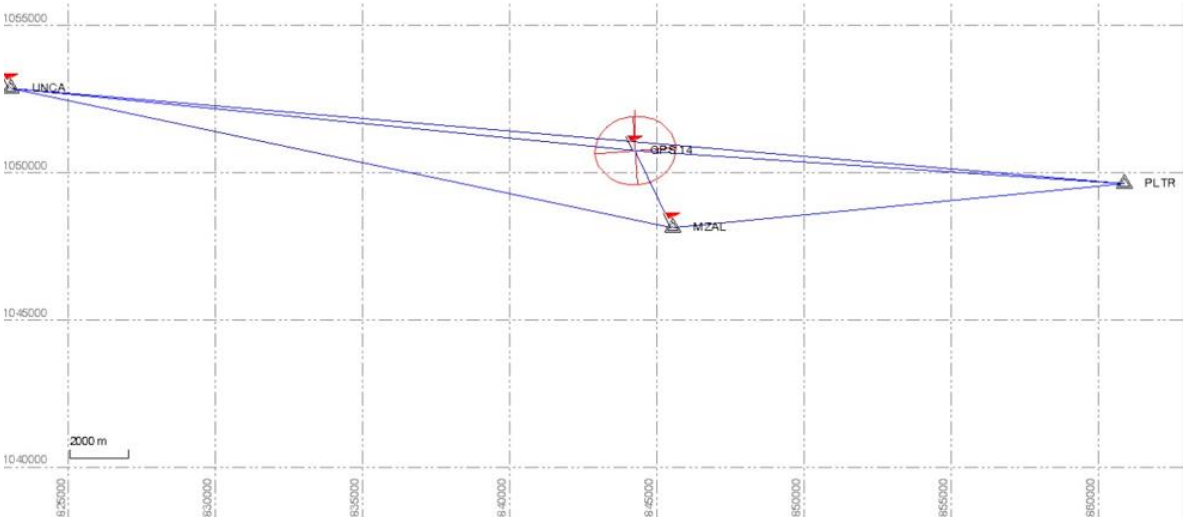
Tabla 5: Cartera posicionamiento en campo de los puntos GNSS

CARTERA DE POSICIONAMIENTO EN CAMPO ESTÁTICO DIFERENCIAL						
NOMBRE DEL GPS	FECHA	HORA DE INICIO	HORA FINAL	TIEMPO DE LA SESIÓN	ALTURA DE LA ANTENA	METODO-LOGÍA
GPS 1	08/09/2024	4:46:01:PM	6:41:40:PM	1:55:39	2.12	Estático Dif.
GPS 2	08/09/2024	3:34:08:PM	3:34:08:PM	0:00:01	2.15	RTK
GPS 14	08/09/2024	2:35:19:PM	6:49:07:PM	4:13:48	2.10	Estático Dif.

Fuente: Elaboración propia a partir del levantamiento topográfico

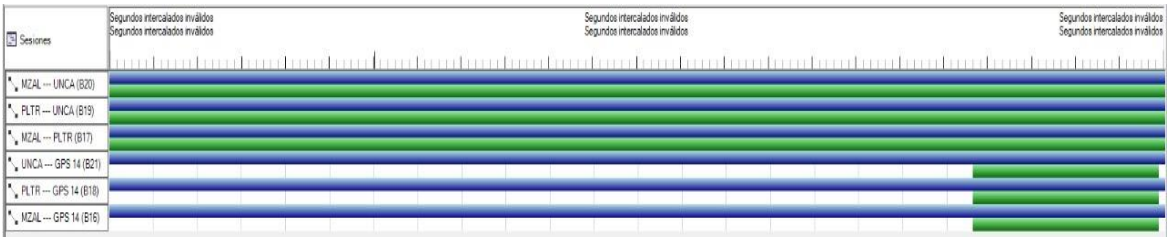
El cálculo de las coordenadas se realiza en el software Trimble Business Centre para los datos tomados en estático diferencial. Inicialmente, se realizó el postproceso del GPS 14 con las estaciones permanentes del IGAC, y una vez se obtienen las coordenadas ajustadas de este punto, se procede a realizar el postproceso del GPS 1 a partir del puntos GPS 14 y de la estación permanente MZAL, obteniendo los siguientes resultados:

Ilustración 15. Diagrama de doble determinación para el punto GPS 14



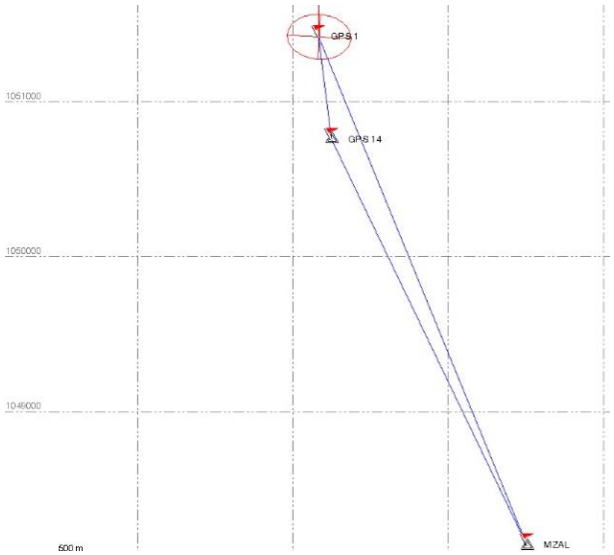
Fuente: Elaboración Propia a partir de Trimble

Ilustración 16. Diagrama de tiempos por doble determinación para el punto GPS 14 y Estaciones Permanentes



Fuente: Elaboración Propia a partir de Trimble

Ilustración 17. Diagrama de doble determinación para el punto GPS 1



Fuente: Elaboración Propia a partir de Trimble

Ilustración 18. Diagrama de tiempos por doble determinación para el punto GPS 1 y Estaciones Permanentes



Fuente: Elaboración Propia a partir de Trimble

7.2.1 Resultados Del Post Proceso

En los resultados del cálculo por postproceso para los vértices, se obtuvieron las siguientes precisiones:

Ilustración 19. Resumen del procesamiento de los puntos GPS 14

Observación	De	A	Tipo de solución	Prec. H. (Metro)	Prec. V. (Metro)	Aci. geod.	Dist. elip (Metro)	ΔAltura (Metro)
MZAL --- UNCA (B20)	MZAL	UNCA	Fija	0,005	0,026	281°45'42"	22961,865	-1053,068
MZAL --- PLTR (B17)	MZAL	PLTR	Fija	0,002	0,008	84°18'14"	15426,331	1609,174
MZAL --- GPS 14 (B16)	MZAL	GPS 14	Fija	0,007	0,031	334°12'25"	2907,673	57,200
UNCA --- GPS 14 (B21)	UNCA	GPS 14	Fija	0,017	0,097	95°32'07"	21314,580	1110,301
PLTR --- UNCA (B19)	PLTR	UNCA	Fija	0,005	0,026	274°46'17"	37960,789	-2662,236
PLTR --- GPS 14 (B18)	PLTR	GPS 14	Fija	0,010	0,048	273°45'18"	16650,873	-1551,987

Fuente: Elaboración Propia a partir de Trimble

Ilustración 20. Resumen del procesamiento de los puntos GPS 1

Observación	De	A	Tipo de solución	Prec. H. (Metro)	Prec. V. (Metro)	Aci. geod.	Dist. elip (Metro)	ΔAltura (Metro)
GPS 14 --- GPS 1 (B33)	GPS 14	GPS 1	Fija	0,009	0,016	352°39'41"	669,632	-59,069
MZAL --- GPS 14 (B34)	MZAL	GPS 14	Fija	0,008	0,037	334°12'25"	2907,661	57,186
MZAL --- GPS 1 (B35)	MZAL	GPS 1	Fija	0,050	0,085	337°37'52"	3549,216	-1,897

Fuente: Elaboración Propia a partir de Trimble

7.2.2 Transformación de Época 2024.7 a 2018.0

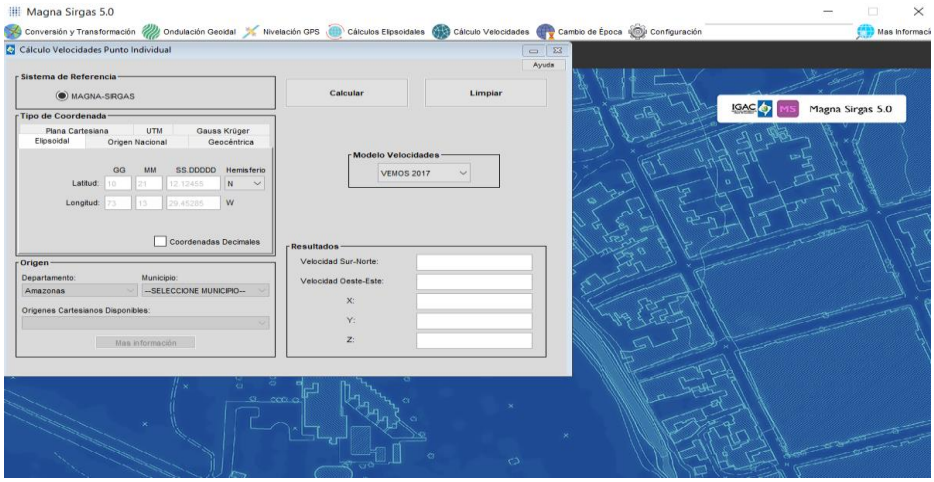
7.2.2.1 Cálculo De Velocidades

Obtenidas las coordenadas geocéntricas de los vértices GPS 14 y GPS 1**,** se realiza el cálculo de las velocidades con el fin de realizar las transformaciones de la época actual a la época de referencia **2018.0**, en virtud a la resolución No 715 del 08 de junio del 2018 del Instituto Geográfico Agustín Codazzi.

Para efectuar el cambio de época de referencia, se utilizó el software Magna Sirgas V5.0. Este proceso se realizó tomando como base las coordenadas elipsoidales, ya que dichas coordenadas no presentan ningún tipo de deformación, a diferencia de otras proyecciones que pueden estar sujetas a alteraciones geométricas.

También, se presenta un cuadro con las coordenadas geocéntricas ajustadas, donde se evidencian las velocidades y desplazamientos correspondientes a cada uno de los puntos GPS. Es importante destacar que estas coordenadas geocéntricas ajustadas son únicamente para fines de presentación. No deben ser consideradas como insumo principal, ya que, como se indicó previamente, las coordenadas elipsoidales fueron las utilizadas para todos los cálculos y procedimientos de referencia.

Ilustración 21. Cálculo de velocidades modelo Vemos 2017



Fuente: Elaboración Propia a partir de Magna sirgas Pro 5.

Tabla 6: Cálculo de velocidades de los puntos GPS

Velocidades (m)				**Desplazamiento (m)**		
Punto	**VX**	**VY**	**VZ**	**DX**	**DY**	**DZ**
GPS 1	0,0040	0,0023	0,0141	0,0268	0,01541	0,09447
GPS 14	0,0040	0,0023	0,0141	0,0268	0,01541	0,09447

Fuente: Elaboración Propia a partir de Magna sirgas Pro 5

Obtenidas las velocidades por año para el punto GPS, se multiplica las velocidades dadas en el Magna Sirgas Pro 5 por la diferencia de época, y dicho valor se resta a las coordenadas geocéntricas del vértice geodésico.

Tabla 7: Determinación de la época actual

Fecha de Posicionamiento	8/09/2024	**Época Actual**	2024,7
Dia GPS	252	**Tiempo Transcurrido**	6,7

Fuente: Elaboración Propia a partir de los cálculos.

Tabla 8: Coordenadas geocéntricas ajustadas

Coordenadas Geocéntricas Época 2018.0			
Punto	**X (m)**	**Y (m)**	**Z (m)**
GPS 1	1593157,4505	-6152620,9655	558942,8444
GPS 14	1593269,7106	-6152713,1679	558286,2640

Fuente: Elaboración Propia a partir de los cálculos.

Tabla 9: Cuadro con Coordenadas Elipsoidales en Época de referencia obtenidas a partir del software Magna Sirgas Pro V5.0

Coordenadas Elipsoidales Época 2018.0			
Punto	**Latitud**	**Longitud**	**Altura Elipsoidal (m)**
GPS 1	5°03'34,83353" N	75°28'57,74078" W	2099,465
GPS 14	5°03'13,21231" N	75°28'54,96393" W	2158,536

Fuente: Elaboración Propia.

7.2.3 Conversión de coordenadas

Una vez efectuada la transformación de época 2024.7 a 2018.0 de las coordenadas elipsoidales, se realizó la conversión respectiva a las coordenadas de Origen Nacional y Gauss-Krüger.

Tabla 10: Cuadro con Coordenadas Gauss Krüger en Época de referencia

Coordenadas Gauss Krüger		
Punto	**Origen: Central**	
	Norte (m)	**Este (m)**
GPS 1	1051420,683	844164,082
GPS 14	1050756,151	844248,205

Fuente: Elaboración Propia.

A continuación, se presentan las coordenadas finales de los puntos GPS 1, GPS 2 y GPS 14, con su respectiva cota geométrica:

Tabla 11: Cuadro con Coordenadas Origen Nacional en Época de referencia

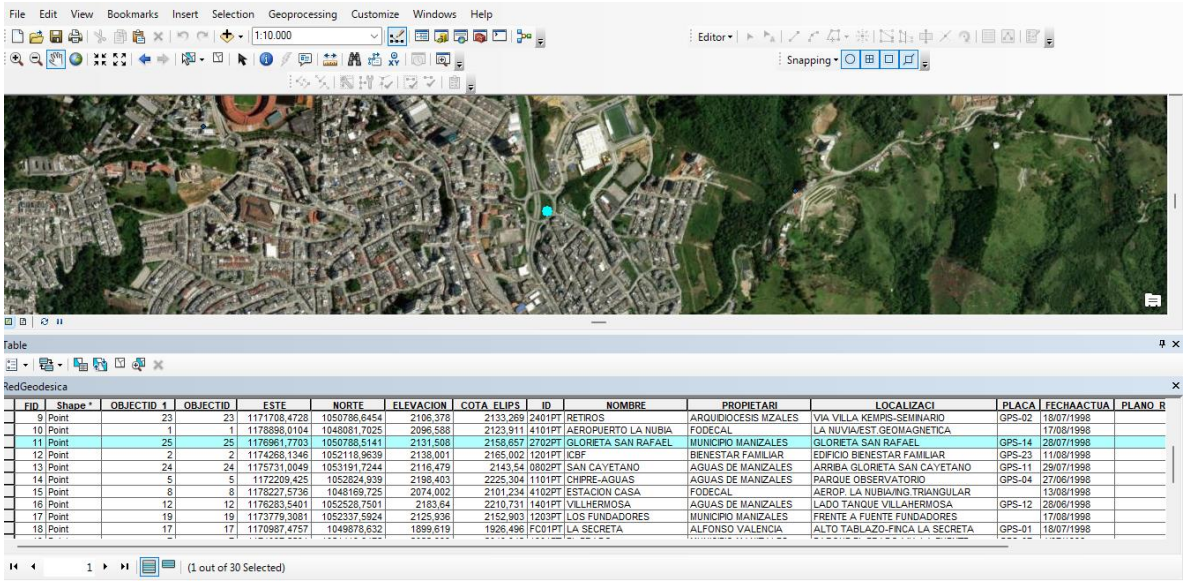
Coordenadas Origen Nacional CTM-12 Época 2018.0			
Punto	**Norte (m)**	**Este (m)**	**Cota geométrica (m)**
GPS 1	2117612,566	4724831,101	2072,392
GPS 2	2117504,399	4724768,535	2084,807
GPS 14	2116948,004	4724914,108	2131,508

Fuente: Elaboración Propia

7.3 NIVELACIÓN GEOMÉTRICA

Se realizó un proceso de nivelación y contranivelación con nivel electrónico por los mismo cambios para controlar el circuito. Se empleó como referencia el punto denominado GPS 14 con altura de 2131.508 m.s.n.m., el cual pertenece a la base de datos de la Red Geodésica de Manizales, hasta los puntos GPS 1 y GPS 2. Asi mismo, se realizó la nivelación de los pozos.

Ilustración 22. Red Geodésica de Manizales – GPS 14



FID	Shape *	OBJECTID_1	OBJECTID	ESTE	NORTE	ELEVACION	COTA_ELIPS	ID	NOMBRE	PROPIETARI	LOCALIZACI	PLACA	FECHAACTUA	PLANO_R
9	Point	23	23	1171708,4728	1050786,6454	2106,378	2133,269	2401PT	RETIROS	ARQUIDIOCESIS MZALES	VIA VILLA KEMPIS-SEMINARIO	GPS-02	18/07/1998	
10	Point	1	1	1178898,0104	1048081,7025	2096,588	2123,911	4101PT	AEROPUERTO LA NUBIA	FODECAL	LA NUVIA/EST.GEOMAGNETICA		17/08/1998	
11	Point	25	25	1176961,7703	1050788,5141	2131,508	2158,657	2702PT	GLORIETA SAN RAFAEL	MUNICIPIO MANIZALES	GLORIETA SAN RAFAEL	GPS-14	28/07/1998	
12	Point	2	2	1174268,1346	1052118,9639	2138,001	2165,002	1201PT	ICBF	BIENESTAR FAMILIAR	EDIFICIO BIENESTAR FAMILIAR	GPS-23	11/08/1998	
13	Point	24	24	1175731,0049	1053191,7244	2116,479	2143,54	0802PT	SAN CAYETANO	AGUAS DE MANIZALES	ARRIBA GLORIETA SAN CAYETANO	GPS-11	29/07/1998	
14	Point	5	5	1172209,425	1052824,939	2198,403	2225,304	1101PT	CHIPRE-AGUAS	AGUAS DE MANIZALES	PARQUE OBSERVATORIO	GPS-04	27/06/1998	
15	Point	8	8	1178227,5736	1048169,725	2074,002	2101,234	4102PT	ESTACION CASA	FODECAL	AEROP. LA NUBIA/ING.TRIANGULAR		13/08/1998	
16	Point	12	12	1176283,5401	1052528,7501	2183,64	2210,731	1401PT	VILLHERMOSA	AGUAS DE MANIZALES	LADO TANQUE VILLAHERMOSA	GPS-12	28/06/1998	
17	Point	19	19	1173779,3081	1052337,5924	2125,936	2152,903	1203PT	LOS FUNDADORES	MUNICIPIO MANIZALES	FRENTE A FUENTE FUNDADORES		17/08/1998	
18	Point	17	17	1170987,4757	1049878,632	1899,619	1926,496	FC01PT	LA SECRETA	ALFONSO VALENCIA	ALTO TABLAZO-FINCA LA SECRETA	GPS-01	18/07/1998	

Fuente: Elaboración Propia a partir de ArcGIS.

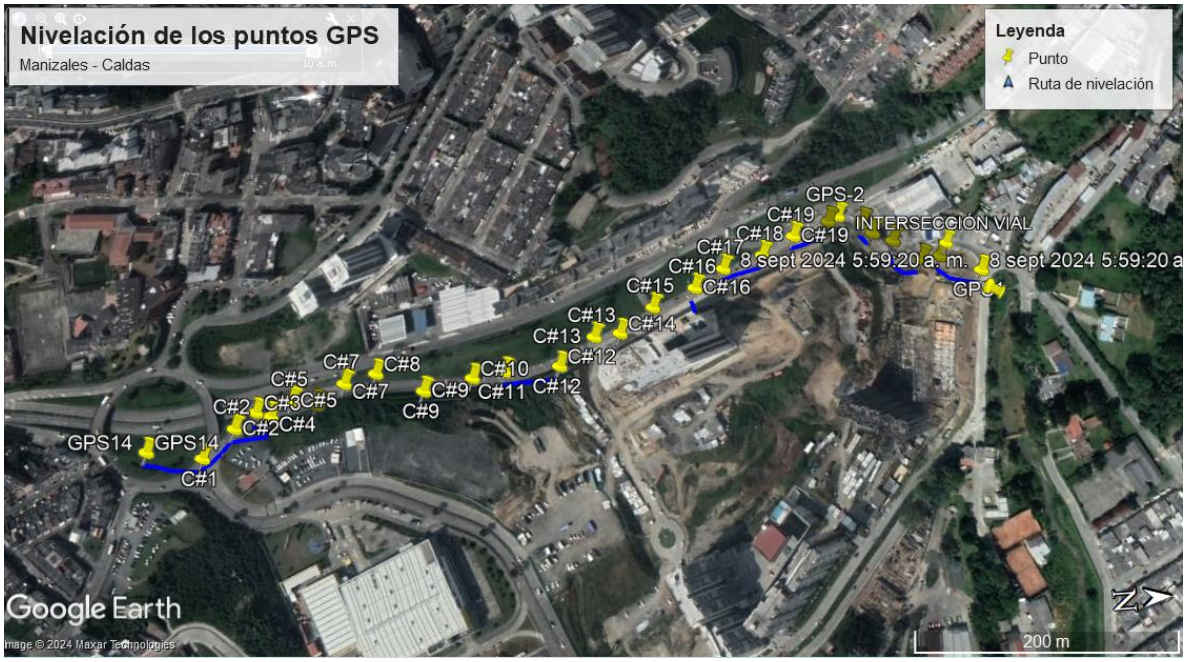
Ilustración 23. Punto de control – GPS 14



Fuente: Elaboración Propia a partir del registro fotográfico.

El circuito de nivelación geométrica realizado se relaciona a continuación:

Ilustración 24. Circuito de nivelación geométrica de los puntos GPS



Fuente: Elaboración Propia a partir de Google Earth.

El circuito de nivelación geométrica inicia en el vértice GPS 14 con cota geométrica: 2131.508 m.s.n.m., ubicado en la glorieta de San Rafael sobre la zona verde, siguiendo por la Avenida Kevin Ángel en sentido sur – norte, hasta la intersección de la calle 64A, donde se encuentra el GPS 2 con cota geométrica: 2084.807 m.s.n.m., de allí se gira hacia la derecha por toda la calle 64A hasta llegar al conjunto de Apartamentos Urapanes de Bella Suiza, y sobre el separador vial de la calle 64A se encuentra el GPS 1 con cota geométrica: 2072.392 m.s.n.m. A continuación, se presenta la nivelación geométrica llevada a cabo para los puntos GPS.

Tabla 12: Esquema de nivelación geométrica de los puntos GPS

PUNTO	V+	ALT. INST	V-	COTA	OBSERVACIÓN
GPS-14	1,353	2132,861		**2131,508**	PLACA
C#1			2,9370	2129,924	
C#1	0,490	2.130,414			
C#2			2,4450	2127,9690	
C#2	0,2420	2128,2110			
C#3			2,8640	2125,3470	
C#3	0,4230	2125,77			
C#4			2,6680	2123,102	
C#4	0,371	2.123,473			
C#5			2,7540	2120,7190	
C#5	0,3610	2121,0800			
C#6			2,6160	2118,464	
C#6	0,502	2.118,966			
C#7			2,7740	2116,1920	
C#7	0,0220	2116,2140			
C#8			2,7000	2113,514	
C#8	0,201	2.113,715			
C#9			2,7200	2110,9950	
C#9	0,3140	2111,3090			
C#10			2,7500	2108,5590	
C#10	0,663	2.109,222			
C#11			2,9380	2106,2840	
C#11	0,2380	2106,5220			
C#12			2,3430	2104,1790	
C#12	0,0380	2104,217			
C#13			2,4080	2101,809	
C#13	0,373	2.102,182			
C#14			2,5950	2099,5870	

PUNTO	V+	ALT. INST	V-	COTA	OBSERVACIÓN
C#14	0,6290	2100,2160			
C#15			2,5950	2097,621	
C#15	0,361	2.097,982			
C#16			2,7330	2095,2490	
C#16	0,3510	2095,6000			
C#17			2,7860	2092,814	
C#17	0,106	2.092,920			
C#18			2,5920	2090,3280	
C#18	0,2850	2090,6130			
C#19			2,6080	2088,0050	
C#19	0,1620	2088,167			
C#20		0	2,5520	2085,6150	
C#20	0,4970	2086,112			
GPS 2			1,3050	2084,8070	PLACA GPS
C#21			2,716	2083,3960	
C#21	0,5070	2083,9030			
C#22			2,8700	2081,0330	
C#22	0,5180	2081,5510			
C#23			2,1970	2079,3540	
C#23	0,1080	2079,462			
C#24			2,5670	2076,8950	
C#24	0,3250	2077,22			
C#25			2,8300	2074,3900	
C#25	0,3800	2074,77			
GPS 1			2,3780	2072,3920	PLACA GPS
GPS 1C	2,3060	2074,698			
C#25C			0,3080	2074,3900	
C#25C	2,7850	2077,175			
C#24C			0,2800	2076,8950	
C#24C	2,5230	2079,418			
C#23C			0,0630	2079,3550	
C#23C	2,0930	2081,448			
C#22C			0,4140	2081,0340	
C#22C	2,8800	2083,914			
C#21C			0,5170	2083,3970	
C#21C	2,6330	2086,03			
C#20C			0,4140	2085,6160	
C#20C	2,5950	2088,211			
C#19C			0,2050	2088,0060	

PUNTO	V+	ALT. INST	V-	COTA	OBSERVACIÓN
C#19C	2,6470	2090,653			
C#18C			0,3240	2090,3290	
C#18C	2,6100	2092,939			
C#17C			0,1240	2092,8150	
C#17C	2,7450	2095,56			
C#16C			0,3100	2095,2500	
C#16C	2,7280	2097,978			
C#15C			0,3360	2097,6420	
C#15C	2,5110	2100,153			
C#14C			0,5450	2099,6080	
C#14C	2,5380	2102,146			
C#13C			0,3160	2101,8300	
C#13C	2,4820	2104,312			
C#12C			0,1110	2104,2010	
C#12C	2,2060	2106,407			
C#11C			0,1010	2106,3060	
C#11C	2,8360	2109,142			
C#10C			0,5610	2108,5810	
C#10C	2,7480	2111,329			
C#9C			0,3120	2111,0170	
C#9C	2,6670	2113,684			
C#8C			0,1480	2113,5360	
C#8C	2,7720	2116,308			
C#7C			0,0940	2116,2140	
C#7C	2,6040	2118,818			
C#6C			0,3340	2118,4840	
C#6C	2,5160	2121			
C#5C			0,2610	2120,7390	
C#5C	2,6540	2123,393			
C#4C			0,2910	2123,1020	
C#4C	2,5060	2125,608			
C#3C			0,2610	2125,3470	
C#3C	2,7930	2128,14			
C#2C			0,1710	2127,9690	
C#2C	2,3720	2130,341			
C#1C			0,4180	2129,9230	
C#1C	2,6530	2132,576			
GPS 14			1,0690	**2131,5070**	

Fuente: Elaboración Propia

Ilustración 25. Nivelación geométrica en campo



Fuente: Elaboración Propia

A continuación, se presentan las cotas geométricas de los puntos GPS.

Tabla 13: Cotas geométricas de los puntos GPS

PUNTO	COTA
GPS 14	2131,508
GPS 1	2072,392
GPS 2	2084,807

Fuente: Elaboración Propia

Se ejecutó la nivelación geométrica de las estructuras sanitarias específicamente en los pozos, mediante la utilización de un nivel óptico de alta precisión, aplicando métodos convencionales de nivelación. Como referencia, se empleó el punto de control GPS 1 garantizando la correcta transferencia de cotas altimétricas. A continuación, se detalla la nivelación geométrica realizada los pozos sanitarios:

Tabla 14: Cotas geométricas de los pozos

PUNTO	V+	ALT. INST	V-	COTA	OBSERVACIÓN
GPS 1	0,8750	2073,2670		2072,3920	
			1,5540	2071,7130	PZ-S2

PUNTO	V+	ALT. INST	V-	COTA	OBSERVACIÓN
			1,383	2071,8840	PZ-S1
			0,1850	2073,0820	PZ-S11
			0,9180	2072,3490	PZ-S3
			0,555	2072,7120	PZ-S4
			0,2880	2072,9790	PZ-S12
			0,1800	2073,0870	PZ-S13
			0,9050	2072,3620	PZ-S22
			1,0330	2072,2340	PZ-S23
			0,6150	2072,6520	PZ-S24
			1,1030	2072,1640	PZ-S25
GPS 1	2,3790	2074,7710		2072,3920	
			2,4880	2072,2830	PZ-S38
C#26			0,4370	2074,3340	
C#26	2,605	2.076,939			
			1,982	2074,9570	PZ-S5
			1,8900	2075,0490	PZ-S6
			1,622	2075,3170	PZ-S7
			1,965	2074,9740	PZ-S8
			1,111	2075,8280	PZ-S10
			1,027	2075,9120	PZ-S9
GPS 1	2,9730	2075,3650		2072,3920	
			0,230	2075,1350	PZ-S15
			0,670	2074,6950	PZ-S14
C#27			0,506	2074,8590	
C#27	2,965	2077,8240			
			0,764	2077,0600	PZ-S16
			0,473	2077,3510	PZ-S17
C#28			0,123	2077,7010	
C#28	2,985	2080,6860			
			2,240	2078,4460	PZ-S18
			0,682	2080,0040	PZ-S19
			0,080	2080,6060	PZ-S20
C#29			0,432	2080,2540	
C#29	1,905	2082,1590			
			0,950	2081,2090	PZ-S21
GPS 1	1,4870	2073,8790		2072,3920	
			1,716	2072,1630	ACUEDUCTO
			1,515	2072,3640	P2-T2
C#30			2,051	2071,8280	

PUNTO	V+	ALT. INST	V-	COTA	OBSERVACIÓN
C#30	1,740	2073,5680			
			0,852	2072,7160	PZ-S30
			0,753	2072,8150	PZ-T5
			1,348	2072,2200	PZ-S31
			1,330	2072,2380	PZ-S32
			1,497	2072,0710	PZ-33
			1,505	2072,0630	PZ-S34
			1,553	2072,0150	PZ-S35
			1,584	2071,9840	PZ-36
			1,508	2072,0600	P2-T3
			2,191	2071,3770	PZ-S37
C#30	0,661	2072,0380			
C#31			2,140	2069,8980	
C#31	0,653	2070,5510			
			1,650	2068,9010	PZ-S27
			1,670	2068,8810	PZ-S26
C#30	1,883	2070,7640			
C#32			0,680	2070,0840	
C#32	2,375	2072,4590			
			1,623	2070,8360	PZ-S29
C#33			0,267	2072,1920	
C#33	2,600	2074,7920			
C#34			0,588	2074,2040	
C#34	2,298	2076,5020			
			2,075	2074,4270	PZ-T4
			1,525	2074,9770	PZ-S28

Fuente: Elaboración Propia

7.4 PROCESO DEL LEVANTAMIENTO TOPOGRAFICO DETALLES

7.4.1 Para los datos Real Time Kinematic-RTK.

Terminado el levantamiento topográfico en campo, se realiza la descarga de la cartera electrónica de las antenas GPS CHCNAV i83, donde se almacenaron los puntos (x, y, z) del área de influencia de la intersección vial del municipio de Manizales - Caldas.

Teniendo en cuenta que para el levantamiento topográfico en campo, se implementó la metodología Real Time Kinematic (RTK), cuya técnica consiste, en que a partir de una estación de referencia (VERTICE GEODESICO POSICIONADO EN SITIO), se provee correcciones instantáneas para estaciones móviles o Rover's con señales transmitidas por los sistemas globales de navegación por satélites GPS, (Glonass y Galileo), dando precisiones centimétricas, se toman los datos almacenados en la controladora del equipo y se exporta directamente la nube de puntos en formato Excel con todos los detalles del levantamiento. Luego, esta nube de puntos es importada al software CIVIL 3D 2020 y se inicia el proceso de dibujo del plano topográfico.

Ilustración 26. Datos descargados de la controladora, levantamiento RTK

```
--Add,Point,2024-09-07 08:08:21
Point type:GNSS topográfico survey point
Name:1
Code:PP
Antenna type:i83,PCO:0.0773
Antenna height:2.0700
Use IMU:Tilt:000:35:57.4505768E,Direction of tilt:55:29:51.8853348E,Heading:156:06:25.2905273W,Tilt x:0.000,Tilt y:0.000
Logging PPK:No
GNSS
info:HRMS:0.0174,VRMS:0.0290,STATUS:FIXED,SATS:22,AGE:1.0,PDOP:1.156,HDOP:0.582,VDOP:0.999,TDOP:1.513,GDOP:1.905,NRMS:0.0122,ERMS:0.0124,DATE:09-07-2024,Time:08:08:19
Average:Measurements:25,North Min:2117568.8740,North Max:2117568.8842,East Min:4724968.7773,East Max:4724968.7874,Elev Min:2078.5481,Elev Max:2078.5883,North
Avg:2117568.8796,SD:0.0022,East Avg:4724968.7814,SD:0.0031,Elev Avg:2078.5679,SD:0.0099
NEZ:2117568.8796,4724968.7814,2078.5679
WGS84 BLH:5:03:33.428662 N,75:28:53.266204 W,2108.9310
WGS84 XYZ:1593294.239,-6152599.217,558900.679
--End,c8f3d843bc1caf4cb43857c96989e9f2ea4a707b02676e89254edab1706e29093790eda9

--Add,Point,2024-09-07 08:08:37
Point type:GNSS topográfico survey point
Name:2
Code:PP
Antenna type:i83,PCO:0.0773
Antenna height:2.0700
Use IMU:Tilt:000:40:06.0571330E,Direction of tilt:50:38:54.6851179E,Heading:153:59:55.4956055W,Tilt x:0.000,Tilt y:0.000
Logging PPK:No
GNSS
info:HRMS:0.0173,VRMS:0.0291,STATUS:FIXED,SATS:23,AGE:1.0,PDOP:1.326,HDOP:0.684,VDOP:1.137,TDOP:1.461,GDOP:1.973,NRMS:0.0121,ERMS:0.0124,DATE:09-07-2024,Time:08:08:36
Average:Measurements:10,North Min:2117568.8716,North Max:2117568.8792,East Min:4724968.7702,East Max:4724968.7785,Elev Min:2078.5494,Elev Max:2078.5685,North
Avg:2117568.8756,SD:0.0029,East Avg:4724968.7753,SD:0.0023,Elev Avg:2078.5629,SD:0.0059
NEZ:2117568.8756,4724968.7753,2078.5629
WGS84 BLH:5:03:33.428530 N,75:28:53.266399 W,2108.9260
WGS84 XYZ:1593294.232,-6152599.214,558900.674
--End,0ce7a52d57bb26c46ecb3139679f57255fc10db9c052b218242e9aa4012f720078914da2
```

Fuente: Elaboración Propia a partir del levantamiento topográfico en campo.

7.4.2 Para los datos de Estación total.

Se realizó una poligonal cerrada por el método de ceros atrás y ajustada con el método de brújula, amarrados a las placas GPS 1 y GPS 2, con un total de 2 deltas. El cálculo de datos se realizó a través de carteras formuladas en Excel y la información recolectada en campo.

Tabla 15: Precisión y error de cierre de la poligonal

Diferencia de proyecciones	-0,003604	-0,004463
Error de cierre	0,005736475	
Precisión	40029,15323	

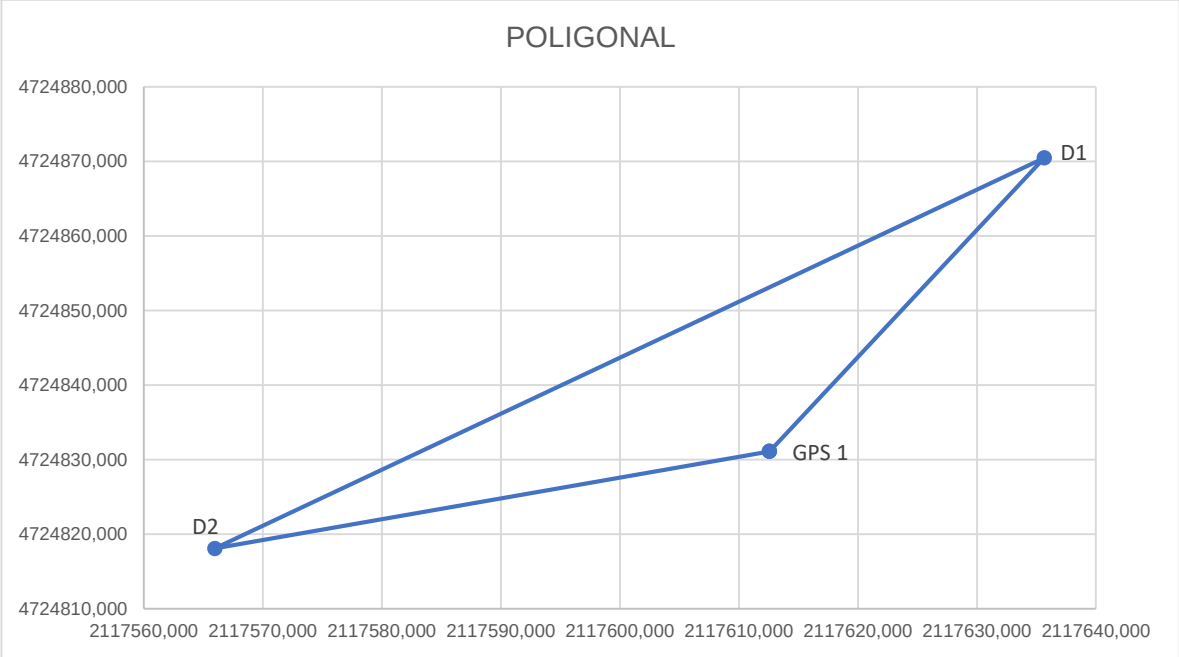
Fuente: Elaboración propia a partir de los cálculos.

Tabla 16: Coordenadas de los deltas topográficos

COORDENADAS		
N	**E**	**DETALLE**
2117612,566	4724831,101	GPS1
2117565,952	4724818,068	D1
2117635,652	4724870,463	D2
2117612,567	4724831,102	GPS1

Fuente: Elaboración propia a partir de los cálculos.

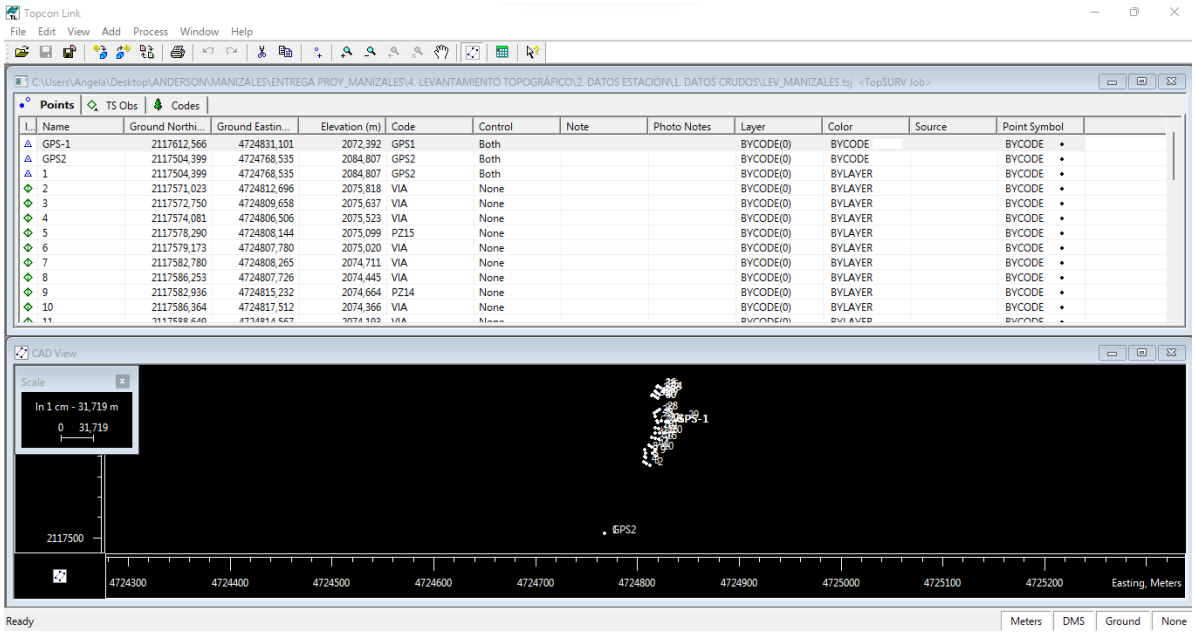
Ilustración 27. Diagrama de la poligonal cerrada



Fuente: Elaboración propia a partir de los cálculos.

Para los detalles del levantamiento topográfico de la intersección vial tomados con estación total, se utiliza el software Topcon Link, el cual convierte los archivos de la estación a coordenadas finales mediante los cálculos de los vértices geodésicos instalas previamente procesados: GPS 1 y GPS 2. Los detalles se calcularon definiendo los puntos de amarre y las vistas atrás y delante de acuerdo con el levantamiento por ceros atrás que se realizó.

Ilustración 28. Datos de estación procesados en el software Topcon Link



Fuente: Elaboración propia a partir de los cálculos

7.5 CATASTRO DE REDES

Se realizó el catastro de redes en el área de influencia de la intersección vial siguiendo el flujo de trabajo:

1. Reconocimiento en campo
2. Inspección visual previa
3. Inspección técnica de la red
4. Toma de información

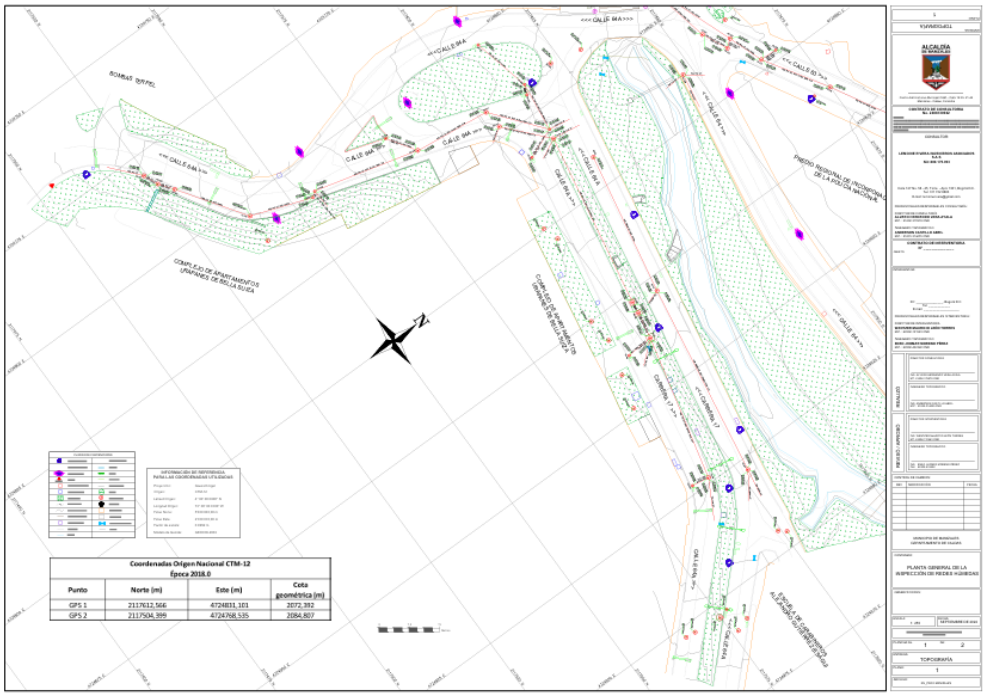
Ilustración 29. Inspección de redes sanitarias



Fuente: Elaboración propia a partir de los cálculos

A continuación, se presenta el plano de redes con la información compilada.

Ilustración 30. Plano de catastro de redes sanitarias



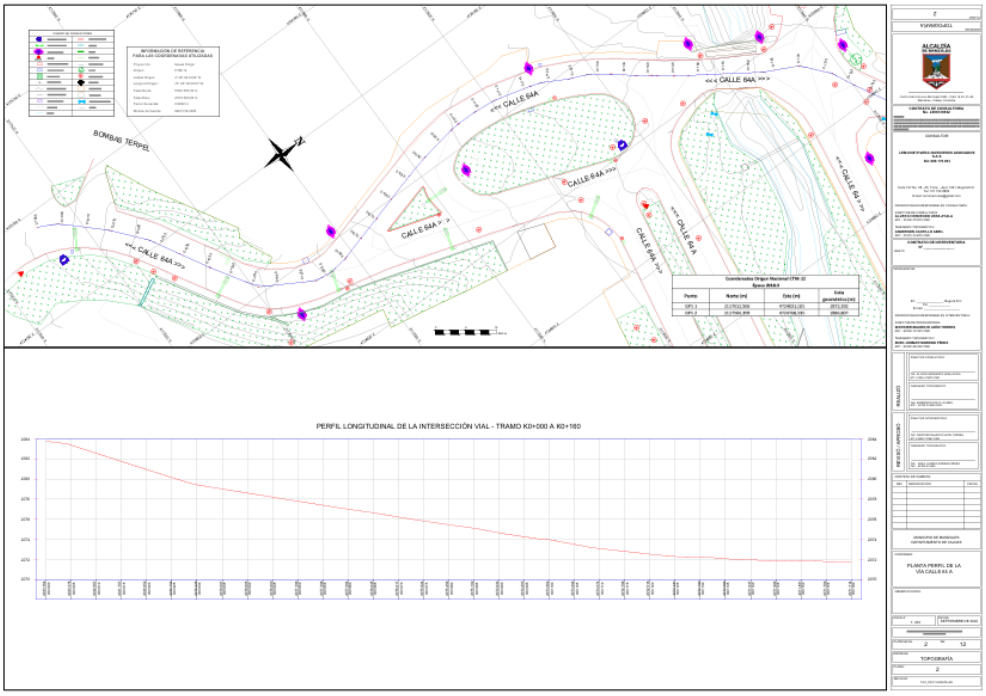
Fuente: Elaboración propia

7.6 SALIDA GRÁFICA

Los planos son la representación gráfica y exhaustiva de todos los elementos que plantea un proyecto. Constituyen la geometría plana de las obras proyectadas, de forma que las defina completamente en sus tres dimensiones. Los planos muestran cotas, dimensiones lineales superficiales y volumétricas de todas construcciones y acciones que comportan los trabajos desarrollados por el área de topografía.

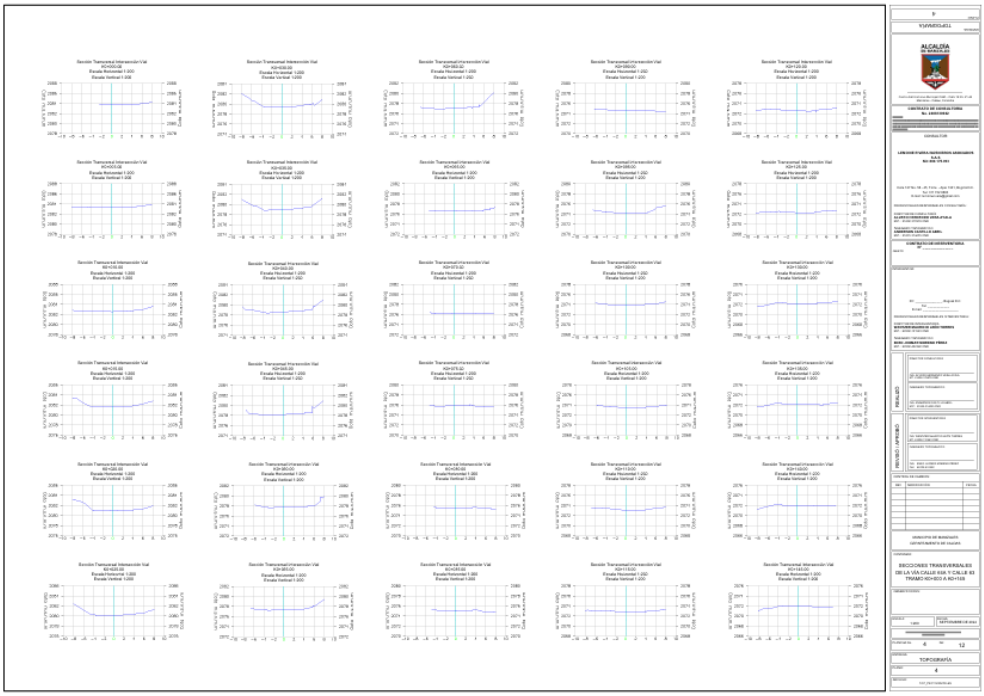
Para el segmento de la intersección vial, se generó un plano de localización general, planos planta-perfil y planos de secciones transversales cada cinco metros. El plano de localización general permite ver la ubicación de la intersección vial, mientras que los planos planta perfil, contienen la presentación de los segmentos viales del área de influencia y las secciones transversales permiten ver los cambios de nivel que posee cada segmento vial. A continuación, se muestra los planos finales correspondientes al estudio topográfico de la intersección vial ubicada en Manizales.
Los planos completos correspondientes al estudio topográfico y a las redes húmedas, se pueden visualizar en el anexo Entrega Proy_Manizales, carpeta 4. Levantamiento Topográfico, 4. Plano.

Ilustración 31. Plano planta perfil de la intersección vial



Fuente: Elaboración propia.

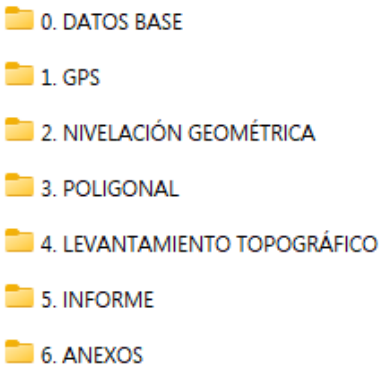
Ilustración 32. Secciones transversales de la intersección vial



Fuente: Elaboración propia.

8 ANEXOS DIGITALES

Como soporte del levantamiento topográfico realizado en el área de influencia de la intersección vial, se presenta la información digital organizada de la siguiente manera:



Cada carpeta contiene la siguiente información:

0-DATOS BASE: Contiene los diferentes archivos que fueron tomados como referencia para la realización de cada componente.

1-GPS: Contiene los datos crudos y procesos generados para el cálculo de las coordenadas base del proyecto.

2-NVELACIÓN: Contiene los datos crudos y calculados de la nivelación geométrica de puntos puntos GPS y pozos sanitarios.

3-POLIGONAL: Contiene los datos crudos y calculados de la poligonal realizada.

4-LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO: Contiene las fotografías de la zona, los datos crudos, los procesos realizados para la generación de la nube de puntos del levantamiento, el plano topográfico en diferentes formatos de presentación.
5-INFORME: Contiene el presente informe en formato digital en diferentes formatos.
6-ANEXOS: Contiene todos los anexos correspondientes al proyecto, como especificaciones técnicas de los equipos, certificados de calibración, entre otros.

ANEXOS AL INFORME TOPOGRÁFICO

I. PLANOS DEL LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO
II. FICHA TÉCNICA DE LOS EQUIPOS
III. CÁLCULOS Y CAMBIO DE ÉPOCA DE REFENCIA PUNTOS GPS
IV. CARTERA DE CAMPO
V. REGISTRO FOTOGRAFICO DE LAS ACTIVIDADES EN CAMPO

REPÚBLICA DE COLOMBIA

ALCALDÍA
DE MANIZALES

CONTRATO No 2408130942 DE 2024

ESTUDIOS Y DISEÑOS DEFINITIVOS (FASE 3) PARA LA CONSTRUCCIÓN DE INFRAESTRUCTURA DE LA INTERSECCIÓN DE LA CALLE 63 CON CALLE 64 SECTOR CARABINEROS DE LA CIUDAD DE MANIZALES

VOLUMEN II - METODOLOGIA ESTUDIO DE TRÁNSITO, CAPACIDAD Y ANÁLISIS DE SERVICIO

MANIZALES, CALDAS

SEPTIEMBRE DE 2024

HOJA DE CONTROL

DETALLES DEL PROYECTO	
Contrato:	Estudios Y Diseños Definitivos (Fase 3) Para La Construcción De Infraestructura De La Intersección **PARA CALLE 63 CON CALLE 64 EN EL SECTOR DE LA ESCUELA DE CARABINEROS DE LA CIUDAD DE MANIZALES.**
Cliente:	Secretaria de Infraestructura – Alcaldía de Manizales
Referencia:	Contrato No. 2408130942 de 2024
Productos:	VOLUMEN I **ESTUDIO DE TRÁNSITO, CAPACIDAD Y NIVELES DE SERVICIO**
Folios	
Anexos:	

ÍNDICE DE MODIFICACIONES		
N.º Envío:	**Fecha:**	**Detalles:**
Versión 1	26/09/2024	Versión inicial

ELABORÓ CONSULTORÍA:	**REVISO CONSULTORÍA**
RAFAEL AGUDELO ORTIZ **66202326012** **ESP. TRANSITO**	**DIRECTOR DE CONSULTORÍA** **ÁLVARO HERNANDO VERA AYALA**
REVISO INTERVENTORÍA:	**Vo. Bo. SUPERVISIÓN:**
NOMBRE **MP.** **CARGO**	

TABLA DE CONTENIDO

I. INTRODUCCIÓN 6

II. OBJETIVOS 6

Objetivos Específicos **6**

III. DESCRIPCION DE LA METODOLOGIA 7

Momento I: Inicio de proyecto y revisión de información secundaria: **7**

POT Manizales: 8

RED VIAL propuesta por el POT: 8

Sección vial POT existente: 9

Uso de suelo: 10

Momento II: Levantamiento De Información Primaria **11**

Aforos HMD 13

matriz origen destino por EL MÉTODO DE LAS PLACAS DE MATRÍCULA 15

Momento III: Caracterización de la situación actual **19**

Momento IV: Calibración y modelos de demanda, Análisis de capacidad, niveles de servicio **20**

Cálculo de ejes equivalentes: 21

Proyección del transito 23

Definiciones capacidad y niveles de servicio: 24

Capacidad de una vía: 24

Concepto nivel de servicio: 24

Momento V: Escenario Futuro, Niveles de servicio y Calculo de Ejes equivalentes. **26**

Comportamientos de conducción: 27

Calibración de los modelos: 29

Planteamiento y evaluación de alternativas 32

Modelos de tránsito: 32

Criterios de selección de alternativas con sus escalas e indicadores 34

Cronograma 35

Marco jurídico y normatividad técnica aplicable para el componente. 35

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Perfiles viales de la red vial. 9

Tabla 2. Categorías vehiculares según INVIAS 14

Tabla 3. Equivalencia para diferentes vialidades. 20

Tabla 4. Factor de daño para vehículos comerciales 22

Tabla 5. Listado de modelo 3d y dimensiones. 28

Tabla 6.Criterios de calibración de modelos. 31

Tabla 7 Matriz de evaluación. 32

Tabla 8. Actividades. 35

Tabla 9. Documentos. 35

LISTA DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1. Red vial Fuente: POT Manizales. 8

Ilustración 2 Área de actividad. Fuente: POT Manizales. 10

Ilustración 3. Asignación de usos Fuente: POT Manizales. 11

Ilustración 4. Estacion maestra. Fuente: Propia 12

Ilustración 5 movimientos aforos vehiculares. Fuente: Propia. 13

Ilustración 6 puntos de control placas. Fuente: Propia. 15

Ilustración 7 Movimientos punto 1. Fuente: Propia. 16

Ilustración 8 Movimientos punto 2. Fuente: propia. 16

Ilustración 9 Movimientos punto 3. Fuente: propia. 17

Ilustración 10 Movimientos punto 4. Fuente: propia. 17

Ilustración 11 Movimientos punto 5. Fuente: propia. 18

Ilustración 12 Transito de diseño de pavimento flexible. Fuente: XXX 23

Ilustración 13. Parametros de comportameinto de conducción (Motorized) Fuente: Movintegral consultores, 2024. 28

Ilustración 14. Niveles de servicio. Fuente: Adoptado del manual de capacidad de carreteras americano -HCM. 33

I. INTRODUCCIÓN

El presente documento contiene metodología del volumen I ESTUDIO DE TRANSPORTE, CAPACIDAD Y NIVELES DE SERVICIO para la intersección Carabineros en el municipio de Manizales.

II. OBJETIVOS

El objetivo general del presente estudio es la obtención de los datos de viajes y tráfico actual para luego ser convertidos al tránsito, para determinar su capacidad y niveles de servicio, y la demanda máxima proyectada para el período establecido como horizonte del proyecto el cual será, los siguientes 20 años, y de esta forma establecer el tipo de la estructura de la estructura de pavimento, los parámetros de diseño geométrico y capacidad de intersecciones en escenarios base y futuros.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Para el cumplimiento de los parámetros establecidos por la entidad contratante es necesario el desarrollo de las siguientes actividades:

- Realizar la compilación, depuración, clasificación y análisis de la información secundaria existente en el municipio, estudios previos para la misma vía; relacionada con TPD y con accidentalidad
- Recolectar información primaria aforos vehiculares, peatonales en la zona de influencia del proyecto los cuales permitan su posterior expansión y asignación en la zona de influencia del proyecto y para cumplir con el objeto del estudio.
- Definir el tipo de proyecto y facilitar la adopción de los parámetros de diseño geométrico.
- Efectuar los estimativos de capacidad y niveles de servicio y examinar su consistencia con la demanda máxima proyectada para el período establecido como horizonte del proyecto el cual es 20 años.
- Evaluar los beneficios en términos de ahorros en tiempos de viaje e insumos de la alternativa seleccionada.
- Obtener el TPD actual y futuro, composición y tasas de crecimiento.

- Determinar el número acumulado de ejes equivalentes a 8.2 toneladas en el carril de diseño.
- Identificar e el Tránsito Atraído, desviado y generado, tanto de carga como de pasajeros.
- Estimar las externalidades para las situaciones con y sin proyecto.

III. DESCRIPCION DE LA METODOLOGIA

Se propone usar una metodología que reconoce las condiciones específicas de la zona para cumplir con los siguientes objetivos:

- Definición del mercado base, para lo cual se deberá contar con datos de tránsito recientes tanto de las vías en estudio como de la competencia.
- Entender los factores clave que pueden afectar el comportamiento del mercado futuro (demanda de tráfico y del comportamiento de los usuarios potenciales).

La metodología propuesta se define por medio de las siguientes fases típicas en el desarrollo de estudios de tráfico para corredores urbanos:

- **Momento I:** Inicio de proyecto y revisión detallada de secundaria
- **Momento II:** Levantamiento de información primaria
- **Momento III:** Caracterización de la situación actual
- **Momento IV**: Calibración y modelos de demanda, Análisis de capacidad, niveles de servicio
- **Momento V:** Escenario Futuro, Niveles de servicio y Calculo de Ejes equivalentes.

MOMENTO I: INICIO DE PROYECTO Y REVISIÓN DE INFORMACIÓN SECUNDARIA:

Se realizará la revisión y análisis de información existente incluyendo registros de tráfico recientes por las diferentes consultorías dentro del área de estudio, esto incluyendo conteos de tránsito, aplicabilidad de encuestas origen destino disponibles, Recopilación de información de accidentalidad en la zona del proyecto, entre otros.

Otros factores importantes por explorar incluyen información reciente del contexto socioeconómico y de movilidad dentro de planes parciales aprobados por el observatorio de

planes parciales del municipio de Manizales, licencias de construcción, y demás actuaciones urbanísticas disponibles en la zona.

Con base en la información disponible, se preparará un resumen de los documentos el cual se perfeccionará en el plan de modelación que guiará las fases posteriores.

Fecha Inicio: miércoles 11 y 12 de septiembre de 2024y 14 de septiembre de 2024

POT Manizales:

La finalidad de este numeral es elaborar un diagnóstico el cual permita identificar y evidenciar las condiciones físicas (infraestructura) y operativas (circulación) actuales entre la red vial y los distintos medios de transporte en el Área de Influencia Directa (AID), esta corresponde a la información obtenida del Plan de ordenamiento territorial del Municipio de Manizales 2017-2031.

RED VIAL propuesta por el POT:

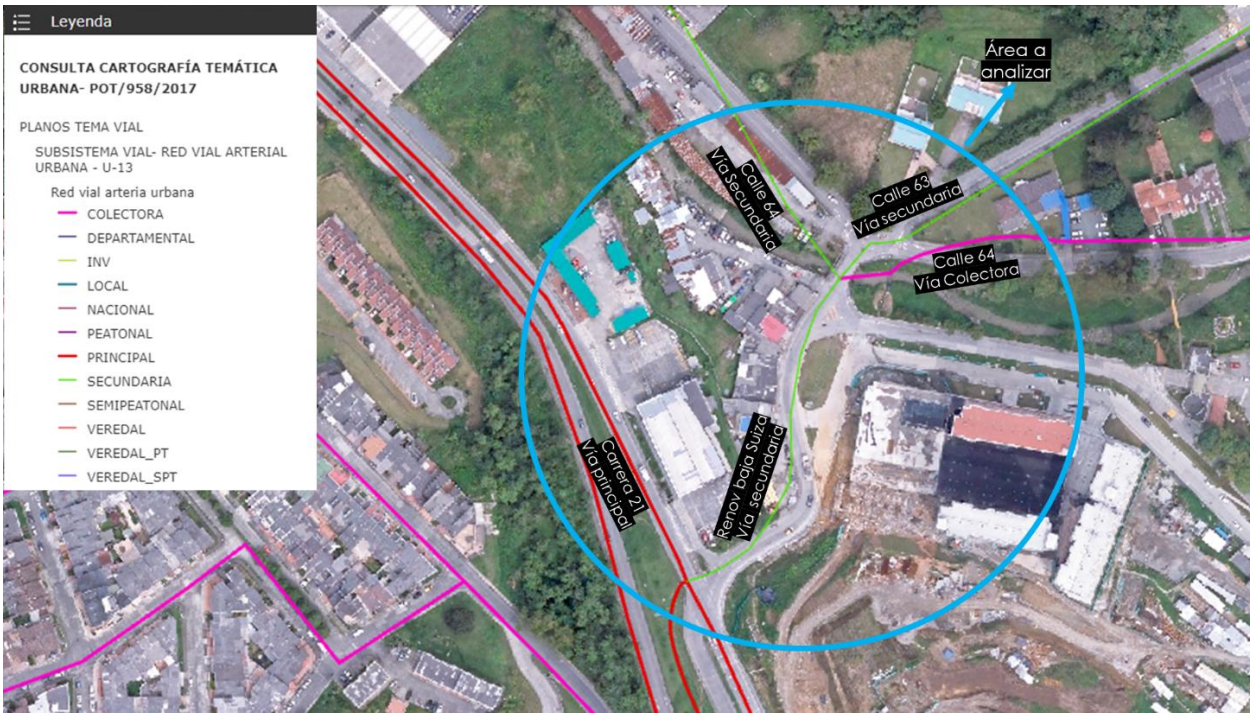


Ilustración 1. Red vial **Fuente:** POT Manizales.

Sección vial POT existente:

El plan de ordenamiento territorial de Manizales tiene estipulado los perfiles viales en el anexo A-6, las vías colectaros como la calle 64 la cual cuenta con un perfil vial mínimo de 17.80 metros, las vías secundarias como la calle 63, la calle 64 y la renovación baja suiza tiene un perfil vial mínimo de 33.20 metros y las vías principales como la carrera 21 tienen un perfil vial mínimo de 16.80 metros como se evidencia en la siguiente tabla.

.

Tabla 1. Perfiles viales de la red vial.

ANEXO A-6 PERFILES VIALES DE LA RED VIAL URBANA PARA NUEVOS DESARROLLOS												
TIPO DE VIA	PERFIL VIAL MÍNIMO (m)	ANTEJARDÍN (m)	FRANJA DE CIRCULACIÓN PEATONAL (m)	FRANJA DE AMOBLAMIENTO (m)	CICLORRUTA (m) (con aislamiento)	CALZADA (m)	SEPARADOR (m)	CALZADA (m)	CICLORRUTA (m) (con aislamiento)	FRANJA DE AMOBLAMIENTO (m)	FRANJA DE CIRCULACIÓN PEATONAL (m)	ANTEJARDÍN (m)
Vía Arteria Principal 1	42.60	6.00	2.50	1.20	1.80	9,6 (3 carriles)	4.00	9,6 (3 carriles)	1.80	1.20	2.50	6.00
Vía Arteria Principal 2	34.20	5.00	2.50	1.20	1.80	6,4 (2 carriles)	4.00	6,4 (2 carriles)	1.80	1.20	2.50	5.00
Vía Arteria Secundaria 1	33.20	5.00	2.00	1.20	1.80	6,4 (2 carriles)	4.00	6,4 (2 carriles)	1.80	1.20	2.00	5.00
Vía Arteria Secundaria 2	24.00	4.00	2.00	1.20	1.80	9,6 (3 carriles)	_	_	1.80	1.20	2.00	4.00
Vía Colectora	17.80	3.00	1.50	1.20	1.80	6,4 (2 carriles)	_	_	1.80	1.20	1.50	3.00
Vía Local	16.80	3.00	1.50	0.70	_	6,4 (2 carriles)	_	_	_	0.70	1.50	3.00
Vía Peatonal	7.00	_	2.00	1.50	_	_	_	_	_	1.50	2.00	_
Vía Semipeatonal	9.40	_	1.50	1.20	_	4.00	_	_	_	1.20	1.50	_
Vía Marginal Paisajística	8.25	_	1.50	0.75	_	4.50	_	_	_	_	1.50	_

Fuente: POT Manizales.

Uso de suelo:

La zona de estudio se encuentra ubicada en los barrios: la rambla, la toscana, baja suiza y viveros identificada por el POT entre las comunas Ecoturismo cerro de oro (6) y comuna palogrande (8). Dicha zona se encuentra clasificada como suelo urbano con asignación de usos u-28 encontrándose actividades como, mixta eje estructurante, residencial y mixta.



Ilustración 2 Área de actividad. **Fuente:** POT Manizales.

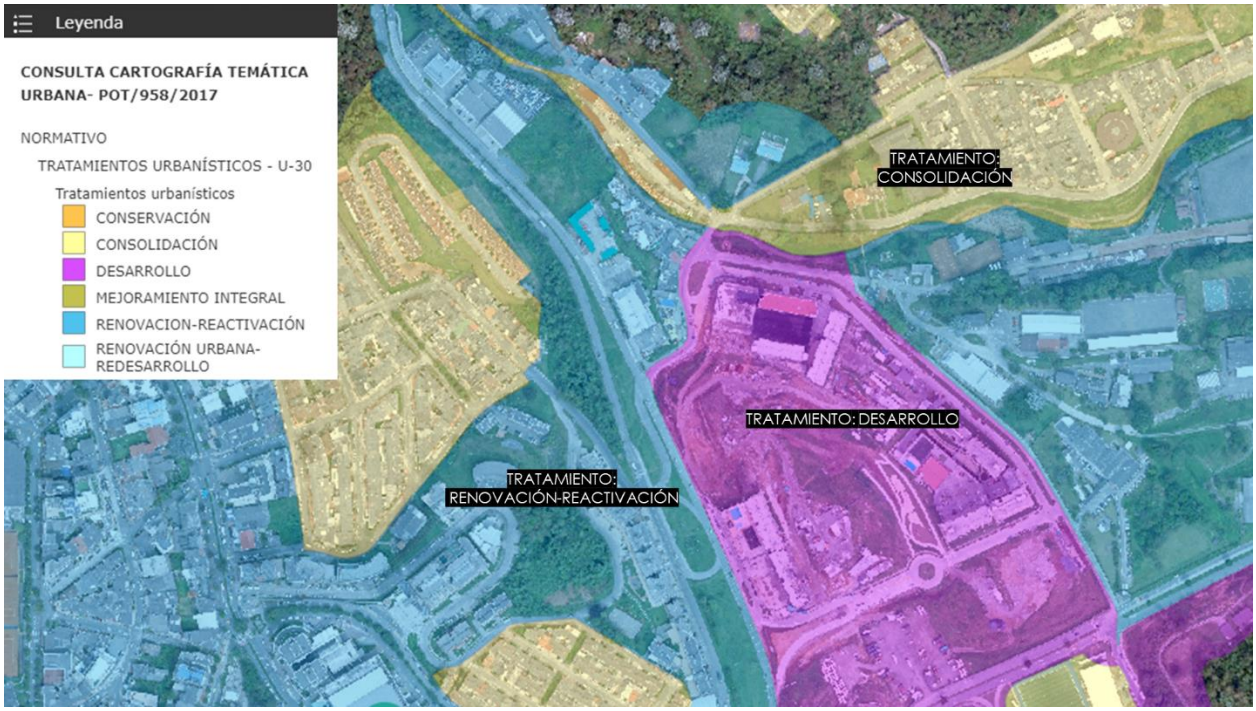


Ilustración 3. Asignación de usos **Fuente:** POT Manizales.

MOMENTO II: LEVANTAMIENTO DE INFORMACIÓN PRIMARIA

En esta fase se realizará una visita de campo para identificar las rutas actuales que compiten o complementan el proyecto futuro y familiarizarse con las condiciones operativas de las vías, los tiempos de viaje y el comportamiento de la demanda local.

Tomando lo identificado en la Fase I se determinará en qué medida puede ser utilizada la información disponible para los esfuerzos de modelación. A partir de este análisis se diseñará un plan detallado de levantamiento de información de tránsito en zonas específicas en las que sea pertinente complementar los datos disponibles, incluyendo la definición específica de cómo, cuándo y dónde se realizarán las campañas.

Se diseñará la toma de información y se estará a cargo de entrenar al personal de campo sobre el contexto e importancia de este, así como de la manera correcta de llevar a cabo los trabajos. Durante el periodo de ejecución de actividades se supervisarán de manera permanente los levantamientos de información para asegurar la calidad de los datos obtenidos.

Una vez recopilados los datos y entregados en formato digital, se hará el análisis y validación de los resultados encontrados.

Con base en la mesa técnica de trabajo del día 20 de agosto de 2024, se propone realizar varios tipos de levantamiento de información de campo entre los cuales están los aforos de los volúmenes vehiculares, peatonales y ciclo usuarios inicialmente en 2 días 24 horas y en DOS días 16 horas continuas en 1 (una) vía principal dentro del área de estudio los días Miércoles 11, Jueves 12 y sábado 14 de septiembre del 2024 mediante tecnología verificable (cámaras), este será denominado como estación maestra sobre las dos calzadas de av. paralela, esta estación caracterizarán el comportamiento vehicular del sector donde se podrá identificar la Hora de máxima demanda, (HMD), y definición del TPD del proyecto. Una vez definida la HMD se procederá a levantar información de estaciones complementarias durante 2 horas continuas en la mañana y en la tarde. Adicional a esto, se realizará aforo vehicular mediante el método de placas en los 6 (seis) puntos indicados en los gráficos, estos lo cual permitirá identificar para el origen y destino de los usuarios dentro de la red de estudio, velocidades de operación, tiempos de desplazamiento entre otros. A continuación, se muestran las intersecciones seleccionadas para la toma de información primaria y su localización.



Ilustración 4. Estacion maestra. **Fuente:** Propia

Una vez analizados los patrones de movilidad de la intersección, se determinará La hora del día que tiene el volumen horario más alto es llamada “hora pico” (HP), u hora de máxima demanda (HMD).

Una vez definida esta franja horaria, se tomará información de las cinco (5) estaciones satélites a los diferentes modos de transporte (peatones, automóviles, modos alternativos) que pasen por esos puntos de control.

Aforos HMD

A continuación, se presentan los movimientos a aforan dentro de las cinco (5) estaciones satélites. Sobre la estación uno (1) se contabilizarán los movimientos resultantes sobre la calle 64 y calle 63. La estación dos (2) se analizarán los movimientos sobre la calle 64ª y calle 63. Sobre la estación tres (3) se contarán los movimientos sobre la calle 63 interceptando la calle 64ª.

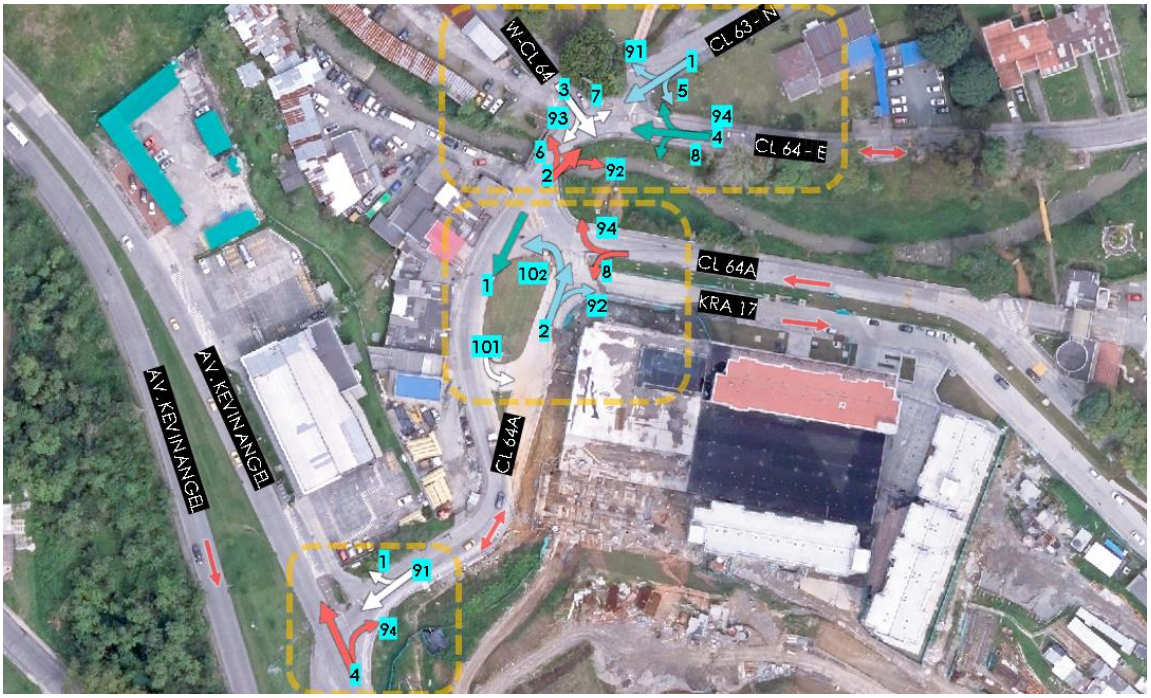
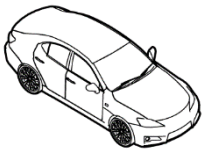
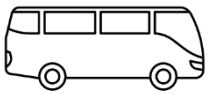
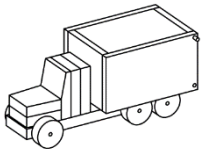


Ilustración 5 movimientos aforos vehiculares. **Fuente**: Propia

La información de campo se registra en formatos digitales, en períodos de 15 minutos, clasificándolos de acuerdo con el sentido y movimiento de circulación y de acuerdo con la tipología establecida por el Ministerio de Transporte, donde clasifica los vehículos pesados según el número de ejes, como se muestra a continuación: Clasificación de Vehículos

- Autos (Vehículos livianos): son aquellos de menos de 5 toneladas de capacidad tales como automóviles, camionetas, camperos, etc.
- Buses: flota de buses, busetas o colectivos intermunicipales o de uso privado.
- Camiones C2P: camiones pequeños de dos ejes C2G: camiones grandes de dos ejes.
- Camiones C3-C4: camiones de tres y cuatro ejes.
- Camiones C5: camiones de cinco ejes.
- Camiones mayores a C5: camiones con más de cinco ejes.
- Motos
- Peatones

Tabla 2. Categorías vehiculares según INVIAS

Autos	Buses pequeños	Buses Grandes	C2P	C2G
				
C3	**C4**	**C5**	**>C5**	**Motos**
				

Fuente: Invias

matriz origen destino por EL MÉTODO DE LAS PLACAS DE MATRÍCULA

Este procedimiento consiste esencialmente en anotar el momento en que los vehículos que recorren un tramo de vía pasan por los seis (6) puntos del tramo, identificándolos por su placa de matrícula. Esta información permite calcular el tiempo de recorrido entre los puntos de la vía, el origen y destino y una velocidad aproximada de recorrido.

Estos puntos serán fundamentales para obtener una visión detallada de los patrones de tráfico, permitiendo conocer con precisión la entrada y salida de los vehículos en las vías seleccionadas. La recolección de datos en estos puntos ayudará a analizar el flujo de tráfico, identificar posibles congestiones y evaluar la eficiencia de la infraestructura vial.



Ilustración 6 puntos de control placas. **Fuente**: Propia.

El primer punto de análisis de placas se instaló en un sitio de conteo durante dos horas, donde se logró registrar dos movimientos en la calle 64A, ubicado en cercanía del Almacén Militar Vendaval. Esto permitió obtener una visión detallada de los patrones de tráfico, lo que facilitó la identificación de la hora de máxima demanda y posibilitó análisis posteriores de capacidad y operación.



Ilustración 7 Movimientos punto 1. **Fuente**: Propia.

En el segundo punto, se registraron dos movimientos sobre la calle 64A la cual conecta con la calle 63. El análisis de placas permitirá obtener una visión detallada de los patrones de tráfico. De esta manera, se pudo determinar la hora de máxima demanda y realizar análisis posteriores de capacidad y operación.



Ilustración 8 Movimientos punto 2. **Fuente:** propia.

En el tercer punto, se registraron dos movimientos sobre la calle 64 la cual conecta con la calle 63. El análisis de placas permitirá obtener una visión detallada de los patrones de tráfico. De esta manera, se pudo determinar la hora de máxima demanda y realizar análisis posteriores de capacidad y operación.

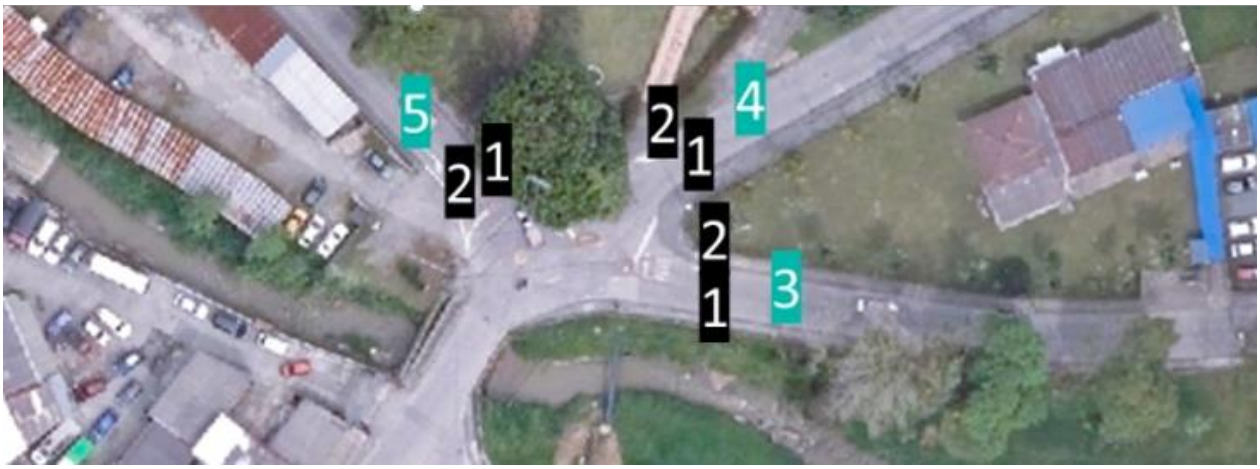


Ilustración 9 Movimientos punto 3. **Fuente:** propia.

En el cuarto punto, se registraron dos movimientos sobre la calle 63 la cual conecta con la calle 64. El análisis de placas permitirá obtener una visión detallada de los patrones de tráfico. De esta manera, se pudo determinar la hora de máxima demanda y realizar análisis posteriores de capacidad y operación.

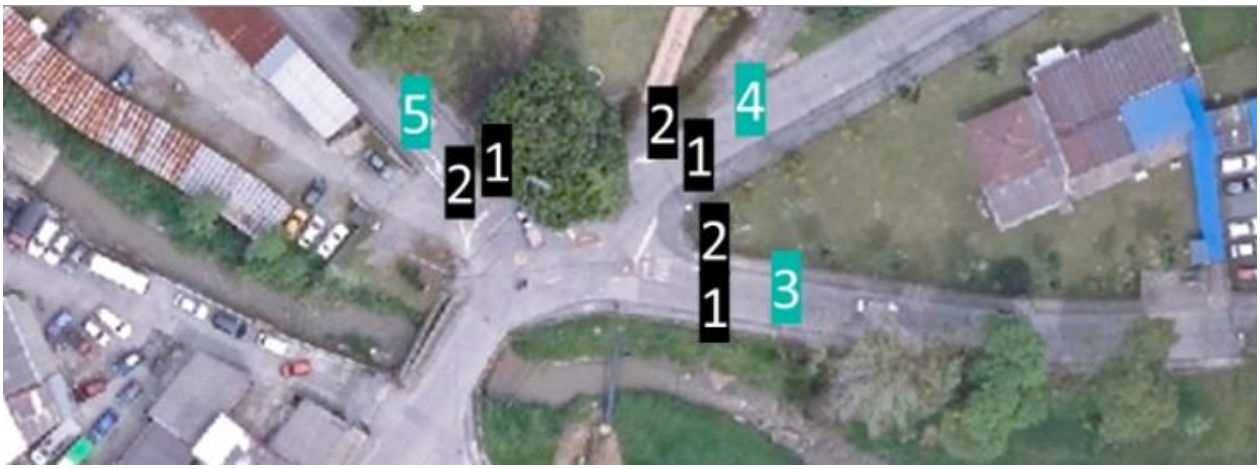


Ilustración 10 Movimientos punto 4. **Fuente:** propia.

En el quinto punto, se registraron dos movimientos sobre la calle 64 la cual conecta con la calle 63. El análisis de placas permitirá obtener una visión detallada de los patrones de tráfico. De esta manera, se pudo determinar la hora de máxima demanda y realizar análisis posteriores de capacidad y operación.

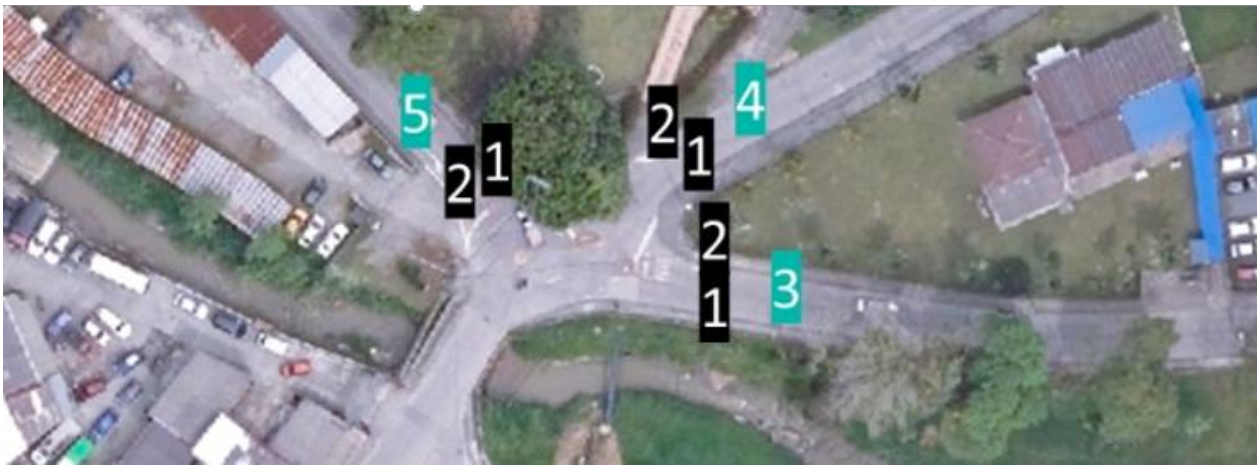


Ilustración 11 Movimientos punto 5. **Fuente:** propia.

MOMENTO III: CARACTERIZACIÓN DE LA SITUACIÓN ACTUAL

En esta fase, el equipo de trabajo analizará los datos disponibles tanto existentes como los recogidos durante el trabajo de campo para crear una “fotografía” del estado del tráfico actual en el área de estudio principalmente en los siguientes aspectos:

- Volúmenes de tráfico diario promedio, clasificados por tipo de vehículo.
- Determinación del Tránsito Promedio Diario

A partir de la distribución de volúmenes vehiculares encontrados en los estudios e información secundaria se determinó el TPD actual, el cual es el insumo para el cálculo del TPD del año base hasta el año meta, de acuerdo con las tasas de proyección estimadas.

Para tener el TPD 24 Horas, al conteo realizado durante 17 ó 16 horas según el caso, se le aplicará un factor de crecimiento parar incluir el tráfico de las horas faltantes. ese factor se obtendrá del día en que se medirá durante las 24 horas.

$$F.E = \frac{TD24}{TD16}$$

FE: Factor de expansión.

- Perfiles de uso durante el día, la semana y el año (en caso de estar disponibles registros históricos).
- Viajes principales en la zona de estudio, identificando origen, destino, motivo del viaje (para vehículos livianos) y tipo de carga (para camiones).
- Para el Análisis de modos alternativos de transporte se realizará un análisis adicional en la hora de máxima demanda determinada por las estaciones maestras, la cual será analizada integralmente.

MOMENTO IV: CALIBRACIÓN Y MODELOS DE DEMANDA, ANÁLISIS DE CAPACIDAD, NIVELES DE SERVICIO

El objetivo de esta fase es desarrollar un modelo de transporte que permita representar los patrones de movilidad actuales de la zona de estudio.

Una vez se obtengan los datos de tránsito, se preparará el escenario de año base, sobre el cual se realizará el proceso de calibración. Esta es una de las tareas más importantes del estudio, pues es donde se asegura que el modelo representa correctamente el comportamiento de los usuarios del sistema bajo las condiciones actuales. Partiendo del escenario base calibrado se modelarán las condiciones de operación futuras.

Posteriormente se calcularán factores de expansión con base en los aforos vehiculares por cada tipo de vehículo y los datos históricos de tráfico, permitiendo eliminar el efecto estacional sobre los datos recopilados en campo y convertir los datos de los periodos punta a tráficos promedio a nivel diario, mensual y anual. Durante este proceso, se definirán los cortes temporales que estarán relacionados con la entrada en operación de los diferentes proyectos de infraestructura dentro del área de influencia del Proyecto. Es importante resaltar que las proyecciones entregadas corresponderán al Tráfico Promedio Diario (TPD).

los mismos deberán cuantificarse en estos conteos, (equivalencias ver tabla siguiente 1).

Tabla 3. Equivalencia para diferentes vialidades.

TIPO DE VEHÍCULO	AUTOMOVILES DIRECTOS EQUIVALENTES (ade)	
	CARRETERAS[1]	GLORIETAS
Bicicletas	0,50	0,50
Motocicletas	1,00	0,75
Automóviles, taxis, vehículos comerciales livianos	1,00	1,00
Buses	3,00	2,80
Vehículos comerciales medianos y pesados, vehículos de tracción animal	3,00	2,80

(1) También aplican para secciones de entrecruzamiento en intersecciones a desnivel

Fuente: Manual de Diseño Geométrico de Carreteras del INVÍAS, 2021.

En puntos generadores identificados en el corredor, se evaluará la conveniencia de realizar aforos peatonales y de bici usuarios.

En la elaboración de modelos de simulación se evalúa el desarrollo de un modelo estocástico que permita relacionar las variables relevantes que inciden en el crecimiento del tráfico en la zona de estudio, generando las proyecciones de tráfico con base en las proyecciones de ocupación y parqueaderos disponibles por los planes parciales estadísticas y patrones de viajes según el plan maestro de movilidad, según planes de desarrollo para los diferentes escenarios, en el corto (5 años), mediano (10 años) y largo plazo que en este caso serían 15 y 20 años según el proceso contractual.

Cálculo de ejes equivalentes:

La cuantificación de la variable tránsito, es de vital importancia para poder realizar el diseño adecuado de la estructura de pavimento y la evaluación del proyecto, ya que, gran parte de los beneficios derivados del mismo son debidos a los ahorros en costos de operación vehicular. Dependiendo del método de diseño, la solicitación del tránsito o el número de repeticiones de carga es expresado en ejes equivalentes de 8.2 Toneladas para el método empírico de la AASHTO versión 1993, o mediante el espectro de cargas para los métodos racionales. Es de resaltar que, para proyectos de pavimentación de vías, el transito total para diseño de una estructura de pavimento está compuesto por el transito normal, el transito atraído y el transito generado, tal como es considerado en el manual de diseño de pavimento con bajos y medios volúmenes de tráfico convenido por el Instituto Nacional de Vías. De la misma forma se hace importante evaluar el Numero de ejes equivalentes en los periodos de 10, 15 y 20 años. Con el fin de conocer el comportamiento del flujo vehicular que circula por el corredor vial del proyecto, se realizaron aforos vehiculares en la intersección donde inicia el proyecto escogido estratégicamente de acuerdo a su ubicación como punto obligado del flujo vehicular

Determinación de número de ejes equivalentes para diseño de pavimento asfáltico.

Con base en el del Manual de diseño de pavimentos asfálticos para vías con medios y altos volúmenes de tránsito del INVIAS se determinan los Los factores de daño para los vehículos comerciales se tomaron a partir del Manual de diseño de pavimentos asfálticos en vías con medios y altos volúmenes de tránsito, en su segunda versión 2018, estos factores se presentan a continuación

Tabla 4. Factor de daño para vehículos comerciales

Vehículos Comerciales	F.D.
Buses	0.41
2P	0.3
2G	3.83
C3	5.02
3s2	7.96
3s3	6.55

Fuente: Manual de Diseño Geométrico de Carreteras del INVÍAS, 2018.

El tránsito para el diseño de pavimentos flexibles se determina mediante la multiplicación del número de vehículos que se esperan transiten en el periodo de diseño por el factor daño de cada vehículo. A partir de los datos del tránsito promedio diario esperado en el año base, se calcula el número de ejes equivalentes de 8.2 Toneladas por tipo de vehículo pesado, utilizando la siguiente expresión:

$$N_{80\ kN\ carril\ de\ diseño(normal),año\ base} = 365_{dias/año} \times \left[\sum_{i=1}^{k}\left(Vehículos\ Comerciales_{\ dia/\ ambas\ direcciones} \times \%V_{ki} \times FD_k\right)\right] \times Fd$$

Dónde:
$\%V_{ki}$ = Porcentaje por tipo de vehículo
FDk= Factor daño por tipo de vehículo
Fd = Factor de Distribución Direccional
Fc = Factor de distribución por carril

Ilustración 12 Transito de diseño de pavimento flexible. **Fuente:** XXX

Proyección del transito

La proyección del tránsito vehicular es de vital importancia para evaluar tanto la capacidad como el nivel de servicio y a su vez, realizar el cálculo de ejes equivalentes en el periodo de diseño en el carril de diseño. con respecto al efecto que causan las cargas producidas por el tránsito en el pavimento, se usa un factor estándar, donde se considera un equivalente de daño ocasionado por una carga de referencia, a través de la cual se presenta la estimación del daño causado por cada vehículo; es importante mencionar que la carga de referencia usada para el diseño y evaluación de pavimentos es un eje simple, con sistema de rueda doble, de 8.2 toneladas.

El objetivo de esta fase es desarrollar un modelo de transporte que permita representar los patrones de movilidad actuales de la zona de estudio.

Una vez se obtengan los datos de tránsito, se preparará el escenario de año base, sobre el cual se realizará el proceso de calibración. Esta es una de las tareas más importantes del estudio, pues es donde se asegura que el modelo representa correctamente el comportamiento de los usuarios del sistema bajo las condiciones actuales. Partiendo del escenario base calibrado se modelarán las condiciones de operación futuras.

Posteriormente se calcularán factores de expansión con base en los aforos vehiculares por cada tipo de vehículo y los datos históricos de tráfico, permitiendo eliminar el efecto estacional sobre los datos recopilados en campo y convertir los datos de los periodos punta a tráficos promedio a nivel diario, mensual y anual. Durante este proceso, se definirán los cortes temporales que estarán relacionados con la entrada en operación de los diferentes proyectos de infraestructura

dentro del área de influencia del Proyecto. Es importante resaltar que las proyecciones entregadas corresponderán al Tráfico Promedio Diario (TPD).

En la elaboración de modelos de simulación se evalúa el desarrollo de un modelo estocástico que permita relacionar las variables relevantes que inciden en el crecimiento del tráfico en la zona de estudio, generando las proyecciones de tráfico con base en las proyecciones de ocupación y parqueaderos disponibles por los planes parciales estadísticas y patrones de viajes según el plan maestro de movilidad, según planes de desarrollo para los diferentes escenarios, en el corto (5 años), mediano (10 años) y largo plazo que en este caso serían 15 y 20 años según el proceso contractual.

Definiciones capacidad y niveles de servicio:

Capacidad de una vía:

Es la máxima intensidad horaria de personas o vehículos, que tienen una probabilidad razonable "de atravesar una sección transversal o tramo uniforme de un carril o calzada, durante un periodo de tiempo, generalmente 1 hora o en periodos de 15 minutos, que es el periodo más corto para el que puede presentarse una circulación estable, bajo condiciones prevalecientes de la plataforma, el tráfico y los sistemas de control. El análisis de capacidad incluye la evaluación cuantitativa de la capacidad de un tramo de la vía para desalojar el flujo de tránsito.

Concepto nivel de servicio:

Es una medida cualitativa, que describe las condiciones operativas de un flujo vehicular y de la percepción que tienen los conductores y/o pasajeros en cuanto a variables tales como la velocidad y el tiempo de recorrido, libertad de maniobra, comodidad y conveniencia o adecuación del flujo, así como de la seguridad. Las condiciones de una vía se evalúan de acuerdo con los niveles de servicio que presta.

De los factores que afectan el nivel de servicio, se distinguen los internos y los externos. Los internos son aquellos que corresponden a variaciones en la velocidad, en el volumen, en la composición del tránsito, en el porcentaje de movimientos de entrecruzamientos o direccionales,

etc. Entre los externos están las características físicas, tales como el ancho de los carriles, la distancia libre lateral, el ancho de acotamientos, las pendientes, entre otros.

Se han definido seis niveles para Colombia que van desde el A al F, así:

• Nivel de servicio A. Representa flujo libre en una vía cuyas especificaciones geométricas son adecuadas. Hay libertad Para conducir con la velocidad deseada y la facilidad de maniobrar dentro de la corriente vehicular es sumamente alta, al no existir prácticamente interferencia con otros vehículos y contar con condiciones de vía que no ofrecen restricción por estar de acuerdo con la topografía de la zona.

• Nivel de servicio B. Comienzan a aparecer restricciones al flujo libre o las especificaciones geométricas reducen algo la velocidad. La libertad para conducir con la velocidad deseada y la facilidad de maniobrar dentro de la corriente vehicular se ven disminuidas, al ocurrir ligeras interferencias con otros vehículos o existir condiciones de vía que ofrecen pocas restricciones. Para mantener esta velocidad es preciso adelantar con alguna frecuencia otros vehículos. El nivel general de libertad y comodidad que tiene el conductor es bueno.

• Nivel de servicio C. Representa condiciones medias cuando el flujo es estable o empiezan a presentarse restricciones de geometría y pendiente. La libertad para conducir con la velocidad deseada dentro de la corriente vehicular se ve afectada al presentarse interferencias tolerables con otros vehículos o existir deficiencias de la vía que son en general aceptables. El nivel general de libertad y comodidad que tiene el conductor es adecuado.

• Nivel de servicio D. El flujo todavía es estable y se presentan restricciones de geometría y pendiente. No existe libertad para conducir con a velocidad deseada dentro de la corriente

vehicular, al ocurrir interferencias frecuentes con otros vehículos, o existir condiciones de vía más defectuosas. El nivel general de libertad y comodidad que tiene el conductor es deficiente.

• Nivel de servicio E. Representa la circulación a capacidad cuando las velocidades son bajas pero el tránsito fluye sin interrupciones. En estas condiciones es prácticamente imposible adelantar, por lo que los niveles de libertad y comodidad son muy bajos. La circulación a capacidad es muy inestable, ya que pequeñas perturbaciones al tránsito causan congestión. Aunque se han tomado estas condiciones para definir el nivel E, este nivel También se puede alcanzar cuando limitaciones de la vía obligan a ir a velocidades similares a la velocidad a capacidad, en condiciones de inseguridad.

• Nivel de servicio F. Representa la circulación congestionada, cuando el volumen de demanda es superior a la capacidad de la vía y se rompe la continuidad del flujo. Cuando eso sucede, las velocidades son inferiores a la velocidad a capacidad y el flujo es muy irregular. Se suelen formar largas colas y las operaciones dentro de éstas se caracterizan por constantes paradas y avances cortos. También condiciones sumamente adversas de la vía pueden hacer que se alcancen velocidades e irregularidades en el movimiento de los vehículos semejantes a las descritas anteriormente.

MOMENTO V: ESCENARIO FUTURO, NIVELES DE SERVICIO Y CALCULO DE EJES EQUIVALENTES.

Siguiendo la metodología del Highway Capacity Manual 2016, se realizará el análisis de capacidad y niveles de servicio para tramos homogéneos de las vías del proyecto. Esto se realiza con el objetivo de determinar las características operacionales en años específicos de operación y definir si la capacidad de las carreteras proyectadas es adecuada o si se deben contemplar ampliaciones en el futuro.

Según Los volúmenes de Peatones y Bicicletas se estudiarán comportamientos típicos en intersecciones, planeación de cruces seguros y evaluación de infraestructura segura para estos, dicho análisis ira paralelo al análisis territorial y urbanístico del proyecto.

Para el análisis de giros y movimientos incluidos en la nueva infraestructura, se tomará y se expandirá la información tomada en campo con la matriz origen destino elaborada mediante el método de placas. Donde se tomará un origen y un destino suponiendo nuevas rutas de trayectoria usando o no las nuevas y alternativas propuestas.

En la elaboración del análisis de intersecciones, se evaluarán bajo la metodología del HCM 6Version incluido en el software de micro modelación Vissim 11.01 el cual permitirá construir modelos estáticos donde a través de nodos se podrán conocer los indicadores de desempeño de la red para poder ser evaluados por niveles de servicio, colas y demás evaluaciones requeridas para la toma de decisiones e implantación de las intersecciones.

Comportamientos de conducción:

En el modelamiento del tráfico es necesario proporcionar parámetros de distribución estocásticos para simular de manera más adecuada la realidad, Vissim contiene herramientas para manejar diferentes tipos de distribuciones y funciones en la modelación de los flujos motorizados, entre ellos se encuentra la función de comportamiento de conducción, la cual se subdivide en cuatro estados y/o modelos: Seguimiento, cambio de carril, comportamiento lateral y comportamiento frente al regulador semafórico.

Los modelos realizados con este software usan una gran variedad de parámetros dentro de la función de comportamiento y sus 4 estados, que afectan directamente la interacción de los vehículo o agentes en la simulación, con el fin de obtener una mayor cercanía a la realidad.

Con el fin de soportar técnicamente los diferentes parámetros de comportamiento usados en el modelo, se tomó como base la información suministrada por el grupo de modelación de la secretaría de movilidad de la ciudad, los cuales fueron el resultado de la investigación en campo y la búsqueda por la parametrización del comportamiento de la ciudad, siendo estos un promedio general de comportamientos. A continuación, se presentan dichos parámetros usados en el modelo:

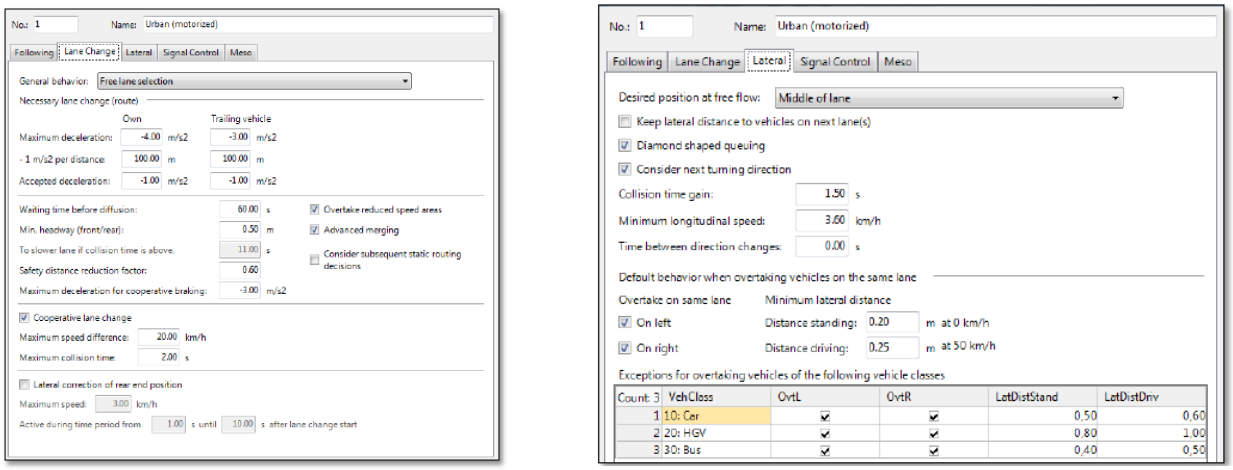
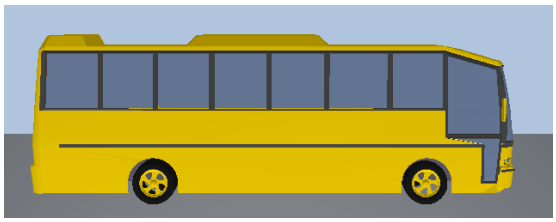
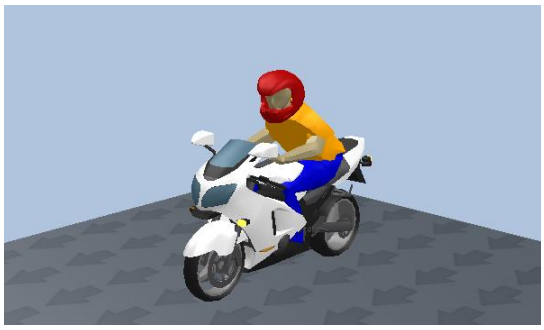


Ilustración 13. Parametros de comportameinto de conducción (Motorized) **Fuente:** Movintegral consultores, 2024.

Las características geométricas de cada una de las tipologías vehiculares analizadas se presentan en la siguiente tabla.

Tabla 5. Listado de modelo 3d y dimensiones.

Nombre	**Modelo**	**Dimensiones Tipo INVIAS**		
		Ancho	**Alto**	**Largo**
Auto		2.00	1.7	4.50

Bus urbano		2.80	3.5	9.00
Camión		2.80	3.5	9.00
C3s2		3.00	4.50	19.00
Moto		0.6	2.00	1.00

Fuente: Propia.

Calibración de los modelos:

Se le conoce como “Cola” al número de vehículos que llegan a una intersección, un estacionamiento, etc. La prestación del servicio para cada llegada toma cierto tiempo y puede ofrecerlo una o más estaciones.

En VISSIM, el proceso de validación implica comparar los resultados de las simulaciones con observaciones para verificar la precisión de la calibración. La validación examina el volumen de

flujo de tráfico y la longitud de la cola. La prueba GEH (Geoffrey E. Havers) es un método estadístico utilizado para evaluar la precisión de los modelos de simulación. Mide la diferencia entre los valores observados y los simulados y la compara con el rango esperado de diferencias.

Tomando como indicador el GEH con sus siglas en ingles Geoffrey E. Havers (GEH), el cuales un parámetro que tiene en cuenta el orden de magnitud de los valores comparados, con una aproximación con un estadístico Para la calibración del modelo, se usó la información recolectada en las intersecciones localizadas al en el área de influencia al Proyecto en la hora de máxima demanda –HMD; valores que se compararon con los obtenidos del software de micro modelación, para los mismos movimientos, aplicando la expresión estadística GEH.

$$GEH = \sqrt{\frac{(E-V)^2}{(E+V)/2}}$$

Donde:

1 ***GEH:*** *Indicador Estadístico*
2 ***E:*** *Volumen estimado del modelo*
3 ***V:*** *Volumen medido en campo*

Se considera que en los casos donde el valor del GEH sea menor de 5 (GEH < 5), en el 85% de los diferentes tipos de vehículos, se establece que el modelo se encuentra calibrado y validado para realizar las evaluaciones correspondientes.

Cuando el error, global y ponderado, entre los valores contrastados es suficientemente bueno, inferior a un 15%-30%, se considera que el modelo está calibrado. Los puntos de control adoptados para la calibración del presente modelo junto con los valores de tráfico de estas estaciones de aforo, así como los resultados de la calibración de la situación actual, se extraerán mediante el análisis de nodos previamente especificados.

Ante lo anterior, se procedió a realizar el comparativo entre los valores aforados y los obtenidos en el modelo.

Tabla 6. Criterios de calibración de modelos.

Criterio y Mediciones (valores modelados versus observados)	Aceptación de Calibración	Comentarios / Fuente
Flujos de Arcos Individuales		
dentro de 100 veh/h para flujos < 700 veh/h	> 85% de casos	
dentro de 15% para 700 < flujos < 2700 veh/h	> 85% de casos	
dentro de 400 veh/h para flujos > 2700 veh/h	> 85% de casos	FHWA (2004)
Suma de todos los flujos por arco	precisión=5%	
Estadístico GEH* < 5 para flujos por arco individual	> 85% de casos	
Estadístico GEH* para suma sobre flujos de arco	< 4	

Fuente: Departamento de Transporte de California (2002)

Como complemento al capítulo de tránsito, se elaborarán los pmt típicos para las obras con visto bueno del instituto de movilidad de Manizales.

El comportamiento de conducción en el modelo de simulación VISSIM representa mejor las condiciones reales de tráfico, donde los adelantamientos y el caos en la carretera son ocurrencias comunes. En un contexto de tráfico heterogéneo, donde diversos vehículos con diferentes velocidades están en la misma carretera, los resultados de la calibración muestran que el modelo de simulación es aceptable y proporciona resultados más precisos. De esta manera, los resultados de la simulación VISSIM se pueden utilizar para planificar y desarrollar un sistema de tráfico más efectivo y eficiente.

Como fundamento de este capítulo se tomará La bibliografía relacionada en los siguiente numeral.

- **ASTM E2872-13:** *Standard Guide for Evaluating the Accuracy of Traffic Simulation Models*
- **VISSIM:** Pfeiffer, R. (2004). *VISSIM: A microsimulation model of traffic flow.* PTV Group
- ASHTO Guidelines for Traffic Simulation PUBLICATION NO. FHWA-HRT-04-040

Planteamiento y evaluación de alternativas

La Elaboración de matriz de evaluación multidimensional se deberá elaborar en conjunto desde todos los componentes incluidos en la consultoría, esto para valorar las propuestas de intersección vial y así seleccionar objetivamente la mejor opción, particularmente desde las componentes de diseño geométrico, tránsito y urbanismo, en situación especial con análisis cualitativo de la afectación predial.

Tabla 7 Matriz de evaluación.

Matriz evaluación de Alternativas

	IMPACTO AMBIENTAL	COMPONENTE SOCIAL	VALOR URBANISITICO	AFECTACIÓN PREDIAL	TRANSITO	DISEÑO GEOMETRICO	PUNTAJE TOTAL
	15%	15%	20%	20%	15%	15%	100%
MÁXIMO PUNTAJE POSIBLE (*)	10	10	10	10	10	10	10
ALTERNATIVA							
ALTERNATIVA ...							
ALTERNATIVA ...							

(*) Entré más alta sea la calificación, los impactos causan menores perjuicios y/o se obtienen mayores beneficios.

Fuente: Propia

Modelos de tránsito:

Para determinar la eficacia de las diferentes alternativas, se harán simulaciones de tránsito el cual es un instrumento indispensable para los planificadores de transporte e ingenieros de tránsito. El software PTV VISSIM es un simulador microscópico de tránsito multipropósito, basado en el comportamiento del conductor, el cual analiza y optimiza los flujos de tránsito. Este ofrece una gran variedad de aplicaciones a nivel urbano y de carreteras, integrando el transporte público y privado. Las condiciones complejas del tránsito son visualizadas en alto nivel de detalle soportándolas mediante modelos de tránsito realistas.

Como resultado del trabajo interdisciplinar entre Tránsito, Urbanismo y Diseño Geométrico, articulando cada uno de los parámetros de diseño geométrico horizontal, vertical y transversal mencionados en el apartado anterior.

Para las evaluaciones de tránsito, se hace uso del módulo “NODOS” con que cuenta el software, para obtener los parámetros de tránsito que permitirán establecer las condiciones de movilidad en las intersecciones requeridas.

En este módulo, se pueden obtener entre otros las siguientes variables:

- Sentido de desplazamiento
- Demora promedio por vehículo
- Número total de vehículos por movimiento
- Tiempo promedio de parada

NIVEL DE SERVICIO	DEMORAS PROMEDIO POR VEHÍCULO (Seg./veh.)
A	0-10
B	>10 – 15
C	>15 – 25
D	>25 – 35
E	>35 – 50
F	>50

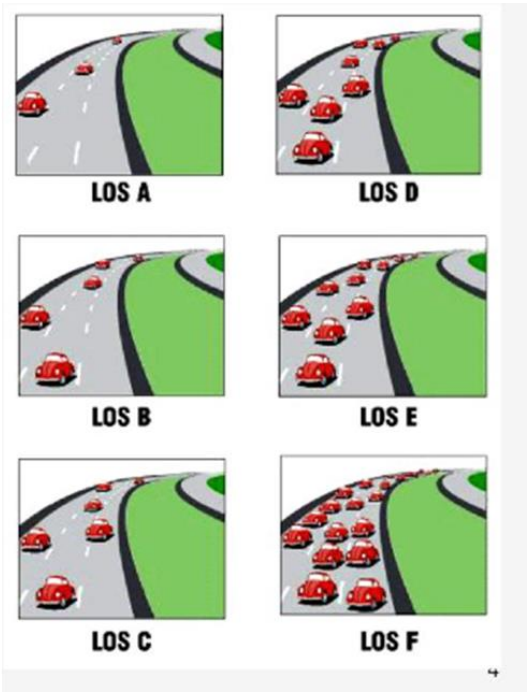


Ilustración 14. Niveles de servicio. **Fuente:** Adoptado del manual de capacidad de carreteras americano -HCM.

Para determinar las demoras promedio en los accesos de las intersecciones se levantó la siguiente información en campo:

- Proporción de vehículos pesados
- Características geométricas de las intersecciones
- Determinación tráficos conflictivos: giros izquierdos de la vía principal y todos los movimientos secundarios
- Ancho de carril
- Número de carriles
- Características operativas
- Volumen hora pico
- Factor de hora pico

Al configurarse la malla vial que circunda el Proyecto, se determinan las vías de acceso al proyecto donde se procede a la alimentación de la información secundaria relacionada con la movilidad levantada en campo como volúmenes vehiculares, velocidades, y demás parámetros de tránsito necesarios para posteriormente realizar las evaluaciones.

Criterios de selección de alternativas con sus escalas e indicadores

- Seleccionar la alternativa que de manera integral presente el mejor desempeño y que pueda cumplir con ser un proyecto viable ahora o en un futuro cercano.
- En el desarrollo del ejercicio de tránsito, de validarán desde los profesionales de seguridad vial, diseño geométrico y tránsito, donde se plantearán tres (3) alternativas de solución para las intersecciones.

Cronograma

Tabla 8. Actividades.

ITEM	ACTIVIDAD	FECHA INICIO	FECHA FINAL	DIAS
1	TOMA DE INFORMACION ESTACION MAESTRA	11/09/2024	16/09/2024	5
2	TOMA DE INFORMACION SATELITE	18/09/2024	21/09/2024	10
3	PROCESAMIENTO DE INFORMACION	24/09/2024	26/09/2024	15
4	DETERMINACION DEL TPD	27/09/2024	28/09/2024	17
5	ELABORACION DE MODELO BASE	1/10/2024	5/10/2024	24
6	ELABORACION ALTERNATIVAS TRANSITO	8/10/2024	13/10/2024	32

Fuente: Propia

Marco jurídico y normatividad técnica aplicable para el componente.

Tabla 9. Documentos.

No.	Documento	Tipo de documento
1	MANUAL DE DISEÑO GEOMÉTRICO PARA CARRETERAS, adoptado mediante Resolución No. 000744 del 4 de marzo de 2009.	Manual Técnico del INVÍAS.
2	MANUAL DE DISEÑO DE PAVIMENTOS ASFÁLTICOS EN VÍAS CON MEDIOS Y ALTOS VOLÚMENES DE TRÁNSITO, adoptado mediante Resolución No.002857 del 6 de julio de 1999.	Manual Técnico del INVÍAS.
3	MANUAL DE DISEÑO DE PAVIMENTOS ASFÁLTICOS EN VÍAS CON BAJOS VOLÚMENES DE TRÁNSITO adoptado mediante Resolución No. 003482 de 2007.	Manual Técnico del INVÍAS
4	MANUAL DE CAPACIDAD Y NIVELES DE SERVICIO PARA VÍAS MULTICARRIL - Primera Versión., INVÍAS, 2020.	Manual Técnico del INVÍAS

5	MANUAL DE CAPACIDAD Y NIVELES DE SERVICIO PARA CARRETERAS DE DOS CARRILES - Primera Versión. INVÍAS, 2020.	Manual Técnico del INVÍAS
6	MANUAL DE SEÑALIZACIÓN VIAL - DISPOSITIVOS UNIFORMES PARA LA REGULACIÓN DEL TRÁNSITO EN CALLES, CARRETERAS Y CICLORRUTAS DE COLOMBIA. Adoptado por Resolución 1885 de 2015.	Manual del Ministerio de Transporte
7	METODOLOGÍAS DE TRABAJO PARA LA SEÑALIZACIÓN DE VELOCIDAD Y ZONAS DE ADELANTAMIENTO EN LA RED NACIONAL DE CARRETERA adoptado mediante Resolución No 001384 de abril 20 de 2010.	Manual del Ministerio de Transporte
8	MANUAL DE DISEÑO DE PAVIMENTOS DE CONCRETO PARA VÍAS CON BAJOS, MEDIOS Y ALTOS VOLÚMENES DE TRÁNSITO, adoptado mediante Resolución 000803 de 2009.	Manual del Ministerio de Transporte
9	GUIA DE CICLOINFRAESTRUCTURA PARA CIUDADES COLOMBIANAS, Ministerio de Transporte, 2016.	Guía del Ministerio de Transporte
10	NTC 6107-1: SEÑALIZACIÓN VERTICAL DE CALLES Y CARRETERAS. DISPOSITIVOS DEFORMABLES PORTÁTILES Y FIJOS PARA SEÑALIZACIÓN VIAL PARTE 1. NTC 6107-2: SEÑALIZACIÓN VERTICAL DE CALLES Y CARRETERAS. DISPOSITIVOS DEFORMABLES PORTÁTILES Y FIJOS PARA SEÑALIZACIÓN VIAL PARTE 2. NTC 6107-3: SEÑALIZACIÓN VERTICAL DE CALLES Y CARRETERAS. DISPOSITIVOS DEFORMABLES PORTÁTILES Y FIJOS PARA SEÑALIZACIÓN VIAL PARTE 3. NTC 6107-3: SEÑALIZACIÓN VERTICAL DE CALLES Y CARRETERAS. DISPOSITIVOS PORTÁTILES Y FIJOS DEFORMABLES PARA SEÑALIZACIÓN VIAL. PARTE 5. HITOS DE VÉRTICE y cumplimiento de los requisitos del producto.	Normas Técnicas Colombianas

Fuente: Propia

REPÚBLICA DE COLOMBIA

ALCALDÍA DE MANIZALES

CONTRATO No 2407260904 DE 2024

ESTUDIOS Y DISEÑOS DEFINITIVOS (FASE 3) PARA LA CONSTRUCCIÓN DE INFRAESTRUCTURA DE LA INTERSECCIÓN DE LA CALLE 63 CON CALLE 64 SECTOR CARABINEROS DE LA CIUDAD DE MANIZALES

VOLUMEN II - PRELIMINAR ESTUDIO DE TRÁNSITO, CAPACIDAD Y ANÁLISIS DE SERVICIO

MANIZALES, CALDAS

SEPTIEMBRE DE 2024

3

HOJA DE CONTROL

DETALLES DEL PROYECTO	
Contrato:	Estudios Y Diseños Definitivos (Fase 3) Para La Construcción De Infraestructura De La Intersección **PARA CALLE 63 CON CALLE 64 EN EL SECTOR DE LA ESCUELA DE CARABINEROS DE LA CIUDAD DE MANIZALES.**
Cliente:	Secretaria de Infraestructura – Alcaldía de Manizales
Referencia:	Contrato No. 2408130942 de 2024
Productos:	VOLUMEN I **ESTUDIO DE TRÁNSITO, CAPACIDAD Y NIVELES DE SERVICIO**
Folios	
Anexos:	

ÍNDICE DE MODIFICACIONES		
N.º Envío:	**Fecha:**	**Detalles:**
Versión 1	26/09/2024	Versión inicial

ELABORÓ CONSULTORÍA:	**REVISO CONSULTORÍA:**
RAFAEL AGUDELO ORTIZ 66202326012 ESP. TRANSITO	**DIRECTOR DE CONSULTORÍA** **ÁLVARO HERNANDO VERA AYALA**
REVISO INTERVENTORÍA:	**Vo. Bo. SUPERVISIÓN:**
NOMBRE **MP.** **CARGO**	

TABLA DE CONTENIDO

I. INTRODUCCIÓN 7

II. OBJETIVOS 7

Objetivos Específicos **7**

III. DESCRIPCION DE LA METODOLOGIA 8

I. ANÁLISIS DE INFORMACIÓN SECUNDARIA 9

RED VIAL propuesta por el POT: 9

Sección vial POT existente: 9

Uso de suelo: 10

II. LEVANTAMIENTO DE INFORMACIÓN PRIMARIA 12

Aforos HMD 14

matriz origen destino por EL MÉTODO DE LAS PLACAS DE MATRÍCULA 16

III. CARACTERIZACIÓN DE LA SITUACIÓN ACTUAL 20

Definición del área de influencia 21

Parámetros del modelo 21

Planes de señales 24

Plano de cargas 24

IV. CALIBRACIÓN Y MODELOS DE DEMANDA, ANÁLISIS DE CAPACIDAD, NIVELES DE SERVICIO 25

Cálculo de ejes equivalentes: 26

Proyección del transito 28

Definiciones capacidad y niveles de servicio: 29

Capacidad de una vía: 29
Concepto nivel de servicio: 29
Comportamientos de conducción: 31
Calibración de los modelos: 34
Resultados agregados modelo situación actual 37
Resultados desagregados por intersección 38
Velocidades obtenidas en el modelo 39
Evaluación intersecciones 40
Calculo y evaluación de placas 42

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Perfiles viales de la red vial. 9
Tabla 2. Categorías vehiculares según INVIAS 15
Tabla 3. Volúmenes vehiculares por acceso y movimiento CARABINEROS (CL 63 X CL 64)... 22
Tabla 4. Volúmenes vehiculares por acceso y movimiento CARABINEROS (KR 17 X CL 64A) 23
Tabla 6. Equivalencia para diferentes vialidades. 25
Tabla 7. Factor de daño para vehículos comerciales 27
Tabla 8. Listado de modelo 3d y dimensiones. 32
Tabla 9. Resultados calibración modelo por volúmenes 35
Tabla 10.Criterios de calibración de modelos. 36
Tabla 11. Resultados agregados situación actual 37
Tabla 12. Resultados desagregados situación actual 38
Tabla 13. Matriz O-D placas 43

LISTA DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1. Red vial Fuente: POT Manizales. 9

Ilustración 2 Área de actividad. Fuente: POT Manizales..... 11

Ilustración 3. Asignación de usos Fuente: POT Manizales. 11

Ilustración 4. Estacion maestra. Fuente: Propia 13

Ilustración 5 movimientos aforos vehiculares. Fuente: Propia 14

Ilustración 6 puntos de control placas. Fuente: Propia. 16

Ilustración 7 Movimientos punto 1. Fuente: Propia. 17

Ilustración 8 Movimientos punto 2. Fuente: propia..... 17

Ilustración 9 Movimientos punto 3. Fuente: propia..... 18

Ilustración 10 Movimientos punto 4. Fuente: propia..... 18

Ilustración 11 Movimientos punto 5. Fuente: propia..... 19

Ilustración 12 Área de influencia modelación. Fuente: propia..... 21

Ilustración 13 Diagrama volumen total por movimiento. Fuente: propia..... 22

Ilustración 14 Diagrama volumen total por movimiento. Fuente: propia..... 23

Ilustración 15 Plano de cargas vehiculares Fuente: propia..... 24

Ilustración 17 Niveles de servicio. Fuente: HCM 2000..... 29

Ilustración 18. Parametros de comportameinto de conducción (Motorized) Fuente: Movintegral consultores, 2024. 32

Ilustración 19Velocidades red modelación Fuente: propia..... 39

Ilustración 20 Vista general resultados Fuente: propia. 40

Ilustración 21 Nivel de servicio intersección de CARABINEROS (CL 63 X CL 64), Fuente: propia. 41

Ilustración 22 Nivel de servicio intersección de la KR 17 X CL 64A, Fuente: propia. 41

Ilustración 25 Análisis de placas, Fuente: propia. 42

I. INTRODUCCIÓN

El presente documento contiene metodología del volumen I ESTUDIO DE TRANSPORTE, CAPACIDAD Y NIVELES DE SERVICIO para la intersección Carabineros en el municipio de Manizales.

II. OBJETIVOS

El objetivo general del presente estudio es la obtención de los datos de viajes y tráfico actual para luego ser convertidos al tránsito, para determinar su capacidad y niveles de servicio, y la demanda máxima proyectada para el período establecido como horizonte del proyecto el cual será, los siguientes 20 años, y de esta forma establecer el tipo de la estructura de la estructura de pavimento, los parámetros de diseño geométrico y capacidad de intersecciones en escenarios base y futuros.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Para el cumplimiento de los parámetros establecidos por la entidad contratante es necesario el desarrollo de las siguientes actividades:

- Realizar la compilación, depuración, clasificación y análisis de la información secundaria existente en el municipio, estudios previos para la misma vía; relacionada con TPD y con accidentalidad
- Recolectar información primaria aforos vehiculares, peatonales en la zona de influencia del proyecto los cuales permitan su posterior expansión y asignación en la zona de influencia del proyecto y para cumplir con el objeto del estudio.
- Definir el tipo de proyecto y facilitar la adopción de los parámetros de diseño geométrico.
- Efectuar los estimativos de capacidad y niveles de servicio y examinar su consistencia con la demanda máxima proyectada para el período establecido como horizonte del proyecto el cual es 20 años.
- Evaluar los beneficios en términos de ahorros en tiempos de viaje e insumos de la alternativa seleccionada.
- Obtener el TPD actual y futuro, composición y tasas de crecimiento.

- Determinar el número acumulado de ejes equivalentes a 8.2 toneladas en el carril de diseño.
- Identificar e el Tránsito Atraído, desviado y generado, tanto de carga como de pasajeros.
- Estimar las externalidades para las situaciones con y sin proyecto.

III. DESCRIPCION DE LA METODOLOGIA

Se propone usar una metodología que reconoce las condiciones específicas de la zona para cumplir con los siguientes objetivos:

- Definición del mercado base, para lo cual se deberá contar con datos de tránsito recientes tanto de las vías en estudio como de la competencia.
- Entender los factores clave que pueden afectar el comportamiento del mercado futuro (demanda de tráfico y del comportamiento de los usuarios potenciales).

La metodología propuesta se define por medio de las siguientes fases típicas en el desarrollo de estudios de tráfico para corredores urbanos:

- **Momento I:** Inicio de proyecto y revisión detallada de secundaria
- **Momento II:** Levantamiento de información primaria
- **Momento III:** Caracterización de la situación actual
- **Momento IV**: Calibración y modelos de demanda, Análisis de capacidad, niveles de servicio
- **Momento V:** Escenario Futuro, Niveles de servicio y Calculo de Ejes equivalentes.

I. ANÁLISIS DE INFORMACIÓN SECUNDARIA

La finalidad de este numeral es elaborar un diagnóstico el cual permita identificar y evidenciar las condiciones físicas (infraestructura) y operativas (circulación) actuales entre la red vial y los distintos medios de transporte en el Área de Influencia Directa (AID), esta corresponde a la información obtenida del Plan de ordenamiento territorial del Municipio de Manizales 2017-2031.

RED VIAL propuesta por el POT:

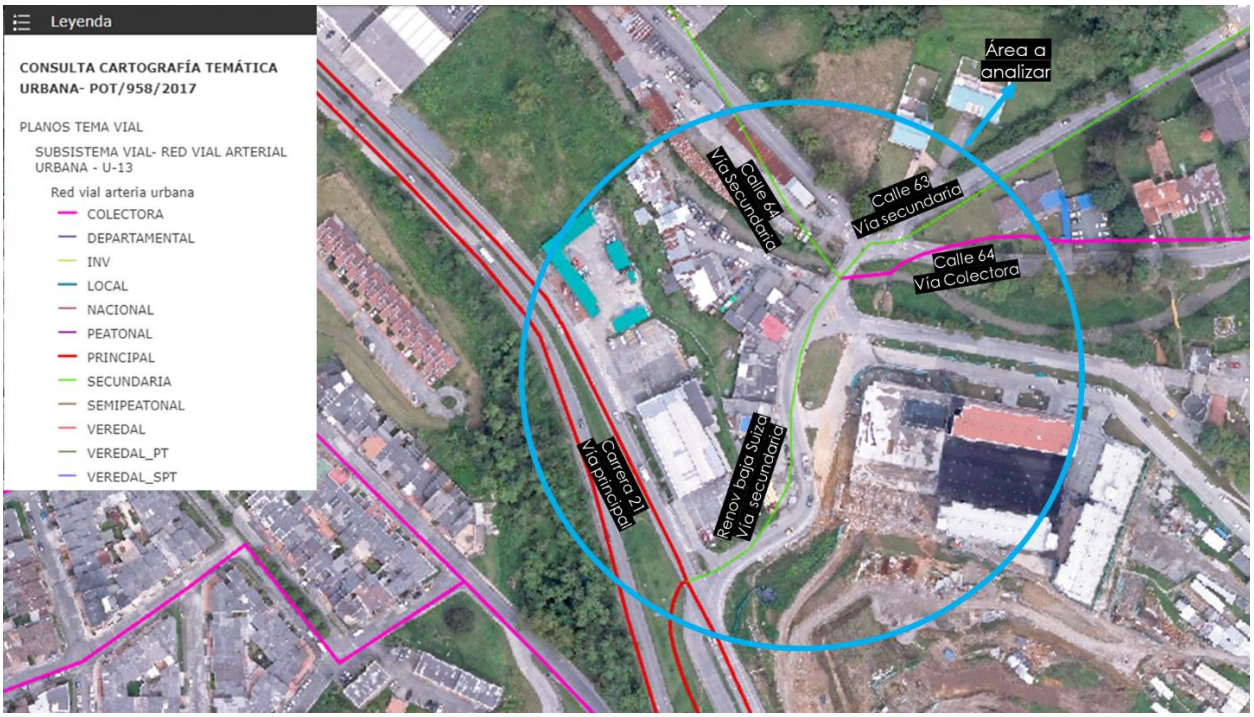


Ilustración 1. Red vial **Fuente:** POT Manizales.

Sección vial POT existente:

El plan de ordenamiento territorial de Manizales tiene estipulado los perfiles viales en el anexo A-6, las vías colectaros como la calle 64 la cual cuenta con un perfil vial mínimo de 17.80 metros, las vías secundarias como la calle 63, la calle 64 y la renovación baja suiza tiene un perfil vial mínimo de 33.20 metros y las vías principales como la carrera 21 tienen un perfil vial mínimo de 16.80 metros como se evidencia en la siguiente tabla.

.

Tabla 1. Perfiles viales de la red vial.

ANEXO A-6

PERFILES VIALES DE LA RED VIAL URBANA PARA NUEVOS DESARROLLOS

TIPO DE VIA	PERFIL VIAL MÍNIMO (m)	ANTEJARDÍN (m)	FRANJA DE CIRCULACIÓN PEATONAL (m)	FRANJA DE AMOBLAMIENTO (m)	CICLORRUTA (m) (con aislamiento)	CALZADA (m)	SEPARADOR (m)	CALZADA (m)	CICLORRUTA (m) (con aislamiento)	FRANJA DE AMOBLAMIENTO (m)	FRANJA DE CIRCULACIÓN PEATONAL (m)	ANTEJARDÍN (m)
Vía Arteria Principal 1	42.60	6.00	2.50	1.20	1.80	9,6 (3 carriles)	4.00	9,6 (3 carriles)	1.80	1.20	2.50	6.00
Vía Arteria Principal 2	34.20	5.00	2.50	1.20	1.80	6,4 (2 carriles)	4.00	6,4 (2 carriles)	1.80	1.20	2.50	5.00
Vía Arteria Secundaria 1	33.20	5.00	2.00	1.20	1.80	6,4 (2 carriles)	4.00	6,4 (2 carriles)	1.80	1.20	2.00	5.00
Vía Arteria Secundaria 2	24.00	4.00	2.00	1.20	1.80	9,6 (3 carriles)	_	_	1.80	1.20	2.00	4.00
Vía Colectora	17.80	3.00	1.50	1.20	1.80	6,4 (2 carriles)	_	_	1.80	1.20	1.50	3.00
Vía Local	16.80	3.00	1.50	0.70	_	6,4 (2 carriles)	_	_	_	0.70	1.50	3.00
Vía Peatonal	7.00	_	2.00	1.50	_	_	_	_	_	1.50	2.00	_
Vía Semipeatonal	9.40	_	1.50	1.20	_	4.00	_	_	_	1.20	1.50	_
Vía Marginal Paisajística	8.25	_	1.50	0.75	_	4.50	_	_	_	_	1.50	_

Fuente: POT Manizales.

Uso de suelo:

La zona de estudio se encuentra ubicada en los barrios: la rambla, la toscana, baja suiza y viveros identificada por el POT entre las comunas Ecoturismo cerro de oro (6) y comuna palogrande (8). Dicha zona se encuentra clasificada como suelo urbano con asignación de usos u-28 encontrándose actividades como, mixta eje estructurante, residencial y mixta.



Ilustración 2 Área de actividad. **Fuente:** POT Manizales.

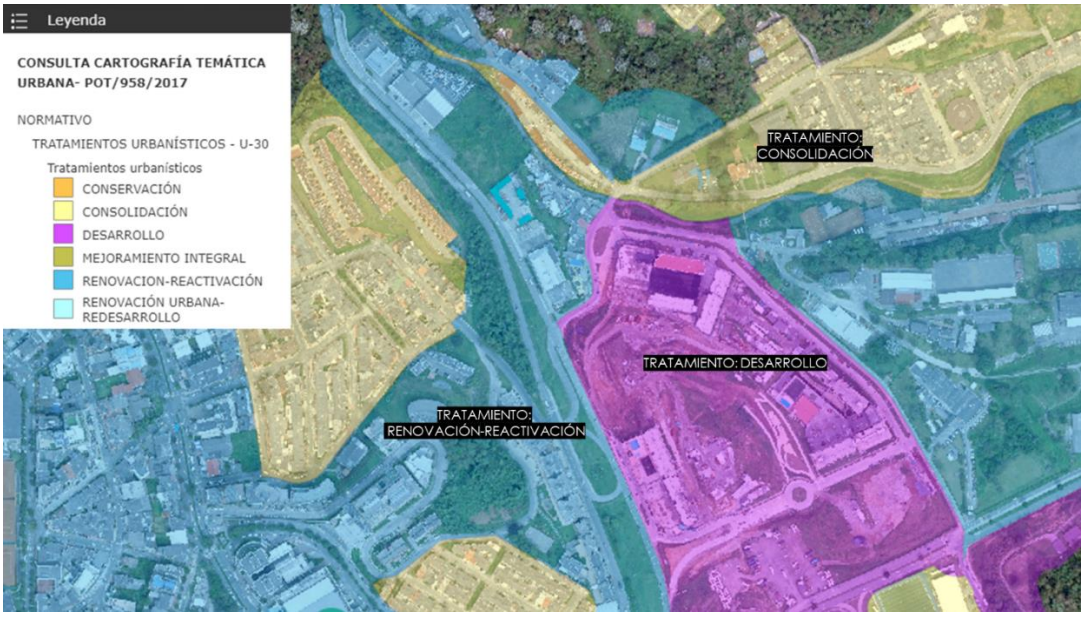


Ilustración 3. Asignación de usos **Fuente:** POT Manizales.

II. LEVANTAMIENTO DE INFORMACIÓN PRIMARIA

En esta fase se realizará una visita de campo para identificar las rutas actuales que compiten o complementan el proyecto futuro y familiarizarse con las condiciones operativas de las vías, los tiempos de viaje y el comportamiento de la demanda local.

Tomando lo identificado en la Fase I se determinará en qué medida puede ser utilizada la información disponible para los esfuerzos de modelación. A partir de este análisis se diseñará un plan detallado de levantamiento de información de tránsito en zonas específicas en las que sea pertinente complementar los datos disponibles, incluyendo la definición específica de cómo, cuándo y dónde se realizarán las campañas.

Se diseñará la toma de información y se estará a cargo de entrenar al personal de campo sobre el contexto e importancia de este, así como de la manera correcta de llevar a cabo los trabajos. Durante el periodo de ejecución de actividades se supervisarán de manera permanente los levantamientos de información para asegurar la calidad de los datos obtenidos.

Una vez recopilados los datos y entregados en formato digital, se hará el análisis y validación de los resultados encontrados.

Con base en la mesa técnica de trabajo del día 20 de agosto de 2024, se propone realizar varios tipos de levantamiento de información de campo entre los cuales están los aforos de los volúmenes vehiculares, peatonales y ciclo usuarios inicialmente en 2 días 24 horas y en DOS días 16 horas continuas en 1 (una) vía principal dentro del área de estudio los **días Miércoles 11, Jueves 12 y sábado 14 de septiembre del 2024** mediante tecnología verificable (cámaras), este será denominado como estación maestra sobre las dos calzadas de av. paralela, esta estación caracterizarán el comportamiento vehicular del sector donde se podrá identificar la Hora de máxima demanda, (HMD), y definición del TPD del proyecto. Una vez definida la HMD se procederá a levantar información de estaciones complementarias durante 2 horas continuas en la mañana y en la tarde. Adicional a esto, se realizará aforo vehicular mediante el método de placas en los 6 (seis) puntos indicados en los gráficos, estos lo cual permitirá identificar para el origen y destino de los usuarios dentro de la red de estudio, velocidades de operación, tiempos

de desplazamiento entre otros. A continuación, se muestran las intersecciones seleccionadas para la toma de información primaria y su localización.



Ilustración 4. Estacion maestra. **Fuente:** Propia

Una vez analizados los patrones de movilidad de la intersección, se determinará La hora del día que tiene el volumen horario más alto es llamada “hora pico” (HP), u hora de máxima demanda (HMD).

Una vez definida esta franja horaria, se tomará información de las cinco (5) estaciones satélites a los diferentes modos de transporte (peatones, automóviles, modos alternativos) que pasen por esos puntos de control.

Aforos HMD

A continuación, se presentan los movimientos a aforan dentro de las cinco (5) estaciones satélites. Sobre la estación uno (1) se contabilizarán los movimientos resultantes sobre la calle 64 y calle 63. La estación dos (2) se analizarán los movimientos sobre la calle 64ª y calle 63. Sobre la estación tres (3) se contarán los movimientos sobre la calle 63 interceptando la calle 64ª.

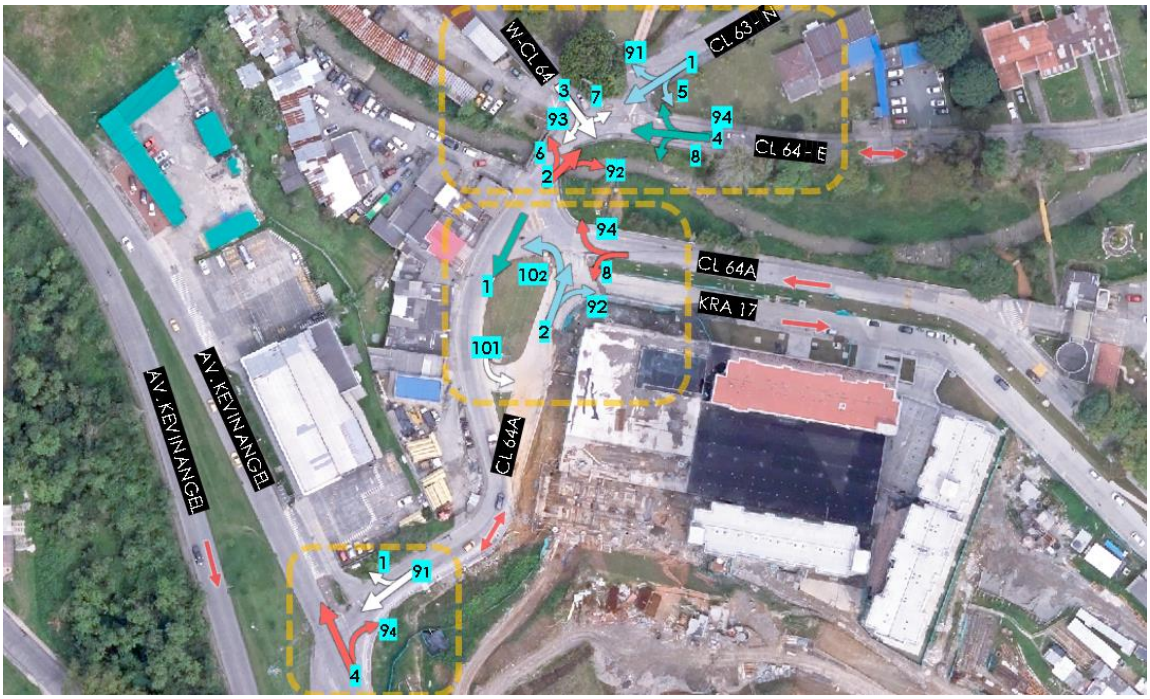


Ilustración 5 movimientos aforos vehiculares. **Fuente**: Propia

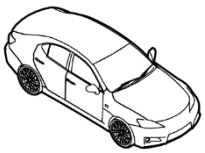
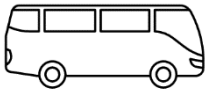
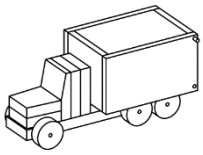
La información de campo se registra en formatos digitales, en períodos de 15 minutos, clasificándolos de acuerdo con el sentido y movimiento de circulación y de acuerdo con la tipología establecida por el Ministerio de Transporte, donde clasifica los vehículos pesados según el número de ejes, como se muestra a continuación: Clasificación de Vehículos

- Autos (Vehículos livianos): son aquellos de menos de 5 toneladas de capacidad tales como automóviles, camionetas, camperos, etc.

- Buses: flota de buses, busetas o colectivos intermunicipales o de uso privado.

- Camiones C2P: camiones pequeños de dos ejes C2G: camiones grandes de dos ejes.
- Camiones C3-C4: camiones de tres y cuatro ejes.
- Camiones C5: camiones de cinco ejes.
- Camiones mayores a C5: camiones con más de cinco ejes.
- Motos
- Peatones

Tabla 2. Categorías vehiculares según INVIAS

Autos	Buses pequeños	Buses Grandes	C2P	C2G
				
C3	**C4**	**C5**	**>C5**	**Motos**
				

Fuente: Invias

matriz origen destino por EL MÉTODO DE PLACAS DE MATRÍCULA

Este procedimiento consiste esencialmente en anotar el momento en que los vehículos que recorren un tramo de vía pasan por los seis (6) puntos del tramo, identificándolos por su placa de matrícula. Esta información permite calcular el tiempo de recorrido entre los puntos de la vía, el origen y destino y una velocidad aproximada de recorrido.

Estos puntos serán fundamentales para obtener una visión detallada de los patrones de tráfico, permitiendo conocer con precisión la entrada y salida de los vehículos en las vías seleccionadas. La recolección de datos en estos puntos ayudará a analizar el flujo de tráfico, identificar posibles congestiones y evaluar la eficiencia de la infraestructura vial.



Ilustración 6 puntos de control placas. **Fuente**: Propia.

El primer punto de análisis de placas se instaló en un sitio de conteo durante dos horas, donde se logró registrar dos movimientos en la calle 64A, ubicado en cercanía del Almacén Militar Vendaval. Esto permitió obtener una visión detallada de los patrones de tráfico, lo que facilitó la identificación de la hora de máxima demanda y posibilitó análisis posteriores de capacidad y operación.



Ilustración 7 Movimientos punto 1. **Fuente**: Propia.

En el segundo punto, se registraron dos movimientos sobre la calle 64A la cual conecta con la calle 63. El análisis de placas permitirá obtener una visión detallada de los patrones de tráfico. De esta manera, se pudo determinar la hora de máxima demanda y realizar análisis posteriores de capacidad y operación.



Ilustración 8 Movimientos punto 2. **Fuente:** propia.

En el tercer punto, se registraron dos movimientos sobre la calle 64 la cual conecta con la calle 63. El análisis de placas permitirá obtener una visión detallada de los patrones de tráfico. De esta manera, se pudo determinar la hora de máxima demanda y realizar análisis posteriores de capacidad y operación.

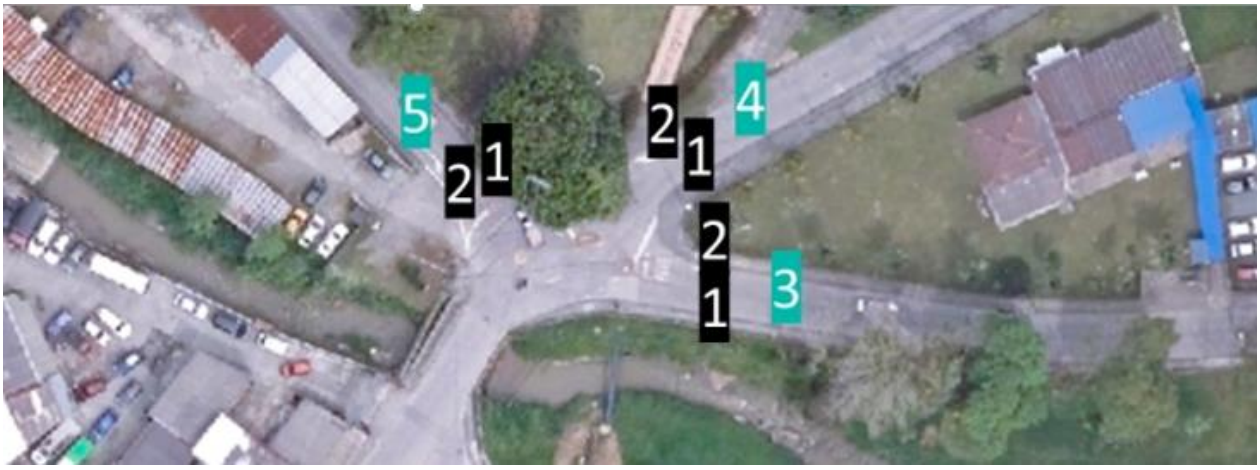


Ilustración 9 Movimientos punto 3. **Fuente:** propia.

En el cuarto punto, se registraron dos movimientos sobre la calle 63 la cual conecta con la calle 64. El análisis de placas permitirá obtener una visión detallada de los patrones de tráfico. De esta manera, se pudo determinar la hora de máxima demanda y realizar análisis posteriores de capacidad y operación.

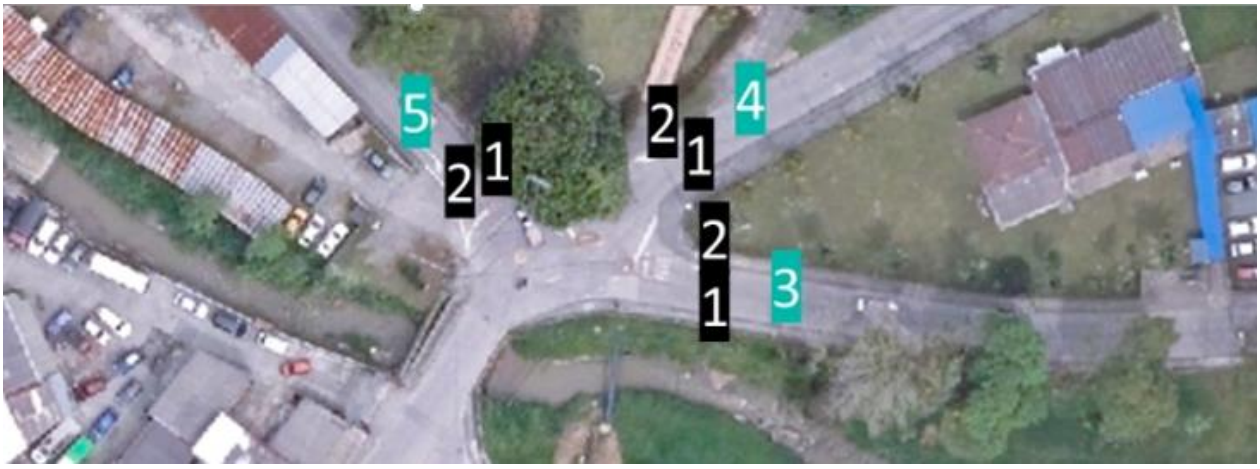


Ilustración 10 Movimientos punto 4. **Fuente:** propia.

En el quinto punto, se registraron dos movimientos sobre la calle 64 la cual conecta con la calle 63. El análisis de placas permitirá obtener una visión detallada de los patrones de tráfico. De esta manera, se pudo determinar la hora de máxima demanda y realizar análisis posteriores de capacidad y operación.

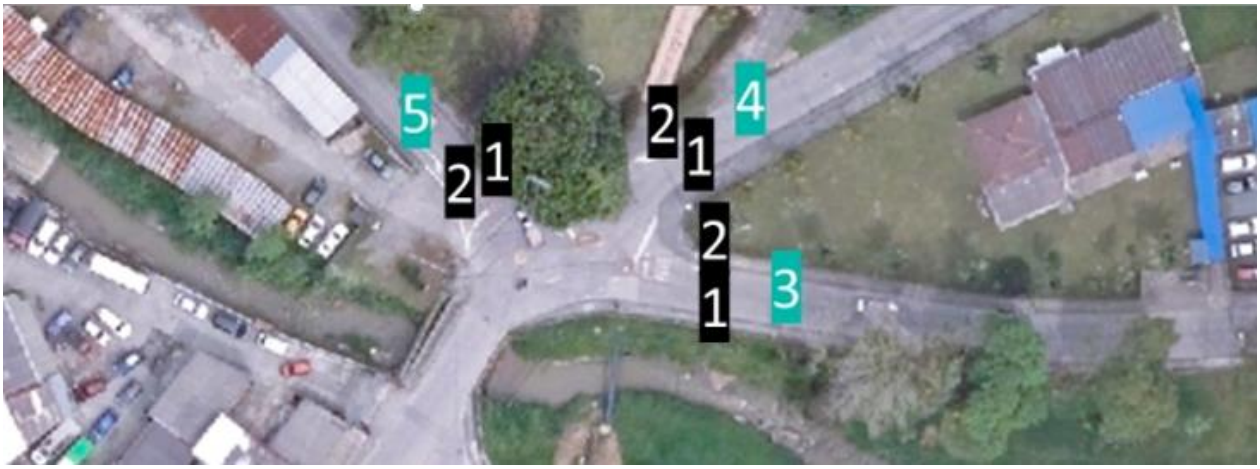


Ilustración 11 Movimientos punto 5. **Fuente:** propia.

III. CARACTERIZACIÓN DE LA SITUACIÓN ACTUAL

En esta fase, el equipo de trabajo analizará los datos disponibles tanto existentes como los recogidos durante el trabajo de campo para crear una “fotografía” del estado del tráfico actual en el área de estudio principalmente en los siguientes aspectos:

- Volúmenes de tráfico diario promedio, clasificados por tipo de vehículo.
- Determinación del Tránsito Promedio Diario

A partir de la distribución de volúmenes vehiculares encontrados en los estudios e información secundaria se determinó el TPD actual, el cual es el insumo para el cálculo del TPD del año base hasta el año meta, de acuerdo con las tasas de proyección estimadas.

Para tener el TPD 24 Horas, al conteo realizado durante 17 ó 16 horas según el caso, se le aplicará un factor de crecimiento parar incluir el tráfico de las horas faltantes. ese factor se obtendrá del día en que se medirá durante las 24 horas.

$$F.E = \frac{TD24}{TD16}$$

FE: Factor de expansión.

- Perfiles de uso durante el día, la semana y el año (en caso de estar disponibles registros históricos).
- Viajes principales en la zona de estudio, identificando origen, destino, motivo del viaje (para vehículos livianos) y tipo de carga (para camiones).
- Para el Análisis de modos alternativos de transporte se realizará un análisis adicional en la hora de máxima demanda determinada por las estaciones maestras, la cual será analizada integralmente.

Definición del área de influencia

La definición del área de influencia está directamente relacionada con la extensión, tipo de intervención a realizar en la malla vial, en la siguiente figura se muestra un esquema con la zona de influencia directa.

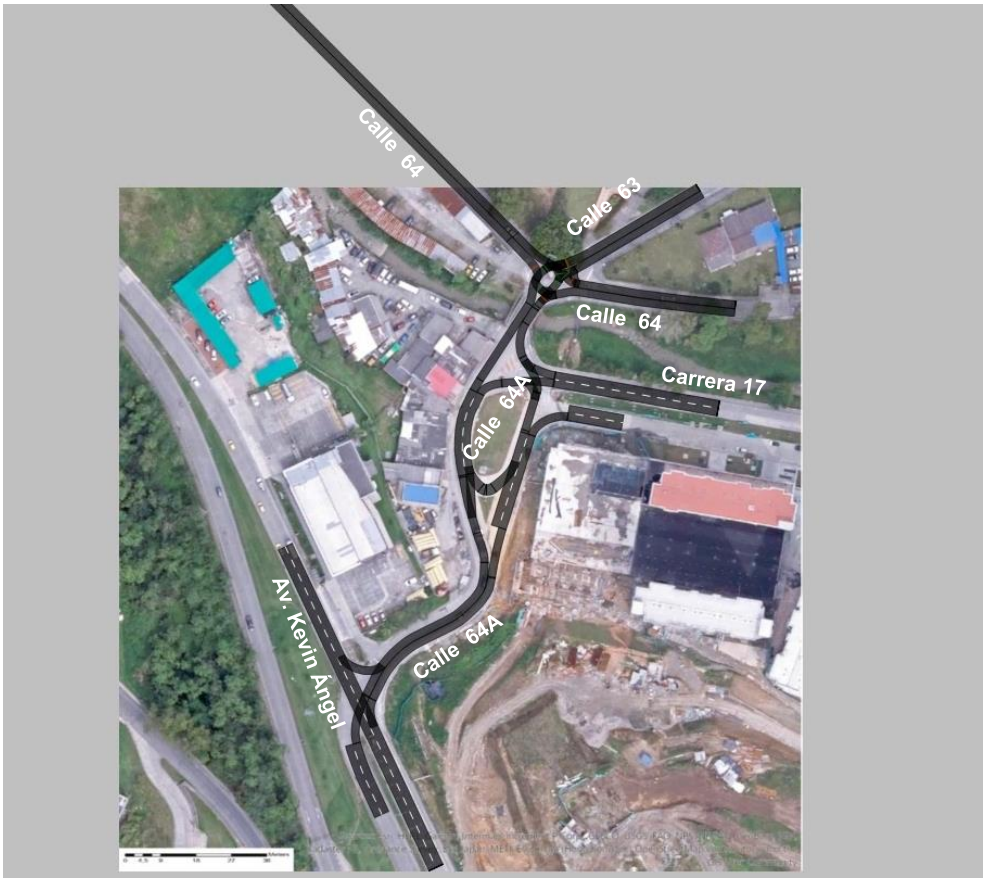


Ilustración 12 Área de influencia modelación. **Fuente:** propia.

Parámetros del modelo

Para la modelación se incluyeron los volúmenes vehiculares obtenidos en campo, y se incluyeron al modelo de acuerdo a su composición y distribución.

En las siguientes tablas se muestran los valores obtenidos en campo para cada una de las intersecciones en la hora de máxima demanda vehicular la cual es desde las 5:30 – 6:30 pm

Tabla 3. Volúmenes vehiculares por acceso y movimiento CARABINEROS (CL 63 X CL 64)

ACCESO	MOV	LIV	BUS	CAM	MOTO	BIC	TOTAL	% MOV	% ACCESO
NORTE	1	109	1	1	91	0	202	11,9%	22,4%
	9(1)	73	0	1	98	5	177	10,4%	
	5	1	1	0	0	0	2	0,1%	
SUR	2	179	2	1	90	0	272	16,0%	28,6%
	9(2)	54	0	1	16	1	72	4,2%	
	6	88	0	1	50	2	141	8,3%	
OCCIDENTE	3	89	0	0	116	3	208	12,2%	41,4%
	9(3)	124	1	4	45	1	175	10,3%	
	7	148	3	0	169	0	320	18,8%	
ORIENTE	4	35	0	1	4	3	43	2,5%	7,6%
	9(4)	1	1	0	4	0	6	0,4%	
	8	39	0	0	40	1	80	4,7%	
	TOTAL	940	9	10	723	16	1.698	100,0%	
	%	55,4%	0,5%	0,6%	42,6%	0,9%	100,0%		

Fuente: Propia

De la tabla anterior se evidencia, que para la intersección se presentan la mayoría de los movimientos, siendo los movimientos 1, 2, 3 y 7 con más volumen vehicular, el volumen vehicular en la HMD para intersección de CARABINEROS (CL 63 X CL 64) es de 1698 vehículos mixtos, con bajo volumen de vehículos pesados(camiones), en la siguiente figura se evidencia de forma gráfica el volumen total y porcentaje correspondiente para cada uno de los movimientos. Por ejemplo, para el movimiento 1, se presenta un total de 202 vehículos mixtos lo cual corresponde a un 11.9%.

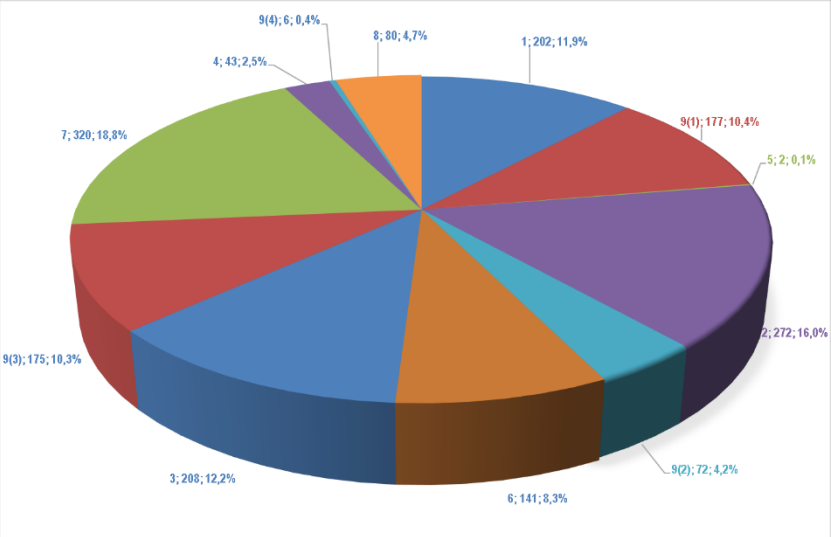


Ilustración 13 Diagrama volumen total por movimiento. **Fuente:** propia.

Tabla 4. Volúmenes vehiculares por acceso y movimiento CARABINEROS (KR 17 X CL 64A)

ACCESO	MOV	LIV	BUS	CAM	MOTO	BIC	TOTAL	% MOV	% ACCESO
NORTE	1	252	6	3	224	3	488	35,0%	35,0%
	10(1)	0	0	0	0	0	0	0,0%	
	5	0	0	0	0	0	0	0,0%	
SUR	2	132	3	1	39	0	175	12,6%	37,2%
	9(2)	225	2	0	106	2	335	24,0%	
	10(2)	7	0	0	1	0	8	0,6%	
OCCIDENTE	3	0	0	0	0	0	0	0,0%	0,0%
	9(3)	0	0	0	0	0	0	0,0%	
	7	0	0	0	0	0	0	0,0%	
ORIENTE	4	0	0	0	0	0	0	0,0%	27,8%
	9(4)	173	0	0	52	2	227	16,3%	
	8	102	0	0	59	0	161	11,5%	
	TOTAL	891	11	4	481	7	1.394	100,0%	
	%	63,9%	0,8%	0,3%	34,5%	0,5%	100,0%		

Fuente: Propia

De la tabla anterior se evidencia que, los movimientos 1 y 9(2) son los más altos, para el movimiento 1 se evidencia un total de 488 vehículos mixtos y para el movimiento 9(2) un total de 535 vehículos mixtos, el volumen vehicular en la HMD para intersección de la KR 17 X CL 64ª es de 1394 vehículos mixtos, con bajo volumen de vehículos pesados(camiones), en la siguiente figura se evidencia de forma gráfica el volumen total y porcentajes correspondiente para cada uno de los movimientos. Por ejemplo, para el movimiento 1, se presenta un total de 488 vehículos mixtos lo cual corresponde a un 35.0%.

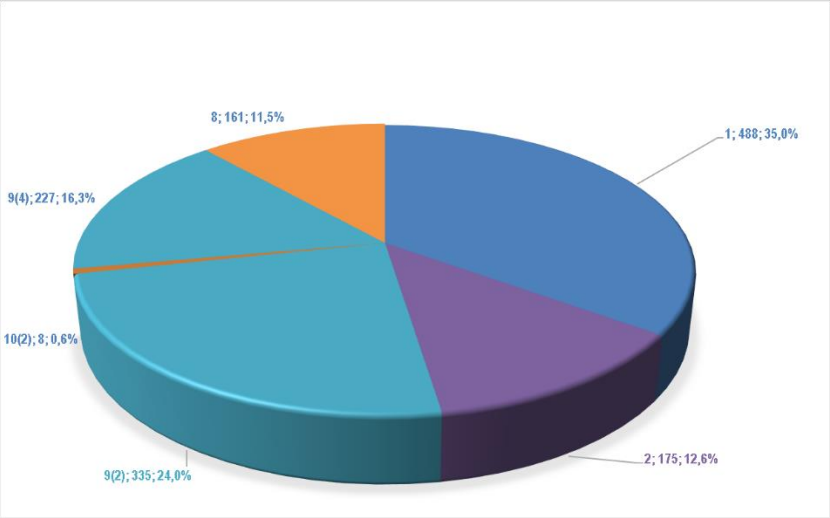


Ilustración 14 Diagrama volumen total por movimiento. **Fuente:** propia.

Planes de señales

Para el modelo se ingresaron los siguientes tiempos o planeamientos semafóricos

Plano de cargas

En la siguiente figura, se evidencian las cargas o volúmenes vehiculares ingresados al modelo, se presentan los volúmenes totales en cada una de las intersecciones

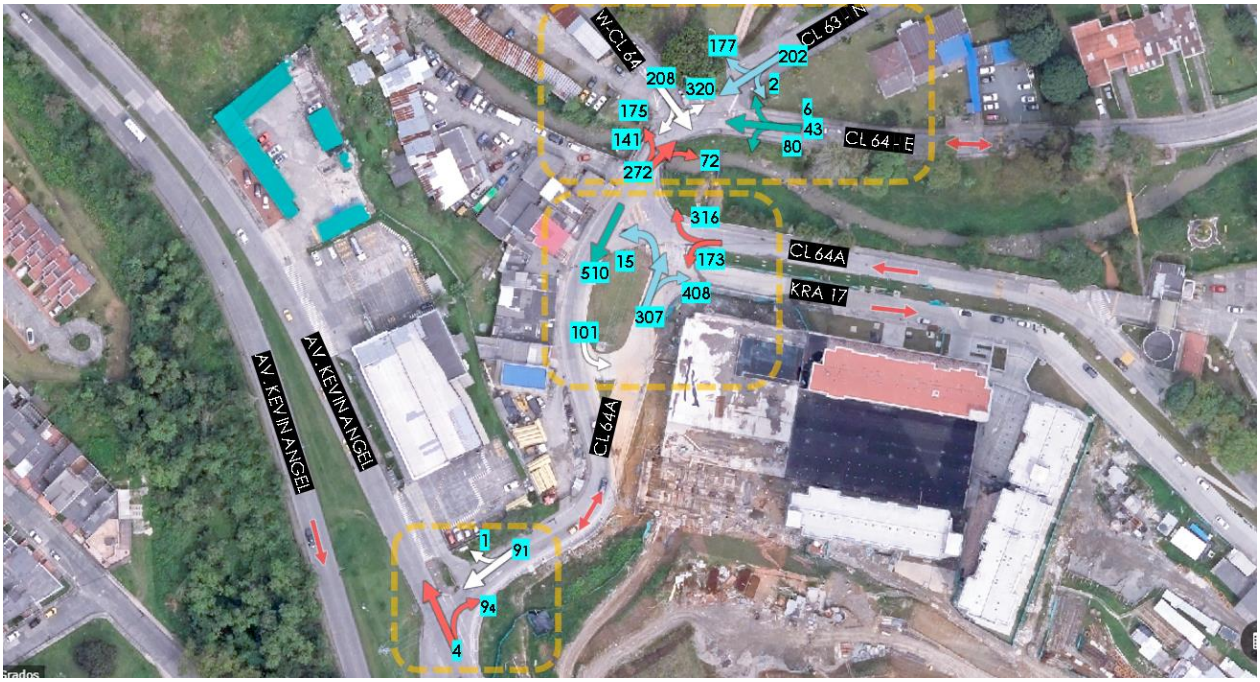


Ilustración 15 Plano de cargas vehiculares Fuente: propia.

Los volúmenes vehiculares discriminados por tipo de vehículo, se evidencian en el numeral "**Parámetros del modelo"**

IV. CALIBRACIÓN Y MODELOS DE DEMANDA, ANÁLISIS DE CAPACIDAD, NIVELES DE SERVICIO

El objetivo de esta fase es desarrollar un modelo de transporte que permita representar los patrones de movilidad actuales de la zona de estudio.

Una vez se obtengan los datos de tránsito, se preparará el escenario de año base, sobre el cual se realizará el proceso de calibración. Esta es una de las tareas más importantes del estudio, pues es donde se asegura que el modelo representa correctamente el comportamiento de los usuarios del sistema bajo las condiciones actuales. Partiendo del escenario base calibrado se modelarán las condiciones de operación futuras.

Posteriormente se calcularán factores de expansión con base en los aforos vehiculares por cada tipo de vehículo y los datos históricos de tráfico, permitiendo eliminar el efecto estacional sobre los datos recopilados en campo y convertir los datos de los periodos punta a tráficos promedio a nivel diario, mensual y anual. Durante este proceso, se definirán los cortes temporales que estarán relacionados con la entrada en operación de los diferentes proyectos de infraestructura dentro del área de influencia del Proyecto. Es importante resaltar que las proyecciones entregadas corresponderán al Tráfico Promedio Diario (TPD).

los mismos deberán cuantificarse en estos conteos, (equivalencias ver tabla siguiente 1).

Tabla 5. Equivalencia para diferentes vialidades.

TIPO DE VEHÍCULO	AUTOMOVILES DIRECTOS EQUIVALENTES (ade)	
	CARRETERAS[1]	GLORIETAS
Bicicletas	0,50	0,50
Motocicletas	1,00	0,75
Automóviles, taxis, vehículos comerciales livianos	1,00	1,00
Buses	3,00	2,80
Vehículos comerciales medianos y pesados, vehículos de tracción animal	3,00	2,80

(1) También aplican para secciones de entrecruzamiento en intersecciones a desnivel

Fuente: Manual de Diseño Geométrico de Carreteras del INVÍAS, 2021.

En puntos generadores identificados en el corredor, se evaluará la conveniencia de realizar aforos peatonales y de bici usuarios.

En la elaboración de modelos de simulación se evalúa el desarrollo de un modelo estocástico que permita relacionar las variables relevantes que inciden en el crecimiento del tráfico en la zona de estudio, generando las proyecciones de tráfico con base en las proyecciones de ocupación y parqueaderos disponibles por los planes parciales estadísticas y patrones de viajes según el plan maestro de movilidad, según planes de desarrollo para los diferentes escenarios, en el corto (5 años), mediano (10 años) y largo plazo que en este caso serían 15 y 20 años según el proceso contractual.

Cálculo de ejes equivalentes:

La cuantificación de la variable tránsito, es de vital importancia para poder realizar el diseño adecuado de la estructura de pavimento y la evaluación del proyecto, ya que, gran parte de los beneficios derivados del mismo son debidos a los ahorros en costos de operación vehicular. Dependiendo del método de diseño, la solicitación del tránsito o el número de repeticiones de carga es expresado en ejes equivalentes de 8.2 Toneladas para el método empírico de la AASHTO versión 1993, o mediante el espectro de cargas para los métodos racionales. Es de resaltar que, para proyectos de pavimentación de vías, el transito total para diseño de una estructura de pavimento está compuesto por el transito normal, el transito atraído y el transito generado, tal como es considerado en el manual de diseño de pavimento con bajos y medios volúmenes de tráfico convenido por el Instituto Nacional de Vías. De la misma forma se hace importante evaluar el Numero de ejes equivalentes en los periodos de 10, 15 y 20 años. Con el fin de conocer el comportamiento del flujo vehicular que circula por el corredor vial del proyecto, se realizaron aforos vehiculares en la intersección donde inicia el proyecto escogido estratégicamente de acuerdo a su ubicación como punto obligado del flujo vehicular

Determinación de número de ejes equivalentes para diseño de pavimento asfáltico.

Con base en el del Manual de diseño de pavimentos asfálticos para vías con medios y altos volúmenes de tránsito del INVIAS se determinan los Los factores de daño para los vehículos comerciales se tomaron a partir del Manual de diseño de pavimentos asfálticos en vías con

medios y altos volúmenes de tránsito, en su segunda versión 2018, estos factores se presentan a continuación

Tabla 6. Factor de daño para vehículos comerciales

Vehículos Comerciales	F.D.
Buses	0.41
2P	0.3
2G	3.83
C3	5.02
3s2	7.96
3s3	6.55

Fuente: Manual de Diseño Geométrico de Carreteras del INVÍAS, 2018.

El tránsito para el diseño de pavimentos flexibles se determina mediante la multiplicación del número de vehículos que se esperan transiten en el periodo de diseño por el factor daño de cada vehículo. A partir de los datos del tránsito promedio diario esperado en el año base, se calcula el número de ejes equivalentes de 8.2 Toneladas por tipo de vehículo pesado, utilizando la siguiente expresión:

$$N_{80\ kN\ carril\ de\ diseño(normal),año\ base} = 365_{días/año} \times \left[\sum_{i=1}^{k} \left(Vehículos\ Comerciales_{día/ambas\ direcciones} \times \%V_{ki} \times FD_k\right)\right] \times Fd$$

Dónde:
$\%V_{ki}$ = Porcentaje por tipo de vehículo
FDk= Factor daño por tipo de vehículo
Fd = Factor de Distribución Direccional
Fc = Factor de distribución por carril

Ecuación 1 número de ejes equivalentes de 8.2 Toneladas por tipo de vehículo pesado

Fuente: INVIAS 2021

Proyección del transito

La proyección del tránsito vehicular es de vital importancia para evaluar tanto la capacidad como el nivel de servicio y a su vez, realizar el cálculo de ejes equivalentes en el periodo de diseño en el carril de diseño. con respecto al efecto que causan las cargas producidas por el tránsito en el pavimento, se usa un factor estándar, donde se considera un equivalente de daño ocasionado por una carga de referencia, a través de la cual se presenta la estimación del daño causado por cada vehículo; es importante mencionar que la carga de referencia usada para el diseño y evaluación de pavimentos es un eje simple, con sistema de rueda doble, de 8.2 toneladas.

El objetivo de esta fase es desarrollar un modelo de transporte que permita representar los patrones de movilidad actuales de la zona de estudio.

Una vez se obtengan los datos de tránsito, se preparará el escenario de año base, sobre el cual se realizará el proceso de calibración. Esta es una de las tareas más importantes del estudio, pues es donde se asegura que el modelo representa correctamente el comportamiento de los usuarios del sistema bajo las condiciones actuales. Partiendo del escenario base calibrado se modelarán las condiciones de operación futuras.

Posteriormente se calcularán factores de expansión con base en los aforos vehiculares por cada tipo de vehículo y los datos históricos de tráfico, permitiendo eliminar el efecto estacional sobre los datos recopilados en campo y convertir los datos de los periodos punta a tráficos promedio a nivel diario, mensual y anual. Durante este proceso, se definirán los cortes temporales que estarán relacionados con la entrada en operación de los diferentes proyectos de infraestructura dentro del área de influencia del Proyecto. Es importante resaltar que las proyecciones entregadas corresponderán al Tráfico Promedio Diario (TPD).

En la elaboración de modelos de simulación se evalúa el desarrollo de un modelo estocástico que permita relacionar las variables relevantes que inciden en el crecimiento del tráfico en la zona de estudio, generando las proyecciones de tráfico con base en las proyecciones de ocupación y parqueaderos disponibles por los planes parciales estadísticas y patrones de viajes según el plan maestro de movilidad, según planes de desarrollo para los diferentes escenarios, en el corto (5 años), mediano (10 años) y largo plazo que en este caso serían 15 y 20 años según el proceso contractual.

Definiciones capacidad y niveles de servicio:

Capacidad de una vía:

Es la máxima intensidad horaria de personas o vehículos, que tienen una probabilidad razonable "de atravesar una sección transversal o tramo uniforme de un carril o calzada, durante un periodo de tiempo, generalmente 1 hora o en periodos de 15 minutos, que es el periodo más corto para el que puede presentarse una circulación estable, bajo condiciones prevalecientes de la plataforma, el tráfico y los sistemas de control. El análisis de capacidad incluye la evaluación cuantitativa de la capacidad de un tramo de la vía para desalojar el flujo de tránsito.

Concepto nivel de servicio:

Es una medida cualitativa, que describe las condiciones operativas de un flujo vehicular y de la percepción que tienen los conductores y/o pasajeros en cuanto a variables tales como la velocidad y el tiempo de recorrido, libertad de maniobra, comodidad y conveniencia o adecuación del flujo, así como de la seguridad. Las condiciones de una vía se evalúan de acuerdo con los niveles de servicio que presta.

De los factores que afectan el nivel de servicio, se distinguen los internos y los externos. Los internos son aquellos que corresponden a variaciones en la velocidad, en el volumen, en la composición del tránsito, en el porcentaje de movimientos de entrecruzamientos o direccionales, etc. Entre los externos están las características físicas, tales como el ancho de los carriles, la distancia libre lateral, el ancho de acotamientos, las pendientes, entre otros.

Se han definido seis niveles para Colombia que van desde el A al F, así:

Nivel de Servicio	Demora por Control (Segundos/Vehiculos)
A	≤ 10
B	> 10 - 20
C	> 20 - 35
D	> 35 - 55
E	> 55 - 80
F	> 80

Ilustración 16 Niveles de servicio. **Fuente:** HCM 2000

• Nivel de servicio A. Representa flujo libre en una vía cuyas especificaciones geométricas son adecuadas. Hay libertad Para conducir con la velocidad deseada y la facilidad de maniobrar dentro de la corriente vehicular es sumamente alta, al no existir prácticamente interferencia con otros vehículos y contar con condiciones de vía que no ofrecen restricción por estar de acuerdo con la topografía de la zona.

• Nivel de servicio B. Comienzan a aparecer restricciones al flujo libre o las especificaciones geométricas reducen algo la velocidad. La libertad para conducir con la velocidad deseada y la facilidad de maniobrar dentro de la corriente vehicular se ven disminuidas, al ocurrir ligeras interferencias con otros vehículos o existir condiciones de vía que ofrecen pocas restricciones. Para mantener esta velocidad es preciso adelantar con alguna frecuencia otros vehículos. El nivel general de libertad y comodidad que tiene el conductor es bueno.

• Nivel de servicio C. Representa condiciones medias cuando el flujo es estable o empiezan a presentarse restricciones de geometría y pendiente. La libertad para conducir con la velocidad deseada dentro de la corriente vehicular se ve afectada al presentarse interferencias tolerables con otros vehículos o existir deficiencias de la vía que son en general aceptables. El nivel general de libertad y comodidad que tiene el conductor es adecuado.

• Nivel de servicio D. El flujo todavía es estable y se presentan restricciones de geometría y pendiente. No existe libertad para conducir con a velocidad deseada dentro de la corriente vehicular, al ocurrir interferencias frecuentes con otros vehículos, o existir condiciones de vía más defectuosas. El nivel general de libertad y comodidad que tiene el conductor es deficiente.

• Nivel de servicio E. Representa la circulación a capacidad cuando las velocidades son bajas pero el tránsito fluye sin interrupciones. En estas condiciones es prácticamente imposible adelantar, por lo que los niveles de libertad y comodidad son muy bajos. La circulación a capacidad es muy inestable, ya que pequeñas perturbaciones al tránsito causan congestión. Aunque se han tomado estas condiciones para definir el nivel E, este nivel También se puede alcanzar cuando limitaciones de la vía obligan a ir a velocidades similares a la velocidad a capacidad, en condiciones de inseguridad.

• Nivel de servicio F. Representa la circulación congestionada, cuando el volumen de demanda es superior a la capacidad de la vía y se rompe la continuidad del flujo. Cuando eso sucede, las velocidades son inferiores a la velocidad a capacidad y el flujo es muy irregular. Se suelen formar largas colas y las operaciones dentro de éstas se caracterizan por constantes paradas y avances cortos. También condiciones sumamente adversas de la vía pueden hacer que se alcancen velocidades e irregularidades en el movimiento de los vehículos semejantes a las descritas anteriormente.

Comportamientos de conducción:

En el modelamiento del tráfico es necesario proporcionar parámetros de distribución estocásticos para simular de manera más adecuada la realidad, Vissim contiene herramientas para manejar diferentes tipos de distribuciones y funciones en la modelación de los flujos motorizados, entre ellos se encuentra la función de comportamiento de conducción, la cual se subdivide en cuatro estados y/o modelos: Seguimiento, cambio de carril, comportamiento lateral y comportamiento frente al regulador semafórico.

Los modelos realizados con este software usan una gran variedad de parámetros dentro de la función de comportamiento y sus 4 estados, que afectan directamente la interacción de los vehículo o agentes en la simulación, con el fin de obtener una mayor cercanía a la realidad.

Con el fin de soportar técnicamente los diferentes parámetros de comportamiento usados en el modelo, se tomó como base la información suministrada por el grupo de modelación de la secretaría de movilidad de la ciudad, los cuales fueron el resultado de la investigación en campo y la búsqueda por la parametrización del comportamiento de la ciudad, siendo estos un promedio general de comportamientos. A continuación, se presentan dichos parámetros usados en el modelo:

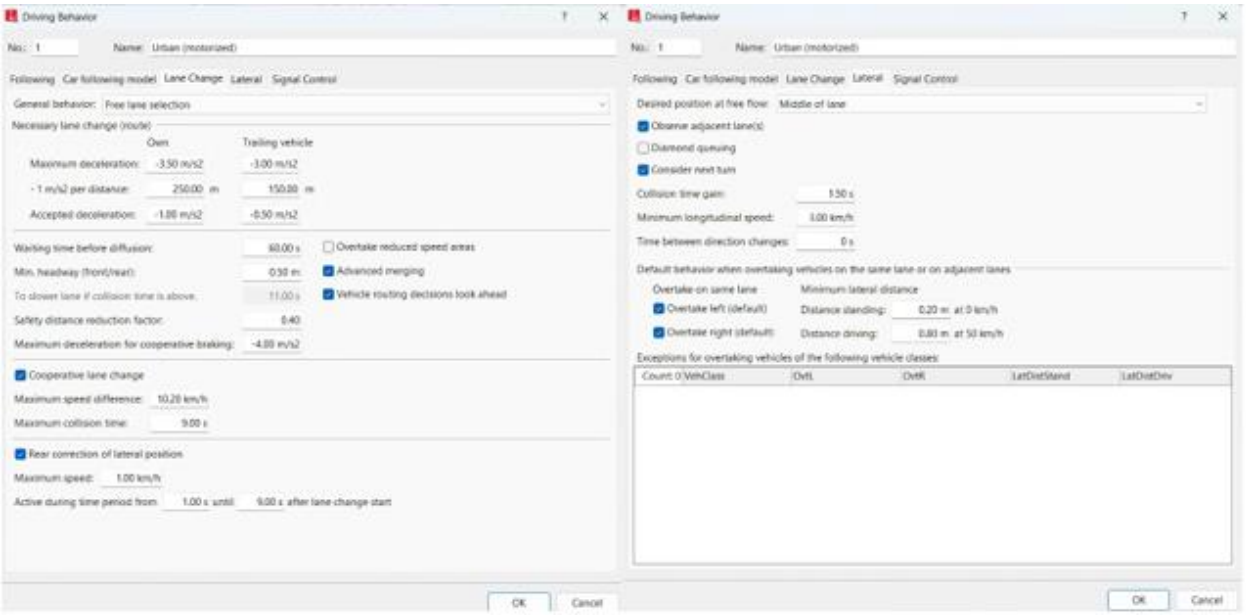
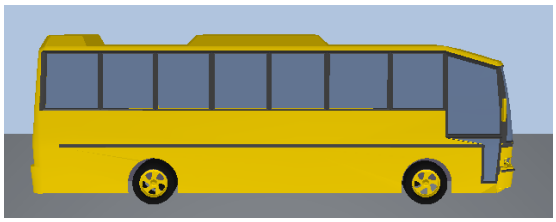
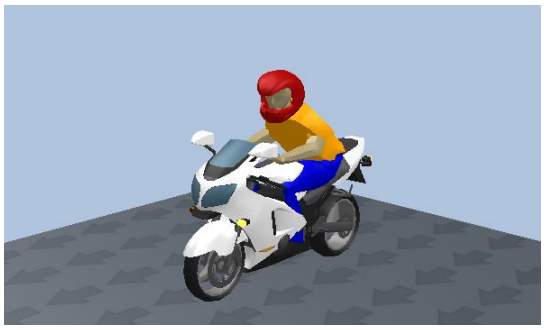


Ilustración 17. Parametros de comportameinto de conducción (Motorized) **Fuente:** Movintegral consultores, 2024.

Las características geométricas de cada una de las tipologías vehiculares analizadas se presentan en la siguiente tabla.

Tabla 7. Listado de modelo 3d y dimensiones.

Nombre	**Modelo**	**Dimensiones Tipo INVIAS**		
		Ancho	**Alto**	**Largo**
Auto		2.00	1.7	4.50

Bus urbano		2.80	3.5	9.00
Camión		2.80	3.5	9.00
C3s2		3.00	4.50	19.00
Moto		0.6	2.00	1.00

Fuente: Propia.

Calibración de los modelos:

Se le conoce como "Cola" al número de vehículos que llegan a una intersección, un estacionamiento, etc. La prestación del servicio para cada llegada toma cierto tiempo y puede ofrecerlo una o más estaciones.

En VISSIM, el proceso de validación implica comparar los resultados de las simulaciones con observaciones para verificar la precisión de la calibración. La validación examina el volumen de flujo de tráfico y la longitud de la cola. La prueba GEH (Geoffrey E. Havers) es un método estadístico utilizado para evaluar la precisión de los modelos de simulación. Mide la diferencia entre los valores observados y los simulados y la compara con el rango esperado de diferencias.

Tomando como indicador el GEH con sus siglas en ingles Geoffrey E. Havers (GEH), el cuales un parámetro que tiene en cuenta el orden de magnitud de los valores comparados, con una aproximación con un estadístico Para la calibración del modelo, se usó la información recolectada en las intersecciones localizadas al en el área de influencia al Proyecto en la hora de máxima demanda –HMD; valores que se compararon con los obtenidos del software de micro modelación, para los mismos movimientos, aplicando la expresión estadística GEH.

$$GEH = \sqrt{\frac{(E-V)^2}{(E+V)/2}}$$

Donde:

1 ***GEH:*** *Indicador Estadístico*
2 ***E:*** *Volumen estimado del modelo*
3 ***V:*** *Volumen medido en campo*

Tabla 8. Resultados calibración modelo por volúmenes

No.	INTERSECCIÓN	PUNTO-ARCO	VOLUMEN OBSERVADO	VOLUMEN MODELADO	CALIBRACIÓN GEH		CALIBRACIÓN FLUJOS		
					GEH	ACEPTACIÓN	INT. 1	INT. 2	INT. 3
1	1. CARABINEROS	1	202	180	1.6	1	1	-	-
2		9(1)	172	157	1.2	1	1	-	-
3		5	2	6	2.0	1	1	-	-
4		2	272	213	3.8	1	1	-	-
5		9(2)	71	68	0.4	1	1	-	-
6		6	139	120	1.7	1	1	-	-
7		3	205	194	0.8	1	1	-	-
8		9(3)	174	194	1.5	1	1	-	-
9		7	320	326	0.3	1	1	-	-
10		4	40	42	0.3	1	1	-	-
11		9(4)	6	5	0.4	1	1	-	-
12		8	79	70	1.0	1	1	-	-
13	KR 17	1	485	442	2.0	1	1	-	-
14		10(1)	0	0	-	-	1	-	-
15		2	175	187	0.9	1	1	-	-
16		9(2)	333	368	1.9	1	1	-	-
17		10(2)	8	3	2.1	1	1	-	-
18		9(4)	225	214	0.7	1	1	-	-
19		8	161	154	0.6	1	1	-	-
			3,069	2,943	2.3	100%	100%	-	-
			TOTAL OBSERVADO	TOTAL MODELADO	GEH	% ACEPTACIÓN	% ACEPTACIÓN INT. 1	% ACEPTACIÓN INT. 2	% ACEPTACIÓN INT. 3

4%	ERROR PRECISIÓN

1	Flujos de arcos individuales
2	Suma de todos los flujos por arco
3	GEH para flujos por arco individual
4	GEH para suma sobre flujos de arco

Página 1

Fuente: Propia.

Se considera que en los casos donde el valor del GEH sea menor de 5 (GEH < 5), en el 100% de los diferentes tipos de vehículos, se establece que el modelo se encuentra calibrado y validado para realizar las evaluaciones correspondientes.

Cuando el error, global y ponderado, entre los valores contrastados es suficientemente bueno, inferior a un 15%-30%, se considera que el modelo está calibrado. Los puntos de control adoptados para la calibración del presente modelo junto con los valores de tráfico de estas estaciones de aforo, así como los resultados de la calibración de la situación actual, se extraerán mediante el análisis de nodos previamente especificados.

Ante lo anterior, se procedió a realizar el comparativo entre los valores aforados y los obtenidos en el modelo.

Tabla 9. Criterios de calibración de modelos.

Criterio y Mediciones (valores modelados versus observados)	Aceptación de Calibración	Comentarios / Fuente
Flujos de Arcos Individuales		
dentro de 100 veh/h para flujos < 700 veh/h	> 85% de casos	
dentro de 15% para 700 < flujos < 2700 veh/h	> 85% de casos	
dentro de 400 veh/h para flujos > 2700 veh/h	> 85% de casos	FHWA (2004)
Suma de todos los flujos por arco	precisión=5%	
Estadístico GEH* < 5 para flujos por arco individual	> 85% de casos	
Estadístico GEH* para suma sobre flujos de arco	< 4	

Fuente: Departamento de Transporte de California (2002)

Como complemento al capítulo de tránsito, se elaborarán los pmt típicos para las obras con visto bueno del instituto de movilidad de Manizales.

El comportamiento de conducción en el modelo de simulación VISSIM representa mejor las condiciones reales de tráfico, donde los adelantamientos y el caos en la carretera son ocurrencias comunes. En un contexto de tráfico heterogéneo, donde diversos vehículos con diferentes velocidades están en la misma carretera, los resultados de la calibración muestran que el modelo de simulación es aceptable y proporciona resultados más precisos. De esta manera, los resultados de la simulación VISSIM se pueden utilizar para planificar y desarrollar un sistema de tráfico más efectivo y eficiente.

Como fundamento de este capítulo se tomará La bibliografía relacionada en los siguiente numeral.

- **ASTM E2872-13:** *Standard Guide for Evaluating the Accuracy of Traffic Simulation Models*
- **VISSIM:** Pfeiffer, R. (2004). *VISSIM: A microsimulation model of traffic flow.* PTV Group
- ASHTO Guidelines for Traffic Simulation PUBLICATION NO. FHWA-HRT-04-040

Resultados agregados modelo situación actual

A continuación, se presentan los resultados agregados (red o sistema) obtenidos de la modelación para la situación actual. Los indicadores generales de rendimiento del tránsito evaluados corresponden a: cantidad de vehículos que han salido de la red, cantidad de vehículos en la red, media del número de paradas por vehículo, tiempo total de demora en horas, demora en detención media por vehículo en segundos, demora total en detención en horas, número de paradas, tiempo medio de demora por vehículo en segundos, tiempo total de viaje en horas y velocidad media en km/h; estos resultados tienen en cuenta la totalidad de vehículos (autos, buses, camiones y motocicletas).

Tabla 10. Resultados agregados situación actual

PARÁMETRO	VALOR CONDICIÓN INICIAL	VALOR CONDICIÓN CON PROYECTO
Cantidad de vehículos que han salido de la red	2096	0
Cantidad de vehículos en la red	25	0
Media del número de paradas por vehículo	0.23	0.00
Tiempo total de demora [h]	3.4	0.0
Demora en detención media por vehículo [s]	0.4	0.0
Número de paradas	497	0
Tiempo medio de demora por vehículo [s]	5.8	0.0
Tiempo total de viaje [h]	21.8	0.0
Demanda remanente (Mixtos)	0	0
Velocidad media [km/h]	21.1	0.0

Fuente: Propia.

Resultados desagregados por intersección

A continuación, se presentan los resultados desagregados por intersección obtenidos de la modelación. Los indicadores específicos de rendimiento del tránsito evaluados corresponden a: máxima longitud de cola en metros, cantidad de vehículos, demora media por vehículo en segundos; estos resultados tienen en cuenta la totalidad de vehículos (autos, buses, camiones y motocicletas).

Tabla 11. Resultados desagregados situación actual

SimRun	TimeInt	INT	Mov	Mov/DIR	Qlen	QLenMax	Veh (All)	VehDelay(All)	LOS
40	900-4500	1: CARABINEROS	SW-NE	2	0.9	30.7	213	3.7	LOS_A
40	900-4500		SW-E	9(2)	0.2	24.5	68	1.1	LOS_A
40	900-4500		SW-NW	6	0.9	30.7	120	3.5	LOS_A
40	900-4500		NE-SW	9(3)	0.4	20.9	194	3.2	LOS_A
40	900-4500		NE-NE	-	0.4	20.9	0	0.0	LOS_A
40	900-4500		NE-E	-	0.4	20.9	1	1.0	LOS_A
40	900-4500		NE-NW	9(1)	0.4	20.9	157	1.9	LOS_A
40	900-4500		E-SW	8	0.2	14.1	70	3.1	LOS_A
40	900-4500		E-NE	9(4)	0.1	14.9	5	0.9	LOS_A
40	900-4500		E-E	-	0.2	14.1	0	0.0	LOS_A
40	900-4500		E-NW	4	0.2	14.1	42	2.8	LOS_A
40	900-4500		NW-SW	1	5.6	75.2	180	6.5	LOS_A
40	900-4500		NW-NE	7	5.6	75.2	326	6.3	LOS_A
40	900-4500		NW-E	3	5.6	75.2	194	5.7	LOS_A
40	900-4500		NW-NW	5	5.6	75.2	6	18.4	LOS_C
40	900-4500		Total	Total	1.2	75.2	1576	4.4	LOS_A
40	900-4500	2: KR 17	S-S	10(2)	0.0	0.0	3	5.2	LOS_A
40	900-4500		S-E	9(2)	0.0	0.0	368	0.9	LOS_A
40	900-4500		S-NE	2	0.0	0.0	187	0.3	LOS_A
40	900-4500		E-S	8	0.1	23.8	154	3.2	LOS_A
40	900-4500		E-E	-	0.1	23.8	0	0.0	LOS_A
40	900-4500		E-NE	9(4)	0.0	25.7	214	0.9	LOS_A
40	900-4500		NE-S	1	0.4	30.6	442	1.5	LOS_A
40	900-4500		NE-E	10(1)	0.1	19.9	0	0.0	LOS_A
40	900-4500		NE-NE	-	0.1	19.9	0	0.0	LOS_A
40	900-4500		Total	Total	0.1	30.6	1368	1.3	LOS_A

Fuente: Propia.

Velocidades obtenidas en el modelo

Teniendo en cuenta la operación vehicular del sector o área de influencia del proyecto, se evidencian velocidades entre 10 km/h y 30 km/h, lo cual concuerda con las velocidades operaciones del sector.



Ilustración 18Velocidades red modelación Fuente: propia.

Evaluación intersecciones

En la siguiente figura, se evidencian los resultados obtenidos en cuanto a longitudes de cola y niveles de servicio para cada intersección:

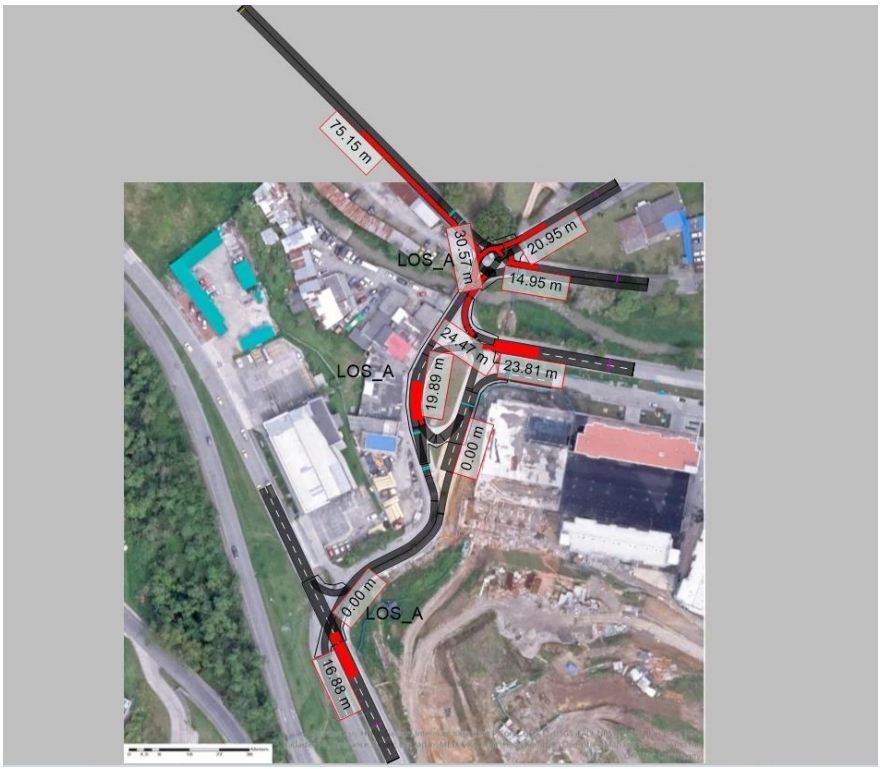


Ilustración 19 Vista general resultados Fuente: propia.

De la figura anterior, se evaluaron 3 intersecciones aledañas al proyecto, teniendo en cuenta los niveles de servicio mencionados anteriormente, se han definido seis niveles para Colombia que van desde el A al F, en este caso se tienen niveles de servicio para las intersecciones avaluadas se obtiene un nivel de servicio A.

En la siguiente figura se evidencia las longitudes de cola y niveles de servicio para la intersección de la CARABINEROS (CL 63 X CL 64), se obtiene un nivel de servicio A, siendo la intersección con mayores longitudes de cola en cada acceso, por ejemplo para el acceso occidental(3) se obtiene una longitud de cola de 75.2 metros, los resultados en cuanto a nivel de servicio y longitudes de cola se evidencia en el numeral **“Resultados desagregados por intersección”** para cada acceso.



Ilustración 20 Nivel de servicio intersección de CARABINEROS (CL 63 X CL 64), Fuente: propia.

Para las demás intersecciones también se evalúan las longitudes de cola y niveles de servicio obteniendo los siguientes resultados evidenciados en las siguientes figuras, cabe recalcar que, los resultados cuanto a nivel de servicio y longitudes de cola se evidencia en el numeral **"Resultados desagregados por intersección"**



Ilustración 21 Nivel de servicio intersección de la KR 17 X CL 64A, Fuente: propia.

Para la intersección de CARABINEROS (KR 17 X CL 64A), se obtiene un nivel de servicio A, se evidencia que, los accesos de la intersección, y longitudes de cola no afectan las demás intersecciones, no se evidencia congestión vehicular en la intersección.

De la figura anterior, para la intersección de la CL 64 X AV. KEVIN ANGEL, se obtiene un nivel de servicio de B el cual corresponde a B, de acuerdo con lo evidenciado en cuanto a longitudes de cola no llega afectar las demás intersecciones los resultados cuanto a nivel de servicio y longitudes de cola se evidencia en el numeral **"Resultados desagregados por intersección"**

Calculo y evaluación de placas

Se realiza análisis y cálculo de placas en el área de influencia al proyecto, en este casi se aforaron en 5 puntos los cuales nos permite realizar un análisis de los viajes realizados entre los puntos y así calcular una matriz Origen – Destino como se evidencia en la siguiente Figura:



Ilustración 22 Análisis de placas, Fuente: propia.

Se realizo un conteo de placas vehiculares, en un intervalo de 2 horas las cuales son desde las 05: 00pm hasta las 07: 00pm, horas que, incluyen la HMD la cual es desde las 05:30 hasta las 06:30, se determinó el volumen que se dirigen entre cada punto y se calculó la matriz Origen-Destino, como se evidencia en la siguiente tabla:

Tabla 12. Matriz O-D placas

MT HMD	1	2	3	4	5
1	0	101	60	163	86
2	107	0	25	49	157
3	64	25	0	27	108
4	155	44	32	0	179
5	85	167	128	188	0

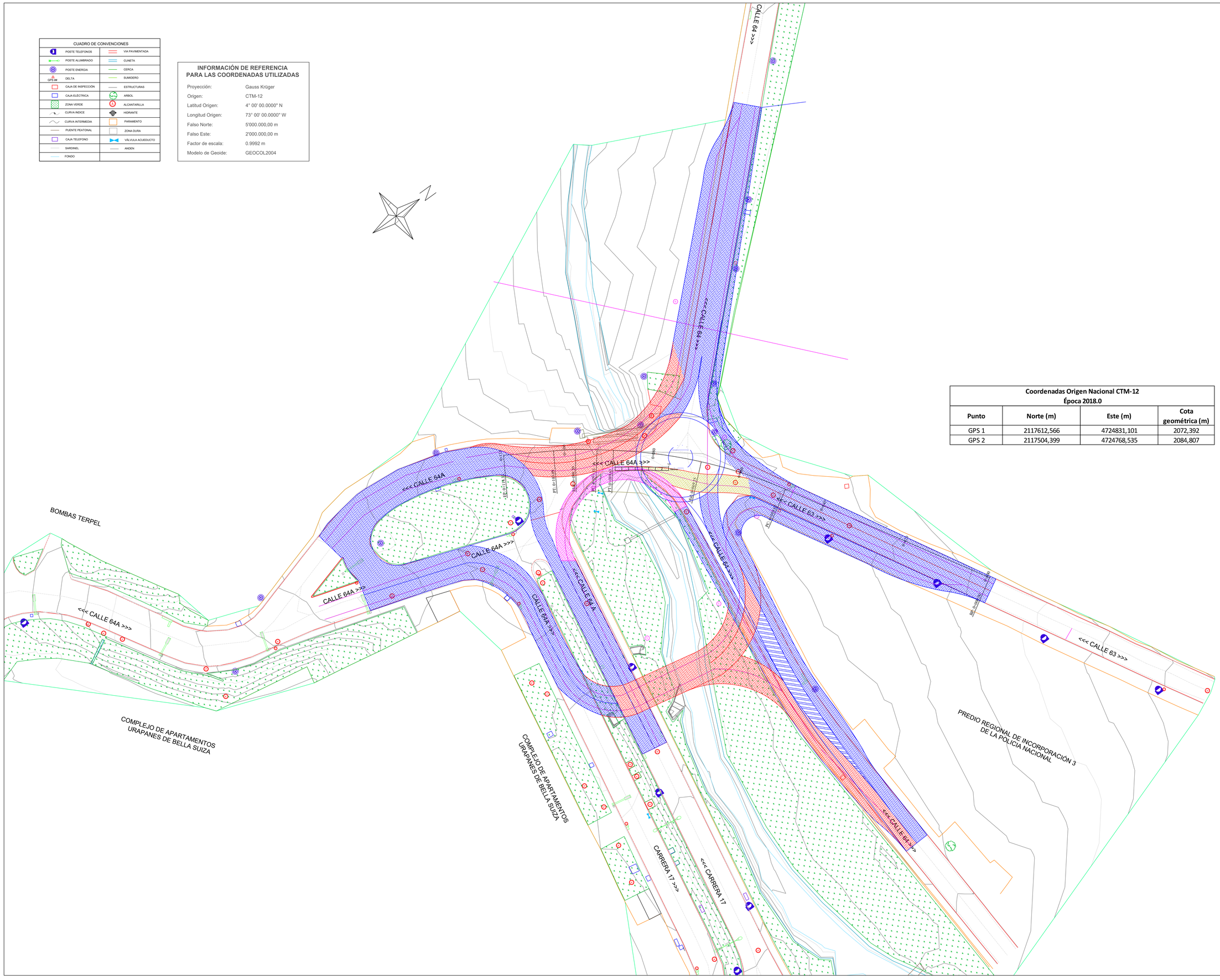
Fuente: Propia.

El calculo de esta matriz, permitirá en la fase de formulación la respectiva asignación a los movimientos dentro de la infraestructura propuesta.

CUADRO DE CONVENCIONES	
POSTE TELEFONOS	VIA PAVIMENTADA
POSTE ALUMBRADO	CUNETA
POSTE ENERGIA	CERCA
DELTA	SUMIDERO
CAJA DE INSPECCIÓN	ESTRUCTURAS
CAJA ELÉCTRICA	ARBOL
ZONA VERDE	ALCANTARILLA
CURVA INDICE	HIDRANTE
CURVA INTERMEDIA	PARAMENTO
PUENTE PEATONAL	ZONA DURA
CAJA TELEFONO	VÁLVULA ACUEDUCTO
SARDINEL	ANDEN
FONDO	

INFORMACIÓN DE REFERENCIA PARA LAS COORDENADAS UTILIZADAS

Proyección:	Gauss Krüger
Origen:	CTM-12
Latitud Origen:	4° 00' 00.0000" N
Longitud Origen:	73° 00' 00.0000" W
Falso Norte:	5'000.000,00 m
Falso Este:	2'000.000,00 m
Factor de escala:	0.9992 m
Modelo de Geoide:	GEOCOL2004



Coordenadas Origen Nacional CTM-12 Época 2018.0

Punto	Norte (m)	Este (m)	Cota geométrica (m)
GPS 1	2117612,566	4724831,101	2072,392
GPS 2	2117504,399	4724768,535	2084,807

PLANO: 2

ENTREGA: TOPOGRAFÍA

ALCALDÍA DE MANIZALES

Centro Administrativo Municipal CAM – Calle 19 No. 21-44
Manizales - Caldas, Colombia

CONTRATO DE CONSULTORIA No. 2408130942

OBJETO:
"ESTUDIOS Y DISEÑOS DEFINITIVOS (FASE 3) PARA LA CONSTRUCCIÓN DE INFRAESTRUCTURA DE LA INTERSECCIÓN CALLE 63 CON CALLE 64 EN EL SECTOR DE LA ESCUELA DE CARABINEROS DE LA CIUDAD DE MANIZALES".

CONSULTOR:

LEMOINE RIVERA INGENIEROS ASOCIADOS S.A.S.
Nit: 800.175.083

Calle 127 No. 58 - 45, Torre - Apto 1301, Bogotá D.C.
Tel: 311 752 8883
E-mail: lemoinerivera@gmail.com

PROFESIONALES RESPONSABLES CONSULTORÍA:

DIRECTOR DE CONSULTORÍA
ALVARO HERNANDO VERA AYALA
M.P.: 25202-315979 CND

INGENIERO TOPOGRAFICO
ANDERSON CASTILLO ABRIL
M.P.: 25335-314055 CND

CONTRATO DE INTERVENTORIA N° _____

OBJETO:

INTERVENTOR:

Dir: _____, Bogotá D.C.
Tel: _____
E-mail: _____

PROFESIONALES RESPONSABLES INTERVENTORIA:

DIRECTOR DE INTERVENTORIA
WENTZER MAURICIO LEÓN TORRES
M.P.: 68202-131663 CND

INGENIERO TOPOGRAFICO
ENZO JHOMAR MORENO PÉREZ
M.P.: 68202-432422 CND

REALIZÓ

DIRECTOR CONSULTORIA

ING. ALVARO HERNANDO VERA AYALA
MP. 25202-315979 CND

INGENIERO TOPOGRÁFICO

ING. ANDERSON CASTILLO ABRIL
M.P.: 25335-314055 CND

REVISÓ / APROBÓ

DIRECTOR INTERVENTORIA

ING. WENTZER MAURICIO LEÓN TORRES
MP. 68202-131663 CND

INGENIERO TOPOGRAFICO

ING. ENZO JHOMAR MORENO PÉREZ
INH. 68202-432422

CONTROL DE CAMBIOS:

REV	MODIFICACIÓN	FECHA

MUNICIPIO DE MANIZALES
DEPARTAMENTO DE CALDAS

CONTENIDO:

PLANTA PERFIL DE LA VÍA CALLE 64 A

OBSERVACIONES:

ESCALA: 1: 200

FECHA: SEPTIEMBRE DE 2024

Todas las medidas están dadas en metros a menos que se especifique lo contrario.

PLANCHA No. 2 DE: 12

ENTREGA: TOPOGRAFÍA

PLANO: 2

ARCHIVO: PRELIMINAR_V3

VOLUMEN V. GEOLOGÍA PARA INGENIERÍA

MANIZALES NOVIEMBRE DE 2024

Dirección: Calle 109 No. 20 – 77 Apto 202
correo: lemoinerivera@gmail.com
leri0942@gmail.com
Teléfono: 316 4218611

TABLA DE CONTENIDO

VOLUMEN V. ESTUDIO DE GEOLOGÍA PARA INGENIERÍA 7
1. CAPÍTULO 1. OBJETIVOS Y ALCANCES 7
1.1. Objetivos Específicos 7
1.2. Alcance 7
2. CAPÍTULO 2. GENERALIDADES 8
2.1. Localización 8
3. CAPÍTULO 3. DESCRIPCIÓN DE LA METODOLOGÍA UTILIZADA 9
4. CAPÍTULO 4. ESTUDIO DE ANTECEDENTES 10
4.1. Geología de las plachas 206 manizales y 225 nevado del ruíz (INGEOMINAS, 2001). 10
4.2. Memoria explicativa del mapa geomorfológico aplicado a movimientos en masa escala 1:100.000. Plancha 206 Manizales (SGC, 2014) 13
4.3. Plan de Ordenación y Manejo Ambiental de la Cuenca Hidrográfica del Río Chinchiná (POMCA) (CONVENIO CORPOCALDAS – ASOCARS – U.N., 2013) 15
4.4. Plan de ordenamiento territorial de manizales (Alcaldía de Manizales, 2001). 18
4.5. Plan de ordenamiento territorial del municipio de Manizales 2017-2031 Diagnostico- Documento resumen (ALCALDÍA DE MANIZALES, 2017). 22
4.6. Caracterización geológico–estructural de algunas zonas de cizalla en el complejo Quebradagrande en los alrededores de Manizales y Villamaría (Moreno Sánchez, Hincapié, Ossa, & Toro Toro, 2016). 24
4.7. Geología de Manizales y sus alrededores y su influencia en los riesgos geológicos (Naranjo Henao & Ríos Alzate, 1989) 25
4.8. Petrografía y geoquímica de los metagabros del río olivares sector nnw de Manizales (caldas) (Toro Toro, Hincapié Jaramillo, & Ossa Meza, 2010). 26
5. CAPÍTULO 5. ESTUDIOS DE CAMPO 28
5.1. Análisis multitemporal 28
5.2. Inventario de Procesos Morfodinámicos (IPM) 37
5.2.1. Eventos históricos 39
5.3. Geología 42
5.3.1. Geología Regional 43
5.3.2. Geología estructural regional y evolución tectónica 49
5.3.3. Geología local 52
5.3.4. Unidades Geológicas para Ingeniería 56
5.4. Geomorfología 79
5.4.1. Geomorfología regional 82
5.4.2. Geomorfología Local 92
5.5. Exploracíon directa 107
5.5.1. Localización de perforaciones 109
5.5.2. Ensayos de laboratorio 118
5.6. Exploración indirecta 151

5.6.1. Marco Teórico 152
5.6.2. Metodología 158
5.6.3. Análisis de resultados 165
5.6.4. Parámetros en función de la velocidad de propagación de onda Vp y Vs..... 171
6. CAPÍTULO 6. CONCLUSIONES 174
7. REFERENCIAS 175

TABLA DE FIGURAS

Figura 1 Mapa de localización para el área de estudio. 8
Figura 2 Plancha geológica 206 Manizales -225 Nevado del Ruiz (Zoom al área del municipio de Manizales, Caldas)....13
Figura 3 Plancha Geomorfológica 206 – Manizales. (Zoom al área del municipio de Manizales, Caldas)..14
Figura 4 Mapa Geológico cuenca del río Chinchiná. 16
Figura 5 Análisis multitemporal para la zona de estudio en el año 2010. 29
Figura 6 Análisis multitemporal para la zona de estudio en el año 2014. 31
Figura 7 Análisis multitemporal para la zona de estudio en el año 2015. 32
Figura 8 Análisis multitemporal para la zona de estudio en el año 2018. 33
Figura 9 Análisis multitemporal para la zona de estudio en el año 2020. 34
Figura 10 Análisis multitemporal para la zona de estudio en el año 2021. 35
Figura 11 Análisis multitemporal para la zona de estudio en el año 2024. 37
Figura 12 Mapa de procesos morfodinámicos reportados para el área de análisis. 40
Figura 13 Proceso morfodinámico histórico de carácter denudacional en el área de estudio. 41
Figura 14 Proceso morfodinámico histórico de carácter denudacional en el área de estudio. 42
Figura 15 Mapa geológico regional. 45
Figura 16 Mapa de geología local. 53
Figura 17 Grado de Meteorización. 58
Figura 18. Descripción y comportamiento del perfil de meteorización. 58
Figura 19. Índices de campo para determinar la resistencia a la compresión simple, de suelos cohesivos y rocas a partir de índices de campo. 59
Figura 20. Índices de campo para determinar la resistencia a la compresión simple, de suelos cohesivos y rocas a partir de índices de campo. 60
Figura 21. Índice de resistencia para macizos rocosos homogéneos. 64
Figura 22. Rangos de clasificación de macizo según el GSI. 64
Figura 23 Mapa de unidades Geológicas para Ingeniería (UGI) de la zona de estudio. 71
Figura 24 Evidencia fotográfica de la UGI Suelo transportado de la Formación Casabianca. 76
Figura 25 Evidencia fotográfica de la UGI Suelo transportado de ceniza - Stv/c. A) EST-01; B) EST-02. ..77
Figura 26 Evidencia fotográfica de la UGI Suelo transportado aluvial - Stal. 78
Figura 27 Evidencia fotográfica de la UGI Suelo antrópico de llenos – Sall. 79
Figura 28 Jerarquización Geomorfológica propuesta por INGEOMINAS. 80
Figura 29 Mapa de geomorfoestructuras de Colombia. 83
Figura 30 Mapa de Provincias geomorfológicas de Colombia. 84
Figura 31 Mapa de Subunidades Geomorfológicas regionales. 87
Figura 32 Mapa de pendientes en porcentaje para el área de estudio. 93
Figura 33 Mapa de pendientes en grados para el área de estudio. 95
Figura 34 Mapa de Elementos Geomorfológicos para la zona de estudio. 97
Figura 35 Área urbanizada en la zona de estudio. 98
Figura 36 Superficie de explanación en la zona de estudio. 99
Figura 37 Red vial en la zona de estudio. 100

Figura 38 Zonas de llenos antrópicos en el área de estudio. 101
Figura 39 Escarpe antrópico en el área de estudio. 102
Figura 40 Ladera ondulada inclinada y Ladera ondulada muy abrupta en la zona de estudio. 103
Figura 41 Ladera ondulada escarpada en la zona de estudio. 104
Figura 42 Cauce actual de la Quebrada Olivares en la zona de estudio. 105
Figura 43 Barra longitudinal en el cauce de la Quebrada Olivares. 106
Figura 44 Escarpe de terraza y Terraza de acumulación en la zona de estudio 107
Figura 45 Mapa de localización de las perforaciones en la zona de estudio. 110
Figura 46 Registro fotográfico para la perforación PEC-01 y los muestreos asociados. 112
Figura 47 Registro fotográfico para la perforación PEC-02 y los muestreos asociados. 113
Figura 48 Registro fotográfico para la perforación PEC-03 y los muestreos asociados. 114
Figura 49 Registro fotográfico para la perforación PEC-04 y los muestreos asociados. 114
Figura 50 Registro fotográfico para la perforación PEC-05 y los muestreos asociados. 115
Figura 51 Registro fotográfico para la perforación PEC-06 y los muestreos asociados. 116
Figura 52 Registro fotográfico para la perforación PEC-07. 117
Figura 53 Registro fotográfico para la perforación PEC-08. 118
Figura 54 Conversión de una Onda Incidente P - Ley Snell. 152
Figura 55 Procesamiento de Datos Obtenidos en Campo. 153
Figura 56 Procedimiento de Campo Sísmica de Refracción. 154
Figura 57 Selección de las Primeras Llegadas. 155
Figura 58 Domocrónicas. 156
Figura 59 Ondas elásticas. 158
Figura 60 Esquema Ensayo MASW. 159
Figura 61 Excitaciones Activas y Pasivas. 159
Figura 62 Registro Sísmico Tomado de Campo. 160
Figura 63 Espectro de Onda Rayleigh. 161
Figura 64 Espectro de Velocidad de Fase de Onda Rayleigh. 161
Figura 65 Perfil de Velocidad de Onda de Corte. 162
Figura 66 Localización de líneas sísmicas elaboradas en el área de Carabineros. 163
Figura 67 Línea sísmica MASW 1 sector Carabineros. 164
Figura 68 Línea sísmica MASW 2 sector Carabineros. 165
Figura 69 Perfil de velocidad de onda compresional, LS-01 Carabineros. 166
Figura 70 Perfil de velocidad de onda compresional, LS-02 Carabineros. 167
Figura 71 Distribución 2D, LS-01 Carabineros. 168
Figura 72 Distribución 2D, LS-02 Carabineros. 169
Figura 73 Perfil de velocidad de onda de corte LS-01 Carabineros. 170
Figura 74 Perfil de velocidad de onda de corte LS-02 Carabineros. 171

LISTA DE TABLAS

Tabla 1 Características de las imágenes utilizadas en el análisis multitemporal. 28
Tabla 2 Inventario de Procesos Morfodinámicos de la plataforma SIMMA para el área de análisis. 41
Tabla 3 Condición de fracturamiento de las rocas. 61
Tabla 4. Caracterización de las juntas y discontinuidades del macizo rocoso. 61
Tabla 5. Descripción del tamaño del bloque en función del número de discontinuidades. 62
Tabla 6. Calidad del macizo rocoso según índice de fracturamiento. 62
Tabla 7. Rangos de RQD para clasificar la calidad del macizo rocoso. 63
Tabla 8 Tabla de clasificación genética de las unidades de suelo 66
Tabla 9. Textura de los suelos según el tamaño de las partículas. 67
Tabla 10. Terminología utilizada para describir la consistencia de suelos finos. 67
Tabla 11 Criterios para definir la plasticidad. 68
Tabla 12 Simbología propuesta para las Unidades Geológicas para Ingeniería (UGS). 69
Tabla 13 Estaciones de reconocimiento geológico dentro de la zona de estudio. 72
Tabla 14 Rangos de pendiente en porcentaje definidos en el diccionario de datos espaciales de la ANLA. 81
Tabla 15. Rangos de pendiente utilizados con propósitos de análisis edafológicos y de ingeniería. 81
Tabla 16 Pendientes en porcentaje para el Área de Influencia del proyecto. 93
Tabla 17 Rangos para la categorización de las unidades correspondientes a la variable pendiente en grados, de acuerdo a Carvajal (2011). 94
Tabla 18 Porcentaje de ocupación por ambiente geomorfológico en la zona de estudio. 96
Tabla 19 Localización y profundidad de las perforaciones en la zona de estudio. 110
Tabla 20 Localización de los muestreos para cada perforación. 111
Tabla 21 Parámetros en función de la velocidad de propagación de onda Vp y Vs. 172
Tabla 22 Perfil de suelo según NSR 10. 173

VOLUMEN V. ESTUDIO DE GEOLOGÍA PARA INGENIERÍA

1. CAPÍTULO 1. OBJETIVOS Y ALCANCES

Realizar el estudio detallado de la geología y geomorfología del proyecto vial y su área de influencia que sea de utilidad a la posterior toma de decisiones en cuanto a los diseños que se plantearán.

1.1. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Recopilación de información secundaría y cartografía disponible en el Servicio Geológico Colombiano, CORPOCALDAS, IGAC y la Unidad de Gestión del Riesgo de Manizales.
- Determinar la caracterización geológica, geomorfológica y tectónica regional asociada a la zona de influencia del proyecto vial.
- Definir las características geológicas, geomorfológicas y tectónicas de detalle a nivel local a lo largo del proyecto vial objeto de estudio.
- Determinar los sectores inestables en estado activo y los que sugieren algún tipo de inestabilidad presentes a lo largo del proyecto.
- Realizar el levantamiento de estaciones geológicas a lo largo del proyecto vial.
- Complementar el estudio geológico con los registros de los sondeos ejecutados a lo largo del proyecto vial.
- Realizar los mapas geológicos y geomorfológicos del proyecto vial.

1.2. ALCANCE

El alcance de este volumen es determinar mediante la información recopilada y a escala 1:5.000 los aspectos geológicos de las áreas donde se desarrollará el proyecto.

Se definirán zonas de comportamiento geológico homogéneo.

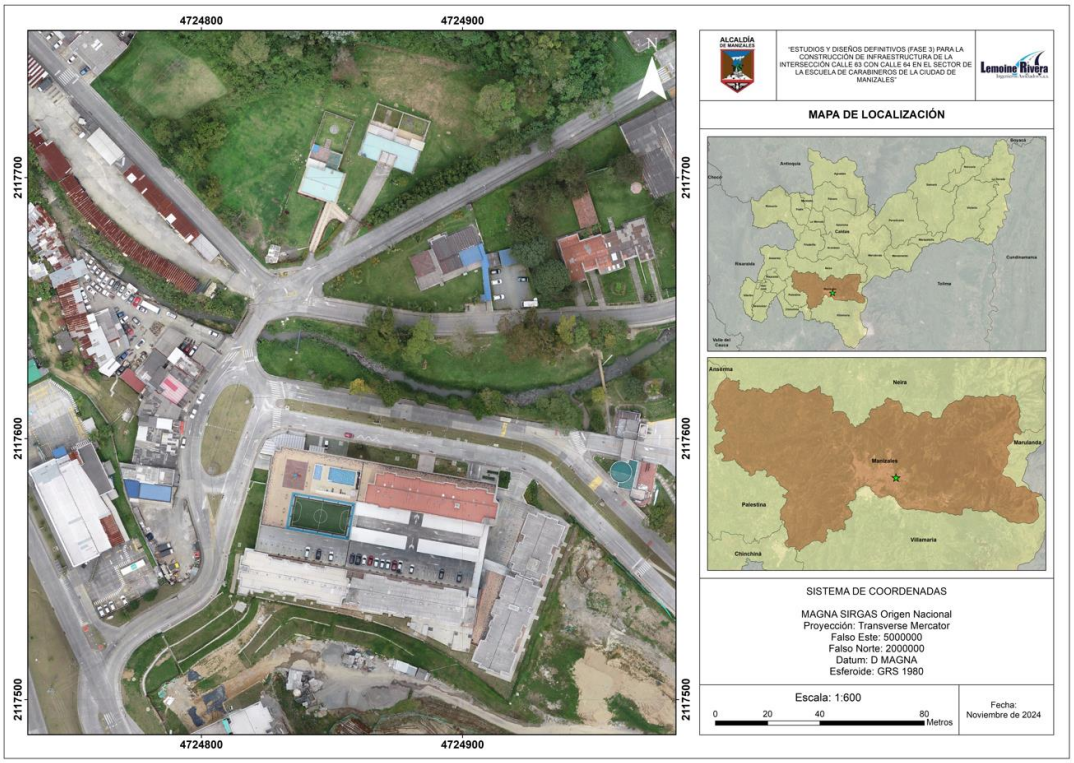
2. CAPÍTULO 2. GENERALIDADES

2.1. LOCALIZACIÓN

El área de estudio se localiza en la parte central del municipio de Manizales y hacia la parte noreste del área urbanizada de la ciudad, a una altura entre los 2067 y los 2091 m.s.n.m., cuenta con un afluente importante como la Quebrada Olivares (también denominada Minitas) que atraviesa la zona de este a oeste, esta quebrada nace a 2700 m.s.n.m., en inmediaciones del Alto del Zancudo y el Alto de La Coca; recibe antes de entrar a la cabecera municipal, un sinnúmero de caños y quebradas y corre al norte de la ciudad para encontrarse con el río Guacaica a los 1350 m.s.n.m (Alcaldía de Manizales, 2001).

Además de lo anterior, la zona de análisis tiene varias vías de acceso, como la calle 63, que es la vía principal hacia el barrio Minitas, la calle 64 como vía de acceso desde el barrio La Toscana hacia el barrio Minitas, la carrera 17 que se dirige desde el barrio La Toscana a la avenida principal del barrio La Sultana y además sirve como vía de acceso a la Escuela de Carabineros Alejandro Gutiérrez y, por último, la calle 64A que comunica el barrio la Toscana con la Avenida Kevin Ángel. En la **Figura 1** se presenta el mapa de localización para la zona de influencia del área de estudio, la cual equivale al campo visual de la salida grafica considerando que para esta área se realizaron los análisis correspondientes.

Figura 1 Mapa de localización para el área de estudio.



Fuente: Elaboración propia.

3. CAPÍTULO 3. DESCRIPCIÓN DE LA METODOLOGÍA UTILIZADA

A continuación, se enuncia la metodología que se utilizará para la elaboración del informe correspondiente al Volumen V de Geología para Ingeniería.

- Estudio de antecedentes. Es la fase inicial del proyecto en donde se recopila la información secundaria del área de estudio, elaborada por fuentes oficiales y que cumpla con los requerimientos mínimos de detalle. Esta información incluye documentos, mapas cartográficos y fotografías digitales e información temática.

- Trabajo de campo: Se llevará a cabo un reconocimiento de campo con el fin de realizar un levantamiento geológico a escala 1:5000, de tal manera que se obtenga la caracterización geológica de los materiales que constituyen el área del proyecto, se elaborará la identificación de puntos críticos, áreas que sugieran algún tipo de inestabilidad o influencia en el proyecto de manera en particular. Adicionalmente se elaborará un control geomorfológico para la caracterización de los Elementos Geomorfológicos que constituyen el área de estudio en función de la disposición de las laderas y su pendiente.

- Se realizará un análisis del área de estudio, interpretación de los ensayos de laboratorio elaborados, caracterización definitiva de los materiales, delimitación de los elementos geomorfológicos, definición de las áreas inestables o potencialmente inestables y conclusiones generales.

- En la fase de oficina se procesa y se evalúa la información recolectada en las fases previas, para la realización del informe final y el ajuste de la cartografía temática correspondiente.

4. CAPÍTULO 4. ESTUDIO DE ANTECEDENTES

Análisis y recopilación de información bibliográfica disponible respecto al área del proyecto o el área regional donde se localiza, a partir de la consulta en entidades territoriales, trabajos existentes en el área, información documental y cartográfica consignada por entidades nacionales como el Servicio Geológico Colombiano, la Corporación Autónoma Regional de Caldas (CORPOCALDAS) y la Unidad de Gestión de Riesgo de Manizales (UGRD). Esto con el fin de recopilar información sobre los siguientes aspectos: geología, geología para ingeniería, geomorfología, geología estructural.

Después de revisar y analizar la información secundaria, se realiza un contraste con imágenes aéreas y satelitales, así como con fotografías de afloramientos y muestras tomadas a mano. Estas observaciones facilitan la planificación del trabajo de campo corroborativo, que incluye estaciones de control, análisis fotogramétricos y procesamiento en sistemas de información geográfica (SIG). Este proceso permite validar y, en su caso, rectificar la información inicial. De este modo, se logra obtener una localización y descripción precisas de las unidades geológicas, fallas y unidades geomorfológicas presentes en el área de estudio.

Adicionalmente, algunos trabajos se referencian durante la redacción del documento dados sus aportes más puntuales, de los cuales se presentan los créditos y la referencia bibliográfica respectiva.

4.1. GEOLOGÍA DE LAS PLACHAS 206 MANIZALES Y 225 NEVADO DEL RUÍZ (INGEOMINAS, 2001).

El documento "Planchas 206 y 225 Manizales - Nevado del Ruiz" es una memoria explicativa del mapa geológico de la región de Manizales y el Nevado del Ruiz, a escala 1:100,000, elaborado por INGEOMINAS en 2001. Cubre un área de 1,800 km² en los departamentos de Caldas y Tolima, destacando por su geología diversa que incluye rocas metamórficas, ígneas y sedimentarias que abarcan desde el Paleozoico hasta el presente.

El área estudiada forma parte de la Cordillera Central de los Andes en Colombia, una región montañosa con una compleja historia geológica que incluye eventos tectónicos, metamórficos, magmáticos y sedimentarios. La cartografía geológica de esta zona es crucial para la planificación del uso de los recursos minerales y la evaluación de amenazas naturales como actividad volcánica y sísmica.

La secuencia estratigráfica de la región está compuesta por unidades que van desde el Paleozoico hasta el Cenozoico, con especial énfasis en las siguientes formaciones:
- Paleozoico: Incluye el Complejo Cajamarca, compuesto principalmente por esquistos cuarzo-sericíticos, cuarcitas y esquistos verdes.
- Mesozoico: Se destacan formaciones como el Batolito de Sonsón (Jurásico) y la Formación Abejorral (Cretácico), junto con rocas ultramáficas serpentinizadas y complejos asociados a ambientes oceánicos como el Complejo Quebradagrande.

- Cenozoico: Comprende el Batolito de El Bosque y depósitos de origen volcánico como los flujos andesíticos y piroclásticos asociados al Complejo Volcánico Ruiz-Tolima.

La región está atravesada por importantes fallas geológicas, entre ellas el Sistema de Fallas Romeral y el Sistema de Fallas Palestina, que han influido en la estructura actual de la Cordillera Central. También se describen plegamientos y foliación en las unidades metamórficas, indicando una larga historia de deformación tectónica.

Geográficamente el área se ubica en la Cordillera Central de los Andes, la cadena montañosa más elevada y masiva de Colombia, con una longitud de 800 km y un ancho de 120 km. Esta cordillera se extiende en dirección norte-sur, con cumbres que superan los 5,000 metros sobre el nivel del mar (Nevado del Ruiz, 5,400 m). La región presenta una marcada diferencia entre la zona alta de la cordillera y los valles vecinos. Las depresiones profundas como el valle del Cauca al oeste y el valle del Magdalena al este destacan, con alturas que varían entre 200 y 1,100 metros.

Geomorfológicamente en el relieve predominan fuertes pendientes, especialmente en el flanco occidental de la cordillera. La geomorfología se suaviza hacia el eje de la cordillera, mostrando un relieve glacial, y hacia los valles se observa una acumulación subhorizontal de material aluvial y coluvial. La región presenta una diferencia de elevación significativa, con alturas que varían desde los 1,200 metros cerca de Filadelfia y Aránzazu hasta los 5,400 metros en el Nevado del Ruiz. En la parte alta de la cordillera, se encuentran evidencias de modelado glaciar, como circos, valles en U, morrenas y rocas estriadas. Estas formas glaciales se asocian con las fluctuaciones de las glaciaciones del Pleistoceno. Las montañas con pendientes largas sobre unidades metamórficas y sedimentarias están sujetas a fenómenos erosivos como derrumbes y deslizamientos. Además, las laderas se ven afectadas por la meteorización intensa y la intervención humana. Esta combinación de alta montaña, glaciación y erosión intensa determina la dinámica geológica de la región, con procesos geomorfológicos dominados por la actividad volcánica, tectónica y climática.

Los recursos minerales en el área incluyen depósitos de oro, plata, mercurio, manganeso y carbón, así como materiales de construcción como calizas y arcillas. Se hace énfasis en las mineralizaciones hidrotermales de oro y plata, especialmente asociadas a intrusivos como el Stock de Manizales y el Batolito de El Bosque.

En cuanto a las Amenazas Geológicas el área está sujeta a diversas amenazas naturales, entre las que destacan:
- Amenaza volcánica: El Nevado del Ruiz es uno de los volcanes más activos de Colombia, con erupciones históricas que han causado desastres significativos, como la tragedia de Armero en 1985.
- Amenaza sísmica: La actividad tectónica en la región presenta un riesgo sísmico considerable debido a la presencia de grandes fallas.
- Deslizamientos y movimientos en masa: Las fuertes pendientes y la inestabilidad geológica hacen que la región sea propensa a deslizamientos, exacerbados por las lluvias intensas y la actividad sísmica.

A nivel local la geología del área de Manizales, según el documento, es bastante compleja debido a su ubicación en la Cordillera Central de Colombia. La región está influenciada por varias formaciones geológicas de diferentes épocas y una importante actividad tectónica y volcánica.

El área presenta extensas formaciones de rocas metamórficas, especialmente del Complejo Cajamarca, caracterizado por esquistos y cuarcitas, cuya formación se remonta al Paleozoico. Estas rocas son importantes debido a su alto grado de metamorfismo y deformación tectónica. Por otro lado, el Stock de Manizales es una de las características más destacadas. Se trata de un cuerpo intrusivo de rocas granitoides, predominantemente granodioritas y tonalitas, que se encuentra al este de la ciudad de Manizales. Esta unidad geológica está relacionada con mineralizaciones de metales como oro y plata, y exhibe un diaclasamiento notable, que ha facilitado la meteorización esferoidal.

En cuanto a las rocas sedimentarias, se destacan las Formaciones de Aránzazu y el Grupo Honda, que contienen sedimentos continentales depositados durante el Neógeno. Estos sedimentos, en parte, incluyen material volcánico de las actividades eruptivas del Mioceno.

Otra unidad importante en la zona es el Complejo Quebradagrande que en el área de Manizales se caracteriza por una combinación de rocas volcánicas y sedimentarias que muestran una amplia variedad litológica. Este complejo se encuentra al oeste de la Falla San Jerónimo, que lo separa del Complejo Cajamarca. Se extiende principalmente en las carreteras que conectan Manizales con Neira, Chinchiná y Filadelfia, y tiene importantes exposiciones en los alrededores de Manizales.

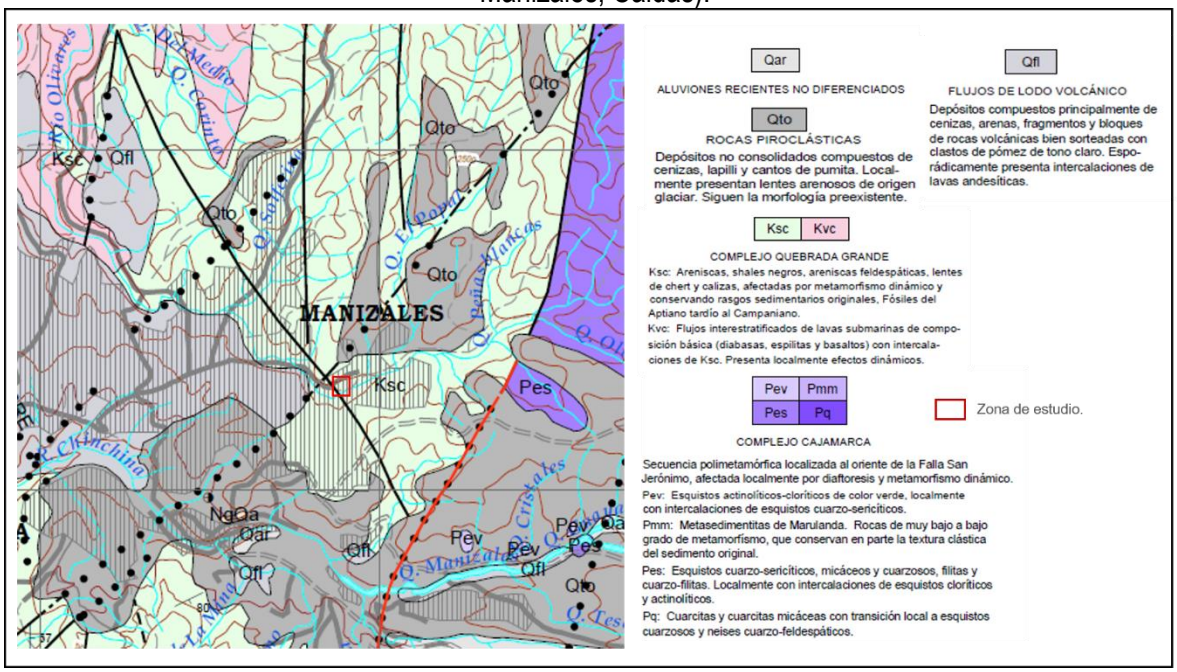
Por último, la actividad volcánica ha tenido un papel significativo en la conformación de la región. El área de Manizales está cubierta por depósitos piroclásticos y flujos de lodo asociados a las erupciones del Volcán Nevado del Ruiz y del Cerro Bravo. Estos depósitos incluyen cenizas, lapilli y tobas andesíticas.

En resumen, la geología de Manizales está dominada por una mezcla de rocas metamórficas, intrusivas ígneas y depósitos volcánicos recientes, todo influenciado por una intensa actividad tectónica y volcánica que continúa hasta la actualidad.

Finalmente se puede determinar que el estudio geológico de esta área es fundamental para el manejo sostenible de los recursos naturales, la mitigación de riesgos geológicos y la protección ambiental. El conocimiento detallado de la geología de las planchas 206 y 225 proporciona información clave para el desarrollo regional y la prevención de desastres.

A continuación, en la **Figura 2** se presenta la ubicación de la zona de estudio dentro del mapa de unidades geológicas realizado por (INGEOMINAS, 2001).

Figura 2 Plancha geológica 206 Manizales -225 Nevado del Ruiz (Zoom al área del municipio de Manizales, Caldas).



Fuente: Adaptado de (INGEOMINAS, 2001).

4.2. MEMORIA EXPLICATIVA DEL MAPA GEOMORFOLÓGICO APLICADO A MOVIMIENTOS EN MASA ESCALA 1:100.000. PLANCHA 206 MANIZALES (SGC, 2014)

Este documento hace referencia a la caracterización de los ambientes y unidades geomorfológicas de la plancha 206 - Manizales, en el sector centro sur del Departamento de Caldas, la cual se constituye en un insumo para la zonificación de amenaza relativa por movimientos en masa escala 1:100.000. Esta zona comprende la jurisdicción de los municipios Aránzazu, Marulanda, Neira y Manizales en donde se encuentra el área de interés como también el sector occidental de los municipios de Manizales y Casabianca, el sector norte de Villamaría y pequeñas fracciones de los municipios de Filadelfia y Pensilvania en el departamento de Caldas y Herveo en el departamento del Tolima.

Esta zona se caracteriza por presentar montañas con pendientes muy largas, sobre unidades metamórficas recubiertas por depósitos de tipo volcánico, con una superficie de erosión profunda, la cual incide en los fenómenos denudativos de gran magnitud como solifluxiones, reptaciones, derrumbes y desplomes. Los suelos son profundos a muy profundos y susceptibles a la erosión.

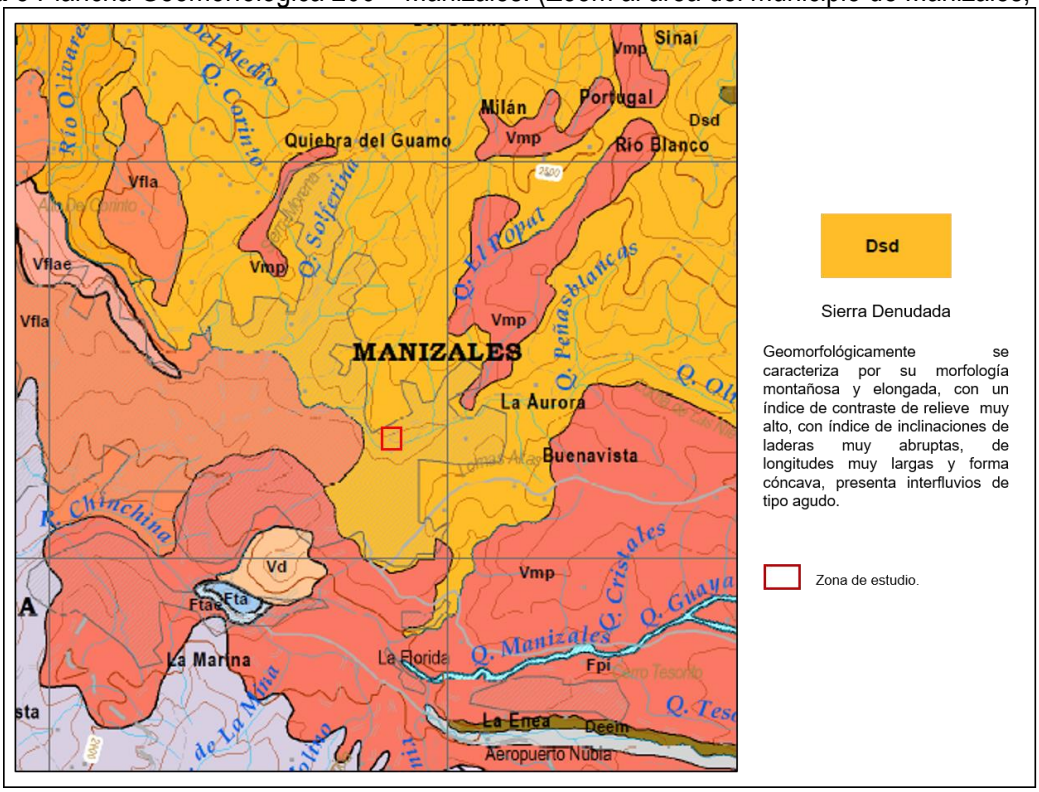
Geomorfológicamente se reconocieron cinco ambientes morfogenéticos, los cuales se determinaron con base en la expresión e interpretación de los procesos geomorfológicos registrados en el terreno que dieron lugar a la formación, evolución y modificación de las geoformas. Los ambientes morfogenéticos reconocidos son: Estructural, Denudacional, Volcánico, Glacial y Fluvial, de los cuales los que mayor área ocupan corresponden con el ambiente volcánico, el cual abarca un 43,6%, el ambiente estructural con el 33% y el

ambiente denudacional con el 20,2% del área total, en una menor proporción los ambientes fluvial y glacial ocupan el 0,5%, 2,7% respectivamente.

Como se mencionó anteriormente el área de análisis se localiza en el municipio de Manizales, el cual dentro de la delimitación de ambientes geomorfológicos se encuentra en un ambiente denudacional (Sierra Denudada) y volcánico (Manto de piroclastos y Flujos laháricos aterrazados predominantemente). Dentro de este ambiente la unidad equivalente a la zona es denominada como Sierra Denudada que se caracteriza por su morfología montañosa y elongada, con un índice de contraste de relieve muy alto, con índice de inclinaciones de laderas muy abruptas, de longitudes muy largas y forma cóncava, presenta interfluvios de tipo agudo. En algunos lugares la geoforma se encuentra recubierta en sus partes más altas por materiales de tipo volcánico, con lo cual se suaviza su topografía.

A continuación, en la **Figura 3** se presenta la ubicación de la zona de estudio dentro del mapa de unidades geomorfológicas realizado por el Servicio Geológico Colombiano (2014).

Figura 3 Plancha Geomorfológica 206 – Manizales. (Zoom al área del municipio de Manizales, Caldas).



Fuente: Adaptado de (SGC, 2014).

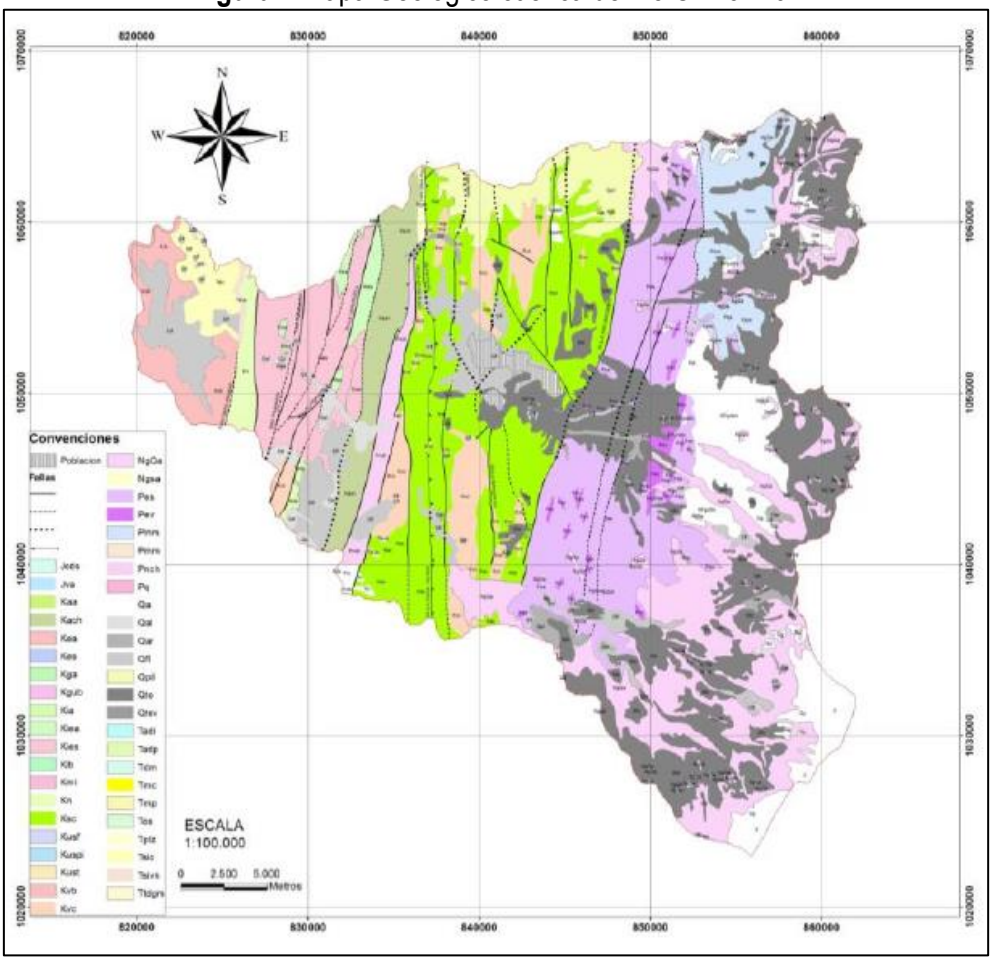
4.3. PLAN DE ORDENACIÓN Y MANEJO AMBIENTAL DE LA CUENCA HIDROGRÁFICA DEL RÍO CHINCHINÁ (POMCA) (CONVENIO CORPOCALDAS – ASOCARS – U.N., 2013)

El "Plan de Ordenación y Manejo Ambiental de la Cuenca Hidrográfica del Río Chinchiná" (POMCA) es un proyecto de gestión ambiental implementado en la región de Caldas, Colombia. El documento examina en detalle la cuenca del río Chinchiná, su contexto físico, social, económico y ambiental, y propone estrategias para su manejo y conservación sostenible.

La cuenca está ubicada en la región Centro-Sur de Caldas y es un importante afluente del río Cauca. Cubre 1,052 km², que representan el 14% del área de Caldas. La delimitación se realizó utilizando un modelo de elevación digital y cartografía detallada. Se divide en subcuencas, como Guacaica, Chinchiná y Rioclaro, cada una con características de drenaje específicas. Los análisis hidrológicos y climatológicos destacan una precipitación bimodal con dos temporadas lluviosas, alta pendiente en las montañas y un régimen de temperatura variable que se relaciona con los pisos térmicos.

La cuenca se encuentra en una región de alta actividad tectónica y volcánica, lo que influye en su geomorfología y riesgo de desastres. Los estudios geológicos identifican formaciones rocosas de origen volcánico, sedimentario y metamórfico. El mapa geológico de la zona de estudio fue elaborado y ajustado tomando como referencia el mapa geológico de Caldas del Instituto Geográfico Agustín Codazzi (2010) (**Figura 4**).

Figura 4 Mapa Geológico cuenca del río Chinchiná.



Fuente: (CONVENIO CORPOCALDAS – ASOCARS – U.N., 2013) Adaptado IGAC, 2010.

Este documento describe la composición geológica y los procesos estructurales que afectan la cuenca, en donde se define que "*Las vertientes de montaña están constituidas por rocas de origen ígneo y metamórfico, principalmente, y están cubiertos en grandes extensiones de mantos de una cubierta de caída piroclástica con espesores variables, dependientes de la topografía previa a la depositación de materiales de ceniza y lapilli (Instituto Geográfico Agustín Codazzi, 2004; Duque et al., 2009; Duque, 2013). La zona cuenta con una gran variedad de unidades geológicas de diferentes edades y orígenes, que muestran el basamento de la Cordillera Central y su historia volcánica reciente y subreciente e incluyen en orden cronológico de la más antigua a la más reciente las siguientes (INGEOMINAS, 1993; Alcaldía de Manizales, 2003; Duque et al., 2009; Duque, 2013): Complejo Cajamarca (Pzc), Intrusivo Gnéisico Sintectónico (Pinm), Complejo Arquía (Keslp), Complejo Quebradagrande, Stock de Manizales (Kscm), Gabros de Chinchiná-Santa Rosa (Kdg), Secuencia Vulcano-Sedimentaria Irra-Tres Puertas (Tsic - Tsiv), Unidad de Flujos Vulcaniclásticos (Tsmc),*

Lavas indiferenciadas (Tqa), Ignimbrita del Guacaica (Tsig), Depósitos de Caída Piroclástica (Qto), Depósitos recientes (Qr)" (CONVENIO CORPOCALDAS – ASOCARS – U.N., 2013).

La cuenca está marcada por importantes estructuras tectónicas, incluyendo el sistema de fallas Romeral y otras fallas locales como la Falla del Cauca y Tapias. Estas estructuras indican una actividad tectónica histórica, vinculada al movimiento de las placas Caribe y Nazca.

Existe la formación de Plegamientos y Alineamientos en la cuenca que siguen la dirección norte-sur, conformando una orientación paralela a las cordilleras. Los alineamientos afectan la topografía y el curso de ríos y quebradas, especialmente en áreas de rocas metamórficas. Por otro lado, las vertientes de montaña, compuestas por rocas volcánicas y metamórficas, están sujetas a procesos erosivos que forman depósitos aluviales y coluviales en los valles.

Debido a la pendiente y a la variada composición geológica, la cuenca es vulnerable a deslizamientos, particularmente en áreas donde las capas volcánicas se superponen a las rocas sedimentarias. La presencia de depósitos de cenizas y lapilli en ciertas áreas resalta la actividad volcánica reciente, la cual impacta en la estabilidad del suelo y en la calidad del agua, por el aporte de materiales volcánicos a los ríos y quebradas.

En cuanto al medio biótico se identificaron 10 zonas de vida, desde bosque húmedo tropical hasta áreas nival y de páramo, las cuales albergan una gran diversidad de especies endémicas y ecosistemas. Se han delimitado áreas protegidas bajo diversas categorías (parques nacionales, reservas forestales y distritos de conservación de suelos), con el Parque Nacional Natural los Nevados como una de las áreas protegidas clave. La cobertura del suelo se caracteriza principalmente por territorios agrícolas y bosques, aunque el cambio en las coberturas vegetales ha sido significativo entre 2002 y 2010, con una reducción notable en las áreas de bosque natural.

Los estudios de calidad del agua identificaron fuentes de vertimientos y evaluaron parámetros físico-químicos mediante campañas de monitoreo, señalando una degradación en algunas zonas debido a la actividad humana. Se utilizó el modelo hidrológico TETIS para simular la oferta y demanda de agua en la cuenca, destacando la importancia de mantener un equilibrio para garantizar la disponibilidad hídrica sostenible.

El POMCA emplea la plataforma CAPRA para evaluar amenazas de origen natural como deslizamientos, inundaciones, incendios forestales, actividad volcánica y sísmica.
En deslizamientos, se identificaron zonas vulnerables en función de factores como la pendiente y la composición del suelo. Para las inundaciones, se analizaron tormentas estocásticas y periodos de retorno de 10 a 50 años.
También se investigaron riesgos asociados a los volcanes Nevado del Ruiz, Santa Isabel y Cerro Bravo, aplicando modelos para prever impactos de flujos piroclásticos y caída de cenizas.

4.4. PLAN DE ORDENAMIENTO TERRITORIAL DE MANIZALES (ALCALDÍA DE MANIZALES, 2001).

Este documento establece un diagnóstico integral sobre el territorio urbano, cubriendo aspectos como la localización, la estructura urbana, la estructura demográfica, el sistema hídrico, el uso del suelo y los riesgos geológicos en el área urbana del municipio de Manizales, todo con el fin de mejorar la planificación y el ordenamiento de la ciudad para asegurar su desarrollo sostenible. A continuación, se resumen los puntos más importantes.

Manizales está situada en el departamento de Caldas, en la vertiente occidental de la Cordillera Central, con una topografía escarpada y formando parte del llamado "Triángulo de Oro", entre Bogotá, Medellín y Cali. Su población es mayoritariamente urbana (93.1% en 1998) y joven, con casi la mitad de la población menor de 24 años. Se proyecta que la población urbana alcance los 397,816 habitantes en 2008.

El 75.91% del suelo urbano está destinado a viviendas, seguido por usos institucionales (7.54%), comerciales (6.23%) e industriales (3.83%). Existen problemas en la distribución de usos, como la invasión de áreas residenciales por actividades comerciales y la falta de claridad normativa sobre los usos permitidos especialmente en cuanto a la invasión del espacio público y la insuficiencia de infraestructura para soportar actividades comerciales e industriales. Este documento clasifica los usos del suelo en áreas de actividad múltiple (como el Centro Tradicional), áreas residenciales, comerciales, y zonas industriales. Además de esto se reconocen áreas con cobertura vegetal destinadas a la agricultura y la ganadería, especialmente en las comunas periféricas como la Comuna 7, pero el uso del suelo para sobrepastoreo ha generado erosión en algunas áreas, afectando la estabilidad del suelo

En cuanto al sistema hídrico, la ciudad pertenece a la subcuenca del río Chinchiná que es crucial para el abastecimiento de agua de la ciudad, además este río atraviesa la ciudad. Las quebradas más importantes son Olivares y Manizales, ambas sufren problemas de contaminación por desechos residuales y actividades mineras.

Además de esto en este documento se describen varias unidades geológicas en el área de Manizales, que incluyen formaciones sedimentarias, ígneas y depósitos recientes asociados a procesos volcánicos. Posteriormente se resumen los puntos más importantes de estas unidades:

- Formación Quebradagrande (Kqd): Consiste en una intercalación de areniscas, lodolitas y chert. Presenta fracturamiento y plegamiento significativo debido a su proximidad al sistema de fallas Romeral. Esta formación aflora principalmente en las comunas 5 y 6.
- Gabros de Olivares (Kgb): Se encuentran al norte de la ciudad, con afloramientos en el barrio Galán y el cauce del río Olivares. Estas rocas presentan una coloración verde por la presencia de olivinos.
- Formación Casabianca (Tscb): Sedimentos volcanogénicos que reposan sobre la Formación Manizales. Se encuentran en comunas centrales como la 2, 4, 8 y 10.
- Formación Manizales (Tsmz): Se compone de depósitos fluviovolcánicos muy compactados, con conglomerados de chert y otros materiales. Se localiza en las comunas 1, 3 y 11.

- Domo Sancancio (Qdsc): Una estructura volcánica ubicada cerca de los barrios La Playita y Aranjuez, compuesta por basaltos porfiríticos.
- Domos de Tesorito (Qdt): Dos domos volcánicos al sureste de la ciudad, con características de colada y domo simple. Se encuentran en el sector de Maltería.
- Depósitos de Caída Piroclástica (Qcp): Constituidos por cenizas y pómez provenientes del complejo volcánico Ruiz-Tolima. Estos depósitos cubren cerca del 30% del área urbana en sectores de las comunas 7, 8 y 9.
- Depósitos Aluviales (Qal): Se asocian a los ríos y quebradas principales, como el río Chinchiná y las quebradas Olivares y Solferino. Están conformados por material piroclástico retrabajado y fragmentos de roca.

Las Formaciones superficiales descritas en la zona están principalmente relacionadas con la actividad volcánica y los procesos fluviales. Los principales tipos son:

- Depósitos de Caída Piroclástica (Qcp): Son depósitos recientes formados por cenizas, arenas volcánicas y pómez, provenientes de erupciones volcánicas. Estos materiales son inconsolidados y forman una secuencia estratigráfica que cubre aproximadamente el 30% del área urbana. Son el resultado de la actividad explosiva del complejo volcánico Ruiz-Tolima.
- Depósitos Aluviales (Qal): Asociados con los ríos y quebradas que cruzan la ciudad, como el río Chinchiná y la quebrada Olivares. Están formados por sedimentos piroclásticos y fragmentos de roca transportados y depositados por las corrientes fluviales. Estos depósitos son semiconsolidados a inconsolidados.
- Depósitos de Flujos de Escombros (Qfe): Están ubicados principalmente cerca del río Chinchiná y provienen de la actividad fluviovolcánica. Son una mezcla de materiales volcánicos, incluidos flujos de lodo y escombros, que se formaron durante eventos volcánicos pasados. Estos depósitos son característicos de la región debido a su proximidad al macizo volcánico Ruiz-Cerro Bravo.

El marco tectónico y la geología estructural de la zona de Manizales, descritos en el documento, destacan su complejidad debido a la convergencia de las placas tectónicas Suramericana, Nazca y Caribe. Esto genera un alto nivel de actividad sísmica y características de fallamiento activo. La placa Nazca se desplaza hacia el oriente subduciendo la placa Suramericana, mientras que la placa Caribe se mueve más lentamente.

A nivel local, Manizales está afectada por dos sistemas principales de fallas: la falla de Romeral y la falla de Palestina, con direcciones predominantes norte-sur y noreste, respectivamente. Estos sistemas son responsables de un fuerte tectonismo, evidenciado en el fracturamiento y el levantamiento de las rocas, lo que incrementa los riesgos de movimientos de masa.

Algunas fallas importantes en la zona son la falla de Chipre, que forma un escarpe visible en el oeste de la ciudad; la falla Manizales-Aránzazu, que cruza la ciudad y afecta los cauces de ríos locales; y la falla del Cementerio, que cruza el centro de la ciudad. Estas fallas generan estructuras morfológicas como facetas triangulares, silletas, y cañones profundos.

La geomorfología en la zona de Manizales está fuertemente influenciada por su ubicación en la Cordillera Central de los Andes y su proximidad al complejo volcánico Ruiz-Tolima. El paisaje está dominado por montañas, cañones y valles profundos formados por la interacción de procesos volcánicos, tectónicos y erosivos como se resume a continuación.

- Estructuras volcánicas: La actividad volcánica ha generado depósitos piroclásticos y flujos de lodo que modelan gran parte del relieve. Los domos volcánicos, como el Domo Sancancio, son prominentes en el área y marcan el paisaje con formas abruptas y pendientes pronunciadas.
- Escarpes de falla: El área está afectada por importantes fallas tectónicas, como la falla de Romeral y la falla de Palestina. Estas fallas han creado escarpes y alineaciones de colinas y facetas triangulares que caracterizan el relieve.
- Procesos de erosión y sedimentación: La intensa pluviosidad y las pronunciadas pendientes favorecen la erosión fluvial, que ha formado profundos cañones en las quebradas y ríos que cruzan la ciudad, como el río Chinchiná y la quebrada Olivares.

Por otro lado, en el POT se mencionan varios procesos erosivos que afectan el área de Manizales, los cuales se deben principalmente a la combinación de factores naturales y actividades humanas. Estos procesos incluyen:

- Deslizamientos activos: Manizales es susceptible a deslizamientos debido a la combinación de pendientes pronunciadas y suelos poco consolidados. Este proceso afecta tanto áreas urbanas como rurales. Según este documento en el sector de Viveros para los años de 1987 a 1993 se localizan deslizamientos durmientes y activos
- Reptación: Movimiento lento del suelo en laderas inclinadas, lo que genera inestabilidad a largo plazo en algunas zonas.
- Carcavamiento: Se refiere a la erosión progresiva de los suelos, que forma zanjas profundas en áreas afectadas, particularmente en terrenos con poca vegetación.
- Solifluxión: Movimiento de suelo saturado de agua, que ocurre en pendientes suaves, resultando en la deformación del terreno y la creación de flujos lentos de barro.
- Socavamiento de Orillas. Consiste en el desgaste progresivo de las orillas, causado por la acción de las corrientes de agua que con el tiempo llagan a formar taludes cóncavos y subverticales por pérdida de soporte en la base, sufriendo agrietamientos en la parte superior, lo que favorece su posterior deslizamiento. Este tipo de proceso se encuentra afectando algunos sectores de los barrios La Paz, Villa Luz, Villa Julia y El Guamo, principalmente. Sobre la quebrada Manizales en el sector industrial, el río Chinchiná en Lusitania parte baja y en el sector del Bosque Popular, en la Playita, en la quebrada Olivares, cerca del puente en la entrada al Solferino, el matadero y Aguas de Manizales.

Estos procesos, relacionados con la alta pluviosidad y las características geológicas y topográficas de la región, representan un riesgo significativo para la infraestructura urbana y rural de la ciudad.

El documento establece que en general las amenazas naturales y antrópicas a las que se encuentra expuesta la ciudad de Manizales son: deslizamientos, inundaciones, sismos, erupciones volcánicas e incendios. A continuación, se describen los tipos de amenazas clasificadas según el POT, además de las condiciones de vulnerabilidad y riesgo que influyen en o cerca del área de estudio:

- **Amenaza por deslizamientos**

Amenaza Alta: Aquellas en las que existen deslizamientos activos (sin tener en cuenta el tipo), reptación y donde las condiciones geológicas son desfavorables para el terreno: pendientes superiores a los 25°, depósitos recientes como de caída piroclástica, coluviales, aluviales y antrópicos (llenos), cultivos, asentamientos subnormales y la incidencia de los agentes detonantes de la inestabilidad. También se tuvieron en cuenta antecedentes erosivos de la zona, aunque en la actualidad no haya evidencia de los mismos. Las zonas de amenaza alta se distribuyen así:

- En la ladera Norte: Sectores de los barrios La Linda, Villapilar, San Cayetano, La Carola, Viveros, La Cumbre, Sinaí, Solferino, Bosques del Norte, El Caribe, Altos de Capri, Fanny González, sector occidental de Corinto, Santa Helena, Estrada, Galán, San Ignacio, La Avanzada y Campohermoso, principalmente.

- **Amenaza por inundaciones**

Amenaza Alta: Zonas de llanuras de inundación conformadas por depósitos aluviales actuales y flujos de escombros, con pendientes menores a 15° y en donde se tienen reportes históricos de la ocurrencia de este fenómeno; dichas zonas se ubican en los barrios La Playita, Lusitania parte baja, el sector de la Toscana lindando con la escuela Alejandro Gutiérrez, el sector del Matadero, un sector del barrio Chachafruto, barrio El Pinar, a lo largo de las quebradas El Guamo, Manizales, Tesorito y sectores de la quebrada Olivares.

Respecto a los riesgos Naturales Manizales está expuesta a riesgos geológicos significativos debido a su ubicación en una zona sísmica activa y la presencia de laderas vulnerables a deslizamientos. Los deslizamientos de tierra y los movimientos de masa son los fenómenos más comunes, agravados por la deforestación y el desarrollo urbano. Algunas áreas con alto riesgo incluyen la Comuna 7 y las zonas alrededor del Cerro Tesorito y el Cerro Sancancio.

- **Vulnerabilidad por deslizamientos**

Vulnerabilidad Moderada: Involucra zonas de los barrios La Linda, La Avanzada, Altos de Capri, Palonegro, Sinaí, Parte Baja del Caribe sobre la avenida Kevin Ángel, Altos de Capri, Altos de Granada, Villa Café-Yarumales, Villa Luz, Minitas, remansos de la Sultana, Parte Alta de Lusitania, Camilo Torres, Cervantes, El Nevado, Alto y Bajo Persia, Veinte de Julio, El Carmen, Bosconia, Albania, Estambul, Panorama, Asturias, Quinta Hispania, La Francia, Morrogacho, vía a Arauca en el sector de Villa Pilar y la vía a Neira desde la intersección de ésta con la avenida Kevin Ángel hasta la parte Norte de Corinto.

- **Vulnerabilidad por inundación**

Vulnerabilidad Alta: Las zonas altamente vulnerables se ubican en algunos tramos del río Chinchiná hacia los sectores del barrio La Playita y parte baja del barrio Lusitania, así como en algunos afluentes como la quebrada Manizales a lo largo de la zona industrial de Maltería. De igual forma en la parte Norte de la ciudad la quebrada El Guamo se encuentra afectando el sector del Solferino, la quebrada Minitas afectando la toscana y el sector del Matadero. Al Este la quebrada El Perro afecta el Sector del Chachafruto.

- **Riesgo por inundación:**

Riesgo Alto: Hacia el sector Norte de la ciudad se destaca un tramo de la quebrada el Guamo y el barrio La Toscana en límites con la escuela Alejandro Gutiérrez y el sector del Matadero. Así como en el sector del Chachafruto. Lugares en los cuales, a raíz de un represamiento en la parte superior, producto de deslizamientos, de los causes se han desencadenado avalanchas que aguas abajo inundan estos sectores.

4.5. PLAN DE ORDENAMIENTO TERRITORIAL DEL MUNICIPIO DE MANIZALES 2017-2031 DIAGNOSTICO- DOCUMENTO RESUMEN (ALCALDÍA DE MANIZALES, 2017).

En este documento se describe el contexto y la necesidad de actualizar el POT, inicialmente aprobado en 2001 mediante el Acuerdo No. 508 y modificado en 2003 y 2007. Dado que su vigencia ha finalizado y que la ciudad sigue operando bajo este plan, el documento resalta la importancia de una revisión completa para alinear el POT con la Ley 388 de 1997 y los decretos correspondientes.

La revisión inició en 2012 con un diagnóstico integral que evaluó retrospectivamente las normativas y el impacto de las modificaciones al POT. El objetivo de este diagnóstico fue analizar las transformaciones urbanas y físicas del municipio, evaluar los resultados de la implementación del POT y generar conclusiones y recomendaciones clave para la nueva formulación del plan. El documento sintetiza la evaluación de varias dimensiones: suelo, espacio público, vivienda, medio ambiente, entre otros aspectos esenciales para el desarrollo territorial sostenible de Manizales. Los principales aspectos analizados incluyen:

- Estructura y Marco Normativo: Se revisan las normativas y acuerdos que desde 2001 han regido el POT, evidenciando la necesidad de consolidar estas regulaciones en un único documento para facilitar su comprensión y aplicación.
- Seguimiento y Evaluación del POT (2001-2012): Se evaluaron los logros y limitaciones del plan en cuanto a objetivos de ordenamiento territorial, expansión de suelo urbano y desarrollo rural. El análisis resalta áreas de mejora, especialmente en la gestión del uso del suelo y la accesibilidad.
- Condiciones Físico-Territoriales Actuales: La situación actual del suelo, espacio público, vivienda, servicios, movilidad y factores ambientales del municipio se examina en profundidad. Identifica problemas como el déficit de espacio público, la falta de conectividad y las barreras para la movilidad.
- Recomendaciones para la Nueva Formulación del POT: Entre las sugerencias clave, se destaca la necesidad de un modelo de ocupación que integre el desarrollo urbano con los sistemas de

movilidad, el ambiente y la economía local. Además, se proponen estrategias para el manejo del riesgo y la sostenibilidad, así como una mayor participación comunitaria en el proceso.

Para el Plan de Ordenamiento Territorial (POT) se realiza entonces el Diagnóstico de Amenazas y Riesgos 2017 de Manizales, el cual analiza detalladamente los riesgos naturales y antrópicos que enfrenta el municipio, resaltando las áreas vulnerables y proponiendo medidas para reducir riesgos en el contexto urbano.

Como amenazas naturales contempla lo siguiente:
- Deslizamientos: Los más frecuentes en Manizales se relacionan con movimientos de masa y erosión hídrica, exacerbados por la deforestación y el desarrollo urbano en áreas de ladera. Un 2% del área urbana sufre de erosión, con un avance anual del 11.3%.
- Inundaciones: En áreas cercanas a los ríos Chinchiná y Olivares, los periodos de lluvias intensas pueden provocar inundaciones. Se clasifica la amenaza en alta, moderada y baja, basándose en la topografía y la proximidad al cauce.
- Sismicidad: Manizales tiene una alta amenaza sísmica debido a fallas geológicas y la actividad de placas tectónicas en la región. El riesgo se evalúa considerando la estructura de los suelos y el tipo de construcciones predominantes.
- Actividad volcánica: La proximidad al volcán Nevado del Ruiz implica riesgo de caída de cenizas en caso de una erupción, afectando principalmente a la infraestructura y la salud pública.

También contempla las Amenazas Antrópicas de la siguiente manera:
- Incendios urbanos: El centro histórico y otras zonas con construcciones de bahareque y guadua tienen alta vulnerabilidad al fuego. También influyen factores como la topografía, la accesibilidad y el tipo de construcción, con algunos barrios altamente expuestos debido a la densidad de viviendas y la falta de infraestructura adecuada.
- Subsidencia: En áreas urbanizadas en antiguos rellenos o con tuberías envejecidas, como los barrios San Joaquín y Normandía, se han reportado hundimientos del terreno, aumentando el riesgo para las viviendas y la infraestructura pública.

Con base en el estudio de las amenazas y riesgos en Manizales se contemplan las siguientes Propuestas y Recomendaciones:
- Se enfatiza la importancia de una planificación urbana basada en estudios detallados de microzonificación sísmica, con el fin de establecer criterios de construcción seguros.
- Para las amenazas de incendio, se recomienda actualizar el inventario de tipologías constructivas y mejorar la infraestructura para el acceso de los bomberos, además de integrar las zonas de riesgo en el desarrollo urbano.
- Implementación de políticas de reforestación y control de la erosión en áreas críticas para reducir el riesgo de deslizamientos.
- Finalmente, el documento sugiere la necesidad de fortalecer la cultura de prevención y preparación en la comunidad, para mejorar la respuesta ante emergencias y minimizar las pérdidas humanas y materiales.

En resumen, el diagnóstico del POT de Manizales identifica áreas vulnerables y sugiere acciones para mitigar los impactos de amenazas naturales y tecnológicas, promoviendo un desarrollo urbano seguro y sostenible.

4.6. CARACTERIZACIÓN GEOLÓGICO–ESTRUCTURAL DE ALGUNAS ZONAS DE CIZALLA EN EL COMPLEJO QUEBRADAGRANDE EN LOS ALREDEDORES DE MANIZALES Y VILLAMARÍA (MORENO SÁNCHEZ, HINCAPIÉ, OSSA, & TORO TORO, 2016).

El documento titulado Caracterización geológico-estructural de algunas zonas de cizalla en el Complejo Quebradagrande en los alrededores de Manizales y Villamaría" analiza tres zonas de cizalla (Los Túneles-Río Olivares, El Arroyo-Corinto, y Gallinazo-Río Blanco) que se encuentran en el Complejo Quebradagrande, una unidad geológica ubicada en la Cordillera Central de Colombia.

El Complejo Quebradagrande está compuesto por bloques tectónicos de origen oceánico y continental. La deformación de este complejo ha dado lugar a la formación de zonas de cizalla, en las que se desarrollan rocas miloníticas y cataclásticas. Este estudio se centra en el análisis cinemático y estructural de las rocas afectadas por estas zonas de cizalla, con el objetivo de entender la evolución tectónica de la región.

El Complejo Quebradagrande se considera una cuenca marginal (backarc) formada durante el Cretácico Temprano. Las rocas ígneas del complejo incluyen gabros y basaltos de origen oceánico, sobre los cuales se superponen andesitas y basaltos calcoalcalinos, que indican la formación en un arco volcánico. Las zonas de cizalla están relacionadas con el movimiento lateral de la Placa Caribe, que colisionó con la placa Sudamericana durante el Cretácico Superior.

El análisis estructural se realizó a partir de la observación de afloramientos en cinco transectos y el uso de microscopía para identificar las estructuras de las rocas. Se analizaron parámetros como la foliación milonítica, la lineación mineral y los indicadores cinemáticos, como los porfiroclastos tipo σ y las estructuras S-C y S-C'.

Las tres zonas de cizalla principales identificadas en el Complejo Quebradagrande son:
- Los Túneles-Río Olivares: Esta zona está ubicada al oeste del área de estudio, cerca de la Falla Manizales-Aránzazu. Aquí se observan rocas miloníticas y metagabros deformados, con una foliación N-S y buzamientos hacia el este. Las deformaciones incluyen la formación de milonitas y protomilonitas, además de estructuras S-C y bandas de cizalla.
- El Arroyo-Corinto: Situada al este de la primera zona, esta región tiene una foliación con tendencia NNE-SSW y buzamientos altos hacia el este. Se identificaron milonitas a partir de tobas y rocas sedimentarias. Los análisis microscópicos muestran deformación en los minerales, con recristalización dinámica y extinción ondulatoria, indicando temperaturas de deformación de entre 250 y 350 °C.
- Gallinazo-Río Blanco: Esta es la zona más oriental, cerca de la Falla San Jerónimo. La foliación tiene una orientación N-S con buzamientos al este. Las rocas son milonitas derivadas de cuarzoarenitas y wackas arcósicas, con deformación cataclástica sobreimpuesta.

Los análisis de campo y microscopía indican que las tres zonas de cizalla presentan un patrón de deformación dextral, con componentes de cizalla inversa en algunos sectores. Se observa una deformación en régimen transpresivo, con combinación de cizalla simple y aplastamiento. El Complejo Quebradagrande se formó en un contexto tectónico de cuenca marginal. Las zonas de cizalla son el resultado de la colisión lateral de la Placa Caribe con la Placa Sudamericana, un evento que tuvo lugar durante el Cretácico Tardío. Las estructuras transpresivas dextrales en el complejo reflejan la disgregación de bloques tectónicos debido a la colisión.

Como conclusión general este estudio identifica tres zonas de cizalla en el Complejo Quebradagrande, todas ellas con condiciones cinemáticas y deformativas similares. La foliación de las rocas tiene una tendencia predominante de N-S a NNE-SSW, y los movimientos dextrales indican una deformación causada por transpresión. La investigación sugiere que la deformación de estas rocas ocurrió durante el Cretácico Tardío, relacionada con la colisión de la Placa Caribe.

4.7. GEOLOGÍA DE MANIZALES Y SUS ALREDEDORES Y SU INFLUENCIA EN LOS RIESGOS GEOLÓGICOS (NARANJO HENAO & RÍOS ALZATE, 1989)

Este documento de analiza la geología de la región de Manizales y sus alrededores, con un enfoque especial en la caracterización de unidades geológicas, estructuras tectónicas, actividad volcánica y las implicaciones de estos factores en los riesgos geológicos para la región.

El estudio tiene como objetivo analizar la geología de Manizales y sus alrededores en el contexto de la Cordillera Central, abordando su evolución geológica y los procesos tectónicos y volcánicos. Esta región se caracteriza por una actividad tectónica significativa y fenómenos volcánicos activos que aumentan los riesgos naturales.

La región está ubicada en el flanco occidental de la Cordillera Central de Colombia, donde se encuentran varias unidades geológicas. Destaca la presencia del Complejo Quebradagrande, constituido principalmente por rocas volcánicas y sedimentarias que indican un origen en un ambiente oceánico. La interacción de este complejo con fallas activas ha influido en la evolución geológica local.

Las Unidades Litológicas contempladas son:
- Complejo Quebradagrande: Descrito como una unidad clave en la región, compuesta por rocas volcánicas máficas y sedimentarias marinas del Cretácico, incluyendo basaltos y tobas intercaladas con areniscas y lutitas. Este complejo, de origen oceánico, presenta indicios de procesos tectónicos y sedimentarios marinos que revelan una historia geológica de cuenca marginal oceánica.
- Batolito Antioqueño: Constituido por rocas ígneas intrusivas como granodioritas y tonalitas que datan del Cretácico, y se localiza en la zona oriental de la región. Su presencia en la región indica un pasado de actividad magmática relacionada con un contexto tectónico de subducción
- Formaciones Volcánicas y Sedimentarias Modernas: Estas unidades recientes incluyen una mezcla de cenizas, flujos piroclásticos, y depósitos de lodo volcánico provenientes principalmente del Volcán Nevado

del Ruiz. Estos depósitos son geológicamente recientes y son un recordatorio constante de la actividad volcánica de la región.

La región está atravesada por varias fallas geológicas activas, entre ellas:
- Falla Palestina: Una de las principales estructuras de la zona, asociada a sismos frecuentes y actividad volcánica.
- Sistema de Fallas Romeral: Marca un límite importante entre bloques geológicos de distintas características. Su actividad tectónica ha generado una serie de estructuras menores y fracturas en la región, contribuyendo a la alta sismicidad y actividad geotérmica local.

En cuanto a la Actividad Volcánica y los Riesgos se contempla que la proximidad al Volcán Nevado del Ruiz representa un riesgo importante para Manizales debido a sus erupciones históricas y la posibilidad de flujos piroclásticos, avalanchas y lahares. Por lo que se analiza los productos volcánicos emitidos en erupciones pasadas y se evalúan las áreas en riesgo de acuerdo con los patrones de distribución de cenizas y flujos.

Por otro lado, en riesgos Geológicos y Amenazas Naturales se describen:
-Deslizamientos: La topografía escarpada y la actividad sísmica, junto con la intensa erosión, contribuyen a una alta susceptibilidad a deslizamientos.
-Sismicidad: La región experimenta sismicidad frecuente debido a la actividad tectónica asociada con las fallas Romeral y Palestina.
- Flujos de Lodo y Avalanchas: Asociados con la actividad volcánica del Nevado del Ruiz, estos eventos han causado históricamente pérdidas de vidas y destrucción de infraestructura.

El estudio concluye que la región de Manizales es geológicamente compleja y presenta riesgos geológicos importantes debido a la interacción de factores tectónicos y volcánicos. La actividad de las fallas y la proximidad a un volcán activo elevan la vulnerabilidad de la región a sismos, deslizamientos y erupciones. Se recomienda una gestión de riesgos que incluya monitoreo constante, estudios de zonificación de riesgos y planes de mitigación para la población y las infraestructuras locales.

4.8. PETROGRAFÍA Y GEOQUÍMICA DE LOS METAGABROS DEL RÍO OLIVARES SECTOR NNW DE MANIZALES (CALDAS) (TORO TORO, HINCAPIÉ JARAMILLO, & OSSA MEZA, 2010).

El documento titulado "Petrografía y geoquímica de los metagabros del Río Olivares" es un estudio geológico detallado de los metagabros, un tipo de roca ígnea intrusiva, presentes en el sector N-NW de la ciudad de Manizales, Colombia. Estos metagabros se encuentran en el Complejo Quebradagrande, en un área afectada por tectonismo intenso. A continuación, se presenta un resumen detallado de los principales puntos abordados en el estudio.

Los metagabros del río Olivares afloran en las márgenes del río Olivares, cerca de Manizales, especialmente en áreas como el barrio Los Cedros y sectores cercanos al Hospital Geriátrico de Caldas. También se presentan de forma discontinua a lo largo de la vía principal entre Manizales y Neira. Se presentan como cuerpos de rocas intrusivas que varían en tamaño desde escamas centimétricas hasta métricas, con

contactos tectónicos complejos. Estas rocas están asociadas al Complejo Quebradagrande, una unidad geológica cretácica que representa parte del basamento oceánico colombiano. La estructura de la región se ha visto afectada por la colisión entre la Placa Caribe y la Placa Suramericana, lo que ha contribuido a la deformación tectónica y la desmembración de ofiolitas.

Los metagabros analizados presentan texturas ígneas relictas, incluyendo texturas cúmulo e isotrópicas gabróicas. Los minerales primarios incluyen plagioclasa cálcica y clinopiroxenos, mientras que los minerales secundarios son anfíboles, clorita, epidota, cuarzo y carbonatos. Se observan texturas miloníticas y cataclásticas, lo que indica que las rocas han sido sometidas a un metamorfismo y deformación posterior a su formación inicial.

El estudio geoquímico revela que los metagabros del río Olivares son de afinidad toleítica, lo que sugiere que estas rocas se originaron a partir de un magma oceánico, específicamente de tipo MORB (Mid-Ocean Ridge Basalt), característico de dorsales oceánicas. Los análisis de elementos traza y tierras raras muestran patrones consistentes con rocas de origen en el manto superior. En particular, los diagramas geoquímicos muestran que estas rocas provienen de la cristalización fraccionada de un magma único, enriquecido en elementos como Zr y Hf.

Se concluye que los metagabros se formaron en un ambiente de piso oceánico durante el Cretácico temprano. Están asociados con un proceso de apertura de cuenca intraoceánica y posterior cierre debido a la colisión de placas. Los indicadores geológicos sugieren que estas rocas fueron afectadas por metamorfismo de fondo oceánico, lo que llevó al reemplazo de minerales primarios por secundarios, especialmente en facies de esquistos verdes.

El estudio concluye que los metagabros del Río Olivares son una parte fundamental del basamento oceánico del Complejo Quebradagrande. Su origen está relacionado con procesos magmáticos en una cuenca oceánica durante el Cretácico, seguida por deformación tectónica asociada a la convergencia de placas. Las texturas cúmulo y las características geoquímicas sugieren que estas rocas se originaron por cristalización fraccionada de un magma toleítico. Además, el metamorfismo posterior y la milonitización indican que la región experimentó una intensa actividad tectónica y deformación.

Este documento proporciona una visión completa de la petrogénesis y el contexto tectónico de los metagabros del río Olivares, con implicaciones para la evolución geológica de la región de Manizales y su historia tectónica.

5. CAPÍTULO 5. ESTUDIOS DE CAMPO

5.1. ANÁLISIS MULTITEMPORAL

El análisis multitemporal consiste en la comparación de imágenes satelitales y fotografías aéreas de diferentes temporalidades para conocer la migración lateral del cauce, la ocurrencia, avance o retroceso de procesos de erosión y sedimentación (morfodinámica), además de la evolución e intervención antrópica a través los cambios realizados en el uso del suelo. La estimación de variaciones entre imágenes brinda la información necesaria para poder determinar los cambios sufridos en la zona y observar la evolución de dichos procesos, teniendo en cuenta diferentes momentos del tiempo para hacer proyecciones sobre el territorio.

Es necesario mencionar que la escala de detalle de estas imágenes puede no ser favorable, ya que en muchos casos la resolución está por debajo de la calidad requerida, por lo tanto, para el análisis multitemporal se tuvieron en cuenta solo las imágenes que tienen una resolución aceptable y fueron tomadas de diferentes fuentes como el geoportal de la Alcaldía de Manizales (2010, 2014, 2021), la plataforma Google Earth (2015, 2018, 2020); además de en un ortomosaico de elaboración propia (2024). En la **Tabla 1** se presentan las características de resolución para cada una de las imágenes utilizadas en este análisis.

Tabla 1 Características de las imágenes utilizadas en el análisis multitemporal.

AÑO	FUENTE	RESOLUCIÓN
2010	Geoportal Alcaldía de Manizales	1cm
2014	Geoportal Alcaldía de Manizales	1 cm
2015	CNES/Airbus	50cm
2018	Maxar Technologies	30cm
2020	Maxar Technologies	30cm
2021	Geoportal Alcaldía de Manizales	1 cm
2024	Ortomosaico a partir de procesamiento fotogramétrico	1 cm

Fuente: Elaboración propia.

Para el año 2010 se cuenta con un recurso fotográfico de buena resolución, a partir del cual no se identifican procesos denudativos en el área, sin embargo (**Figura 5**), se localizan 4 procesos acumulativos por medio de barras longitudinales localizadas a lo largo del segmento de la quebrada sobre la margen izquierda aguas abajo. Por otro lado, se aprecia que el trazo del drenaje correspondiente a la Quebrada Olivares es predominantemente rectilíneo y realizando una comparación con el cauce actual se logra identificar que para el año 2010 el cauce de la quebrada tenía una amplitud mayor a la actual, sin embargo, la tendencia en el trazo del cauce no tiene variaciones.

Por otro lado, se aprecia la ausencia de coberturas de protección en el tramo del cauce, además de que la mayor parte del área de estudio está cubierta por zonas de vegetación secundaria, pastos enmalezados, zonas verdes urbanas y solo al norte de la zona se aprecia la existencia de un área de bosque fragmentado hacia el Ecoparque Los Yarumos. En cuanto al área urbanizada se identifican cinco segmentos viales principales que atraviesan el área y confluyen en la parte centro-oeste del área de estudio mediante un

puente en el barrio La Toscana, diagonal a la Escuela de Carabineros Alejandro Gutiérrez, de la que hacen parte la mayoría de las construcciones localizadas al norte de la zona de análisis.

Finalmente, al sur del área se observa la predominancia de áreas construidas hacia el oeste, mediante varias edificaciones en su mayoría viviendas del barrio La Toscana, además de una estación de servicio; mientras que hacia el este de la zona existe un área sin intervención que aporta a las zonas con cobertura vegetal para esta temporalidad.

Figura 5 Análisis multitemporal para la zona de estudio en el año 2010.



Fuente: Elaboración propia.

Para el año 2014 también se cuenta con un recurso fotográfico de buena resolución (**Figura 6**), a partir del cual no se identifican procesos de remoción en masa en el área, considerando que la zona tiene una morfología predominantemente plana a suavemente inclinada y que predominan las zonas urbanizadas. Por otro lado, se aprecia que el trazo del drenaje correspondiente a la Quebrada Olivares es predominantemente

rectilíneo en donde no se logra identificar la existencia de zonas de acumulación de sedimentos recientes por medio de barras, lo que indica una disminución en su tasa de depositación o que ha aumentado el caudal de que quebrada respecto al año anterior. Realizando una comparación con el cauce actual se logra identificar que para el año 2014 el cauce de la quebrada tenía una amplitud mayor a la actual en la mayor parte del segmento, sin embargo, la tendencia en el trazo del cauce no tiene variaciones significativas. Adicional a esto, se observa una zona de socavación lateral hacia la parte más este (color amarillo), que en su mayoría queda por fuera del área de análisis, en esta zona se genera una superficie de erosión que no afecta el terreno para esta temporalidad.

Respecto a las coberturas del suelo se sigue apreciando la ausencia de coberturas de protección en el tramo del cauce y que la mayor parte del área de estudio sigue cubierta por zonas de vegetación secundaria, zonas verdes urbanas y pastos limpios y permanece la existencia de un área de bosque fragmentado hacia la parte norte; cabe resaltar que para este año se observa un mayor cuidado en la vegetación que rodea la infraestructura del sector. En cuanto al área urbanizada se identifican igualmente los cinco segmentos viales principales que atraviesan el área, además de la prevalencia de áreas construidas hacia el suroeste y el área sin intervención antrópica hacia el sureste de la zona de estudio.

Figura 6 Análisis multitemporal para la zona de estudio en el año 2014.



Fuente: Elaboración propia.

En el año 2015 la resolución de la imagen es más baja que en los años anteriores, sin embargo, permite visualizar las características generales del área (**Figura 7**). Para este año no se identifican procesos de remoción en masa en el área, ni zonas de acumulación reciente por medio de barras en el trazo de la Quebrada Olivares. Adicional a esto, se observa que la zona de socavación lateral (color amarillo), identificada en el año 2014, para este año ha avanzado generando una zona de inestabilidad al borde de la quebrada, con afectaciones en una de las vías principales del área de análisis. Cabe resaltar que más de la mitad de este proceso queda fuera del área de análisis.

Para este año también es notoria la ausencia de coberturas de protección en el tramo del cauce, además de que al igual que en el año anterior las coberturas vegetales corresponden a zonas de vegetación secundaria, pastos limpios, zonas verdes urbanas y el área de bosque fragmentado en la parte norte. En cuanto al área urbanizada (vías y edificaciones) no se identifican cambios notorios. Finalmente, al sur de la

zona se observa el área construida hacia el oeste (barrio La Toscana) y que el área cubierta de vegetación de la parte este continua sin intervención antrópica.

Figura 7 Análisis multitemporal para la zona de estudio en el año 2015.



Fuente: Elaboración propia.

En el año 2018 se identifica que el trazo del cauce de la Quebrada Olivares permanece constante en su forma (predominantemente rectilíneo), sin evidencias de migración lateral, solo con algunas variaciones considerables en su amplitud hacia el este y el oeste del área con respecto al cauce del año 2015, además de la ausencia de coberturas de protección en el tramo del cauce. Por otro lado, se aprecia que el proceso de socavación lateral que para el año 2014 genero afectación en la vía, en esta temporalidad se encuentra subsanado por medio de una obra de estabilización que disminuye la socavación lateral del cauce y evita que continúe la perdida de la banca de la vía (**Figura 8**).

De otro lado no se identifican procesos de remoción en masa en el área, ni zonas de acumulación de sedimentos recientes por medio de barras y las coberturas del suelo corresponden mayormente a pastos limpios y vegetación secundaria, además de la zona de bosque al norte del área hacia el Ecoparque Los Yarumos que permanece constante; caso contrario a la parte sureste, en donde se reconocen zonas de tierras desnudas debido a la intervención antrópica de estas laderas, por medio del adecuamiento de vías para el ingreso de maquinaria que realiza aparentemente explanaciones y remoción de material en el terreno.

En cuanto al área urbanizada preexistente no se distinguen cambios apreciables, siguen existiendo los cinco segmentos viales principales que atraviesan el área y confluyen en el puente del barrio La Toscana y las construcciones en su mayoría conservan sus límites, sin embargo se aprecian adecuaciones en algunas edificaciones del barrio la Toscana y hacia el sector sureste se identifica la construcción de varias

edificaciones que parecen de carácter temporal para las intervenciones que se realizan en el terreno en este lugar.

Figura 8 Análisis multitemporal para la zona de estudio en el año 2018.



Fuente: Elaboración propia.

Para el año 2020 se tiene una imagen de la plataforma Google Earth Pro (**Figura 9**) que tiene cierto grado de desfase comparándola con los años anteriores, por lo que se puede pensar que el cauce de la quebrada ha sufrido una migración hacia al sur del área, pero al ser comparado con el año 2018 se logra evidenciar que el cauce continua con su trazo anterior, teniendo algunas variaciones en su amplitud que no son significativas.

Tampoco se observan nuevas superficies de erosión por socavación lateral y la zona de afectación identificada en el año 2015 permanece estable en este año. El único cambio que se puede identificar es respecto a un pequeño aumento en su cobertura de protección debido a la presencia de nuevas zonas de vegetación al oeste del área aguas abajo.

La parte norte de la zona de estudio no presenta cambios apreciables en su infraestructura, ya que las vías y edificaciones permanecen constantes en su forma y tamaño, además de esto la cobertura vegetal también corresponde a zonas de pastos limpios, vegetación secundaria y bosque fragmentado apreciados para el año 2014 y 2020. Cabe resaltar que para este año hacia la parte se idéntica mediante fotointerpretación un proceso erosivo clasificado erosión laminar, aunque la mayor parte del proceso se encuentra fuera de la zona de análisis.

El cambio más importante en la zona de estudio se presenta en la parte sur, en donde para el año 2018 se reconocen zonas de tierras desnudas debido al adecuamiento de algunas vías para el ingreso de maquinaria; mientras que en el año 2020, se aprecia la adecuación del terreno por medio de explanaciones, zonas de llenos para nivelar el terreno y remoción del material, por lo cual, la zona esta desprovista de vegetación en su totalidad; estas labores son realizadas con el fin de construir edificaciones en la área.
Por último, al suroeste del área de análisis prevalecen las áreas construidas identificadas desde el año 2014, que corresponden a edificaciones, en su mayoría viviendas del barrio La Toscana, además de una estación de servicio sobre la avenida Kevin Ángel.

Figura 9 Análisis multitemporal para la zona de estudio en el año 2020.



Fuente: Elaboración propia.

En el año 2021 se cuenta con una imagen del geoportal de la Alcaldía de Manizales en donde se aprecia que el trazo del cauce de la Quebrada Olivares permanece constante en su forma (predominantemente rectilíneo), sin evidencias de migración lateral, solo con algunas variaciones en su amplitud hacia el este del área con respecto al cauce del año 2020. Por otro lado, se observa la obra de estabilización realizada en años anteriores ha funcionado, ya que esta zona no presenta superficies de erosión por la socavación de la quebrada (**Figura 10**).

De otro lado no se identifican procesos de remoción en masa en la zona y el área del proceso erosivo identificado en el año anterior ya se encuentra revegetalizada, tampoco se observan zonas de acumulación de sedimentos recientes por medio de barras. Las coberturas del suelo corresponden mayormente a territorios artificializados, ya que ha aumentado considerablemente el área de las construcciones, además de esto existen zonas de pastos limpios y algunas zonas verdes urbanas, la zona de bosque al norte del área y zonas de tierras desnudas al sur, debido a la intervención antrópica en esta parte.

En cuanto al área urbanizada no se distinguen cambios apreciables en los cinco segmentos viales principales preexistente que atraviesan el área, sin embargo, se visualiza la adecuación de una rotonda al lado de la construcción de un complejo de apartamentos, además de una vía de acceso a este complejo. También se identifica la permanencia de varias edificaciones que parecen de carácter temporal hacia el sureste de la zona.

Figura 10 Análisis multitemporal para la zona de estudio en el año 2021.



Fuente: Elaboración propia.

Finalmente, para el año 2024 se tiene un ortomosaico de elaboración propia ajustado al área de análisis en donde se puede apreciar un trazo rectilíneo de la Quebrada Olivares además de que la presencia de coberturas de protección en el área de la quebrada es casi nula. Hacia la parte este al inicio de la quebrada

no se identifican cambios ni afectaciones en la obra de estabilización realizada en años anteriores (**Figura 11**).

El uso del suelo para esta apoca corresponde mayormente a territorios artificializados por medio del tejido urbano continuo y la red vial. En menor medida se encuentran pastos limpios, vegetación secundaria, algunas zonas verdes urbanas, una pequeña parte de bosque al norte del área y algunas zonas de tierras desnudas al oeste y sur del área que en su mayoría corresponden a adecuaciones del terreno para construcción.

En cuanto a los cambios en el área urbanizada preexistente, se identifica hacia la parte noroeste la construcción de nueva infraestructura en la parte superior de la quebrada y hacia el sur del área se localizan los cambios más notorios, con la terminación de la construcción de un complejo de apartamentos que ya se encuentran habitados, la terminación de la construcción de la vía de acceso a este complejo que va paralela a la vía que comunica el sector de La Toscana con la avenida principal del barrio la Sultana y finalmente la construcción adecuada de una rotonda al lado del complejo de apartamentos para facilitar el flujo del tráfico en el sector.

Con relación a los procesos morfodinámicos, para esta temporalidad no se identifican procesos de remoción en masa, sin embargo, se localizan dos zonas de acumulación de sedimentos recientes por medio de barras longitudinales localizadas en el área del puente de la Quebrada Olivares, estas son identificadas por medio del recorrido de campo.

Figura 11 Análisis multitemporal para la zona de estudio en el año 2024.



Fuente: Elaboración propia.

5.2. INVENTARIO DE PROCESOS MORFODINÁMICOS (IPM)

El inventario de procesos morfodinámicos es la recopilación de la información histórica de los movimientos en masa para la zona de estudio, reportado por diferentes entidades del orden nacional y local en conjunto con la digitalización de movimientos en masa por medio de los sensores remotos disponibles en diferentes temporalidades y la verificación de estos en el levantamiento de campo.

El inventario de procesos morfodinámicos (IPM) se realizó siguiendo los lineamientos de la Guía Metodológica para la zonificación de amenaza por movimientos en masa, escalas 1:5.000 y 1:25.000 (SGC, 2017).

A continuación, se describe de manera más detallada cada uno de las etapas de la construcción del inventario de procesos morfodinámicos (IPM).

- Revisión de la información histórica reportada por diferentes entidades como el Servicio Geológico Colombiano a través de visitas de emergencia, el Sistema de Información de Movimientos en Masa, el sistema de inventario de efectos de desastres a nivel municipal, los reportes anuales de emergencias de la UNGRD, reportes de las autoridades civiles y/o de emergencia local y los diagnósticos de riesgos.
- Fotointerpretación de insumos como ortofotomosaicos y modelos de elevación digital del terreno (DEM) de fuente propia.
- Digitalización de los movimientos en masa e identificación de algunos rasgos geomorfológicos utilizando software SIG para posteriormente diligenciar la base de datos para cada uno de los procesos a partir de la información que se obtiene de fuentes secundarias e interpretación de sensores remotos.
- Levantamiento y verificación de campo del IPM, se elaborará la evaluación de puntos críticos, área que sugieran algún tipo de inestabilidad o influencia en el proyecto de manera en particular y aquellos lugares donde el proyecto requiera nuevos alineamientos.
- Elaboración del mapa final de IPM e informe detallado.

La caracterización morfodinámica permite la identificación y la definición de la evolución de los procesos denudativos (deslizamientos, carcavamiento, reptación y subsidencia) y erosivos (erosión por sobrepastoreo, erosión laminar y surcos) que pueden presentarse en un área determinada. A continuación, se realiza la descripción general de los tipos de procesos morfodinámicos.

- **Deslizamiento:** Tipo de movimiento de tamaño considerable que se produce cuando la masa del terreno se convierte en una zona inestable y se desliza con respecto a una zona estable, a través de una superficie o franja de terreno de pequeño.
- **Carcavamiento:** es una incisión producida sobre suelos y rocas del tipo arcillas con pendientes acusadas, por la acción del agua de escorrentía.
  Se trata de hendiduras estrechas y profundas separados por aristas, excavadas por la erosión de aguas de escorrentía superficial en materiales blandos (arcillas y margas) carentes de vegetación. Aparecen en regiones de características áridas y semiáridas.
  En la formación de cárcavas, el agua arranca y transporta partículas del fondo y paredes del canal en las que pueden producirse deslizamientos, lo que genera cantidades importantes de material que, una vez movilizado, puede producir efectos aguas abajo. El proceso se debe a una perturbación hidrológica en el área.
  La mayoría de las cárcavas se forman debido a una mezcla de las actividades humanas y la acción de procesos erosivos, que también pueden ser acelerados por la acción humana. Influyen en su formación las condiciones de la pendiente, la permeabilidad del sustrato y la mayor o menor presencia de precipitaciones.

- **Reptación:** Es un tipo de movimiento superficial extremadamente ralentizado e imperceptible en largos periodos de tiempo. Estos movimientos son favorecidos por la presencia de materiales ricos en arcillas que periódicamente absorben agua.
- **Subsidencia**: Es un hundimiento o asentamiento gradual y progresivo de la superficie del terreno que puede ser ocasionado por diversos factores como terremotos, vacíos creados por el hombre en actividades mineras, aguas subterráneas, colapso de cavernas subterráneas, entre otros.
- **Erosión laminar**: Pérdida de una capa delgada o más o menos uniforme de suelo en un terreno inclinado generado por circulación superficial difusa del agua de escorrentía cuando la intensidad de la precipitación excede la infiltración o cuando el suelo se satura de agua.
- **Erosión por sobrepastoreo**: Se produce cuando las plantas están expuestas al pastoreo intensivo durante largos períodos, o sin períodos suficientes de recuperación. Puede ser causado por el ganado en las aplicaciones agrícolas mal gestionadas, o por sobrepoblaciones de animales salvajes nativos o no nativos.
- **Surcos:** Suelo arrastrado por el flujo de agua que se canaliza y jerarquiza generando surcos.

Finalmente, se efectúa la integración del total de estos eventos morfodinámicos basado en la siguiente agrupación de datos:

Análisis multitemporal

El análisis multitemporal consiste en la comparación de imágenes satelitales y fotografías aéreas de diferentes décadas para conocer el avance o retroceso de los procesos morfodinámicos presentes en un área determinada.

Procesos definidos por fotointerpretación

Hacen parte de los procesos identificados en la fase de fotointerpretación, cartografiados a partir de la utilización del ortomosaico de la zona.

Eventos identificados en la etapa de campo

Corresponde a los procesos definidos en la etapa de campo a partir de la toma de información básica en los formatos de campo, utilizados para los procesos tanto activos como inactivos y su correspondiente caracterización: tipo de material litológico, rasgos geomorfológicos y parámetros morfométricos.

Esta secuencia busca consolidar un inventario de procesos que contemple todas las zonas que están afectadas por procesos morfodinámicos o estuvieron en algún momento y el estado de su evolución actual que constituye el Inventario de procesos morfodinámicos.

5.2.1. Eventos históricos

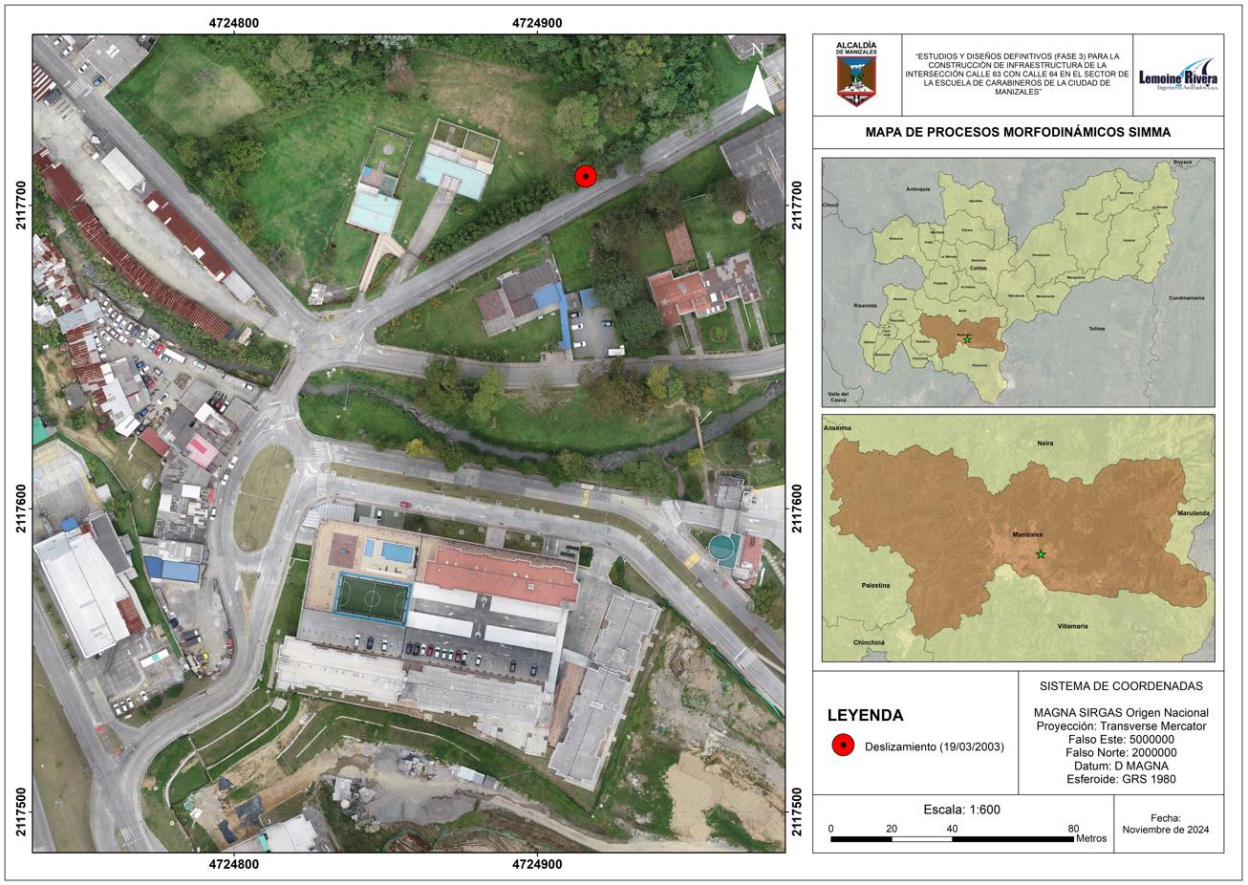
Este inventario presenta los procesos morfodinámicos producto de la revisión y recopilación de información secundaria de diferentes temporalidades que son reportados y georreferenciados en la zona de estudio por entidades como el Servicio Geológico Colombiano, a través del Sistema de Información de Movimientos en

Masa (SIMMA), Corpocaldas, DesInventar y la UNGRD, además de procesos que puedan ser identificados a través de imágenes aéreas de diferentes temporalidades. A continuación, se describe la información recopilada correspondiente a los procesos morfodinámicos presentes en el área de análisis.

5.2.1.1. Plataforma SIMMA

Los resultados de la consulta en la plataforma SIMMA para el área de análisis arrojan solamente un proceso reportado para el año 2003, este proceso se encuentra en la categoría de catálogo, la cual es una base de datos con información de la ocurrencia histórica de movimientos en masa, obtenida a partir de fuentes de información secundaria como: comunicados de prensa, reportes de la Cruz Roja, la Defensa Civil, Bomberos, entre otras. Este tipo de información presenta limitaciones técnicas, pero en un alto porcentaje da cuenta de los impactos de los eventos de manera cualitativa o cuantitativa (INGEOMINAS, 2002). La ubicación de este proceso se presenta en la **Figura 12** y el registro correspondiente se observa en la **Tabla 2**.

Figura 12 Mapa de procesos morfodinámicos reportados para el área de análisis.



Fuente: Elaboración propia a partir de datos SIMMA.

Tabla 2 Inventario de Procesos Morfodinámicos de la plataforma SIMMA para el área de análisis.

CATEGORÍA SIMMA	CÓDIGO SIMMA	TIPO DE MOVIMIENTO	FECHA EVENTO	LATITUD	LONGITUD
Catalogo	22921	Deslizamiento	19/03/2003	5.060556	-75.481944

Fuente: Elaboración propia a partir de datos SIMMA.

5.2.1.2. Procesos morfodinámicos históricos

El análisis y la fotointerpretación de imágenes aéreas de diferentes años permitió identificar dos procesos morfodinámicos, uno de tipo denudativo (**Figura 13**) y uno de tipo erosivo (**Figura 14**) para los años 2015 y 2020 respectivamente.

El proceso denudativo identificado en el año 2015 corresponde a un proceso de socavación lateral de la Quebrada Olivares, que genero una zona de inestabilidad al borde de la quebrada, con afectaciones en la vía que comunica desde el barrio La Toscana hacia la avenida principal del barrio La Sultana. Posteriormente en el año 2018 (como se menciona en el análisis multitemporal), se logra apreciar que el área de afectación de este proceso fue subsanada por medio de una obra de estabilización que disminuye la socavación lateral de la quebrada y evita que se pierda nuevamente la banca de la vía.
Cabe resaltar que más de la mitad de este proceso queda fuera del área de análisis, por lo que no tiene implicaciones en el desarrollo de la infraestructura propuesta, pero define la capacidad erosiva de la quebrada sobre los materiales superficiales.

Figura 13 Proceso morfodinámico histórico de carácter denudacional en el área de estudio.



Fuente: Elaboración propia.

El proceso erosivo identificado en el año 2020 es clasificado como erosión laminar. Este proceso morfodinámico se localiza hacia la parte superior de la zona de análisis en el área de un bosque

fragmentando hacia la zona del Ecoparque Los Yarumos. La ubicación de este proceso se presenta en la **Figura 14** en donde se realiza un comparativo con una imagen del año 2021 (derecha) en donde se encuentra el área revegetalizada.

Figura 14 Proceso morfodinámico histórico de carácter denudacional en el área de estudio.



Fuente: Elaboración propia.

5.3. GEOLOGÍA

Para la descripción de las unidades geológicas relacionadas del área de estudio se empleará una metodología que consiste en tres fases las cuales son descritas a continuación.

Fase pre-campo

En la fase inicial del proyecto, que corresponde a la fase de previa al campo, se recopilará la información secundaria del área de estudio, a partir de la consulta en entidades territoriales, trabajos existentes en el área, información documental y cartográfica consignada por entidades nacionales como el Servicio Geológico Colombiano, la Corporación Autónoma Regional de Caldas (CORPOCALDAS) y la Unidad de Gestión de Riesgo de Manizales (UGRD). Una vez analizada la bibliografía disponible se construirá la geología regional que sirve de base para la verificación de las unidades geológicas presentes en el área de influencia del área de estudio. Adicionalmente, con la información colectada, se definirán puntos de control en los lugares clave para su corroboración durante la fase de campo.

Fase de campo

En dicha fase de campo efectuada en las áreas de interés, se llevará a cabo la identificación y corroboración de las litologías a través de los recorridos en el terreno. En estos recorridos se realizarán puntos de control que consisten esencialmente en identificar las características litológicas de las rocas y depósitos aflorantes, la toma de datos estructurales si es del caso (diaclasas y fracturas) con la brújula, rasgos estructurales, estado de meteorización de la roca, comportamiento general de las unidades aflorantes.

Fase post-campo

Durante esta fase se procesará la información recolectada en las dos fases previas, para la realización del informe final y el ajuste de la cartografía temática correspondiente. Para la redacción del presente informe, se incluirá un marco geológico regional del área de estudio, en el cual se conocen generalidades de las unidades aflorantes cerca al área circundante al área de estudio. Se elaborará la caracterización estructural y local del tramo vial, unidades geológicas locales y la descripción inicial de los materiales presentes en el área.

5.3.1. Geología Regional

El área de estudio hace parte de la Cordillera Central Colombiana en su flanco occidental, donde el ambiente tectónico es el resultado de la convergencia de las placas Suramérica, Caribe, y Nazca y las microplacas de Coiba y Panamá (Taboada et al., 2000, Bohórquez et al, 2005). Esta cordillera está constituida por diferentes bloques de unidades metamórficas e ígneas con diferentes grados de deformación, en donde las rocas más antiguas corresponden a la secuencia polimetamórfica del Complejo Cajamarca que constituye el núcleo de la Cordillera Central, localizado al este de la falla San Jerónimo cuyo primer metamorfismo es posiblemente Paleozoico temprano, pero su evento más importante se produce a finales del Paleozoico y comienzos del Mesozoico (INGEOMINAS, 2001). El complejo está delimitado al oriente por la falla Otú-Pericos, que lo separa de rocas metamórficas más antiguas del Paleozoico y al occidente limita con la falla de San Jerónimo, que lo separa de las rocas volcano-sedimentarias cretácicas del Complejo Quebradagrande. (Mejía Vélez, 2019)

El Complejo Quebradagrande (Maya y González, 1995) localizado al occidente de la Zona de Falla de San Jerónimo (Cuéllar et al., 2003) es una entidad tectoestratigráfica con extensión regional conformada por bloques estructurales con tendencias N-S constituido por dos litodemas que se diferencian con base en sus rasgos petrográficos y geoquímicos (Moreno-Sánchez et al., 2008). Las rocas ígneas en el complejo presentan una naturaleza mixta, con asociaciones de gabros y basaltos de procedencia oceánica (Toro-Toro et al., 2010) superpuestos por andesitas y basaltos calcoalcalinos (Nivia et al., 2006) formados en un arco volcánico. Existe cierto consenso en que el origen del Complejo Quebradagrande está relacionado con el desarrollo en el occidente colombiano de una cuenca marginal (backarc basin), ligada a un arco volcánico que se expandió hasta producir un fondo oceánico (Álvarez, 1983; Moreno-Sánchez and Pardo-Trujillo, 2003). Según Nivia et al. (2006), el Complejo Quebradagrande se formó al comienzo del Cretácico como una cuenca marginal ensiálica que se cerró durante la acreción de bloques de corteza oceánica afines con los basaltos de meseta oceánica de la Placa Caribe (Caribbean–Colombian Cretaceous oceanic plateau). La edad del complejo, basada en fósiles, abarca el lapso Berriasiano-Albiano (Moreno-Sánchez and Pardo-Trujillo, 2003), sin embargo, edades U/Pb en circones sugieren que la sedimentación alcanza el Cenomaniano (Tamayo y Correa, 2010). (Moreno Sánchez, Hincapié, Ossa, & Toro Toro, 2016).

Las rocas metamórficas de media-alta presión del Complejo Arquía están posiblemente relacionadas con el emplazamiento por obducción de una secuencia de rocas básicas y ultrabásicas, ultramafitas de Filadelfia que podrían corresponder a un complejo ofiolítico desmembrado y metamorfizado emplazado a lo largo del sistema de fallas Romeral (INGEOMINAS, 2001).

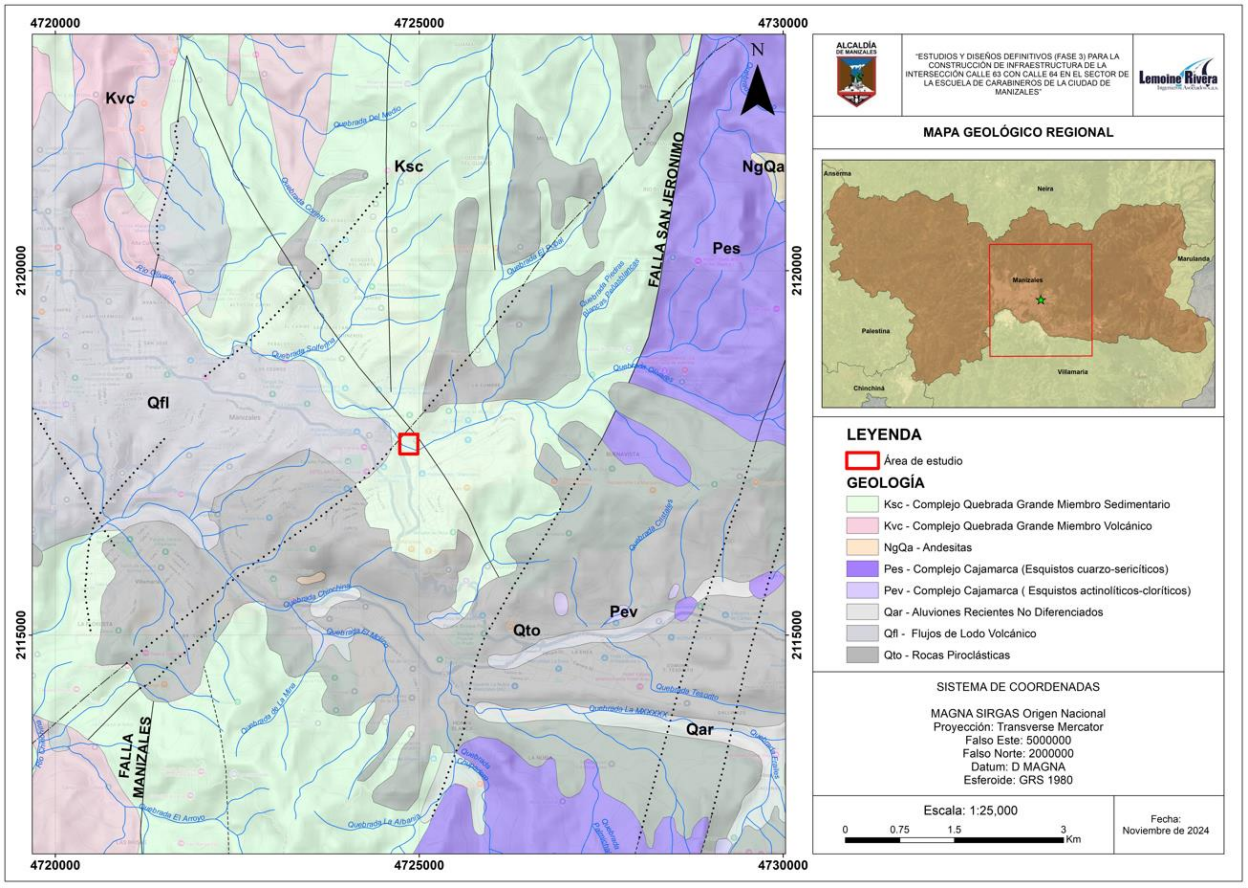
La Tonalita Granodiorita de Manizales, haciendo referencia a esta unidad litoestratigráfica en el sentido definido por López y Aguirre (2005) - y que ha sido denominada antes como Stock de Manizales (Mosquera, 1978), Granodiorita de Manizales (González y Londoño, 2002) o Stock Tonalítico-Granodiorítico de Manizales (Plazas, 2010) y el Batolito de El Bosque se emplazaron durante el Cretácico Tardío- Paleógeno, en el cual se produce un cinturón magmático de composición intermedia que se registra sobre ambos flancos de la cordillera.

Durante el Oligoceno -Mioceno se desarrollan cuencas de tracción relacionadas con el sistema de fallas Romeral, que permiten el depósito de sedimentos continentales en la región de Aránzazu. En el Mioceno tardío- Plioceno estos sedimentos son cubiertos por los productos de la actividad volcánica lávica y explosiva que en el Complejo Volcánico Ruiz – Tolima se extiende hasta épocas recientes. Después de la glaciación pleistocena que modela en gran parte, los paisajes de la Cordillera Central, se presenta un nuevo periodo de actividad volcánica que produce y distribuye sedimentos cuyo deposito genera las unidades más recientes en el área (depósitos piroclásticos y flujos de lava) (INGEOMINAS, 2001), que se encuentran cubriendo de manera discordante las unidades mencionadas anteriormente.

A nivel regional, el marco tectónico está caracterizado por el desarrollo de un fallamiento dominado por estructuras N-S, denominado por algunos autores como el "Sistema de Fallas de Romeral", pero correspondiente a las fallas Cauca-Almaguer, Silvia- Pijao y San Jerónimo de Maya y González (1995), La Falla San Jerónimo corresponde a la estructura más oriental, marca el contacto entre el Complejo Cajamarca al oriente y el Complejo Quebradagrande al occidente. Las estructuras NE-SW se relacionan con el sistema de Fallas de Palestina, que al igual que las anteriores coinciden en su dirección con la tendencia general del sistema tectónico andino (Page, 1986). Otras fallas importantes corresponden a las de orientación NW-SE a EW, como las fallas Villamaría – Termales, Campoalegrito, Río Claro, Nereidas y algunos lineamientos en el complejo volcánico Ruíz-Tolima (González, 2001).

Para tener un marco de referencia de la geología regional, se revisó la memoria explicativa y el mapa de la plancha 206 Manizales, así como la cartografía geológica básica expuesta en el POMCA del río Chinchiná. Partiendo de la información oficial emitida por el Servicio Geológico Colombiano la zona de estudio está constituida geológicamente por unidades litológicas como el Complejo Cajamarca (Pes-Pev), Complejo Quebradagrande (Ksc-Kvc), Andesitas (NgQa), rocas piroclásticas (Qto), flujos de lodo volcánico (Qfl)y Aluviones recientes no diferenciados (Qar). En la **Figura 15** se presenta el mapa geológico regional, donde se evidencia la distribución espacial de las unidades que constituyen el área.

Figura 15 Mapa geológico regional.



Fuente: Adaptado de (INGEOMINAS, 2001).

Para este apartado se toma la información cartográfica de las unidades geológicas consignadas en la plancha geológica 206 y se complementa la descripción de las unidades allí presentes utilizando otras fuentes de información secundaria que serán debidamente referenciadas.

5.3.1.1. Complejo Cajamarca

Conjunto de rocas metamórficas que constituyen el núcleo de la cordillera central, en esta área aflora al este de la falla San Jerónimo y corresponde a una secuencia sin techo ni base determinadas, donde no se puede determinar el espesor debido al intenso plegamiento y a la ausencia de capas guías. Este complejo varia ampliamente de composición y es el resultado de varios episodios metamórficos regionales a los cuales se superponen efectos térmicos o dinámicos locales de intensidad variable. Esta unidad se divide según las características mineralógicas en Grupo Pelítico (Filitas, esquisto sericíticos y micáceos (Pes) y metasedimentitas (Pmm)), Grupo Cuarzoso (Cuarcitas (Pq)) y Grupo Básico (Esquistos verdes y Anfibolitas (Pev)). (INGEOMINAS, 2001).

Las paragénesis metamórficas indican un bajo grado de metamorfismo predominante en facies esquisto verde, aunque localmente se encuentra rocas en facies anfibolita. Los esquistos verdes son menos abundantes y se encuentran intercalados con los esquistos sericíticos. (INGEOMINAS, 2001).

- **Esquistos Cuarzo Sericíticos (Pes)**

Este tipo de rocas constituyen uno de los tipos litológicos más abundantes y característicos del Complejo Cajamarca; la presencia de grafito en cantidades variables le imparte un color gris a negro característico, por lo cual se denominan en el campo «esquistos negros». Esta unidad incluye no sólo los esquistos sericíticos predominantes, sino que por gradación mineralógica pasan a cuarcitas o esquistos grafíticos y por variación textural, a filitas. En afloramientos y muestras de mano son rocas finamente laminadas con una foliación clara, pero generalmente no plana por la presencia de microplegamientos a lo largo de los cuales se acomodan venas de cuarzo lechoso de 0,1 a 10 cm de espesor y de segregación metamórfica. El color es negro a grisáceo plateado según el contenido de grafito-micas; la roca es de grano fino a muy fino, localmente porfidoblástica y con bandeamiento composicional. (INGEOMINAS, 2001).

- **Esquistos Actinolíticos - Cloríticos (Pev)**

Los Esquistos Actinolíticos- Cloríticos son conocidos en el campo como «esquistos verdes» por su color característico en tonos claros y oscuros; son rocas macizas a esquistosas con foliación definida por la orientación paralela a subparalela de anfíbol fibroso y clorita. En el área de estas planchas aparecen como:

• Cuerpos alargados en sentido norte - sur, subordinados a los esquistos cuarzo sericíticos, pero que pueden ser cartografiados a la escala de trabajo en el campo.

• Intercalados en esquistos cuarzo-sericíticos siguiendo su misma tendencia estructural, cuyo espesor varía entre unos pocos centímetros y varios metros; muchas veces es difícil determinar cuál de ellos predomina.

La proporción relativa de las fases predominantes es variable, pero en términos generales, los minerales verdes que caracterizan la unidad: epidota, clorita, anfíbol, están en proporción similar, lo que corresponde a típicas prasinitas. Su composición y alternancia con esquistos cuarzo sericíticos de protolito sedimentario, hace pensar que los esquistos verdes se originaron en eventos volcánicos que alternaron con la depositación de sedimentos en una fosa. (INGEOMINAS, 2001).

5.3.1.2. Complejo Quebradagrande

Como se mencionó anteriormente este complejo corresponde a un conjunto de rocas volcánicas y sedimentarias localizadas en gran parte del flanco occidental de la cordillera Central. Esta unidad también es nombrada como Formación Quebradagrande, pero en INGEOMINAS (2001) se denomina Complejo Quebradagrande, termino propuesto por (Maya y González, 1995), considerándola como una unidad tectonoestratigráfica.

Los límites estructurales del Complejo Quebradagrande corresponden en el sector oriental con la falla San Jerónimo, que lo separa de las rocas metamórficas del Complejo Cajamarca y en el sector occidental con la falla Silvia- Pijao que lo separa del Complejo Arquía (Maya y González, 1995). González (1977) reconoce la

existencia de zonas miloníticas en el Complejo Quebradagrande, pero sin profundizar en su significado cinemático. Nivia *et al*. (2006) advierte que las rocas miloníticas en el complejo a menudo han sido tratadas como rocas producto de un metamorfismo orogénico.

Este complejo se caracteriza por intercalaciones de rocas volcánicas y sedimentarias, con amplias variaciones litológicas, por lo que se han agrupado informalmente como miembros volcánico y sedimentario, conservando la separación indicada para la Formación Quebradagrande (González, 1980). El Miembro Volcánico incluye espilitas de color verde, con texturas ofíticas a subofíticas, y diabasas que mantienen sus texturas originales. El Miembro Sedimentario contiene sedimentitas que se intercalan con las vulcanitas, lo que permite en parte definir la edad de las rocas volcánicas. En el caso de la zona de estudio, según la plancha 206 se cuenta con la presencia del miembro sedimentario.

- **Miembro Sedimentario (Ksc)**

Sedimentitas que se encuentran intercaladas concordantemente con las rocas volcánicas, en muchas áreas los contactos son tectónicos debido, probablemente, a la diferencia en el comportamiento mecánico entre ambos tipos de rocas, donde el contacto actúa como una zona de debilidad a lo largo de la cual se transmiten esfuerzos, afectando más intensamente las sedimentitas por su menor competencia. Las sedimentitas predominantes corresponden a lutitas carbonosas y en menor proporción a grauvacas, arenitas feldespáticas, limolitas, liditas y, localmente, capas de caliza. Son comunes, venas de cuarzo lechoso paralelas, en conjunto, a los planos de estratificación o a los planos de cizalladura. Las arenitas son de grano fino a medio, con clastos bien seleccionados, de líticos volcánicos y de cristales de plagioclasas, con escaso cuarzo y, en términos generales, presentan características de turbiditas (INGEOMINAS, 2001).

Las liditas son de color negro con láminas de espesor variable, intensamente fracturadas y plegadas, microcristalinas a criptocristalinas con formas ovaladas. El tono oscuro en esas rocas se debe a la presencia de materia carbonosa y óxidos de hierro. Los bancos de chert son más abundantes cerca a los contactos con las vulcanitas y aparecen también como lentes en estas rocas. Las lutitas son predominantemente de color negro y varían de acuerdo al grado de meteorización, se presenta fuertemente laminadas con una diagénesis avanzada, tomando localmente una estructura pizarrosa a esquistosa con superficies brillantes que le imprimen una foliación aparente.

- **Miembro volcánico (Kcv)**

El Miembro Volcánico es una unidad litológica constituida por espilitas, basaltos y diabasas de características toleíticas, con algunas brechas de flujo y tobas en franjas alargadas en dirección norte - sur y estrecha en sentido este - oeste, en contacto tectónico con el Miembro Sedimentario a lo largo del Sistema de Fallas Romeral. Las rocas más características son masivas, de color verde en diferentes tonalidades, de composición espilítica con textura ofítica a subofítica, compuestas por plagioclasa sódica (albita - oligoclasa) y clinopiroxeno de la serie augita - pigeonita o su equivalente por alteración a actinolita, clorita, epidota, calcita, hematita. Al norte de Manizales, en el río Olivares y en la carretera Manizales - Neira, afloran, asociados a las rocas volcánicas básicas del Complejo Quebradagrande, cuerpos pequeños de microgabro de tono verdoso debido a la intensa saussuritización de la plagioclasa y donde la hornblenda uralítica está

relativamente fresca. Esta roca se diferencia de las rocas normales de la unidad por su grano un poco más grueso, por su textura hipidiomórfica y por la presencia de hornblenda en lugar del piroxeno. (INGEOMINAS, 2001).

La composición predominante de las vulcanitas es toleítica con poca variación química, típica de magmas que han sufrido poca diferenciación. Sin embargo, aunque estas rocas aparecen como una sola unidad, el estudio geoquímico detallado y su relación con distintas litologías podría indicar ambientes de formación diferentes, estando algunas de ellas relacionadas con secuencias ofiolíticas y otras representarían un arco de islas (Álvarez, 1987). (INGEOMINAS, 2001).

5.3.1.3. Flujos Andesíticos

Rocas extrusivas, que descansan sobre las rocas ígneas y metamórficas del basamento de la Cordillera Central. Estas coladas están relacionadas con la intensa actividad volcánica que se inicia en el Mioceno y se extiende hasta épocas recientes. La composición de estos flujos es relativamente homogénea, pero por su relación con los depósitos glaciares se han determinado dos períodos de emisión: uno del Mioceno tardío-Plioceno, flujos denominados NgQa en las planchas y otro del Holoceno (Qa) que son flujos de posglaciación y terminan con emisión de piroclastos (Qto) de gran magnitud.

- **Flujos Andesíticos - Dacíticos del Mioceno - Plioceno (NgQa)**

Corresponden a lavas andesítico-dacíticas y, localmente, basálticas, en coladas superpuestas que se extienden varios kilómetros del centro de emisión considerado, en forma de flujos de lavas masivas y bloques descendentes y se encuentran, por lo general, cubiertas por piroclastos. Los afloramientos están restringidos a incisiones morfológicas y algunos cortes de carretera, donde son características las estructuras columnares con columnas de 0,5 m de lado en prismas hexagonales ligeramente inclinados. Los flujos son macroscópicamente homogéneos, de color gris claro a oscuro, porfiríticos, a veces con pequeñas cavidades rellenas con epidota y carbonatos y sólo varía el tamaño de los fenocristales. Al alterarse toman un color rojizo por oxidación de hierro ferroso contenido en los minerales máficos. La composición varia de andesitas a dacitas y sólo ocasionalmente andesitas basálticas o basaltos andesíticos con textura porfídica fina. La mineralogía es similar a la del material juvenil de los productos piroclásticos y está constituida por plagioclasa, hornblenda, ortopiroxeno, titanomagnetita, con variación en el contenido de cuarzo y biotita que son más abundantes en las dacíticas. Es escaso el contenido de clinopiroxeno y falta en la mayoría de las muestras analizadas, excepto en los domos cerca de Manizales, donde fenocristales de cuarzo presentan un borde de reacción de clinopiroxeno perpendicular a la superficie del cristal. (INGEOMINAS, 2001).

5.3.1.4. Depósitos Piroclásticos (Qto)

Depósitos piroclásticos de caída, producto de la actividad cuaternaria de los volcanes del Complejo Ruiz-Tolima, esta distribuidos a lo largo del municipio de Manizales, oscureciendo las relaciones entre unidades litológicas más antiguas y suavizando la morfología del terreno. Las capas piroclásticas están compuestas por cenizas, lapilli pumítico y, ocasionalmente, bombas volcánicas. Localmente aparecen algunos niveles arcillosos intercalados en la secuencia de ceniza-lapilli que indica una depositación en medio acuoso. El grado de litificación, por lo general, es bajo.

Los depósitos de ceniza encontrados en el área han tenido como fuente los volcanes Ruiz y Tolima, ya que los directamente asociados con el Volcán Cerro Bravo son generalmente, productos que acompañan otros materiales piroclásticos emitidos en las erupciones.

La edad considerada para estos depósitos corresponde al intervalo Pleistoceno tardío -Holoceno y corresponden a los vestigios de la actividad volcánica cuaternaria que se extiende hasta hoy en el complejo Volcánico Ruiz- Tolima (INGEOMINAS, 2001).

5.3.1.5. Flujos de lodo volcánico (Qfl)

La actividad volcánica reciente termina con la emisión de productos piroclásticos por los volcanes del Complejo Ruiz-Tolima. Estos materiales, en parte, se depositan en medio acuoso que sirve de medio de transporte tanto hacia el este como al occidente del eje de la cadena volcánica depositándolos a lo largo del cauce y zonas de inundación. Los flujos de lodo volcánico (lahares) generalmente enmascaran las relaciones entre las diferentes unidades-roca. Estos flujos corresponden a depósitos dejados por arrastre y retrabajamiento de material volcánico, especialmente de tipo piroclástico, que constituye la matriz, en su mayoría cenizas, arenas, lapilli pumítico y fragmentos de rocas volcánicas, y de 40 – 60% de cantos de rocas volcánicas con ocasionales bloques de rocas metamórficas y granodioritas. El tamaño y la cantidad de bloques decrece a medida que se aleja de los centros volcánicos. Los bloques de lavas andesíticas-dacíticas tienen diámetro variable entre unos pocos centímetros y más de 5 m. Los flujos de lodo volcánico se originan al ocurrir rápidos deshielos de los casquetes nevados alrededor de los volcanes, producidos por emisiones volcánicas piroclásticas de cenizas y lapilli y, posiblemente, de lavas.

5.3.1.6. Aluviones recientes no diferenciados (Qar)

Depósitos no consolidados de material aluvial y coluvial de poco espesor en los cañones de algunos ríos y quebradas, cubren las rocas más antiguas. En general, aparecen sólo marcados los aluviones, aunque dentro de estas zonas puede haber material coluvial que por su ocurrencia local y poca extensión no se separa de los aluviones. El espesor de las zonas aluviales es variable y aumenta hacia la parte inferior del curso de las corrientes, al perder éstas energía y depositar el material que llevan en arrastre y, por lo general, puede decirse que es menor de 20 m. Estos depósitos están compuestos por bloques y gravas de diferente tamaño y composición, en una matriz arcillo-arenosa con diversos grados de cementación o compactación. Los depósitos elevados con respecto al nivel actual de las corrientes están mejor cementados y pueden clasificarse como terrazas con algunos horizontes bien seleccionados. La mayor parte de estos depósitos son del Holoceno y su espesor, en las zonas bajas, tiende a aumentar debido a los procesos actuales acelerados de erosión y depositación. (INGEOMINAS, 2001).

5.3.2. Geología estructural regional y evolución tectónica

El área de estudio hace parte de la Cordillera Central Colombiana en su flanco occidental, donde el ambiente tectónico es el resultado de la convergencia de las placas Suramérica, Caribe, y Nazca y las microplacas de Coiba y Panamá (Taboada et al., 2000, Bohórquez et al, 2005). Esta cordillera está caracterizada por haber sufrido intensos plegamientos, fallamientos, levantamientos e intrusiones batoliticas de gran magnitud;

además durante el cenozoico se presentaron grandes eventos volcánicos que modelan aun el relieve actual e impiden realizar observaciones detalladas en algunos sectores.

La convergencia de la placa de Nazca con respecto a la región NW de Suramérica posee una dirección E-W esto ha conducido una deformación transpresiva a lo largo de fallas continentales con tendencia NNE, NS en el SW de Colombia, entre las cuales se encuentra el Sistema de Fallas de Romeral (Taboada et al, 2000; Pindell y Kennan, 2009).

El sistema de fallas Romeral constituye el rasgo tectónico más importante del Occidente Colombiano; tiene una extensión cercana a los 1200 Km; extendiéndose desde la frontera con el Ecuador hasta internarse en el Mar Caribe al Norte. Posee una dirección general NNE y se extiende por más de 300 km a lo largo del territorio de colombiano, la falla define el contacto entre rocas cretácicas de dominio oceánico al Occidente, con rocas de afinidad continental al Oriente, Toro y Ossa, (2004). El sistema de fallas Romeral muestra un componente de rumbo lateral derecho hacia la región SW de Colombia producto de la subducción Nazca-Sudamérica y un componente de rumbo lateral izquierdo hacia el norte de la latitud 4° N, probablemente asociado a la colisión E-SE entre el bloque Chocó y la esquina NW de Suramérica (Guzmán & Ochoa, 2000). Este sistema está compuesto por numerosas fallas paralelas de dirección N-S predominantemente, anastomosadas al occidente de Manizales y entre Neira, Aránzazu y Filadelfia; las fallas individuales tienen diferentes nombres: Manizales – Aránzazu, La Merced, Neira, Salamina y sus longitudes varían entre unos pocos kilómetros hasta más de 50km.

(Naranjo Henao & Ríos Alzate, 1989) consideran que las características generales de la zona de falla del Sistema Romeral en los alrededores de Manizales indican que en ella se manifiestan dos estilos estructurales: bloques y cabalgamientos compresionales que corresponden a estructuras con basamento involucrado; pliegues de cabalgamiento que corresponden a estructuras sin basamento y que afectan fundamentalmente litologías cenozoicas.

El modelo estructural actual iniciado en el Paleógeno es de fallamiento de bloques producto de una tectónica compresiva que pudo haber causado el emplazamiento de algunas litounidades y la formación de grandes sistemas de fallas de rumbo. La superposición de eventos tectónicos a través del tiempo dificulta la determinación de las estructuras regionales; por lo general, rocas metamórficas del Complejo Cajamarca presentan un intenso plegamiento y regionalmente tienen estructura isoclinal con buzamiento hacia el este. En la secuencia sedimentaria del Complejo Quebradagrande la tendencia regional del buzamiento es también al este, formando así las dos unidades una secuencia monoclinal con buzamiento al oriente (INGEOMINAS, 2001).

Fuera de los grandes sistemas de fracturamiento hay otros menores, a veces con direcciones paralelas a los grandes sistemas o satélites de ellos en forma oblicua formando sistemas denominados “Cola de Caballo” comunes en la Falla Palestina y con algunos de los cuales podría estar relacionado el volcanismo del Complejo Volcánico Ruiz – Tolima (INGEOMINAS, 2001).

A pesar de que en la zona de estudio no se tiene la presencia de este tipo de estructuras a continuación se realiza una descripción de las más importantes en el régimen estructural regional o que se encuentran más cercanas al área de estudio como: Falla San Jerónimo, Falla Manizales, Falla Chipre, Falla el Perro, Falla Chipre y de algunos lineamientos.

5.3.2.1. Falla San Jerónimo

Se relaciona como un trazo del denominado "Sistema de Fallas de Romeral", compuesta por numerosas fallas paralelas a sub-paralelas en dirección N-S principalmente. En el área la Falla de San Jerónimo es inversa con desplazamiento lateral izquierdo; pone en contacto las rocas metamórficas continentales paleozoicas del Complejo Cajamarca al este, con rocas de afinidad oceánica y edad Cretácica del Complejo Quebradagrande al occidente (Maya y González, 1995). Cuéllar et al., (2003) establecieron dos estadios generales de deformación para esta falla; el primero caracterizado por movimientos subhorizontales dextrales y el segundo por movimientos subverticales inversos, compatibles con un modelo tectónico de transpresión dextral. En el área de estudio la Falla San Jerónimo, tiene una dirección N5°E/80°E, con evidencia geomorfológica muy fuerte y zonas de brechas y milonitas asociadas de espesores variables.

5.3.2.2. Falla Manizales Aránzazu

Esta falla es representada como un rasgo estructural que se evidencia con una dirección aproximada N-S. Según James (1986), la denominó como una falla de tipo inverso-sinestral presentando una dirección N15ºE. Naranjo y Ríos (1989), la denominan como Falla Manizales clasificándola como una falla de tipo inverso de ángulo alto de carácter dextral, la cual afecta la formación Manizales. Para Mendosa y Moreno (2001), ésta falla presenta una dirección general de N 8º E y una longitud aproximada de 110 Km., la cual va desde el Municipio de Villamaría hasta el Municipio de Aguadas Caldas (Morales Carmona & Palacion Bedoya, 2015).

5.3.2.3. Falla El Perro

Naranjo y Ríos (1989) describen esta falla que atraviesa el extremo oriental de la ciudad de Manizales, presentando una dirección N-S y controlando el cauce de la quebrada que lleva su mismo nombre (El Perro); presentando una expresión morfológica evidenciada en silletas y facetas triangulares alineadas. Hacia el sector N-E del barrio La Sultana, para esta falla ha sido reportada actividad neotectónica por Guzmán (1991) quien encontró niveles de ceniza con fallamientos en depósitos de caída piroclástica con algunos desplazamientos menores a 5 cm. Montaña y Morales (2000) proponen que no existe ninguna evidencia de actividad neotectonica para esta falla y la interpretan como un sistema discontinuo de fallas y lineamientos al no ser observado por ellos el trazo claro de la falla (Morales Carmona & Palacion Bedoya, 2015).

5.3.2.4. Falla Chipre

Naranjo y Ríos (1989) señalan que ésta falla presenta una dirección N-S y forma un escarpe de varias decenas de metros hacia el sector noroccidental de la ciudad de Manizales en el sector del barrio Chipre y el barrio La Francia; dando como resultado la formación de un escalonamiento en dirección E-W, creando un relieve abrupto el cual es más bajo topográficamente hacia el oeste (barrio La Francia). Aguirre, et al., 1993; proponen que ésta falla afecta los depósitos volcaniclásticos de la Formación Manizales y los pone

en contacto con los depósitos de la Formación Casabianca en el sector de Chipre (Morales Carmona & Palacion Bedoya, 2015).

5.3.2.5. Lineamientos

Corresponden a características topográficas debidas a cambios litológicos o estructurales y a efectos tectónicos. Son más comunes en rocas cristalinas y desaparecen casi totalmente en la zona cubierta por cenizas volcánicas recientes. En las rocas de origen ígneo, los lineamientos son debidos al diaclasamiento y en las metamórficas son concordantes con la dirección de la foliación y están marcados por drenajes. Los lineamientos se presentan en dos poblaciones bien definidas: una con dirección N20°-30°E y otra N30°-50°W, estas direcciones corresponden a su vez con los principales sistemas de fallamiento. Una población menos definida de orientación N60°-70°E podría definir un sistema de fallamiento posiblemente representativo de estructuras antiguas (INGEOMINAS, 2001). En la zona de estudio se localiza predominantemente una de estas poblaciones con dirección N20°-30°E, además de varias fallas, que no han sido definidas bibliográficamente y no presentan evidencias dentro de la zona.

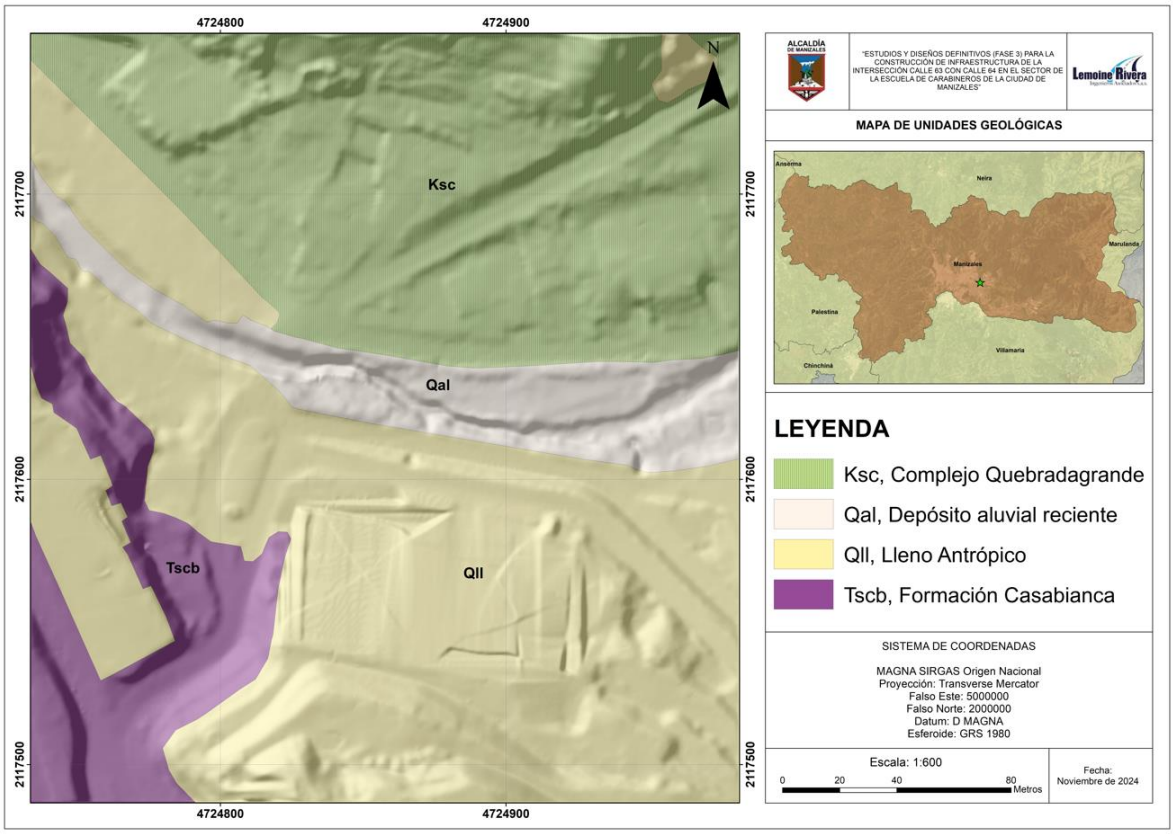
5.3.3. Geología local

Partiendo de la información oficial emitida por el Servicio Geológico Colombiano a nivel regional, se realiza posteriormente la revisión de la información cartográfica presente en el Plan de Ordenamiento Territorial 2017-2031 para el municipio de Manizales en donde se tiene el mapa de Formaciones Superficiales para el área urbana. A partir de esta cartografía se realizan los ajustes pertinentes según la topografía de la zona, teniendo en cuenta la información levantada durante el recorrido de campo por el equipo técnico, para la delimitación del mapa de geología local.

Estratigráficamente la zona de estudio está compuesta por un basamento sedimentitas del Complejo Quebradagrande, cubiertas por un grueso depósito de caída piroclástica con espesores promedio de 2,5 m. Además de esta unidad se reconocen dentro de la zona de estudio depósitos de la Formación Casabianca, zonas de llenos y algunos depósitos aluviales recientes localizados en el lecho de la quebrada Olivares.

En la **Figura 16** se presenta el mapa de geología de la zona de estudio, posteriormente se hace la descripción de cada una de las unidades litológicas encontradas en el área, esta descripción se realiza teniendo en cuenta la información levantada en campo por el equipo técnico, además de la información secundaria recopilada de estudios anteriores, los cuales son debidamente referenciados.

Figura 16 Mapa de geología local.



Fuente: Elaboración propia.

5.3.3.1. Complejo Quebradagrande (Ksc)

Sedimentitas que predominantemente corresponden a lutitas carbonosas y en menor proporción a grauvacas, arenitas feldespáticas, limolitas, liditas y, localmente, capas de caliza. Las arenitas son de grano fino a medio, con clastos bien seleccionados, de líticos volcánicos y de cristales de plagioclasas, con escaso cuarzo y, en términos generales, presentan características de turbiditas. Las liditas son de color negro con láminas de espesor variable, intensamente fracturadas y plegadas, microcristalinas a criptocristalinas con formas ovaladas. Las lutitas son predominantemente de color negro y varían de acuerdo al grado de meteorización, se presenta fuertemente laminadas con una diagénesis avanzada, tomando localmente una estructura pizarrosa a esquistosa con superficies brillantes que le imprimen una foliación aparente (INGEOMINAS, 2001).

En Manizales, cerca al Barrio La Sultana, en la Quebrada El Pollo, afluente del río Olivares, aflora una secuencia de lutitas de color amarillo con intercalaciones de arenitas, con una rica fauna de amonitas, pelecípodos y gasterópodos. Predominan capas de milímetros a centímetros de espesor en las lutitas y de centímetros a decímetros en las arenitas, y exhiben estratificación plana paralela continua y ondulada lenticular. La fauna presente en esta localidad comprende abundantes ejemplares de amonitas, pelecípodos

y gasterópodos en regular estado de preservación. Las amonitas corresponden a impresiones laterales en su mayoría del género Oxitropicjoceras, en las cuales no está preservada la línea de sutura, pero sí otras características diagnósticas, tales como la impresión de su peculiar quilla y costillas sigmoidales, que se originan en la región umbilical y pasan ininterrumpidamente a través del flanco (Dorado y Borrero, en preparación). Los autores también reportan en el mismo afloramiento algunos ejemplares que parecen corresponder al género Parahoplites y algunos ejemplares de Inoceramus sp (Naranjo Henao & Ríos Alzate, 1989).

Estas sedimentitas como en la gran mayoría de la zona de estudio donde aflora la Formación Quebradagrande, presenta una diagénesis alta, con presencia de sericita y clorita, y en algunos sectores presenta aspecto esquistoso, con superficies carbonosas brillantes que les imprimen una aparente foliación. Esta última característica es más común cerca de las zonas de fallas, donde los minerales se encuentran rotos y orientados. Con excepción de las arenitas que son de colores gris claro y oscuro, el color original de las rocas es negro, pero cuando están alteradas exhiben diversas coloraciones grises, verdes, rojizas, amarillentas, etc. debido a los diferentes grados de meteorización a que han sido sometidas. (Naranjo Henao & Ríos Alzate, 1989).

En la zona de estudio esta unidad representa un área de 2.26 ha que equivalen al 33.8% localizadas hacia el norte de la zona, cubiertas con vegetación densa y pastos limpios con pendientes que van desde muy inclinadas a escarpadas.

5.3.3.2. Formación Casabianca (Tscb)

Bajo esta denominación se agrupan sedimentos volcanogénicos de grano grueso y en menor proporción ignimbritas, tobas y sedimentos volcánicos retrabajados de grano fino, producidos como resultado de una gran agradación en cauces fluviales inducidos por el vulcanismo de la cadena Ruiz-Cerro Bravo, y localizados en los flancos este y oeste de la parte media de la cordillera central. En la zona de estudio el control de depositación fue ejercido por la cuenca del río Chinchiná, la cual nace en el macizo volcánico y termina en el río Cauca.

La mayor parte de la Formación Casabianca se formó como resultado de depósitos de acreción lateral en ríos de sinuosidad media. Debido a la gran carga de material producido durante las erupciones y la poca capacidad de los ríos para transportarlos, se formaron típicos flujos de escombros, que se depositaron en el piedemonte de lo que hoy es Manizales. Este episodio eruptivo produjo tal cantidad de material que la capacidad de los ríos fue sobrepasada, y se produjeron importantes inversiones de relieve en toda la zona. Estos depósitos fueron afectados por procesos de meteorización y medianamente retrabajados por la actividad fluvial.

El espesor promedio de esta formación en la ciudad de Manizales es de 50m y la distribución areal está restringida principalmente al sureste y occidente de Manizales. Litológicamente, los flujos de escombros consisten en más de 90% de fragmentos de una misma litología y entre 65-80% tienen más de 2 cm de grueso. Los clastos volcánicos porfiríticos de la Formación Casabianca son predominantemente andesítico-

dacíticos y la matriz que rodea los fenocristales varía de color rojo a gris. Solamente 5 a 10% de los clastos corresponden tanto a fragmentos plutónicos del Stock de Manizales, como fragmentos metamórficos, y la mayoría son esquistos micáceos del Grupo Cajamarca. En el área de Manizales, todos los afloramientos de la Formación Casabianca están meteorizados en alto grado (Naranjo Henao & Ríos Alzate, 1989).

Esta unidad se localiza al suroeste de la zona de estudio rodeando la estación de servicio ubicada sobre la avenida Kevin Ángel, cuenta con un área de 0.69 ha que corresponden al 10.4% del total.

5.3.3.3. Depósito de caída piroclástica (Qcp)

Se refiere a los depósitos acumulados como lluvia de partículas piroclásticas que recubren la topografía (Vásquez, Jimena, González, & Vargas, 2010). Estos son originados por la actividad volcánica reciente con la emisión de productos piroclásticos por los volcanes del Complejo Ruíz - Tolima. Esta unidad cubre la mayor parte de la zona de estudio y se encuentra suprayaciendo el suelo residual del basamento (Complejo Quebradagrande), su espesor es variable en la zona de estudio entre (1,8) y (3) metros de profundidad, su textura es arenosa, con fragmentos de cuarzo, pómez y algunos minerales máficos. Estos depósitos no fueron delimitados cartográficamente teniendo en cuenta que cubren la mayor parte del terreno, pudiendo así definir la espacialización de las unidades subyacentes.

Edad: La edad considerada para estos depósitos corresponde al intervalo Pleistoceno tardío -Holoceno y corresponden a los vestigios de la actividad volcánica cuaternaria que se extiende hasta hoy en el complejo Volcánico Ruiz- Tolima (INGEOMINAS, 2001).

5.3.3.4. Deposito aluvial reciente (Qal)

Depósitos no consolidados de material aluvial de poco espesor en el trazo de la Quebrada Olivares, estos depósitos cubren las rocas más antiguas. Estos depósitos están compuestos por bloques y gravas de diferente tamaño y composición, en una matriz arcillo-arenosa con diversos grados de cementación o compactación. La mayor parte de estos depósitos son del Holoceno y su espesor, en las zonas bajas, tiende a aumentar debido a los procesos actuales acelerados de erosión y depositación.

Esta unidad cubre 0.60 ha correspondientes al 9.1% del área de estudio, siendo la unidad con menor predominio en la zona, en donde se ve representada por materiales subangulares a subredondeados con predominio del tamaño grava en una matriz arenosa.

5.3.3.5. Llenos (Lle)

Materiales finogranulares a granulares compuestos por material extraído de cortes de laderas, explanaciones para la construcción de viviendas, o por material deslizado que posteriormente es removido de las vías. Estos depósitos, conformados por material aluvial y volcánico principalmente, provenientes probablemente de las unidades geológicas de la zona, tienen espesores hasta de 4 m, con tamaños que varían entre arenas y gravas mezclados con material más fino, de limo a arcilla. En general, la matriz es seca, de baja plasticidad, resistencia media, consistencia media y espesores de 1 a 4 metros. Para la zona de estudio esta unidad tiene un área de 3.12 ha que representan el 46.7% convirtiéndose así en la unidad

predominante, lo cual es correspondiente con el nivel de intervención urbana y la actividad antrópica que se reconocen dentro del área.

5.3.4. Unidades Geológicas para Ingeniería

En el área de estudio se van a delimitar y describir las propiedades de los suelos desde el punto de vista ingenieril, para lograr dicho propósito se toman como base las guías metodológicas para la zonificación de amenaza por movimientos en masa a escala 1:5.000 realizadas por el SGC (2016) en las cuales se proponen los elementos y formas de evaluación que deben tenerse en cuenta para estandarizar la clasificación de las Unidades Geológicas para Ingeniería.

Un mapa de Unidades Geológicas para Ingeniería, permite separar el terreno en unidades homogéneas en cuanto a las características mecánicas de los suelos, se consideran tres aspectos fundamentales: 1) diferenciar los materiales aflorantes entre suelos y rocas, 2) definir los espesores de suelo o las características estructurales del macizo rocoso, y 3) caracterizar los materiales de acuerdo con sus propiedades mecánicas, para la correcta caracterización de unidades se discriminan entre: rocas, suelos residuales y saprolitos, suelos transportados y por último suelos de origen antrópico. SGC (2016).

Durante las visitas de campo se elabora un reconocimiento geológico y geotécnico de superficie, definir las áreas de exploración del subsuelo, elaboración de trincheras, líneas de refracción sísmica, perforaciones estándar y rotación, ensayos "IN SITU" y en el laboratorio, de tal manera que se obtenga la caracterización geomecánica de los materiales que constituyen el área del proyecto, se elaborará la evaluación de puntos críticos, área que sugieran algún tipo de inestabilidad o influencia en el proyecto de manera en particular.

Para la descripción y caracterización de las rocas se tuvieron en cuenta los siguientes aspectos:

Composición mineralógica y clasificación genética, tamaño y forma de los granos, color de acuerdo a la escala de Colores de Munsell, grado de meteorización o alteración, dureza o resistencia a la compresión simple obtenida con pruebas de campo de acuerdo al SGC y disposición estructural. Adicionalmente se realizaron observaciones más detalladas que incluyen aspectos texturales como el color de la roca, la forma y el tamaño de los granos, el grado de redondez y esfericidad, la porosidad y permeabilidad, el tipo de cemento y matriz, entre otros, que también proporcionan criterios para determinar el comportamiento ingenieril de las rocas.

Para los suelos se tuvieron en cuenta aspectos como: la granulometría, forma de las partículas, gradación, contactos, entre otros.

Hay un número de propiedades generales que son comunes para cualquier tipo de suelo, por ejemplo: el origen, la composición de las partículas, el color, la condición de humedad y estructuras relictas y/o discontinuidades en la masa de suelo. Sin embargo, existen también características propias para los suelos finos tales como la consistencia y la plasticidad, así las que identifican en particular a los suelos gruesos:

forma (redondez y esfericidad) y tamaño, gradación, selección, estructura y empaquetamiento, compacidad y densidad relativa (SGC, 2017).

A continuación, se describen más detalladamente los procesos de evaluación y caracterización geotécnica de materiales rocosos y unidades de suelo para este proyecto.

Caracterización de rocas

Para la descripción y caracterización de las rocas se tuvieron en cuenta los siguientes aspectos:

- Composición mineralógica y clasificación genética
- Tamaño y forma de los granos
- Color de acuerdo a la escala de Colores de Munsell
- Grado de meteorización o alteración
- Dureza o resistencia a la compresión simple obtenida con pruebas de campo de acuerdo al SGC
- Disposición estructural

Observaciones más detalladas incluyen aspectos texturales como el color de la roca, la forma y el tamaño de los granos, el grado de redondeamiento y esfericidad, la porosidad y permeabilidad, el tipo de cemento y matriz, entre otros, que también proporcionan criterios para determinar el comportamiento ingenieril de las rocas.

- Grado de meteorización

Las rocas sólidas son cambiadas o transformadas debido a la desintegración física y descomposición química en la superficie de la tierra o muy cerca de ella. El proceso ocurre "in situ", el resultado final da origen a un perfil de roca alterada o saprolito y a la formación de suelos residuales, los cuales tienen propiedades diferentes a la roca original. Para definir el grado de meteorización de las rocas se utilizaron los perfiles generados por Deere y Patton (1971) y Dearman (1974, 1991).

- Perfil de meteorización

Como resultado de la descomposición de las rocas se forma una secuencia de horizontes cada uno de los cuales posee características físicas, químicas y mecánicas diferentes. El paso de un horizonte a otro es gradual y el comportamiento es característico para cada horizonte, dependiendo no solo del patrón estructural impuesto por las proporciones de roca sana, saprolito y suelo residual; sino también de la mineralogía desarrollada en cada horizonte. El perfil de meteorización en la masa de suelo debe describirse igual que los macizos rocosos. Para ello se adapta la tabla dada a fin de hacerla aplicable a los suelos (SGC, 2017) (**Figura 17** y **Figura 18**).

Figura 17 Grado de Meteorización.

TÉRMINO	DESCRIPCIÓN
Fresca	No hay señales visibles de meteorización en la matriz rocosa
Descolorida	El color del material fresco original de la roca cambió y es evidencia de la meteorización. Debe indicarse el grado de cambio del color original. Si el cambio de color se limita a constituyentes minerales particulares, debe mencionarse
Descompuesta	Roca meteorizada a la condición de un suelo en el cual la fábrica original del material todavía se mantiene intacta, pero algunos o todos los granos minerales se encuentran descompuestos
Desintegrada	Roca meteorizada a la condición de un suelo en el cual la fábrica original del material se encuentra intacta. Roca friable, pero los granos minerales no están descompuestos del todo

Fuente: Tomado del SGC (2017).

Figura 18. Descripción y comportamiento del perfil de meteorización.

HORIZONTES	RECONOCIMIENTO DE CAMPO	COMPORTAMIENTO GENERAL
VI SUELO RESIDUAL	No se reconoce fábrica relicta o heredada; a lo sumo algo de fábrica mineral. Retorno de agua turbia en la perforación, sin pérdida	Incompetente como material de fundación e inestable en excavaciones, si no hacen obras de protección y mitigación
V ROCA COMPLETAMENTE DESCOMPUESTA (saprolito fino)	Roca decolorada muy deleznable con fábrica relicta. Retorno de agua turbia en la perforación, con algo de pérdida. *Sin recobro*	Puede excavarse a mano; incompetente como fundación de grandes estructuras; en cortes de talud se requiere protección vegetal
IV ROCA ALTAMENTE DESCOMPUESTA (saprolito grueso)	Roca decolorada; los fragmentos se pueden desmenuzar aún con la mano. Pueden recobrarse algunos núcleos de perforación. Pérdidas de agua de lavado. *Recobro de núcleos < 30% - 40%*	Las fallas de los taludes son controladas por la fábrica relicta o heredada
III ROCA MODERADAMENTE DESCOMPUESTA	Roca decolorada; los fragmentos no pueden romperse con la mano y presentan meteorización química. Se pierde casi toda el agua de lavado si no se usa lodo. *Recobro de núcleos > (30% - 40%)*	Requiere el uso de explosivos para excavarse; sirve como fundación de estructuras pequeñas y puede usarse para relleno semipermeable; su estabilidad en cortes depende de su actitud estructural
II ROCA DÉBILMENTE DESCOMPUESTA (roca)	Roca algo decolorada, presenta apariencia de roca fresca, salvo que posee meteorización superficial en las diaclasas y fracturas. Sin meteorización química pero con bastante oxidación superficial	Requiere el uso de explosivos para excavarse; estable como fundación de grandes estructuras; las diaclasas abiertas y la posibilidad de que circule agua a presión por estas es desfavorable para la estabilidad de excavaciones
I ROCA FRESCA (roca)	Roca parental sana, sin oxidación superficial o muy poca	Estable como fundación; las fallas de taludes de corte están controladas estructuralmente

Fuente: Tomado y traducido de Dearman (1974) en SGC (2017).

- Índice de resistencia a la compresión

La resistencia a la compresión simple es una propiedad físico-mecánica de las rocas y suelos cohesivos; permite conocer el valor de carga última y se debe tener en cuenta en el estudio de la estabilidad de las laderas, ya que sirve para caracterizar y clasificar la matriz rocosa para futuras obras de ingeniería. En campo, ésta se puede determinar para suelos cohesivos y rocas a partir de parámetros cualitativos, según la International Society of Rock Mechanics (ISRM, 1981) (**Figura 19**).

Figura 19. Índices de campo para determinar la resistencia a la compresión simple, de suelos cohesivos y rocas a partir de índices de campo.

CLASE	DESCRIPCIÓN	IDENTIFICACIÓN EN CAMPO	APROXIMACIÓN AL RANGO DE RESISTENCIA A COMPRESIÓN SIMPLE (MPa)
S1	Suelo muy blando	El puño penetra fácilmente varios cm	< 0,0025
S2	Suelo blando	El dedo penetra fácilmente varios cm	0,0025 – 0,05
S3	Suelo firme	Se necesita una pequeña presión para hincar el dedo	0,05 – 0,10
S4	Suelo rígido	Se necesita una fuerte presión para hincar el dedo	0,10 – 0,25
S5	Suelo muy rígido	Con cierta presión puede marcarse con la uña	0,25 – 0,50
S6	Suelo duro	Se marca con dificultad al presionar con la uña	> 0,50
R0	Roca extremadamente blanda	Se puede marcar con la uña	0,25 – 1
R1	Roca muy blanda	Al golpear con la punta del martillo la roca se desmenuza. Con navaja se talla fácilmente	1 – 5
R2	Roca blanda	Al golpear con la punta del martillo se producen ligeras marcas. Con navaja se talla con dificultad	5 – 25
R3	Roca moderadamente dura	Con un golpe fuerte del martillo puede fracturarse. Con la navaja no puede tallarse	25 – 50
R4	Roca dura	Se requiere más de un golpe del martillo para fracturarla	50 – 100
R5	Roca muy dura	Se requieren muchos golpes del martillo para fracturarla	100 – 250
R6	Roca extremadamente dura	Al golpear con el martillo sólo saltan esquirlas	> 250

Fuente: Tomado de ISRM (1981).

- Descripción de discontinuidades

Los tipos de discontinuidades que se pueden diferenciar en un afloramiento rocoso incluyen las diaclasas, planos de estratificación, laminación, foliación, fallas, diques y superficies de contacto entre rocas sedimentarias y metamórficas o ígneas. La orientación de las familias de discontinuidades con respecto a la dirección del talud, así como su espaciamiento, persistencia, abertura, rugosidad y resistencia de las paredes, determinan en un macizo rocoso su comportamiento ante cargas y cortes o excavaciones (SGC, 2004).

Para caracterizar un macizo rocoso, de acuerdo con sus discontinuidades, se tuvo en cuenta el grado de fracturamiento, el Índice de Fracturamiento (Jv) que permite correlacionar el tamaño de bloque con la calidad del macizo rocoso, densidad de fracturamiento (RQD) y el Índice Geológico de la Resistencia GSI. Adicionalmente se usan algunos de estos parámetros en la evaluación de la calidad del macizo rocoso o RMR, según Bieniawski (1989) (**Figura 20).**

Figura 20. Índices de campo para determinar la resistencia a la compresión simple, de suelos cohesivos y rocas a partir de índices de campo.

CLASE	DESCRIPCIÓN	IDENTIFICACIÓN EN CAMPO	APROXIMACIÓN AL RANGO DE RESISTENCIA A COMPRESIÓN SIMPLE (MPa)
S1	Suelo muy blando	El puño penetra fácilmente varios cm	< 0,0025
S2	Suelo blando	El dedo penetra fácilmente varios cm	0,0025 – 0,05
S3	Suelo firme	Se necesita una pequeña presión para hincar el dedo	0,05 – 0,10
S4	Suelo rígido	Se necesita una fuerte presión para hincar el dedo	0,10 – 0,25
S5	Suelo muy rígido	Con cierta presión puede marcarse con la uña	0,25 – 0,50
S6	Suelo duro	Se marca con dificultad al presionar con la uña	> 0,50
R0	Roca extremadamente blanda	Se puede marcar con la uña	0,25 – 1
R1	Roca muy blanda	Al golpear con la punta del martillo la roca se desmenuza. Con navaja se talla fácilmente	1 – 5
R2	Roca blanda	Al golpear con la punta del martillo se producen ligeras marcas. Con navaja se talla con dificultad	5 – 25
R3	Roca moderadamente dura	Con un golpe fuerte del martillo puede fracturarse. Con la navaja no puede tallarse	25 – 50
R4	Roca dura	Se requiere más de un golpe del martillo para fracturarla	50 – 100
R5	Roca muy dura	Se requieren muchos golpes del martillo para fracturarla	100 – 250
R6	Roca extremadamente dura	Al golpear con el martillo sólo saltan esquirlas	> 250

Fuente: Tomado de ISRM (1981).

- Grado de fracturamiento o discontinuidades

Se definen como planos o fracturas de origen mecánico o sedimentario que independizan o separan bloques de roca.

Tabla 3 y **Tabla 4** se muestra una de las clasificaciones del grado de fracturamiento tenida en cuenta en el estudio de las discontinuidades (SGC, 2015).

Tabla 3 Condición de fracturamiento de las rocas.

CONDICIÓN DE FRACTURAMIENTO DE LAS ROCAS.					
Intervalo de Separación (Espaciamiento)	> 2 m	200-60 cm	60-20 cm	20-6 cm	< 6 cm
Clasificación (grado de fracturamiento)	MASIVA	POCO FRACTURADA	FRACTURADA	MUY FRACTURADA	FRAGMENTADA O TRITURADA
Características	Discontinuidades bastante espaciadas	Fracturas regularmente espaciadas a ampliamente espaciadas	Fracturas próximas a moderadamente espaciadas	Fracturas muy próximas o estrechamente espaciadas. Las rocas se separan en bloques tabulares	La roca se presenta triturada, astillosa y se separan en lajas con facilidad

Fuente: INGEOMINAS (2013) en SGC (2017).

Tabla 4. Caracterización de las juntas y discontinuidades del macizo rocoso.

CARACTERIZACIÓN DE LAS JUNTAS Y DISCONTINUIDADES DEL MACIZO ROCOSO																																
ESPACIADO (mm) (ISRM, 1981)							CONTINUIDAD (m) (ISRM, 1981)										ABERTURA (ISRM; 1981)								RUGOSIDAD (ISRM 1981)								
							SEGÚN DIRECCIÓN DE BUZAMIENTO					SEGÚN BUZAMIENTO																						
Extrem juntas.	Muy juntas	Juntas	Moderm.Juntas	Separadas	Muy separadas	Extrm.Separadas	Baja	Baja	Media	Alta	Muy Alta	Baja	Baja	Media	Alta	Muy Alta	Muy cerrada	Cerrada	Parcialm. Abierta	Abierta	Moderad. Abierta	Ancha	Muy ancha	Extrem ancha	Cavernas	Escalonada			Ondulada			Plana		
< 20	≥20, <60	≥60, <200	≥200, <600	≥600, <2000	≥2000 <6000	≥6000	< 1	≥1, <3	≥3, <10	≥10, <20	≥20	< 1	≥1, <3	≥3, <10	≥10, <20	≥20	< 0.1 mm	≥0.1, <0.25 mm	≥0.25, <0.50 mm	≥0.50, <2.50 mm	≥2.50, <10 mm	≥1 cm	≥1, <10 cm	≥10, <100 cm	≥1 m	I Rugosa	II Lisa	III Pulida	IV Rugosa	V Lisa	VI Pulida	VII Rugosa	VIII Lisa	IX Pulida

Fuente: Tomado de ISRM (1981).

- Índice de fracturamiento (Jv)

Mide la intensidad de fracturamiento de un macizo rocoso y se define como la sumatoria del número de discontinuidades por familia, encontrados por metro cúbico, en un afloramiento. En forma práctica, para

calcular este valor, se suman las discontinuidades de la misma familia, encontradas en un tramo o longitud que puede variar entre 5 y 10 m, medido en forma perpendicular a la dirección de cada familia; el valor obtenido permite estimar el tamaño de los bloques (SGC, 2015).

Jv= Σ (Numero de discontinuidades por familia/longitud (m))

Descripción de bloques en función del número de discontinuidades (**Tabla 5**).

Tabla 5. Descripción del tamaño del bloque en función del número de discontinuidades.

DESCRIPCIÓN DEL TAMAÑO DEL BLOQUE EN FUNCIÓN DEL NÚMERO DE DISCONTINUIDADES.		
CLASE	**DESCRIPCIÓN**	**JV (DISCONTINUIDADES/M3)**
I	Bloques muy Grandes	<1
II	Bloques Grandes	1-3
III	Bloques Medianos	3-10
IV	Bloques Pequeños	10-30
V	Bloques muy Pequeños	30-60
VI	Macizo Brechificado	>60

Fuente: Tomado del ISRM (1981).

Teniendo en cuenta las correlaciones de campo, se determinaron rangos de calidad del macizo rocoso de acuerdo con el Índice de Fracturamiento-Jv como se puede observar en la siguiente **Tabla 6.**

Tabla 6. Calidad del macizo rocoso según índice de fracturamiento.

CALIDAD DEL MACIZO ROCOSO SEGÚN ÍNDICE DE FRACTURAMIENTO		
TIPO DE ROCA	**CALIDAD**	**JV**
Roca muy Dura	Muy buena	<1 Fr/m^3
Roca Dura	Buena	1-3 Fr/m^3
Roca Intermedia	Regular	4-30 Fr/m^3
Roca Blanda	Mala	31-60 Fr/m^3
Roca muy Blanda	Muy mala	> 61 Fr/m^3

Fuente: Tomado de ISRM (1981).

- Densidad de fracturamiento o índice de RQD

El parámetro RQD (Rock Quality Designation) permite estimar el grado de fracturamiento del macizo rocoso por unidad de volumen a partir de testigos de perforación. En la práctica el RQD se calcula mediante la relación entre la sumatoria de las longitudes de los fragmentos de un testigo de perforación, mayor de 10 cm, y la longitud total del testigo obtenido, no excediendo 1,5 m de longitud; el valor obtenido, se ubica dentro de los rangos de porcentaje de RQD **(Tabla 7)** que permite determinar la calidad del macizo (SGC, 2015).

RQD = (Σ longitudes de trozos > 10 cm / longitud total) x 100 (%)

Tabla 7. Rangos de RQD para clasificar la calidad del macizo rocoso.

RANGOS DE RQD PARA CLASIFICAR LA CALIDAD DEL MACIZO ROCOSO.	
CALIDAD DEL MACIZO	**VALOR RQD (%)**
Muy buena	91-100
Buena	76-90
Regular	51-75
Mala	26-50
Muy Mala	<25

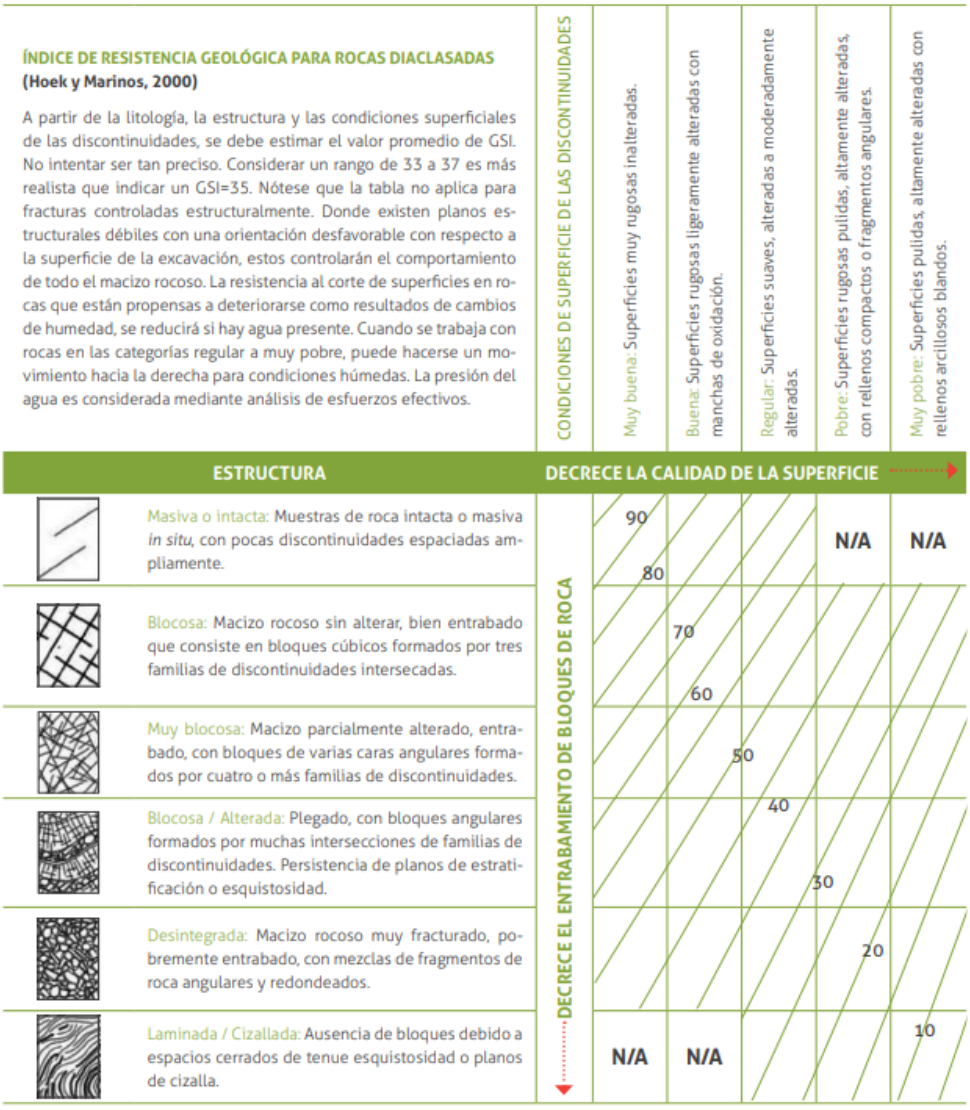
Fuente: Tomado del SGC (2015).

- Índice geológico de resistencia (GSI)

La caracterización del macizo rocoso con el GSI es simple y está basada en la impresión visual de la estructura rocosa, en términos de bloques y de la condición superficial de las discontinuidades indicadas por la rugosidad y alteración de las diaclasas. El GSI propuesto por Hoek (1994) y Hoek et al. (1995) proporciona un sistema para estimar la disminución de la resistencia que presenta un macizo rocoso con diferentes condiciones geológicas (SGC, 2017).

Esta clasificación se basa en la observación detallada del macizo rocoso y, por consiguiente, es esencialmente cualitativa. La determinación del GSI se hace a partir de la **Figura 22.** En la se presenta el factor GSI para clasificar macizos rocosos homogéneos, en la **Figura 21** se ingresa desde 2 puntos diferentes, uno horizontal: referente al tamaño y entrabamiento de bloques, composición y estructura; el ingreso vertical es referente a las condiciones de las discontinuidades, se converge posteriormente en el valor del GSI dispuesto en las líneas diagonales. En la siguiente figura se presentan los rangos de calificación del macizo rocoso según el GSI (SGC, 2017).

Figura 21. Índice de resistencia para macizos rocosos homogéneos.



Fuente: Tomada del SGC (2017).

Figura 22. Rangos de clasificación de macizo según el GSI.

CALIDAD DE MACIZO	CLASE O TIPO DE MACIZO	RANGO GSI
Muy mala	VIII - IX	0 - 20
Mala	VI - VII	20 - 40
Regular	IV – V	40 - 60
Buena	II - III	60 - 80
Muy buena	I	80 - 100

Fuente: Tomado SGC (2017).

Caracterización de las unidades de suelo

Para SGC (2016) se definen como suelos aquellos materiales sueltos o inconsolidados, compuestos de una mezcla de materia orgánica, fragmentos de roca, arcilla y minerales, producto de la descomposición in situ del material rocoso o de sedimentos transportados por diferentes medios. Se consideran materiales que se pueden excavar fácilmente por métodos manuales y se clasifican como suelos residuales (horizonte VI del perfil de meteorización de Dearman, 1995) y transportados (depósitos de gravedad-coluvial, aluviales, glaciares y eólicos, entre otros).

El suelo se debilita o ablanda por inmersión en agua; puede ser el resultado de procesos físicos, químicos y biológicos que actúan para producir un material rico en materia orgánica con horizontes característicos (capas) a poca profundidad. El proceso de formación de un suelo puede ser de la erosión o meteorización de rocas más duras o de suelos más antiguos "in situ" o puede ser material transportado o depositado como una formación geológica débil, Selby (1993. citado por (SGC, 2017)).

Las propiedades de los suelos están directamente relacionadas con la granulometría, forma de las partículas, gradación, contactos, entre otros. Es importante aclarar y de interés para el presente trabajo contemplar que dentro de los suelos a describir también se incluyen los depósitos recientes inconsolidados asociados a coluviones.

Hay un número de propiedades generales que son comunes para cualquier tipo de suelo, por ejemplo: el origen, la composición de las partículas, el color, la condición de humedad y estructuras relictas y/o discontinuidades en la masa de suelo. Sin embargo, existen también características propias para los suelos finos tales como la consistencia y la plasticidad, así las que identifican en particular a los suelos gruesos: forma (redondez y esfericidad) y tamaño, gradación, selección, estructura y empaquetamiento, compacidad y densidad relativa (SGC, 2017). Para clasificar correctamente el suelo, la metodología toma en cuenta los siguientes factores:

- Génesis

Tanto para suelos cohesivos como no cohesivos, debe diferenciarse el origen del suelo o roca entre: Roca inalterada, suelo derivado de roca in situ y suelo transportado (SGC, 2016). La **Tabla 8** presenta la clasificación genética de las unidades de suelo descritas por Hermelín, 1985, y Salazar (1995. Citado por (SGC, 2016)).

Tabla 8 Tabla de clasificación genética de las unidades de suelo .

ORÍGEN DE LA UGI	TIPO DE UGI
Derivadas de roca In situ	Roca inalterada Saprolito Suelo residual
Depósitos aluviales	Aluviones recientes o de lecho de río Llanuras aluviales Abanicos o conos aluviales Terrazas aluviales Depósitos fluviotorrenciales
Depósitos lacustres y paludales	Planicie lacustrina, artesa lagunar, plano anegadizo
Depósitos de ladera, de vertiente o coluviales	Coluviones Talus Flujos (de lodo, tierra y de escombros) Derrubios de pendiente
Depósitos costeros	Deltas, barras, playas, etc.
Depósitos volcánicos	Tefras Surges Flujos de piroclastos Ignimbritas Flujos de lodos volcánicos Lahares Cenizas Coladas de lava
Depósitos eólicos	Dunas, medanos, Loess Cenizas volcánicas
Depósitos glaciares	Morrenas y tillitas Fluvioglaciares, valle glaciar, abanicos de lavado
Depósitos antrópicos	Rellenos sanitarios o de basuras Rellenos de excavaciones Escombreras o botaderos

Fuente: Hermelín, 1985, y Salazar (1995. Citado por SGC (2016)).

- Composición

Depende del protolito del suelo, la descripción incluye tanto partículas identificables a simple vista como las identificadas mediante lupa, generalmente los fragmentos más grandes corresponden a partes de roca, y las partículas más pequeñas corresponden a minerales individuales como cuarzo, micas, entre otros (SGC, 2017).

- Forma, esfericidad, redondez y tamaño (Textura).

Para suelos gruesos corresponde a la forma, esfericidad, redondez y tamaño, características resultantes de interperismo y erosión. La redondez de los fragmentos en un depósito se define de acuerdo con la clasificación tradicional sedimentológica propuesta por Wadell (1933. citado por (Murcia H., y otros, 2013)), que clasifica los fragmentos como muy angulares, angulares, subangulares, sub-redondeados, redondeados

y bien redondeados. A continuación, en la **Tabla 9** se presentan la propuesta realizada por ASTM (2011), para definir la textura de los suelos según el tamaño de las partículas.

Tabla 9. Textura de los suelos según el tamaño de las partículas.

TAMAÑO (MM)	CLASIFICACIÓN	TEXTURA
>300	Bloques	Bloques y cantos
75-300	Cantos	
19-75	Gravas gruesas	Gravosa
4,75-19	Gravas finas	
2,0-4,75	Arenas gruesas	Arenosa
0,425-2,2	Arenas medias	
0,075-0,425	Arenas finas	
<0,075	Finos (Limos-arcillas)	Arcilla, arcillolimosa, limoarcillosa y limosa

Fuente: (ASTM, 2011).

- Condición de humedad

Existen varios criterios para describir la humedad natural, en caso de suelos gruesos considera que se debe describir la condición de humedad de la matriz. Indica las categorías: Seco, cuando no hay humedad visible; húmedo, cuando el material se comporta de forma plástica pero dentro de él no fluye agua libre; Mojado, cuando contiene humedad suficiente para comportarse como un líquido, pero el agua no fluye; muy mojado, el agua fluye de la pasta del suelo (Varnes (1998) en (SGC, 2017)).

- Consistencia

Descrita para suelos de granulometría fina, corresponde a la firmeza o solidez que presenta la masa de suelo, mide la resistencia del suelo a ser deformado o amasado que dependerá del contenido de humedad. Puede relacionarse con la resistencia al corte no drenado, en la medida en que su determinación mediante pruebas de campo puede relacionarse directamente con valores de resistencia del suelo ante la aplicación de esfuerzos de corte. La **Tabla 10** presenta la terminología utilizada para describir la consistencia en los suelos finos.

Tabla 10. Terminología utilizada para describir la consistencia de suelos finos.

TÉRMINO	RESISTENCIA AL CORTE NO DRENADA (KN/M²)	PRUEBA DE CAMPO
Muy blanda	<20	Se escurre entre los dedos al apretarse en la mano
Blanda	20 - 40	Se puede penetrar fácilmente con el dedo pulgar y se puede moldear mediante ligera presión de los dedos
Media	40 - 75	El pulgar penetra con esfuerzo y puede ser moldeado con una presión fuerte de los dedos
Alta	75 – 150	El pulgar deja solo una marca y no puede ser moldeado entre los dedos
Muy alta	150 -300	Se puede marcar con la uña del pulgar y el cuchillo penetra cerca de 15 mm

TÉRMINO	RESISTENCIA AL CORTE NO DRENADA (KN/M²)	PRUEBA DE CAMPO
Dura	>300	No puede ser marcado con la uña del pulgar

Fuente: Weltman & Head (1983. Citado por (SGC, 2017).

- Plasticidad

Como una de las características más importantes de los suelos finos, se refiere a la capacidad que tiene un suelo para ser moldeado o deformado sobre un amplio rango de contenido de humedad, sin agrietamiento o sin mostrar ninguna tendencia al cambio de volumen NZGS (2005. Citado por (SGC, 2017)). Para evaluar la plasticidad en el campo es necesario remoldear el suelo sobre un rango de contenido de humedad. El procedimiento consiste en enrollar el suelo en las manos hasta formar un cordón de cerca de 3 mm de diámetro, sin que dichos cilindros se desmoronen. (SGC, 2017). La **Tabla 11** muestra los criterios para definir la plasticidad según ONU (2009. Citado por (SGC, 2017)).

Tabla 11 Criterios para definir la plasticidad.

CÓDIGO	NOMBRE	DESCRIPCIÓN
NPL	No plástico	No pueden formarse rollos con ningún contenido de humedad
SLP	Ligeramente plástico (baja)	Se forma el cordón, pero se rompe inmediatamente si se le curva en forma de aro; la masa de suelo se deforma por una fuerza muy ligera
PL	Plástico (Media)	Se forma el cordón, pero se rompe al doblarlo en forma de aro; se requiere una fuerza ligera a moderada para deformar la masa de suelo
Vpl	Muy plástico (Alta)	Se forma el cordón y se puede doblar en forma de aro; se requiere una fuerza moderadamente fuerte a muy fuerte para deformar la masa de suelo

Fuente: ONU (2009. Citado por SGC (2017)).

- Nomenclatura

Establecido el origen y la litología de las unidades se define la nomenclatura asociada, la cual se ajusta de acuerdo con la caracterización de los materiales en la actividad de comprobación de campo. Los criterios de nomenclatura propuestos por SGC (2016), son los siguientes:

La primera letra, en mayúscula, indica si es roca (R) o suelo (S).

Si es roca (R), la segunda letra, en minúscula, indica su calidad, según sus características de resistencia cualitativa, grado de meteorización y el diaclasamiento, entre otras, la cual se ajustará según la caracterización realizada cuantitativamente, que se denomina muy dura (md), dura (d), intermedia (i), blanda (b) y muy blanda (mb).

Si es suelo (S), la segunda letra indicará el origen: transportado (t), residual (r) o antrópico (a).

La tercera letra indica el tamaño del grano predominante o la textura del material.

Se pueden agregar al nombre otras letras que indiquen las características geotécnicas del material.

La simbología propuesta para las unidades geológicas superficiales dentro del proyecto corresponde a las planteadas por el Servicio Geológico Colombiano (2004) y SGC (2017). Dicha clasificación se presenta en a continuación en la **Tabla 12.**

Tabla 12 Simbología propuesta para las Unidades Geológicas para Ingeniería (UGS).

TIPO DE MATERIAL	UNIDADES	ORIGEN	TIPO DE U.G.S	SÍMBOLO/ COMPOSICIÓN
SUELOS (S)	Transportado (st)	Fluvial (Stf)	Aluviones de lechos Fluviales	St/al/ar,lm
			Llanura de inundación	Stf/Lli/a,ar
			Terraza aluvial	Stf/tz/gr,ar
			Abanico/cono-aluvial	Stf/ab-co/gr,ar
			Depósitos torrenciales	Stf/dt/bl,gr,ar
			Depósitos fluviotorreciales	Stf/ft/bl,gr,a
		Lagunar (Stl)	Depósitos lacustres	Stl/a,ar,lm
			Depósitos paludales	Stl/a,lm,tur
			Depósitos fluvio-Lacustres	Stlf/ar,a,gr
		Glaciar (Stg)	Morrenas	Stg/mr/bl,gr,ar
			Tillitas	Stg/tll/gr,ar
		Fluvio-Glaciar (Stfg)	Abanicos fluvioglaciares	Stfg/ab/gr,ar
			Terrazas fluvioglaciares	Stfg/tz/gr,ar,a
		Volcánico (Stv)	Depósitos de ceniza	Stv/c/lm,ar,a
			Lapilli	Stv/lp/bl,gr,ar,lm
			Tefras	Stv/t
			Lahares	Stv/lh/bl,gr.ar
			Flujos de piroclastos	Stv/fp/gr,ar,lm
			Flujos de lodos Volcánicas	Stv/flv/ar,lm,a
			Ignimbritas	Stv/igni
			Coladas de lava	Stv/cl/ar,lm,a
		Eólico (Ste)	Depósitos de loess	Ste/l/ar,lm
			Depósitos de dunas	Ste/d/ar,lm
			Baijanes	Ste/b/ar,lm
		Costero (Stc)	Depósitos de deltas	Stc/d/a,ar,lm
			Barras	Ste/b/ar,a,bl
			Playas	Ste/p/ar,a,lm
			Arrecifes	Ste/lm,a,ar
			Terrazas	Ste/tz/ar,a,gr
			Planicies	Stc/pi/a,lm
		Gravedad y ladera (Stgl)	Coluviones	Stglc/ar,a,bl
			Talus/cono de talus	Stglt/bl,cl,gr

TIPO DE MATERIAL	UNIDADES	ORIGEN	TIPO DE U.G.S	SÍMBOLO/ COMPOSICIÓN
			Derrubios de pendiente	Stglc/bl,fr,gr
			Flujos (de lodo, tierra y de escombros)	Stglc/f/l,t,e/ar,gr,l m
	Residuales (Sr)	De Rocas Sedimentarias (Srs)	S.r de roca parental de textura clástica cementada y granulometría gruesa areniscas y conglomerados	Srs/ar,cng
			S.r de roca parental de granulometría fina; arcillolitas, limolitas y Areniscas	Srs/a,lm,ar
		De Rocas Ígneas	S.r. de roca parental de textura cristalina masiva y granulometría gruesa	Srii/ar,lm,a
		Intrusivas o extrusivas (SriiSrie)	S.r de roca parental de composición básica y Granulometría fina	Srii/a,lm,ar
		De rocas Ígneas Volcánicas (Sriv)	S.r de roca parental de origen volcánico y granulometría fina a gruesa	Sriv/ar,lm,a,bl
		De Rocas Metamórficas (S r m)	S.r de roca parental de textura cristalina y bien Foliada	Srm/a,lm,ar
			S.r. de rocas parentales de textura cristalina masivas y granulometría gruesa (cuarcita, mármol, neis)	Srm/ar,a,lm
	Depósitos Antrópicos (Sa)	Depósitos Antropogénicos	Rellenos sanitarios o de basuras	Composición heterogénea
			Rellenos de excavaciones o de escombros o botaderos	Composición heterogénea
Tipo de Material	**Unidades**			
ROCAS (R)	Blandas	Resistencia baja <1000Kg/cm2		
	Intermedias	Resistencia Intermedia a Alta 1000 a 2000Kg/cm2		
	Duras	Resistencia Alta a muy Alta > 2000Kg/cm2		

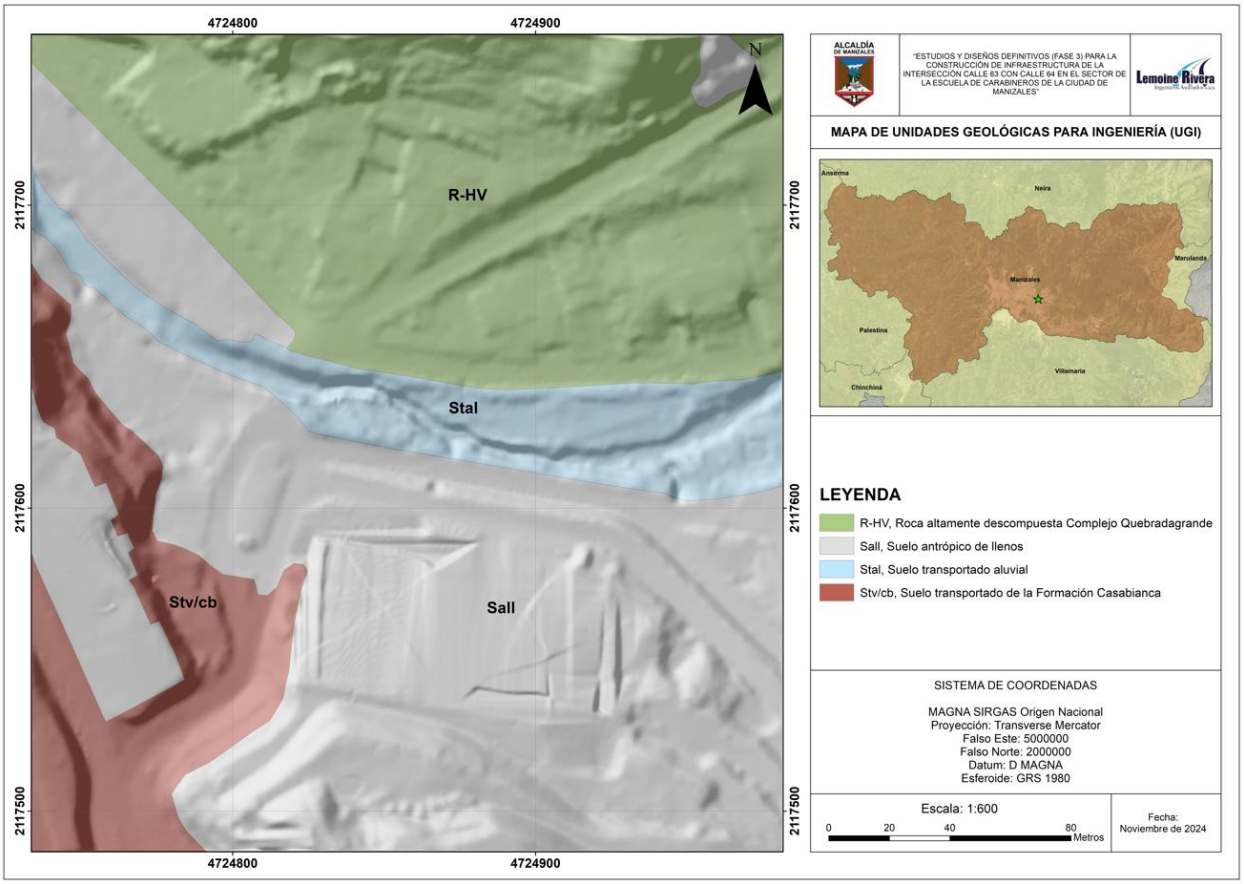
Fuente: Geológico Colombiano (2004) y SGC (2017).

- **Clasificación de Unidades Geológicas para Ingeniería en la zona**

Las Unidades Geológicas para Ingeniería se consideran como las formaciones que moldean la superficie del terreno, son cartografiables y se encuentran afectadas por procesos morfodinámicos debido a la acción de agentes exógenos y endógenos.

Este insumo cartográfico es el insumo más importante desde el punto de vista de homogeneización de las características ingenieriles de los materiales del área de estudio. Las UGI permiten diferenciar tres aspectos fundamentales: 1) diferenciar los materiales aflorantes entre suelos y rocas, 2) definir los espesores de suelo o las características estructurales del macizo rocoso, y 3) caracterizar los materiales de acuerdo con sus propiedades mecánicas (Servicio Geológico Colombiano, 2016). La **Figura 23** presenta la distribución de Unidades Geológicas para Ingeniería dentro del área de estudio.

Figura 23 Mapa de unidades Geológicas para Ingeniería (UGI) de la zona de estudio.



Fuente: Elaboración propia.

En la **Tabla 13** se presentan las descripciones de las estaciones realizadas para el reconocimiento geológico de la zona de estudio, se georreferencian dichos puntos de control y se entrega el registro fotográfico de la visita técnica. Cabe resaltar que la zona cuenta con una disponibilidad reducida de afloramientos debido al grado de urbanización.

Tabla 13 Estaciones de reconocimiento geológico dentro de la zona de estudio.

DESCRIPCIÓN DE ESTACIONES Y PUNTOS DE CONTROL					
NOMENCLATURA	**NORTE**	**ESTE**	**ALTURA (msnm)**	**DESCRIPCIÓN**	**REGISTRO FOTOGRÁFICO**
EST-01	2117744.907	4724769.183	2071.5	Afloramiento de 2.5m de altura, compuesto de Suelo transportado de ceniza. El suelo transportado presenta un grado de meteorización media, en estado húmedo, sin evidencia de datos estructurales ni fracturamiento. Tiene plasticidad media, Consistencia media, Resistencia media, Tacto arcillo- arenoso, Tamaño de grano medio y Color marrón grisáceo.	

DESCRIPCIÓN DE ESTACIONES Y PUNTOS DE CONTROL					
NOMENCLATURA	**NORTE**	**ESTE**	**ALTURA (msnm)**	**DESCRIPCIÓN**	**REGISTRO FOTOGRÁFICO**
EST-02	2117797.519	4725017.296		Punto de control del Suelo transportado de Ceniza con aproximadamente 3 m de alto. Este suelo presenta meteorización media, en estado seco, sin evidencia de datos estructurales ni fracturamiento. No es plástico, Consistencia media, Resistencia media, Textura arenosa, Tamaño de grano medio y Color marrón amarillento. Se observan fragmentos de pómez.	
EST-03	2117744.44	4724974.725	2081	1. Punto de control geológico donde se identifica una zona de lleno cubierta de vegetación.	

DESCRIPCIÓN DE ESTACIONES Y PUNTOS DE CONTROL					
NOMENCLATURA	**NORTE**	**ESTE**	**ALTURA (msnm)**	**DESCRIPCIÓN**	**REGISTRO FOTOGRÁFICO**
EST-04	2117714.916	4724929.719	2076.7	Punto de control del Suelo transportado de Ceniza con aproximadamente 1.80 m de alto. Este suelo presenta meteorización media, en estado seco, sin evidencia de datos estructurales ni fracturamiento. No es plástico, Consistencia media, Resistencia media, Textura arenosa, Tamaño de grano medio y Color marrón.	
EST-05	2117560.831	4724812.963	2077.9	Afloramiento en el corte de una vía principal de aproximadamente 4m de suelo transportado de la formación Casabianca. Este suelo es arcilloso, de color marrón rojizo con plasticidad media alta, tamaño de grano medio a fino, con meteorización alta, consistencia alta y resistencia alta.	

DESCRIPCIÓN DE ESTACIONES Y PUNTOS DE CONTROL					
NOMENCLATURA	NORTE	ESTE	ALTURA (msnm)	DESCRIPCIÓN	REGISTRO FOTOGRÁFICO
EST-06	2117639.803	4724811.236	2069.5	Punto de control geológico donde se observa el Suelo transportado aluvial de la Quebrada Olivares. Se identifica la presencia de barras longitudinales con materiales de tamaño grava, además de materiales de tipo bloque depositados sobre estas zonas de acumulación reciente bajo el puente del barrio La Toscana.	

Fuente: Elaboración propia.

A continuación, se describen cada una de las formaciones superficiales de ingeniería que constituyen la zona de estudio, descripciones que se hacen a partir de la información recolectada en recorridos de campo realizados por el equipo técnico e información de fuente secundaria.

5.3.4.1. Roca altamente descompuesta a partir del Complejo Quebradagrande (R-HV)

En la zona de estudio esta unidad se encuentra casi en su totalidad cubierta por el Suelo Trasportado de Cenizas que alcanza espesores observados de hasta 3 m, por lo que su definición se basa en un punto de control localizado en la parte norte fuera del área de análisis. En esta parte se identifica que la unidad corresponde a un saprolito grueso, con formación de suelo residual areno limoso de color gris, con la presencia de fragmentos meteorizados de la roca original (lutitas), donde es posible obtener evidencias de la roca fuente, reconociendo estructuras heredadas del macizo rocoso ya que presenta aspecto esquistoso, tacto sedoso y color gris con algunas superficies brillantes.

5.3.4.2. Suelo transportado de la Formación Casabianca (Stv/cb)

Sedimentos volcánicos retrabajados de grano fino, producidos como resultado de una gran agradación en cauces fluviales. Estos depósitos fueron afectados por procesos de meteorización y medianamente retrabajados por la actividad fluvial. En el área de Manizales, todos los afloramientos de la Formación Casabianca están meteorizados en alto grado.

En el área de estudio esta unidad se identifica en un punto con aproximadamente 4m de alto en el corte de una vía principal, tiene color marrón rojizo, humedad media, tacto arcilloso, plasticidad media a alta, tamaño de grano medio a fino, con consistencia y resistencia alta y un alto grado de meteorización. Las evidencias fotográficas se presentan en la **Figura 24**.

Figura 24 Evidencia fotográfica de la UGI Suelo transportado de la Formación Casabianca.



Fuente: Elaboración propia.

5.3.4.3. Suelo transportado de cenizas (Stv/c)

Para el área de estudio este tipo de suelos representan los depósitos que fueron generados por la ocurrencia histórica de emisiones volcánicas que han tenido lugar en épocas recientes, como resultado de la actividad volcánica del Volcán Nevado del Ruiz. Esta unidad cubre gran parte de las unidades presentes en el área de estudio, por lo que su delimitación cartográfica impedía visualizar la espacialización de las unidades subyacentes. En general se encuentra cubierto por vegetación, aflorando en zonas de apertura y cortes viales con espesores variables entre 1 a 4 metros. Los afloramientos presentan textura limo-arenosa, tonalidades marrones a grisáceas con un grado de plasticidad que varía entre medio a bajo, un grado medio

de consistencia, meteorización media y contenidos de humedad variables a lo largo de los diferentes afloramientos (**Figura 25**).

Figura 25 Evidencia fotográfica de la UGI Suelo transportado de ceniza - Stv/c. A) EST-01; B) EST-02.



Fuente: Elaboración propia.

5.3.4.4. Suelo transportado aluvial (Stal)

Suelos transportados de espesores variables que corresponde al trazo y a las terrazas de acumulación derivadas de las dinámicas fluviales y aluviales de la Quebrada Olivareras. Se dan como producto de acumulación sobre áreas que presentan geoformas planas, orientadas de manera paralela a subparalela respecto a trazo del cauce.

Esta unidad está conformada de fragmentos de rocas con variación en sus tamaños desde finos tipo arcilla a muy gruesos tipo bloques, esto asociado a la energía del cauce en el momento de su depositación, comportamiento evidenciado en la mala selección que presenta, la heterogeneidad en el tamaño, forma de los clastos y disposición de los mismos. De manera general es un depósito no consolidado con heterogeneidad en la composición de sus clastos o componentes dependiendo de la fuente asociada, los fragmentos son redondeados a subredondeados de baja esfericidad, donde se presentan espesores entre 1-2 metros por encima del nivel principal de la quebrada. En la **Figura 26** se presenta el registro fotográfico de este suelo en la zona de estudio.

Figura 26 Evidencia fotográfica de la UGI Suelo transportado aluvial - Stal.



Fuente: Elaboración propia.

5.3.4.5. Suelo antrópico de llenos (Sall)

Son suelos finogranulares a granulares compuestos por material extraído de cortes de laderas, explanaciones para la construcción de viviendas, o por material deslizado que posteriormente es removido de las vías. Estos depósitos, conformados por material aluvial y volcánico principalmente, provenientes probablemente de las unidades geológicas de la zona, tienen espesores hasta de 5 m aproximadamente, con tamaños que varían entre arenas y gravas mezclados con material más fino, de limo a arcilla. En general, la matriz es seca, de plasticidad media, resistencia media a alta y espesores de 1 a 5 metros (**Figura 27**).

Figura 27 Evidencia fotográfica de la UGI Suelo antrópico de llenos – Sall.



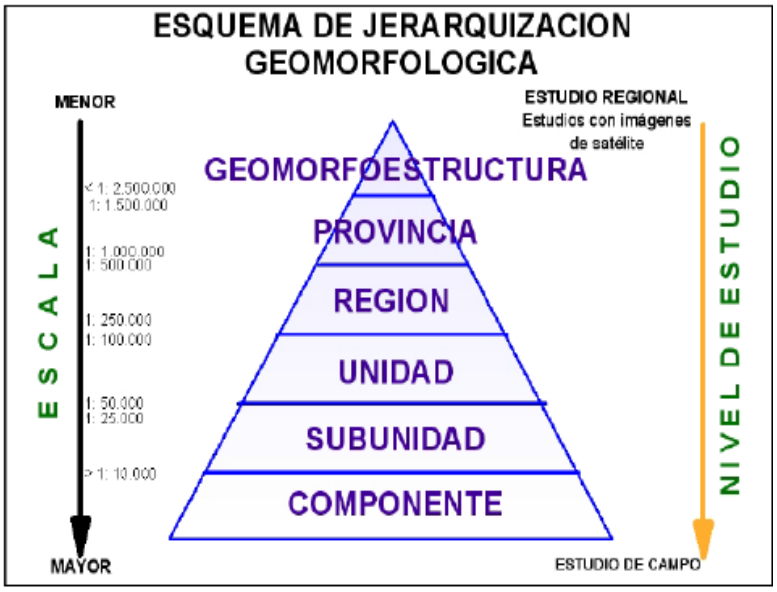
Fuente: Elaboración propia.

5.4. GEOMORFOLOGÍA

La geomorfología es la ciencia que trata de la descripción y el estudio de la génesis, clasificación, procesos y evolución de las formas antiguas y actuales del terreno y su relación con las estructuras infrayacentes. Las geoformas son la expresión superficial del terreno, de la interacción dependiente de los materiales que las constituyen y su disposición estructural, de los procesos geomórficos que interactúan según el ambiente morfogenético específico donde se desarrollan, y el tiempo de duración de la acción de los mencionados procesos. Gregory, 1978, en Keller y Rockwell, 1984, y Robertson, 1990 mencionado en Carvajal (2011).

Las formas del terreno se pueden definir en una región dada dependiendo de la escala de trabajo para lo que se utiliza una jerarquización geomorfológica que permite la clasificación desde grandes áreas geográficas (<1:2.500.000) hasta el máximo nivel de detalle (>1:10.000) (**Figura 28**).

Figura 28 Jerarquización Geomorfológica propuesta por INGEOMINAS.



Fuente: Modificado de Velásquez e INGEOMINAS (1999), Carvajal (2011).

En el caso de la escala del área de análisis la clasificación geomorfológica se basa en la determinación de componentes o elementos geomorfológicos que corresponden al máximo nivel de detalle dentro de la jerarquización, ya que se representan a escalas mayores de 1:10.000 y están definidos por los rasgos del relieve, la morfometría detallada y los micro relieves asociados a una característica litológica con base en análisis detallados (Carvajal, 2011).

Para el análisis y clasificación morfométrica se hace uso del procesamiento de modelos digitales de elevación (DEM) con el objetivo de obtener los valores de los parámetros geomorfológicos descriptivos como el relieve relativo, la inclinación, la longitud y forma de las laderas.

Inclinación de la ladera

El Análisis de las pendientes de un terreno es fundamental desde diferentes puntos de vista: (i) en lo relacionado al análisis de la morfometría del terreno en función de las restricciones y potencialidades que pueda tener el área de estudio; (ii) como insumo fundamental para los componentes de los diferentes Planes de Ordenamiento; (iii) en la identificación de las unidades de capacidad de uso de las tierras; y (iv) como factor primordial para la determinación de la susceptibilidad y amenaza a movimientos en masa, avenidas torrenciales, inundaciones e incendios de cobertura vegetal.

Caracterización de las Pendientes

La pendiente del terreno es definida como la zona con mayor tasa de cambio de elevación en un área determinada y es una forma de medir el grado de inclinación de la superficie con respecto al plano horizontal,

a mayor inclinación del terreno mayor es su valor. Puede ser representada con dos tipos de unidades de medida:

- Valores en grados (°) donde el rango de valores de pendiente en grados es 0 a 90°.
- Valores en porcentaje (%) para la elevación en porcentaje, cuándo el ángulo de la pendiente es igual a 45° la elevación es igual al avance, el rango es 0 hasta la aproximación al infinito. Una superficie plana es 0%, una superficie de 45° es 100% y, a medida que la superficie se vuelve más vertical, la elevación en porcentaje se vuelve cada vez mayor (ESRI, 2016).

En el caso del presente estudio, se ha representado las pendientes con valores en grados (°) y en porcentaje (%) según los rangos establecidos por Carvajal (2011) en la Propuesta de estandarización de la cartografía geomorfológica en Colombia.

El mapa de pendientes fue construido utilizando un software especializado SIG partiendo de un Modelo de Elevación Digital (DEM) que es una representación visual y matemática de los valores de altura (z) con respecto al nivel medio del mar, que permite caracterizar las formas del relieve y los elementos u objetos presentes en el mismo. Estos valores están contenidos en un archivo de tipo raster con estructura regular. En los Modelos de Elevación Digital existen dos cualidades esenciales que son la precisión en la altura y la resolución horizontal o grado de detalle digital (pixel o tesela) de representación en formato digital.

Mediante el procesamiento de la información de la topografía del terreno obtenida a partir del DEM, se generó el mapa de pendientes en porcentaje y pendiente en grados para la zona de estudio; el primero de ellos reclasificado según las clases definidas en el diccionario de datos espaciales de la ANLA (**Tabla 14**) y el segundo es definido de acuerdo la Propuesta de estandarización de la cartografía geomorfológica en Colombia por Carvajal (2011) (**Tabla 15**).

Tabla 14 Rangos de pendiente en porcentaje definidos en el diccionario de datos espaciales de la ANLA.

GRADIENTE %	DESCRIPCIÓN
0 – 1	A nivel (a)
1 - 3	Ligeramente plana (b)
3 - 7	Ligeramente inclinada (c)
7 - 12	Moderadamente inclinada (d)
12 - 25	Fuertemente inclinada (e)
25 - 50	Ligeramente escarpada (f)
50 - 75	Moderadamente escarpada (g)
75 - 100	Fuertemente escarpada (h)
> 100	Totalmente escarpada (i)

Tabla 15. Rangos de pendiente utilizados con propósitos de análisis edafológicos y de ingeniería.

RANGOS DE INCLINACION DE LADERA	
INCLINACION (°)	DESCRIPCIÓN
<5°	Plana o suavemente inclinada
6-10°	Inclinada

RANGOS DE INCLINACION DE LADERA	
INCLINACION (°)	**DESCRIPCIÓN**
11-15°	Muy inclinada
16-20°	Abrupta
21-30°	Muy abrupta
31-45°	Escarpada
>45°	Muy Escarpada

Fuente: Carvajal (2011).

5.4.1. Geomorfología regional

Para la clasificación geomorfológica regional se toma como base la información cartográfica presentada en la Memoria explicativa del mapa geomorfológico aplicado a movimientos en masa escala 1:100.000. Plancha 206 Manizales (SGC, 2014), a partir de la cual se realiza la clasificación del esquema de jerarquización geomorfológica presentado en el capítulo metodológico.

5.4.1.1. Geomorfoestructura

La geomorfoestructura se refiere a grandes áreas geográficas o amplios espacios continentales o intracontinentales caracterizados y definidos por estructuras geológicas y topográficas regionales que han tenido deformación o basculamiento y posiblemente metamorfismo o intrusión ígnea. Se consideran dentro de este rango los escudos, bloques de origen continental, grandes cuencas de sedimentación, cuencas intracratónicas y Rift Valleys, plataformas y cinturones orogénicos (Carvajal, 2011), corresponde según Velásquez a escalas de trabajo menores de 1:2.500.000. En el caso de la zona de estudio la geomorfoestructura corresponde al Sistema orogénico andino como se observa en la **Figura 29**.

Figura 29 Mapa de geomorfoestructuras de Colombia.

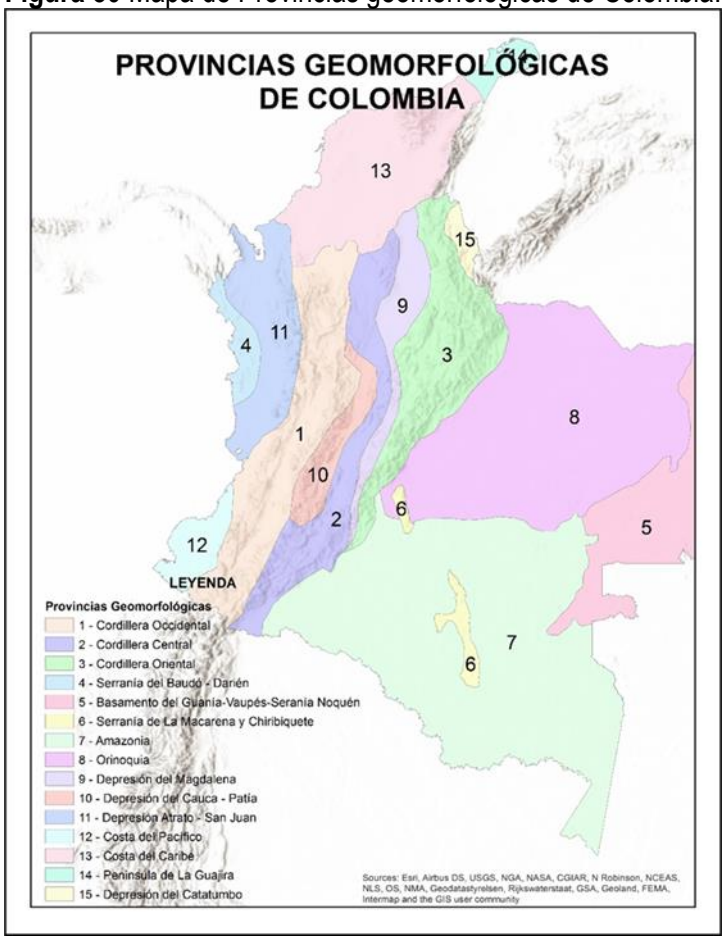


Fuente: Propuesto por el SGC (2012).

5.4.1.2. Provincia

Una provincia geomorfológica corresponde a un conjunto de regiones con geoformas parecidas y definidas por un macro relieve y una génesis geológica similar. Localmente se relacionan con las regiones naturales y con los terrenos geológicos de Colombia los cuales están delimitados por el trazo de megafracturas y suturas definidas o inferidas ((INGEOMINAS, 1999; VELÁSQUEZ, 1999; IRVING, 1971; ETAYO Y OTROS, 1986; VILLOTA, 1997).). Mencionado en (Carvajal, 2011). Se diferencian y delimitan las formas del relieve tomando como base sus características geológicas, morfológicas y geográficas. Se definen en términos tales como; Cinturones Montañosos, Llanuras, Peneplanicies, Cordilleras, Serranías y están establecidas para escalas entre 1: 1.000.000 – 1.500.000 (Carvajal, 2011). Para este caso la provincia geomorfológica corresponde a la Cordillera Central como se observa en la **Figura 30**.

Figura 30 Mapa de Provincias geomorfológicas de Colombia.



Fuente: propuesto por SGC (2012).

5.4.1.3. Región

La región geomorfológica es la agrupación de geoformas relacionadas genética y geográficamente. Están definidas por los ambientes morfogenéticos y geológicos afectados por procesos geomorfológicos parecidos. La escala de trabajo está definida entre 1: 250.000 y 1: 500.000. (VELÁZQUEZ, 1999; INGEOMINAS, 1999; VERSTAPPEN Y VAN ZUIDAM, 1992; CARVAJAL, 2008) mencionado en (Carvajal, 2011). El ambiente morfogenético hace alusión a las condiciones físicas, químicas, bióticas y climáticas bajo las cuales se generaron las geoformas. Se determina con base en la interpretación de los procesos geomorfológicos registrados (origen tanto endógeno como exógeno), que dieron lugar a la formación, evolución y modificación de las mismas (Carvajal, 2011). En el caso del área de análisis se compone de regiones o ambientes geomorfológicos como: Denudacional, fluvial, glacial, estructural y otra parte de ambiente Volcánico.

Ambiente Denudacional (D)

Determinado por la actividad de los procesos erosivos hídricos y pluviales, y principalmente producto de procesos de meteorización, erosión y remoción en masa, sobre geoformas pre existentes (Carvajal, 2011).

Ambiente Fluvial y lagunar (F)

Corresponde a las geoformas generadas por procesos (erosión – sedimentación), generadas por corrientes de agua tales como ríos y arroyos, y lagos y lagunas respectivamente (Carvajal, 2011).

Ambiente Glacial y periglaciar (G)

Definido por las geoformas originadas por los glaciares tanto continentales (Casquetes polares) como de alta montaña. (Carvajal, 2011).

Ambiente Estructural (S)

Corresponde a las geoformas generadas por la dinámica interna de la tierra, especialmente la asociada a plegamientos y fallamientos (Carvajal, 2011).

Ambiente Volcánico (V)

Definido para las geoformas generadas, tanto por la intrusión como por la extrusión de materiales fundidos procedentes del interior de la tierra (Carvajal, 2011).

5.4.1.4. Unidad

Una unidad geomorfológica propone como la unidad básica de la cartografía geomorfológica. El término unidad geomorfológica se define como una geoforma individual genéticamente homogénea, generada por un proceso geomorfológicos construccional o destruccional (acumulación o erosión), típico de un ambiente morfogenético dado. Está determinada con criterios genéticos, morfológicos y geométricos en función de la escala de trabajo propuesta de 1: 50.000 a 1:100.000 (Carvajal, 2011). Para este nivel en la zona de estudio se tienen dos unidades geomorfológicas: Serranías denudaciones y edificios volcánicos.

Serranías Denudacionales

Conjunto de sierras, montañas o prominencias topográficas de morfología montañosa y elongada que se caracterizan por su extensión superficial, en donde predominan los procesos de erosión o movimientos en masa acentuados y los procesos de meteorización intensa. Lo habitual es estas elevaciones no se destaquen por su gran altura.

Planicies Aluviales

Superficie plana o suavemente ondulada formada por la acumulación de sedimentos transportados por un río durante un período prolongado. Estas planicies se desarrollan en las zonas más bajas de un valle fluvial, donde el río tiene menor pendiente y su flujo es más lento, permitiendo que los materiales suspendidos se depositen.

Serranías Glaciadas

Sistemas montañosos o áreas de relieve elevado que han sido modeladas por la acción de los glaciares durante períodos glaciares pasados o actuales. Estas serranías presentan formas características resultantes de los procesos de erosión y deposición glacial.

Serranías Estructurales

Formaciones montañosas cuya morfología está controlada principalmente por la disposición, deformación y resistencia de las rocas en respuesta a procesos tectónicos. Estas serranías se desarrollan debido a la interacción entre la estructura geológica (pliegues, fallas, estratos inclinados, etc.) y los procesos exógenos como la erosión.

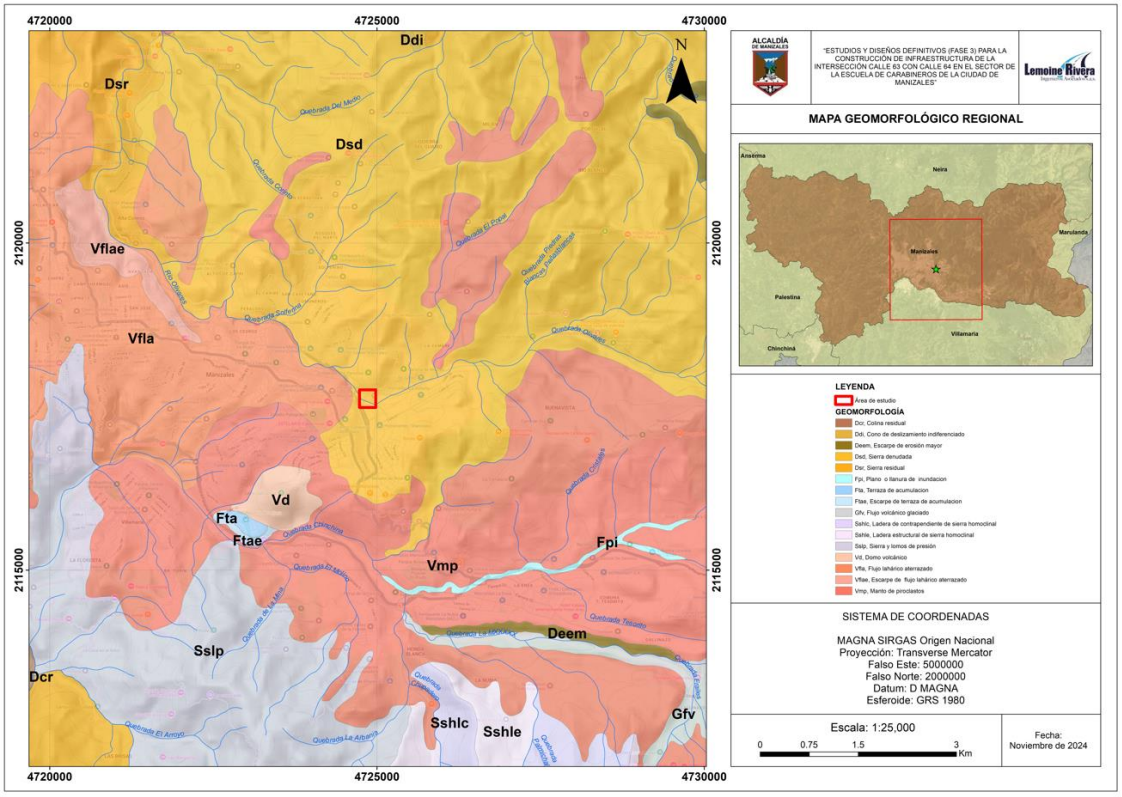
Edificios Volcánicos

Relieve formado a partir de la sucesiva acumulación de material (Lava, Cenizas, rocas, etc.) en torno a la zona de emisión de un volcán.

5.4.1.5. Subunidades geomorfológicas

Las subunidades geomorfológicas corresponden a una subdivisión de las unidades geomorfológicas. Está determinada fundamentalmente por los contrastes morfológicos y morfométricos, que relacionan el tipo de material o la disposición estructural de los mismos, con la correspondiente topografía del terreno. Igualmente está definida por el contraste dado por las formaciones superficiales asociadas a procesos morfodinámicos actuales de meteorización, erosión, transporte y acumulación bien definidos o determinados. La escala de trabajo está definida entre 1:10.000 y 1:25.000 (Carvajal, 2011). A continuación, se presenta el mapa de Subunidades Geomorfológicas a partir del (SGC, 2014) con respecto a un área aproximada a la zona de estudio (**Figura 31**) y la descripción que brindan para cada una de ellas.

Figura 31 Mapa de Subunidades Geomorfológicas regionales.



Fuente: Adaptado de (SGC, 2014).

Colina residual (Dcr)

Estas unidades, están litológicamente constituidas por rocas del Batolito El Bosque (Pgdb) conformado por granodiorita biotítica leucocrática de grano medio, cuya edad se establece en el Cretáceo temprano, además del Complejo Quebrada Grande, en el miembro Ksc constituido por areniscas, shales negros, areniscas feldespáticas, lentes de chert y calizas afectadas por metamorfismo dinámico pero conservando los rasgos sedimentarios originales, y sobre las Sedimentitas de Aránzazu constituidas por conglomerados gruesos mal seleccionados con cantos redondeados a subangulares principalmente de cuarzo, chert y en menor escala rocas intrusivas. Esta geoforma se caracteriza por su morfología colinada, con un índice de contraste del relieve moderado, con alturas promedio de 200 m sobre su nivel base local, posee interfluvios redondeados a subredondeados y laderas con un índice de inclinación muy inclinado, de longitudes promedio de 400 m, lo que corresponde con longitudes moderadas y cuya forma es de tipo convexa. El origen de la unidad se relaciona a procesos denudativos intensos (meteorización y erosión), además que algunas de las unidades cartografiadas son afectadas por sistemas de fallas como el Sistema de Fallas Silvia Pijao y la Falla de Aránzazu, asociada a esta unidad se encuentran movimientos tipo caída de detritos y flujos de lodo. (SGC, 2014).

En el departamento de Caldas la geoforma se puede encontrar en el municipio de Villamaría, sobre el sector del Tablazo, sobre la margen izquierda del río Chinchiná. La unidad también se puede encontrar sobre el municipio de Neira en la vereda Manga Bonita, ubicándose sobre la margen derecha del río Guacaica. (SGC, 2014).

Cono de deslizamiento indiferenciado (Ddi)

Geomorfológicamente la unidad se caracteriza por su estructura en forma de lóbulos, los cuales tienen un índice de contraste del relieve muy bajo, se producen en suelos cuando los materiales pertenecientes a una ladera se saturan o sobrecargan reduciendo la resistencia al cortante a tal punto de sobrepasar el equilibrio límite del material e iniciado su desplazamiento cuesta abajo, y sobre rocas cuando se tienen planos preferentes que contribuyen al movimiento del bloque de roca, ejemplo estratificación, diaclasas entre otras, el movimiento se produce sobre una superficie de falla. Esta unidad tiene su principal incidencia sobre los municipios de Villamaría, Manizales, Neira y Aránzazu. Geológicamente está constituida por cualquier clase de material ígneo, sedimentario o metamórfico, dependiendo del lugar donde la unidad se desarrolle. (SGC, 2014).

Escarpe de erosión mayor (Deem)

Geomorfológicamente esta unidad presenta un índice de contraste de relieve moderado, con índices de inclinaciones de ladera escarpadas, y con longitudes cortas a moderadas, estas laderas son de forma cóncava debido a la acción erosiva de los drenajes que las generan, su origen se debe a la socavación que produce una corriente de agua sobre las partes más bajas de una geoforma, que por saturación de material lo desestabiliza produciéndose caídas de material y generando dichos escarpes. En el departamento de Caldas aparecen varias unidades sobre municipios como Villamaría sobre el sector de San Antonio, donde es generado por la quebrada Termales, sobre el mismo municipio también es posible encontrar una unidad en el sector La Enea, donde es generado por el río Chinchiná. En Manizales son varios los sectores donde se desarrolla la geoforma, entre ellos tenemos, la vereda Cantarana sector La Guajira, y está relacionada con el río Guacaica, en el sector La Coca donde es generada por la quebrada Minarra, El Oso y el río Blanco. (SGC, 2014).

Sierra denudada (Dsd)

Geomorfológicamente se caracteriza por su morfología montañosa y elongada, con un índice de contraste de relieve muy alto, con índice de inclinaciones de laderas muy abruptas, de longitudes muy largas y forma cóncava, presenta interfluvios de tipo agudo. En algunos lugares la geoforma se encuentra recubierta en sus partes más altas por materiales de tipo volcánico, con lo cual se suaviza su topografía. Su origen se debe a procesos denudativos intensos (erosión y meteorización), además han sido cartografiados deslizamientos de tipo traslacional y rotacional, además de caídas de roca y caída y flujo de detritos.

Está localizada sobre el departamento de Caldas, donde su mayor incidencia se da sobre el municipio de Manizales, las unidades en este municipio se localizan hacia la parte noreste, norte y noroeste de la cabecera municipal, sobre sectores como El Escritorio, donde es disectada por las quebradas La Siberia, La Favorita, Chamuscada, El Diamante y Volcanes, además en sectores como El Zancudo, Popayán, Milán,

Sinaí, El águila perteneciente a la vereda Corinto, y La Fonda, estas unidades son altamente disectadas por drenajes menores. Geológicamente están constituidas por las Ultramafitas Serpentinizadas de Filadelfia (Kust) de edad Cretácea y constituidas por peridotitas intensamente deformadas y parcialmente serpentinizadas que presentan, por lo general, estructura esquistosa debido a efectos dinámicos, además del Complejo Quebrada Grande en el miembro Ksc: Areniscas, shales negros, areniscas feldespáticas, lentes de chert y calizas, afectadas por metamorfismo dinámico y conservando rasgos sedimentarios originales y por ultimo sobre las rocas del Complejo Cajamarca (Pes) de edad Paleozoica (SGC, 2014).

Sierra residual (Dsr)

La unidad se define como prominencias topográficas de morfología montañosa y elongada con un índice de contraste del relieve alto, con interfluvios agudos y angostos, la unidad posee laderas con índice de inclinación muy abrupto, con longitudes muy largas y de forma principalmente cóncava, el origen de dichas geoformas es netamente denudacional con aporte de procesos glaciares sobre la unidad es común observar sobre la geoforma fenómenos de remoción en masa de tipo deslizamiento traslacional y caídas y flujos de detritos. Sobre el departamento de Caldas varias unidades son representativas para esta geoforma las cuales se localizan sobre municipios como Villamaría entre sectores como el Alto Villarazo y el Alto del Naranjo y en el municipio de Manizales la unidad se localiza hacia la parte norte de la cabecera municipal, ocupando sectores como El Águila, Bota Roja, en el Cerro de la Torre. (SGC, 2014).

Plano o llanura de inundación (Fpi)

Geológicamente están constituidas por aluviones y fragmentos de las rocas circundantes que han sido erosionados y depositados en el sector (Qar). La geoforma se define como una planicie aledaña a cauces aluviales como ríos, quebradas, arroyos, estos planos tienen un índice de contraste del relieve muy bajo, de morfología plana, donde se han depositado sedimentos aluviales transportados por los propios cauces al momento de desbordarse, estas unidades por lo general están limitadas por escarpes de terraza generados por los cauces en su recorrido. En el departamento de Caldas la unidad se halla a una altura aproximadamente de 2500 m.s.n.m. en la parte noroeste del municipio Manzanares, en la Vereda La Campiña sobre los sectores El Roció, La Playa y El Roblal; esta geoforma se encuentra delimitada por el río La Miel. Otras unidades se encuentran en los municipios de Manizales y Villamaría. (SGC, 2014).

Terraza de acumulación (Fta)

Geomorfológicamente la unidad constituye una pequeña plataforma de sedimentos de tipo fluvio-volcánico, con un índice de relieve relativo de 50 m, esta unidad se caracteriza por ser una superficie ligeramente inclinada hacia el noroeste, de morfología ondulada, la cual tiene un índice de contraste del relieve bajo, y se encuentra limitada por escarpes de diferente altura. Su origen está relacionado a procesos de erosión y acumulación aluvial, dentro de valles de diferentes dimensiones. Geoforma ubicada en el departamento de Caldas, sobre el límite sur del casco urbano de la ciudad Manizales y la parte norte del municipio Villamaría, a una altura de aproximadamente 2000 msnm, el afluente hídrico más próximo a esta geoforma es el río Chinchiná. Litológicamente está constituida por los Flujos Andesíticos recientes (Qa) asociados a los cuellos volcánicos de Cerro Bravo, Paramo Herveo y El Contento, que fueron encausados por sobre el río Chinchiná y fueron depositados en zonas de menor pendiente, conformando depósitos fluvio-volcánicos. (SGC, 2014).

Escarpe de terraza de acumulación (Ftae)

Geomorfológicamente esta unidad se caracteriza por ser una superficie subvertical, de longitudes muy cortas en promedio 50 m, de formas rectas, la cual ha sido generada por la acción erosiva del río Chinchiná sobre sedimentos de tipo fluvio-volcánico. Estos escarpes se encuentran delimitando a planos ondulados que constituyen terrazas de acumulación. Su origen está relacionado a procesos de erosión sobre materiales depositados en zonas más bajas de donde se produjeron. Se ubica en el departamento de Caldas sobre el límite sur del casco urbano de la ciudad Manizales y la parte norte del municipio Villamaría a una altura de aproximadamente 2000 m.s.n.m. el afluente hídrico más próximo a esta geoforma es el río Chinchiná. Litológicamente la unidad está constituida por los Flujos Andesíticos recientes (Qa) asociados a los cuellos volcánicos de Cerro Bravo, Paramo Herveo y El Contento, que fueron encausados por sobre el río Chinchiná y fueron depositados en zonas de menor pendiente, conformando depósitos fluvio-volcánicos.

Flujo volcánico glaciado (Gfv)

Geomorfológicamente se caracteriza por ser una superficie lobulada, la cual presenta una extensión extremadamente larga superando en ocasiones los 16 kilómetros, con laderas de forma cóncava y escalonadas debido a varios pulsos de expulsión, donde los flujos más recientes se superponen a los más antiguos, dejando escalones por los cuales se pueden diferenciar. Estas unidades se encuentran relacionadas con geoformas de tipo glacial, limitando valles y circos, esta geoforma es muy disectada por drenajes menores que discurren con una dirección noreste y que además generan escarpes de diferentes alturas. Está ubicada en el departamento de Caldas en el municipio Villamaría, esta unidad abarca el área comprendida entre los sectores del aeropuerto Nubia, La Enea, La Primavera pasando por Gallinazo y finalmente llegando al sector La Tribuna. La unidad tiene una variación en altura considerable la cual empieza desde los 3000 msnm, hasta llegar a los 4000 m.s.n.m. la principal fuente hídrica que se encuentra enmarcando esta geoforma es el río Chinchiná, luego diversas quebradas que se encuentran circundándola son: quebrada Frailes, La Oliva, Termales, Negra, El Porvenir y quebrada La Secreta. (SGC, 2014).

Ladera de contrapendiente de sierra homoclinal (Sshlc)

Geomorfológicamente la unidad se define como superficie subvertical con índices de inclinación muy escarpados, cuyas longitudes pueden variar cortas a moderadas, estas laderas tienen forma recta. La característica principal de la geoforma es que los estratos del Complejo Quebradagrande y las capas del Complejo Cajamarca se disponen con una inclinación que va en sentido contrario de la inclinación de terreno. En el departamento de Caldas la unidad se hace presente en municipios como Villamaría, donde se ubica en sectores como El Naranjo, La India, Bulgaria, San Antonio. En el Municipio de Manizales la unidad también se hace presente, allí se localiza hacia la parte suroeste de la cabecera municipal en el sector Guayabal. (SGC, 2014).

Ladera estructural de sierra homoclinal (Sshle)

Geomorfológicamente la unidad se define como superficie inclinada con índices de inclinación muy abruptos y de longitudes que pueden variar de largas a muy largas, estas laderas por lo general tienen forma convexa. La característica principal de la geoforma es que la foliación de las rocas del Grupo Cajamarca y la estratificación del Complejo Quebradagrande se disponen en el mismo sentido a la inclinación de terreno.

Sobre algunas de estas unidades se han identificado caídas de roca, caída de detritos y flujos de tierra. En el departamento de Caldas la unidad se hace presente sobre municipios como Villamaría, donde se ubica en sectores como El Naranjo, La India, Bulgaria, San Antonio, en el municipio de Manizales la unidad también se hace presente, allí se localiza hacia la parte suroeste de la cabecera municipal en el sector Guayabal. (SGC, 2014).

Sierras y lomos de presión (Sslp)

Geomorfológicamente la unidad se define como prominencias topográficas de morfología montañosa y elongada, que presentan un índice de contraste con el relieve muy alto, con interfluvios agudos, las laderas de la unidad son de longitudes largas con índices de inclinación muy abrupta, su origen se debe a levantamientos asociados a zonas de compresión, donde la combinación de movimientos verticales y de rumbo generan fallamientos intensos dando lugar a este tipo de geoformas. Deslizamientos rotacionales, caída de rocas, caída de detritos y flujo de detritos son procesos que reflejan la inestabilidad de la unidad. En el departamento de Caldas esta geoforma se ubica sobre el municipio de Villamaría, hacia la parte sur de la cabecera municipal, ocupando sectores como La Floresta, Las Brisas, La Palmera, La Aurora, El Aguacate, Miraflores entre otros. (SGC, 2014).

Domo volcánico (Vd)

Geomorfológicamente se caracteriza por ser una estructura en forma de cúpula más o menos redondeada, compuesto por laderas con índices de inclinación abruptas, de longitudes moderadas y de forma convexa, todos los domos cartografiados se localizan fuera de cráteres volcánicos, y los mismos corresponden con remanentes de estructuras volcánicas ahora inactivas, estos domos fueron generados por la extrusión lenta de lavas con una viscosidad alta, lo cual no permite que la lava fluya demasiado lejos de la chimenea y de esta manera pasa a solidificarse. Tiene incidencia sobre el municipio de Manizales en límites con el municipio de Villamaría, hacia la parte sur de la cabecera municipal y sobre la margen derecha del río Chinchiná, además sobre el mismo municipio hacia el este del centro urbano sobre el sector Farallones y el sector La Plazuela. (SGC, 2014).

Flujo lahárico aterrazado (Vfla)

Geoformas localizadas sobre el departamento de Caldas, en el municipio de Manizales, donde parte de la cabecera municipal se ha desarrollado sobre la geoforma, también se encuentra en sectores como El Bosque, La Trilladora, La Linda, El Palo, y sobre el alto de Corinto en la vereda Corinto, la geoforma alcanza una altura promedio de 2000 msnm. Esta unidad litológicamente está constituida por Flujos de Lodo Volcánico (Qfl), que son depósitos compuestos principalmente de cenizas, arenas, fragmentos y bloques de rocas volcánicas bien sorteadas con clastos de pómez de tono claro, esporádicamente presenta intercalaciones de lavas andesíticas. Geomorfológicamente se caracteriza por ser una superficie lobulada y levemente inclinada, en este caso hacia el sureste, esta unidad geomorfológica fue originada por erupciones volcánicas relacionadas al Complejo Volcánico Ruiz Tolima que fueron mezcladas con masas de hielo, esa mezcla fue encausada por drenajes como el río Chichina que depositó estos materiales sobre zonas de menor pendiente, que después fueron disectados por los mismos drenajes que los generaron, esta unidad se encuentra limitada por escarpes de diferentes alturas (SGC, 2014).

Escarpe de flujo lahárico aterrazado (Vflae)

Geomorfológicamente está unidad se caracteriza por ser una superficie subvertical, de longitudes moderadas, con índices de inclinación muy escarpados, y de formas rectas, la cual fue originada por erupciones volcánicas relacionadas la Complejo Volcánico Ruiz Tolima que fueron mezcladas con masas de hielo, esa mezcla fue encausada por drenajes como el río Chichina que depositó estos materiales sobre zonas de menor pendiente, que después fueron disectados por los mimos drenajes que los depositaron, generando de esta manera dichos escarpes, entre estos drenajes tenemos al río Chinchiná y al río Olivares. Esta unidad se encuentra limitando a flujos laháricos aterrazados. Esta localizada sobre el departamento de Caldas en el municipio de Manizales, ubicándose sobre la margen izquierda del río Olivares, donde se halla a una altura de 1800 msnm, la litología que constituye a la unidad son los Flujos de Lodo Volcánico (Qfl) que son depósitos compuestos principalmente de cenizas, arenas, fragmentos y bloques de rocas volcánicas bien sorteadas con clastos de pómez de tono claro. Esporádicamente presenta intercalaciones de lavas andesíticas. (SGC, 2014).

Manto de piroclastos (Vmp)

Debido a que la zona de estudio tiene gran influencia volcánica esta unidad geomorfológica se localiza de manera recurrente sobre los departamentos de Caldas y Tolima y sobre cada municipio que los componen dentro de la plancha. Sobre el municipio de Manizales la unidad se localiza hacia la parte sureste de la cabecera municipal, en sectores como La Florida y La Enea. Litológicamente está constituida por Rocas Piroclásticas (Qto), que son depósitos no consolidados compuestos de cenizas, lapilli y cantos de pumita, localmente presentan lentes arenosos de origen glaciar. Esta geoforma sigue la morfología preexistente.

Geomorfológicamente corresponden con amplias superficies de morfología ondulada, las cuales en ocasiones se encuentran aterrazadas, a estas unidades las componen laderas de longitudes muy largas y con índices de inclinación muy inclinada. Son unidades de extensiones kilométricas sobre la mayor parte del área, además estos mantos se encuentran disectados por drenajes menores. Su origen se debe a la expulsión de materiales piroclásticos principalmente tipo nubes piroclásticas a través de una chimenea volcánica, y su posterior transporte y depositación sobre zonas amplias, suavizando la topografía (SGC, 2014).

5.4.2. Geomorfología Local

Como se mencionó en el capítulo metodológico para la identificación, caracterización y descripción de los elementos geomorfológicos se tienen en cuenta la morfometría y la morfogénesis de la zona, por lo cual a continuación se realiza el análisis de estos dos parámetros.

5.4.2.1. Morfometría del terreno

La morfometría se dedica al análisis cuantitativo de la superficie del terreno en términos de medidas de longitud, área, forma y pendiente. En su estado actual, la morfometría consiste esencialmente en la caracterización y el análisis digital de superficies topográficas continuas (Pike et al., 2009, citado por Zinck (2012). Para este análisis se utilizan herramientas como los Modelos de Elevación Digital del Terreno (DEM) que permiten generar las características propias del terreno como la altitud, pendiente, dirección, curvatura

y rugosidad del relieve. De acuerdo con Verstappen & van Zuidam (1992), la pendiente del terreno (medida en ángulos) es el mejor indicador para realizar subdivisiones del relieve y es conveniente representar estos datos como un mapa de pendientes por separado, por lo que se realizó un análisis de la pendiente del terreno en grados y en porcentaje para la zona de estudio.

Inclinación de la ladera

La pendiente o inclinación de la ladera se define como el ángulo existente entre la superficie del terreno y la horizontal, se puede considerar como un factor importante en la ocurrencia de movimientos en masa en la medida en que se relaciona directamente con las tensiones de corte tangenciales y normales en los materiales superficiales, e influye también en la distribución de agua en la ladera. La pendiente es el principal factor geométrico a tener en cuenta en análisis de estabilidad y puede obtenerse como una variable cuantitativa continua que se deriva del DEM (SGC, 2017).

- **Pendientes en porcentaje (%)**

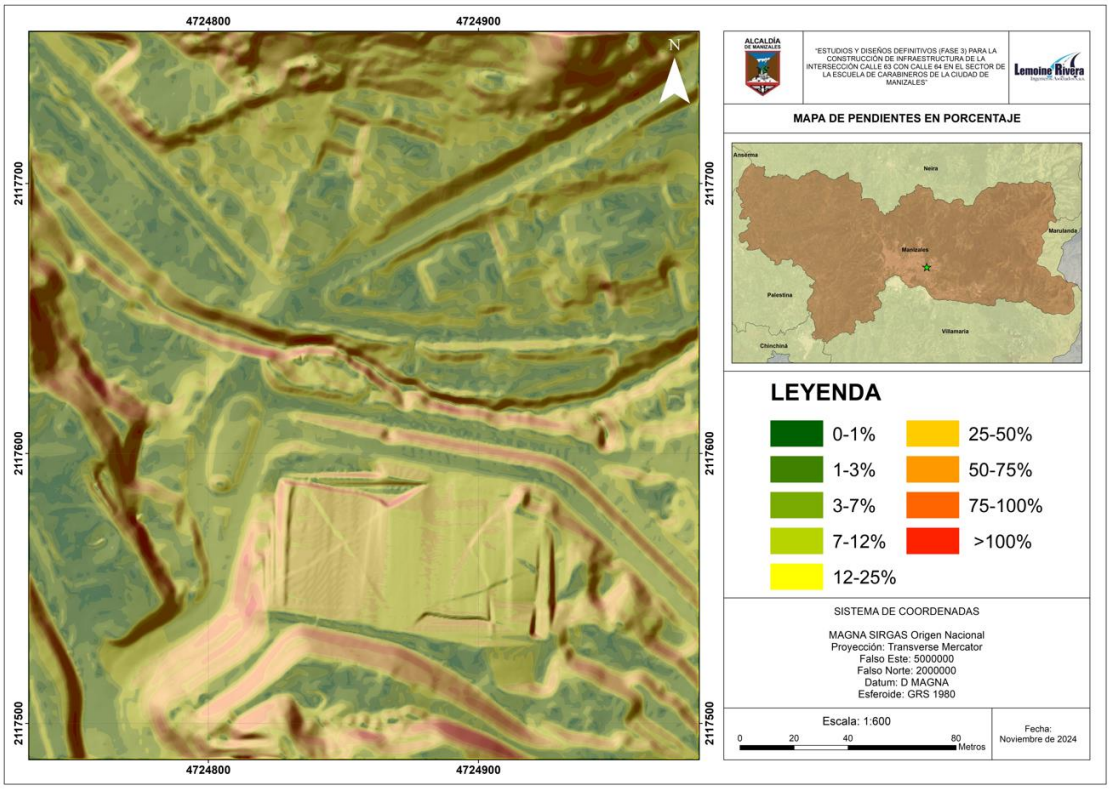
El relieve de la zona corresponde principalmente a pendientes fuertemente inclinadas ocupando 1,42 ha siendo el 21,3% de área analizada y pendientes ligeramente escarpadas ocupando 1,26 ha equivalentes al 19% del área total. En menor proporción se presentan las pendientes a nivel, ocupando solo 0,11 ha que corresponden al 1,7% del área de estudio y pendientes totalmente escarpadas con solo 0,03 ha que representan el 0,5%. En la **Tabla 16** se encuentran los valores en porcentaje y las hectáreas ocupadas por cada uno de los gradientes según las clases definidas por el diccionario de la ANLA. La **Figura 32** muestra la distribución de pendientes en porcentaje para el área de interés.

Tabla 16 Pendientes en porcentaje para el Área de Influencia del proyecto.

GRADIENTE %	DESCRIPCIÓN	ÁREA HA	PORCENTAJE %
0 - 1	A nivel (a)	0.111	1.7%
1-3	Ligeramente plana (b)	0.661	9.9%
3-7	Ligeramente inclinada (c)	1.212	18.1%
7-12	Moderadamente inclinada (d)	1.110	16.6%
12-25	Fuertemente inclinada (e)	1.427	21.3%
25 - 50	Ligeramente escarpada (f)	1.268	19.0%
50 - 75	Moderadamente escarpada (g)	0.628	9.4%
75 - 100	Fuertemente escarpada (h)	0.242	3.6%
> 100	Totalmente escarpada (i)	0.033	0.5%
TOTAL		6.691	100%

Fuente: Elaboración propia.

Figura 32 Mapa de pendientes en porcentaje para el área de estudio.



Fuente: Elaboración propia.

- **Pendientes en grados (°)**

Mediante el procesamiento de la información de la topografía del terreno obtenida a partir del DEM se generó el mapa de pendientes en grados, reclasificado según las clases definidas en la Propuesta de estandarización de la cartografía geomorfológica en Colombia por Carvajal (2011). A continuación, en la **Tabla 17** se presenta el porcentaje de ocupación de cada uno de los rangos de pendientes.

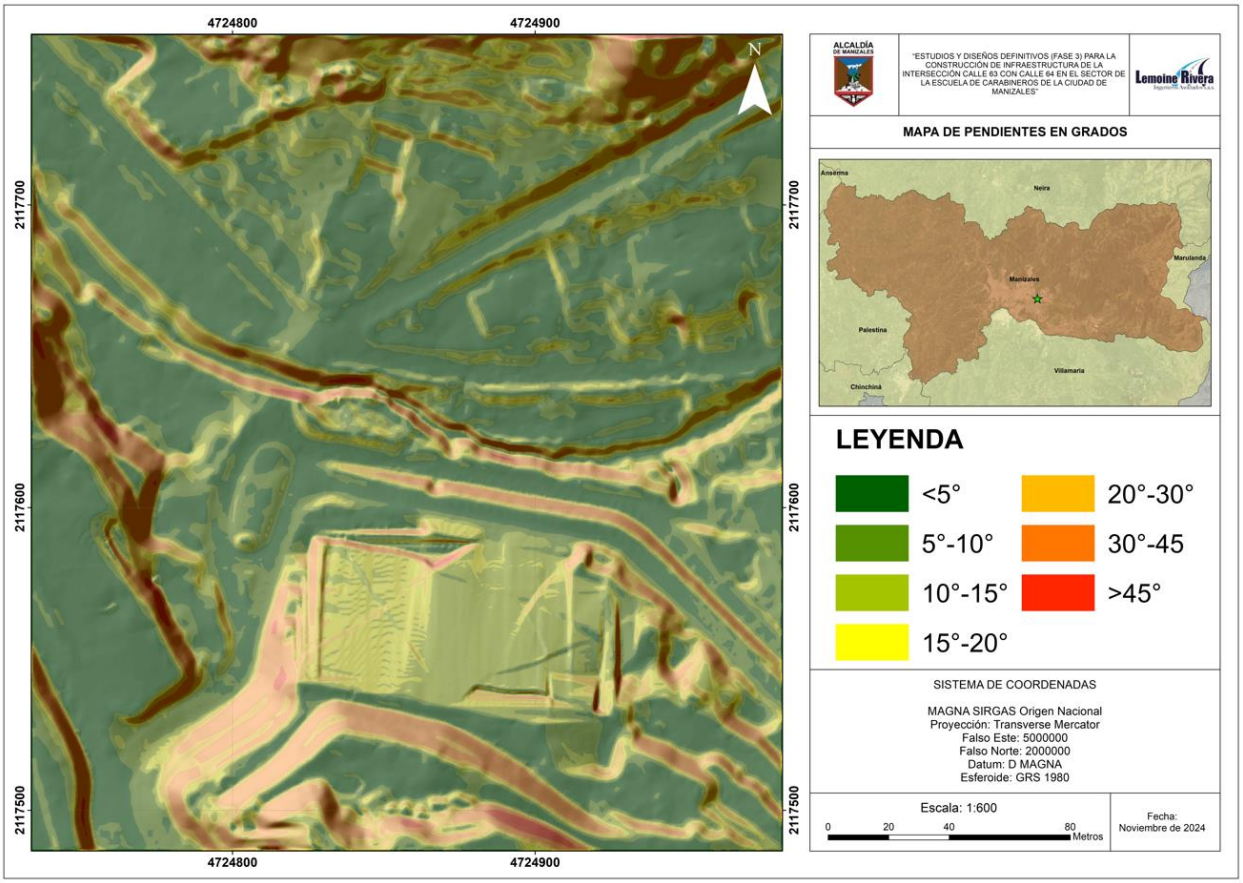
Tabla 17 Rangos para la categorización de las unidades correspondientes a la variable pendiente en grados, de acuerdo a Carvajal (2011).

GRADIENTE (°)	DESCRIPCIÓN	ÁREA (HA)	PORCENTAJE %
<5°	Plano o suavemente inclinado	2.463	36.8%
6-10°	Inclinado	1.333	19.9%
11-15°	Muy inclinado	0.881	13.2%
16-20°	Abrupta	0.601	9.0%
21-30°	Muy abrupta	0.732	10.9%
31-45°	Escarpada	0.648	9.7%
>45°	Muy escarpada	0.033	0.5%
TOTAL		6.691	100%

Fuente: Elaboración propia.

Según la clasificación de pendientes en grados se puede concluir que en el área de análisis predominan las zonas planas o suavemente inclinadas con el 36,8% de ocupación, seguido de las pendientes inclinadas que representan el 19,9% de área total; en un nivel intermedio se localizan las zonas entre 11°y 45°, mientras que, las zonas menos representativas corresponden a las pendientes muy escarpadas con solo el 0,5%. En la **Figura 33** se presenta el mapa final de pendientes en grados.

Figura 33 Mapa de pendientes en grados para el área de estudio.



Fuente: Elaboración propia.

5.4.2.2. Elementos Geomorfológicos

Esta área está compuesta en su mayoría por elementos de carácter antropogénico como el área urbanizada de la zona, diferentes superficies de explanación en el corte de las vías de acceso y para la adecuación de zonas de recreación y grandes zonas de llenos. También se encuentran geoformas de carácter denudacional caracterizadas por laderas onduladas con diferentes grados de pendientes. Finalmente, se localizan elementos de origen fluvial relacionadas a la actividad del cauce actual de la quebrada Olivares y diferentes zonas de acumulación como terrazas y zonas de barras longitudinales.

De acuerdo con lo anterior a continuación en la **Tabla 18** se presenta el porcentaje de ocupación de cada ambiente y el mapa geomorfológico para esta zona (

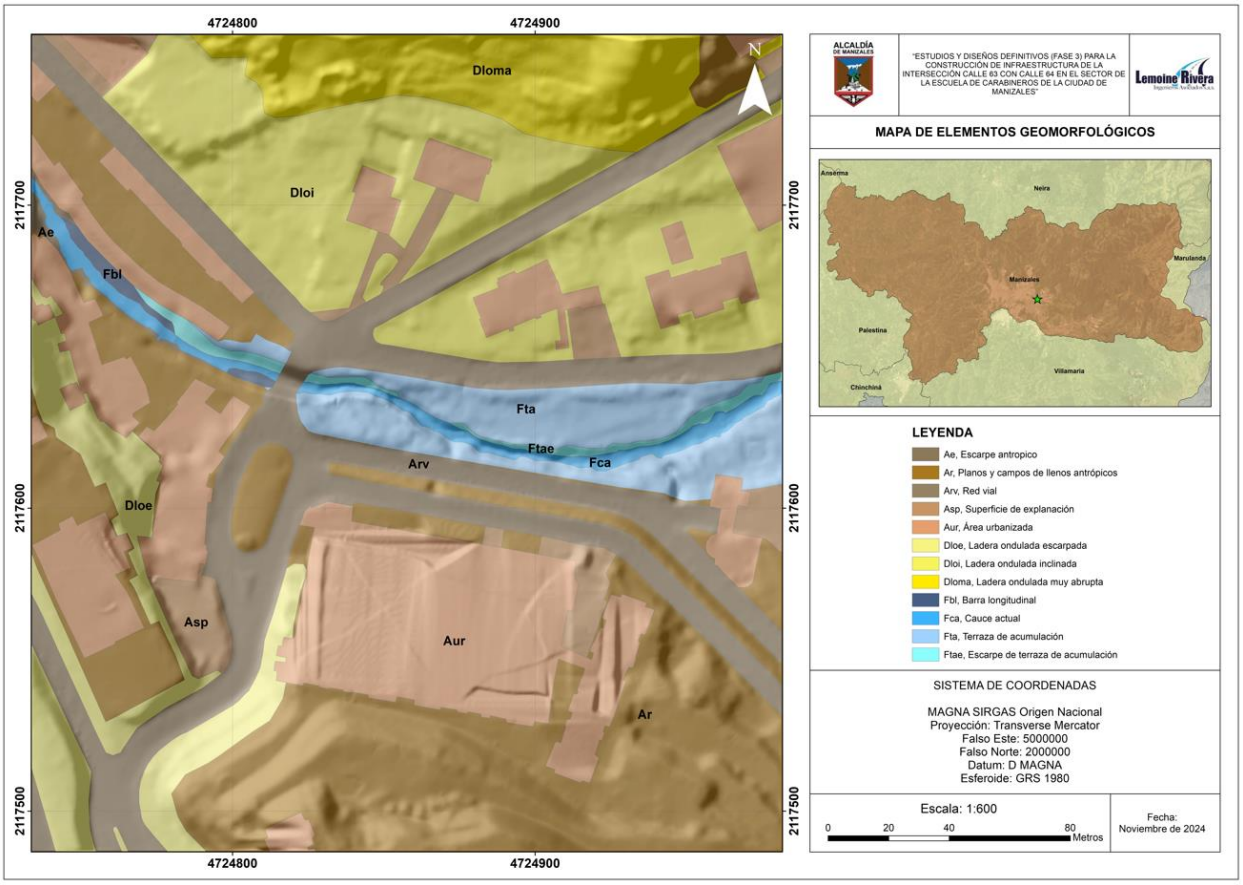
Figura 34) seguido de la descripción de los diferentes Elementos Geomorfológicos de acuerdo con su ambiente de formación.

Tabla 18 Porcentaje de ocupación por ambiente geomorfológico en la zona de estudio.

AMBIENTE GEOMORFOLÓGICO	ÁREA (HA)	PORCENTAJE DE OCUPACIÓN
Ambiente Denudacional	1.90	28.4%
Ambiente Antropogénico	4.22	63.2%
Ambiente Fluvial	0.56	8.4%
TOTAL	6.69	100%

Fuente: Elaboración propia.

Figura 34 Mapa de Elementos Geomorfológicos para la zona de estudio.



Fuente: Elaboración propia.

Ambiente Antropogénico

Geoformas originadas como resultado de la intervención del hombre sobre el terreno, en la mayoría de los casos con el objetivo de realizar construcción de vivienda, obras de ingeniería, disposición de desechos o escombros y adecuación de nuevas vías que finalmente modifican la morfología natural del terreno. En el área de estudio este es el ambiente predominante y ocupa el 63.2% con 4.22 hectáreas.

- **Área urbanizada (Aur):** Corresponde a áreas consolidadas con la construcción de diferentes especificaciones, que actualmente poseen servicios públicos, vías e infraestructura (escuelas, centros de salud, entre otros). Estos elementos tienen 1.34 hectáreas que equivalen al 20% del área total y se distribuyen por toda el área de análisis como se observa en la **Figura 35.**

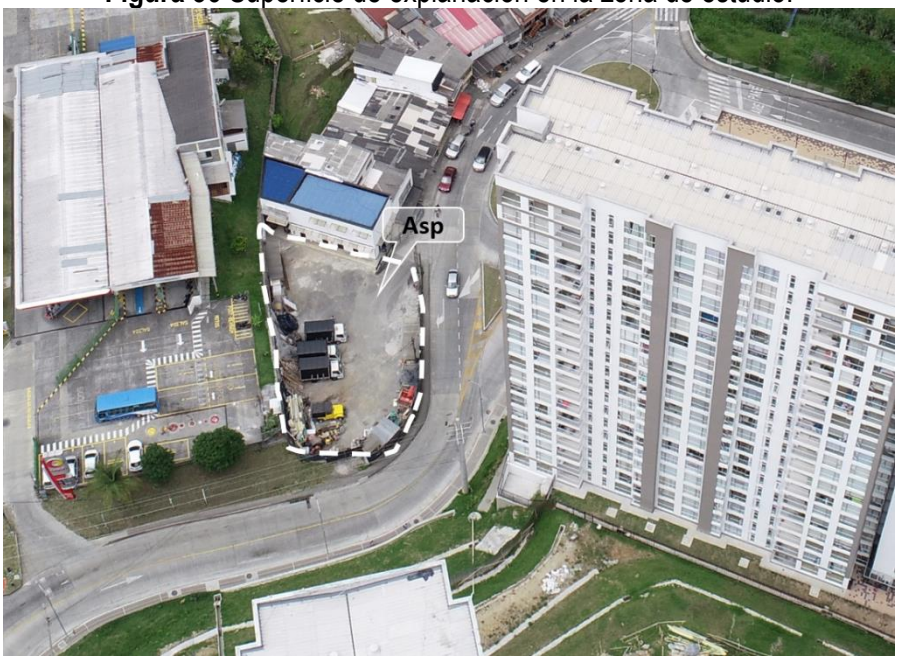
Figura 35 Área urbanizada en la zona de estudio.



Fuente: Elaboración propia.

- **Superficie de explanación (Asp):** superficies de allanamiento planas o suavemente inclinadas (<5°) realizadas en laderas de sustrato rocoso y/o materiales inconsolidados con el fin de adecuar el terreno para la construcción de viviendas, vías y campos deportivos o con fines de estabilización de laderas, mediante la explanación o terraceo que disminuyen la pendiente del terreno. El material removido se utiliza para rellenar y nivelar zonas contiguas que generalmente tienen mayor pendiente. Estas superficies tienen un área de 0,21 hectáreas, representando el 3.13% del área total (**Figura 36**).

Figura 36 Superficie de explanación en la zona de estudio.



Fuente: Elaboración propia.

- **Red vial (Arv):** Superficies de allanamiento realizadas con el fin de adecuar el terreno para la construcción de diferentes zonas de acceso. Estas superficies tienen un área de 1.03 hectáreas, representando el 15.4% del área total y se encuentran representadas en su mayoría por las vías de acceso de la zona (**Figura 37**).

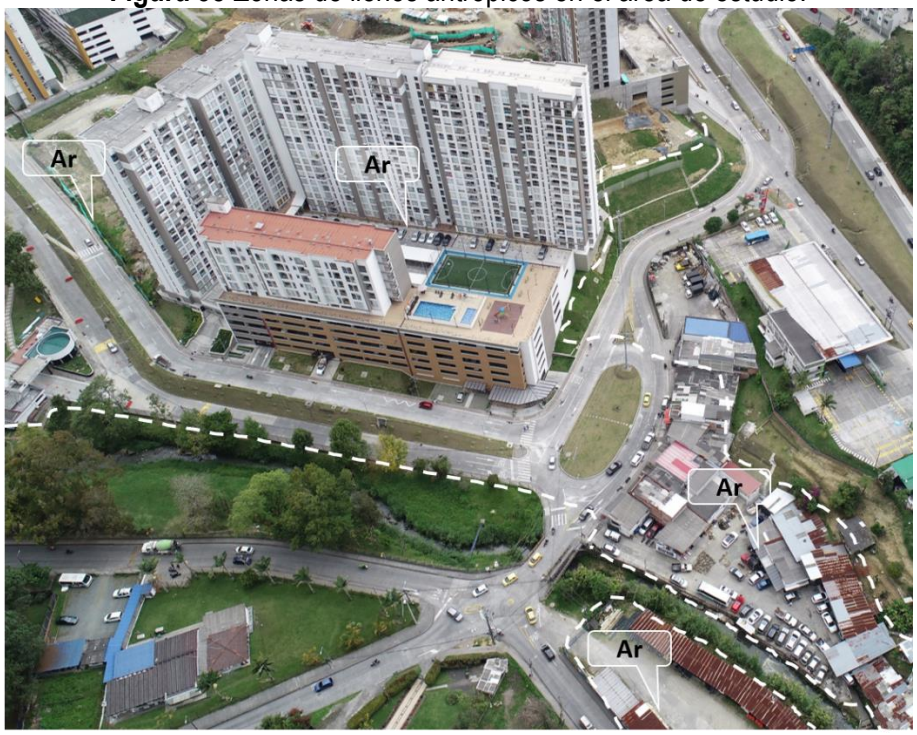
Figura 37 Red vial en la zona de estudio.



Fuente: Elaboración propia.

- **Planos y campos de llenos antrópicos (Ar):** Planos hechos artificialmente con material de relleno para acondicionar terrenos anegadizos para la construcción de viviendas. Técnicamente son de gravas, bloques y arena bien compactados, sin embargo, comúnmente son de escombros y desechos de construcción. En el área de estudio se encuentran principalmente en zonas adecuadas por medio de la construcción **(Figura 38)** por lo que estos elementos son los más representativos del ambiente antropogénico con 1.62 hectáreas equivalentes al 24.2% del área total.

Figura 38 Zonas de llenos antrópicos en el área de estudio.



Fuente: Elaboración propia.

- **Escarpe antrópico (Ae):** Superficie de cualquier tipo de material que presenta un corte brusco en su forma causado por la intervención antrópica, generalmente con una pendiente >45°, se localizan predominantemente al noroeste de la zona sobre los taludes que se encuentran a los costados de la quebrada (**Figura 39**). Estos escarpes son los de menor área del ambiente antropogénico ya que solo tienen 0.01 hectáreas que representan el 0.2% del área total.

Figura 39 Escarpe antrópico en el área de estudio.



Fuente: Elaboración propia.

Ambiente Denudacional

Incluye las geoformas cuya expresión morfológica está definida por la acción combinada de procesos moderados a intensos de meteorización, erosión y transporte de origen gravitacional y pluvial que han remodelado y dejado remanentes de las geoformas preexistentes y además crean nuevas subunidades por acumulación de sedimentos (Servicio Geológico Colombiano, 2012). En el área de estudio este ambiente ocupa el 28.4% con 1.90 hectáreas.

- **Ladera ondulada inclinada (Dloi):** Superficies de morfología irregular de forma cóncava y convexa, localizada en un punto al norte del área de estudio con pendientes inclinadas (6° a 10°), de longitud corta (92m). En este tipo de ladera no se presentan procesos erosivos actuales, ocupa 1.07 hectáreas que corresponden al 16.1% del área y están cubiertas por zonas artificializadas, además de zonas verdes urbanas, vegetación secundaria y pastos limpios **(Figura 40).**

- **Ladera ondulada muy abrupta (Dloma):** Superficie de morfología irregular de forma cóncava y convexa que se encuentra en un punto al norte de la zona de estudio, sobre pendientes que van desde los 21° a los 30° con una longitud muy corta (35m). Tiene un área de 0.43 hectáreas correspondientes al 6.5% del área total. Las coberturas de esta ladera corresponden mayormente

a bosque fragmentado hacia el área de los Yarumos (**Figura** 40), además pequeñas zonas de pastos limpios.

Figura 40 Ladera ondulada inclinada y Ladera ondulada muy abrupta en la zona de estudio.



Fuente: Elaboración propia.

- **Ladera ondulada escarpada (Dloe):** Superficie de morfología irregular de forma cóncava y convexa que se encuentra en un solo punto al suroeste del área de estudio sobre pendientes que van desde los 31° a los 45° y con una longitud muy corta (19m a 41m). Tiene un área de 0.38 hectáreas correspondientes al 5.8% del área total, sin procesos erosivos asociados, con coberturas de zonas verdes urbanas, vegetación secundaria y pastos limpios (**Figura 41**).

Figura 41 Ladera ondulada escarpada en la zona de estudio.



Fuente: Elaboración propia.

Ambiente Fluvial

Corresponde a las geoformas que están originadas por procesos de erosión de las corrientes de los ríos y acumulación o sedimentación de materiales en las zonas aledañas a dichas corrientes y en el fondo de los cauces, tanto en épocas de grandes avenidas e inundación, como en la dinámica normal de corrientes perennes y durante la época seca, cuyos depósitos son transportados y acumulados cuando éstas pierden su capacidad de arrastre (Servicio Geológico Colombiano, 2012). En la zona de estudio este ambiente solo ocupa el 8.4% con 0.56 hectáreas.

- **Cauce o lecho actual del río (Fca):** Morfología plana a suavemente inclinada que conforma el dominio del cauce actual de las corrientes de agua, incluyendo los diferentes tipos de barras de los ríos. Dependiendo de la época del año estas geoformas pueden presentar variaciones en la escala cartografiada. Esta geoforma corresponde al cauce de la Quebrada Olivares como se observa en la **Figura 42** y cuenta con un área de 0.10 hectáreas correspondientes al 1.6% del área total.

Figura 42 Cauce actual de la Quebrada Olivares en la zona de estudio.



Fuente: Elaboración propia.

- **Barra Longitudinal (Fbl):** Cuerpo elongado, en forma romboidal de morfología suave ondulada, dispuesto paralelo al centro de los cauces fluviales mayores, con la punta más aguda en la dirección de la corriente. Su origen es relacionado a la acumulación de sedimentos durante grandes inundaciones, que luego de disminuir el caudal, quedan como remanentes que dividen la corriente. En la zona de análisis se encuentran dos barras de este tipo asociadas a la Quebrada Olivares (**Figura 43**) y tienen un área total de 0.02 hectáreas que equivalen al 0,3% del área total.

Figura 43 Barra longitudinal en el cauce de la Quebrada Olivares.



Fuente: Elaboración propia.

- **Terraza de acumulación (Fta):** Superficie elongada, plana a suavemente ondulada, modelada sobre sedimentos aluviales, que se presenta en forma pareada, limitada por escarpes de diferente altura a lo largo del cauce de un rio. Su origen está relacionado a procesos de erosión y acumulación aluvial, dentro de antiguas llanuras de inundación. En la zona de análisis se encuentran dos terrazas de este tipo asociadas a la dinámica fluvial de la Quebrada Olivares (**Figura 44**) y tienen un área total de 0.38 hectáreas que equivalen al 5.7%.

- **Escarpe de terraza de acumulación (Ftae):** Plano vertical a subvertical, escalonado, excavado en sedimentos aluviales que bordean las diferentes terrazas de acumulación (**Figura 44**). Su origen es

relacionado a la incisión y profundización del cauce, cuenta con un área de 0.05 hectáreas es decir representan el 0.8% del área total.

Figura 44 Escarpe de terraza y Terraza de acumulación en la zona de estudio



Fuente: Elaboración propia.

5.5. EXPLORACÍON DIRECTA

La caracterización geotécnica corresponde al conjunto de actividades de reconocimiento de campo, investigación del subsuelo, análisis y recomendaciones ingenieriles según los requerimientos del proyecto de estudio, que garanticen un desarrollo seguro e idóneo para la protección integral de las personas involucradas ante la ocurrencia de cualquier fenómeno (COMISION ASESORA PERMANENTE PARA EL REGIMEN DE CONSTRUCCIONES SISMO RESISTENTES, 2010).

Mediante este apartado se busca establecer las características de la exploración directa del terreno, por medio del proceso de obtención de muestras representativas del área de estudio para establecer e identificar las propiedades físicas y mecánicas de las unidades de suelo y roca presentes (COMISION ASESORA PERMANENTE PARA EL REGIMEN DE CONSTRUCCIONES SISMO RESISTENTES, 2010).

A continuación, se describe el proceso metodológico.

- Se realizó una asignación preliminar de puntos de interés para la evaluación de unidades de suelo con el fin de definir y cartografiar las Unidades Geológicas para Ingeniería siguiendo las guías metodológicas para la zonificación de amenaza por movimientos en masa a escala 1:5.000 realizadas por el SGC (2016).
- El muestreo geotécnico proyectado para el área de estudio consta de métodos de exploración directa como perforaciones con implementación de SPT y a rotación según la competencia de los materiales. Cada punto fue caracterizado a partir de "consideraciones IN SITU" de los materiales y muestreo detallado según la norma para la elaboración de ensayos de laboratorio, de esta manera se obtuvo la caracterización geomecánica de los materiales que constituyen el área del proyecto.
- Finalmente se compilaron los ensayos de laboratorio que definen los parámetros geomecánicos de las unidades presentes en el área de estudio.

Las muestras de suelo pueden ser alteradas o inalteradas tipo Shelby, cada una de ellas es sometida a ensayos laboratorio que permiten establecer las propiedades físico-mecánicas de cada una de las unidades.

Las muestras alteradas corresponden al material disgregado o fragmentado tomado del afloramiento de análisis con el fin de conservar ciertas características del material in situ como la humedad y poder realizar los análisis granulométricos respectivos para definir el tipo de suelo y propiedades como el índice de plasticidad (Sahop,1974). Normalmente se utilizan elementos de extracción como palas o palustres.

Por otro lado, las muestras inalteradas son aquellas que conservan la estructura de la unidad evaluada, no hay alteraciones químicas o de humedad de la muestra, esto con el fin de conservar las propiedades in situ de la unidad de suelo y poder elaborar ensayos de laboratorio para la obtención de las propiedades geomecánicas correspondientes (Sahop,1974). La muestra inalterada es extraída normalmente mediante un tubo Shelby que corresponde a un tubo de acero, aluminio o latón (siendo el acero el más común), con el extremo inferior afilado y unido a una la columna de barras de perforación o también denominado barreno, este se hinca a presión sobre la unidad de suelo o según la consistencia del material se utiliza una maceta para poder obtener la totalidad de la muestra de suelo requerida para los ensayos de laboratorio.

Cada una de las muestras obtenida presenta una serie de requerimientos de calidad los cuales son: georreferenciación de los puntos de muestreo, registro fotográfico, cantidad idónea de material y representativo según el tipo de muestreo, registro de datos de muestreo y cadena de custodia de cada una de las muestras para la elaboración de los ensayos de laboratorio y la obtención de sus propiedades físico-mecánicas.

- **Perforaciones por rotación**

La implementación de perforación mecánica por rotación de manera general consiste en la excavación de un agujero vertical y cilíndrico en el terreno. Esto se puede realizar mediante la acción rotatoria de una herramienta cortante o por la percusión de una herramienta en el suelo. En cualquiera de los casos, la perforadora tritura y rompe las rocas que componen el subsuelo y estos restos se llevan a la superficie a través de la inyección de aire o lodos (EDASU, 2023). Un elemento cortante se introduce en el subsuelo

mediante una fuerza de empuje y, al rotar sobre su eje, se abre paso por el terreno. Este método usa distintos tipos de brocas según la dureza de la roca y aire, espuma o lodos como limpieza. Sus mayores ventajas son su rápido avance y su eficacia con rocas de diferentes durezas (EDASU, 2023).

La perforación a rotación presenta características diferentes si se efectúa en roca o en suelos. El avance se produce por corte y compresión: el giro se ejecuta mediante sonda o rotor y la presión por barra de carga, varillaje y empuje hidráulico (UNIVERSITAT POLITECNICA DE VALENCIA, 2019).

- **Perforaciones por SPT**

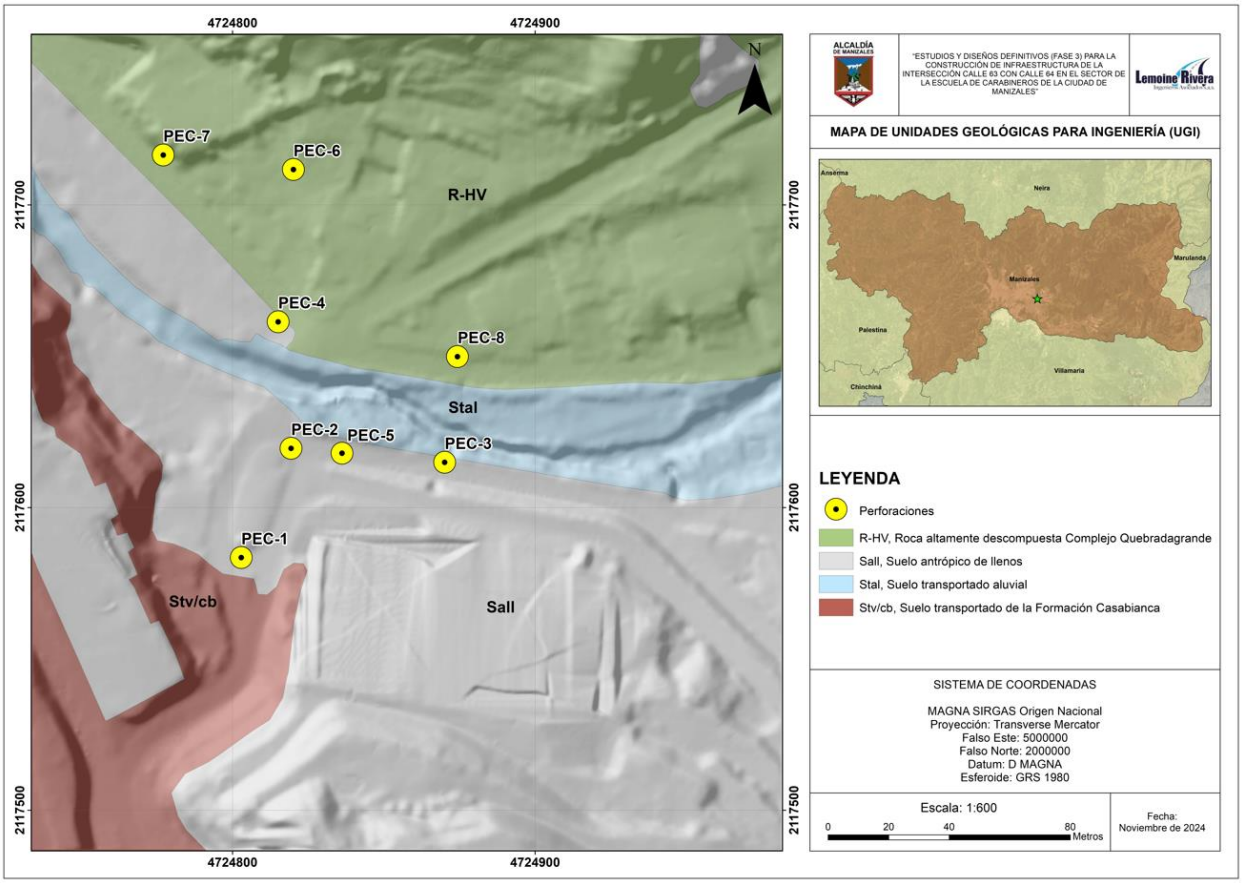
Para este caso, el proceso de perforación se realiza con un avance inicial de un mecanismo de perforación SPT o Ensayo de Penetración Estándar que se realiza en suelos o en rocas muy alteradas y meteorizadas en el interior de los sondeos durante la perforación. Consiste en la hinca en el terreno de una punta metálica mediante golpes por lo que da idea de la resistencia del terreno ya que se contabilizan el número de golpes necesarios respecto al avance en el tipo de terreno o rechazo de este según su consistencia y dureza.

5.5.1. Localización de perforaciones

En la zona de estudio se realizaron diferentes perforaciones con el fin de determinar el tipo de materiales en el subsuelo y posteriormente se tomaron muestras con el fin de realizar análisis de laboratorio; de los cuales se determina la granulometría, límites de Atterberg, corte directo, compresión y consolidación; esto con el fin obtener las características geotécnicas básicas del área, las cuales son de gran importancia al momento de evaluar la estabilidad del terreno, como lo son por ejemplo la humedad natural, plasticidad, ángulo de fricción interna y cohesión; El muestreo fue realizado con tubos shelbys para conservar las propiedades de los suelos relativamente inalteradas, y así mismo se recolecto en bolsas muestras alteradas de los suelos. A continuación, en la

Figura 45 y en la **Tabla 19** se presenta la localización de los diferentes puntos donde fueron realizadas las perforaciones y en la **Tabla 20** se presenta la identificación de los muestreos para cada una de las perforaciones.

Figura 45 Mapa de localización de las perforaciones en la zona de estudio.



Fuente: Elaboración propia.

Tabla 19 Localización y profundidad de las perforaciones en la zona de estudio.

TIPO EXPLORACIÓN	PUNTO	X	Y	ESTE	NORTE	PROF EXPLORACIÓN (M)
Perforación	PEC-1	5.059412	75.482959	2117583.478	4724802.905	3.5
	PEC-2	5.059739	75.482812	2117619.581	4724819.346	4.5
	PEC-3	5.059699	75.482354	2117614.963	4724870.123	2.5
	PEC-4	5.060117	75.482852	2117661.404	4724815.07	2.5
	PEC-5	5.059725	75.48266	2117617.968	4724836.198	4.5
	PEC-6	5.060572	75.482808	2117711.707	4724820.142	6.5
	PEC-7	5.060614	75.483196	2117716.517	4724777.13	3.5
	PEC-8	5.060015	75.482317	2117649.896	4724874.36	3.5

Fuente: Elaboración a partir de Terrasoluciones.

Tabla 20 Localización de los muestreos para cada perforación.

ID SONDEO	PROF.		NÚMERO DE GOLPES (15-30-45)			DESCRIPCIÓN	MUESTRA
	De	a					
PEC-01	0.0	0.5	-	-	-	Orgánico	-
	1.0	1.5	6	6	8	Limo arcillosa	MEC-01
	2.0	2.5				SHELBY	SEC-01
	3.0	3.5	25	34	42	Saprolito	MEC-02
PEC-02	0.0	0.5	-	-	-	Orgánico	-
	1	1.5				SHELBY	SEC-02
	2	2.5	2	2	7	Limo arenosa	MEC-03
	3	3.5				SHELBY	SEC-03
	4	4.5	10	46	-	Arena con grava	MEC-04
PEC-03	0.0	0.5	-	-	-	Orgánico	-
	1.0	1.5				Suelo arenoso	MEC-05
	2.0	2.5				SHELBY	SEC-04
PEC-04	0.0	0.5	-	-	-	Orgánico	
	1.0	1.5				SHELBY	SEC-05
	2.0	2.5				Arena con grava	MEC-06
PEC-05	0.0	0.5	-	-	-	Orgánico	-
	1.0	1.5	5	5	5	Arena con fragmentos de roca	-
	2.0	2.5	5	7	28	Relleno	MEC-07
	3.0	3.5				SHELBY	SEC-06
	4.0	4.5	35	45		Arena con grava	MEC-08
PEC-06	0.0	0.5	-	-	-	Orgánico	-
	1.0	1.5	5	4	4	Limo arenoso	MEC-09
	2.0	2.5	25	26	30	Relleno	MEC-10
	3.0	3.5				SHELBY	SEC-08
	4.0	4.5	25	28	39	Arena con rocas	MEC-11
	5.0	5.5				SHELBY	SEC-07
	6.0	6.5	35	42	-	Arena con rocas	MEC-12
PEC-07	0.0	0.5				Orgánico	-
	1.0	1.5				SHELBY	SEC-09
	2.0	2.5				Arena con roca	MEC-13
	3.0	3.5				SHELBY	SEC-10
PEC-08	0.0	0.5	-	-	-	Orgánico	-
	1.0	1.5				Limo arenosa con fragmentos de roca	MEC-14
	2.0	2.5				SHELBY	SEC-11
	3.0	3.5				Limo arenosa con fragmentos de roca	MEC-15

Fuente: Elaboración a partir de Terrasoluciones.

5.5.1.1. Perforación 1- PEC 01

Esta perforación se localiza al suroeste de la zona de análisis sobre la parte baja de la rotonda al lado de la construcción del complejo de apartamentos, a una altura aproximada de 2074.3 msnm. En este lugar se obtuvo un alcance de 3.5m y los materiales caracterizados estratigráficamente a partir del registro de perforación corresponden a una capa de suelo orgánico a nivel superficial de aproximadamente 0.5 m, seguido de una capa limo arcillosa y una capa más profunda desde los 3 m caracterizada como saprolito, a continuación, en la **Figura 46** se presenta el registro fotográfico de la perforación y los muestreos asociados.

Figura 46 Registro fotográfico para la perforación PEC-01 y los muestreos asociados.



Fuente: Elaboración a partir de Terrasoluciones.

5.5.1.2. Perforación 2- PEC 02

Esta perforación se localiza cercana a la parte central de la zona de análisis sobre la parte alta de la rotonda al lado de la construcción del complejo de apartamentos, a una altura aproximada de 2071.6 msnm. En este lugar se obtuvo un alcance de 4.5m y los materiales caracterizados estratigráficamente a partir del registro de perforación corresponden a una capa de suelo orgánico a nivel superficial de aproximadamente 0.5 m, seguido de una capa limo arenosa y una capa más profunda desde los 4 m de arena con grava, a continuación, en la **Figura 47** se presenta el registro fotográfico de la perforación y los muestreos asociados.

Figura 47 Registro fotográfico para la perforación PEC-02 y los muestreos asociados.



Fuente: Elaboración a partir de Terrasoluciones.

5.5.1.3. Perforación 3- PEC 03

Esta perforación se localiza cercana a la parte central de la zona de análisis frente a la construcción del complejo de apartamentos, a una altura aproximada de 2071.3 msnm. En este lugar se obtuvo un alcance de 2.5m y los materiales caracterizados estratigráficamente a partir del registro de perforación corresponden a una capa de suelo orgánico a nivel superficial de aproximadamente 0.5 m, seguido de una capa de suelo arenoso, a continuación, en la **Figura 48** se presenta el registro fotográfico de la perforación y los muestreos asociados.

Figura 48 Registro fotográfico para la perforación PEC-03 y los muestreos asociados.



Fuente: Elaboración a partir de Terrasoluciones.

5.5.1.4. Perforación 4- PEC 04

Esta perforación se localiza al noroeste de la zona de análisis en una zona cercana al puente del barrio La Toscana, a una altura aproximada de 2070.3 msnm. En este lugar se obtuvo un alcance de 2.5m y los materiales caracterizados estratigráficamente a partir del registro de perforación corresponden a una capa de suelo orgánico a nivel superficial de aproximadamente 0.5 m, seguido de una capa de arena con grava, a continuación, en la **Figura 49** se presenta el registro fotográfico de la perforación y los muestreos asociados.

Figura 49 Registro fotográfico para la perforación PEC-04 y los muestreos asociados.

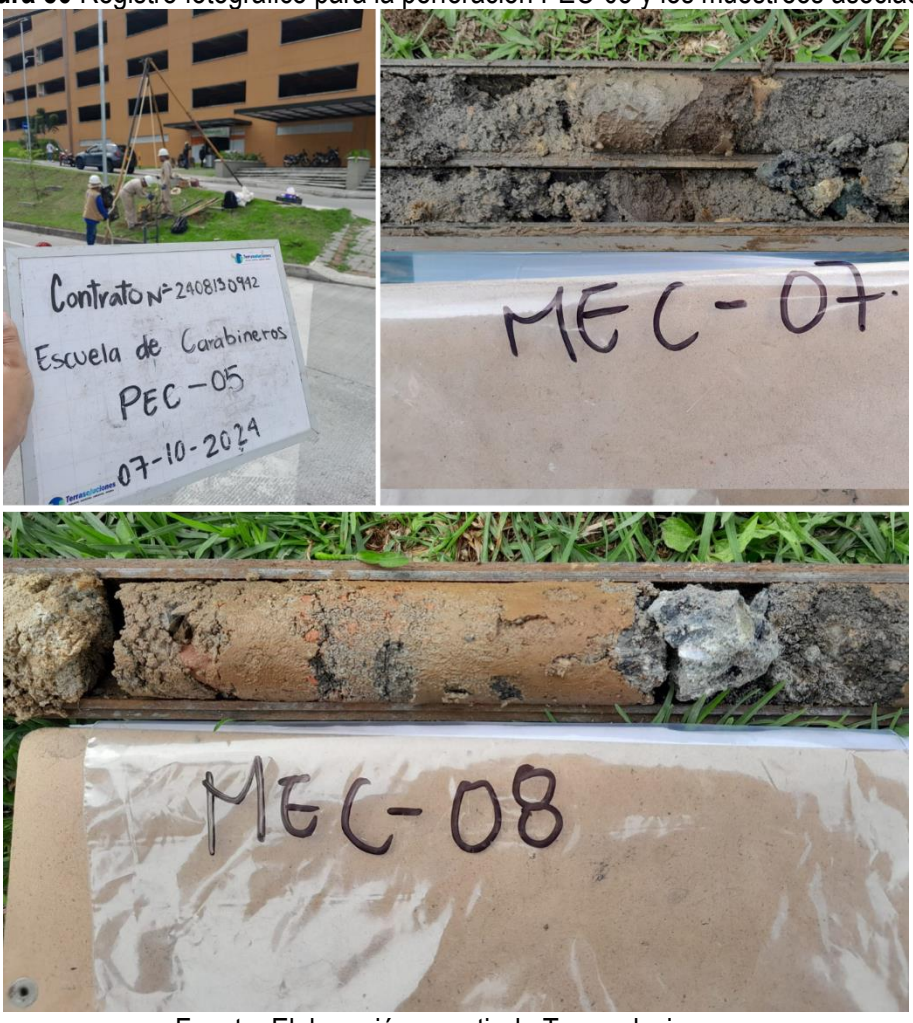


Fuente: Elaboración a partir de Terrasoluciones.

5.5.1.5. Perforación 5- PEC 05

Esta perforación se localiza cercana a la parte central de la zona de análisis frente a la construcción del complejo de apartamentos, a una altura aproximada de 2071.3 msnm. En este lugar se obtuvo un alcance de 4.5m y los materiales caracterizados estratigráficamente a partir del registro de perforación corresponden a una capa de suelo orgánico a nivel superficial de aproximadamente 0.5 m, seguido de una capa de aproximadamente 1m de arena con fragmentos de roca, luego una capa caracterizada como relleno y como capa más profunda a partir de los 4 m se encuentra arena con grava, a continuación, en la **Figura 50** se presenta el registro fotográfico de la perforación y los muestreos asociados.

Figura 50 Registro fotográfico para la perforación PEC-05 y los muestreos asociados.



Fuente: Elaboración a partir de Terrasoluciones.

5.5.1.6. Perforación 6- PEC 06

Esta perforación se localiza al noroeste de la zona de análisis a una altura aproximada de 2072.8 msnm. Esta es la perforación que alcanza mayor profundidad alcanzando 6.5m y los materiales caracterizados estratigráficamente a partir del registro de perforación corresponden a una capa de suelo orgánico a nivel superficial de aproximadamente 0.5 m, seguido de una capa de aproximadamente 1m de material limo arenoso, luego una capa caracterizada como relleno y como capa más profunda a partir de los 4 m se encuentra arena con rocas, a continuación, en la **Figura 51** se presenta el registro fotográfico de la perforación y los muestreos asociados.

Figura 51 Registro fotográfico para la perforación PEC-06 y los muestreos asociados.

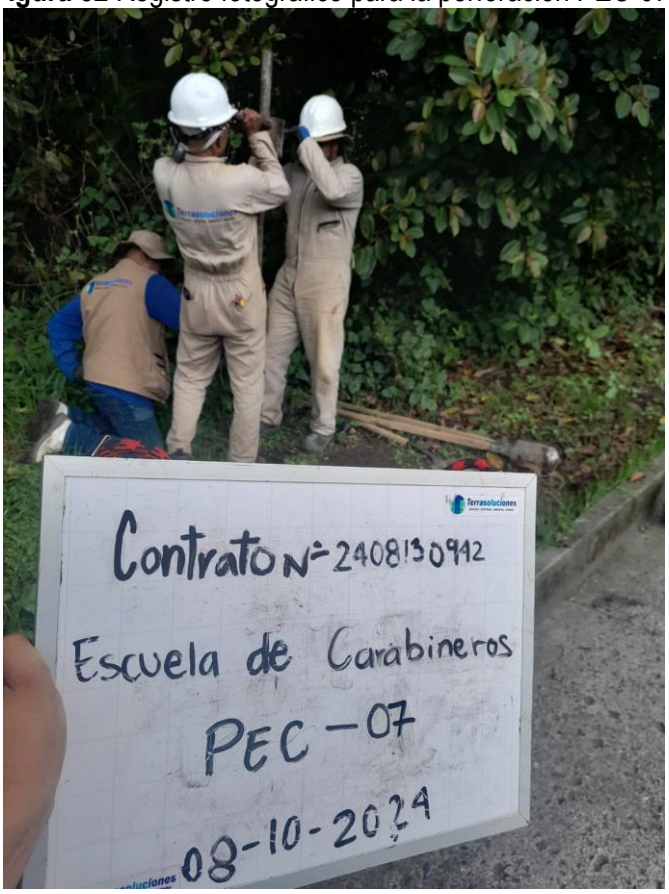


Fuente: Elaboración a partir de Terrasoluciones.

5.5.1.7. Perforación 7- PEC 07

Esta perforación se localiza al noroeste de la zona de análisis a una altura aproximada de 2070.2 msnm. En este lugar se obtuvo un alcance de 3.5m y los materiales caracterizados estratigráficamente a partir del registro de perforación corresponden a una capa de suelo orgánico a nivel superficial de aproximadamente 0.5 m, seguido de una capa de arena con roca, a continuación, en la **Figura 52** se presenta el registro fotográfico de la realización de la perforación.

Figura 52 Registro fotográfico para la perforación PEC-07.

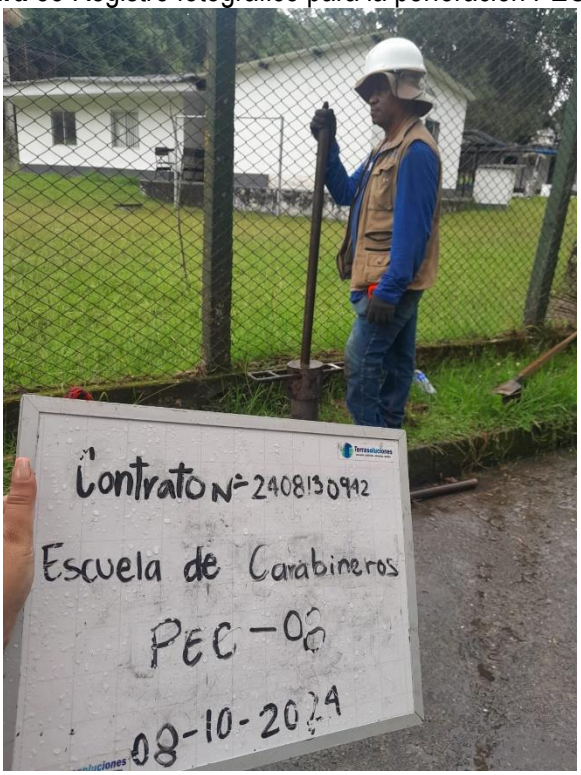


Fuente: Elaboración a partir de Terrasoluciones.

5.5.1.8. Perforación 8- PEC 08

Esta perforación se localiza al noreste de la zona de análisis a una altura aproximada de 2071.3 msnm. En este lugar se obtuvo un alcance de 3.5m y los materiales caracterizados estratigráficamente a partir del registro de perforación corresponden a una capa de suelo orgánico a nivel superficial de aproximadamente 0.5 m, seguido de una capa limo arenosa con fragmentos de roca a partir de 1 m de profundidad, a continuación, en la **Figura 53** se presenta el registro fotográfico de la realización de la perforación.

Figura 53 Registro fotográfico para la perforación PEC-08.



Fuente: Elaboración a partir de Terrasoluciones.

5.5.2. Ensayos de laboratorio

En este apartado se presentan los resultados de laboratorio asociados a los diferentes muestreos realizados por cada perforación en la zona de estudio correspondientes a la clasificación granulométrica, compresión, cortes directos y la consolidación de los materiales.

5.5.2.1. Límites de Atterberg y Granulometría

Perforación 1- PEC 01

- Muestreo MEC-01- Capa limo arcillosa

ENSAYOS DE LABORATORIO

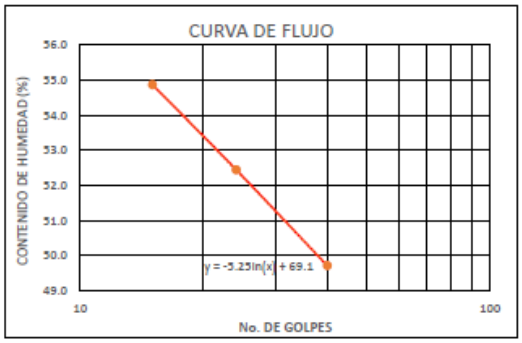
CLASIFICACIÓN DEL SUELO

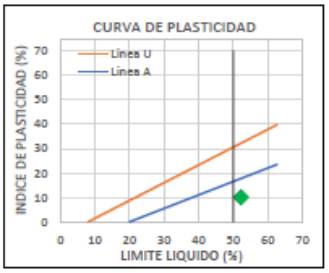
Terrasoluciones
GEOLOGIA · GEOTECNIA · AMBIENTAL · MINERIA

PROYECTO	Escuela de carabineros contrato N° 2408130942		
LOCALIZACIÓN SONDEO	Escuela de carabineros (Manizales- Caldas)		
ID SONDEO	PEC-01	FECHA	01/11/2024
MUESTRA No.	MEC-01	PROFUND (m).	1 - 1,5m
DESCRIPCIÓN MUESTRA	Muestra limo- arcillosa color pardo amarillenta y gris		

RESUMEN	
Humedad Natural (%)	56,32
Límite Líquido (%)	52,20
Límite Plastico (%)	42,15
índice Plasticidad (%)	10,05
Lavado Tamiz No. 200 (%)	53,09
Clasificación SUCS	MH-OH

LIMITES DE ATTERBERG	Líquido			Plástico	
Determinación No.	1	2	3	1	2
No. De Golpes	15	24	40	----	----
Recipiente No.	1	2	3	4	5
Tara + Suelo Humedo (gr)	30,70	33,29	33,55	18,53	20,45
Tara + Suelo Seco (gr)	26,19	28,36	28,26	16,52	19,40
Peso del agua (gr)	4,51	4,93	5,29	2,01	1,05
Peso Tara (gr)	17,97	18,96	17,62	11,69	16,94
Peso Suelo Seco (gr)	8,22	9,40	10,64	4,83	2,46
Humedad (%)	54,87	52,45	49,72	41,61	42,68





Ecuación de la línea U	IP=0,9(LL-8)
Ecuación de la línea A	IP=0,73(LL-20)

- Muestreo MEC-02 – Capa de saprolito

ENSAYOS DE LABORATORIO

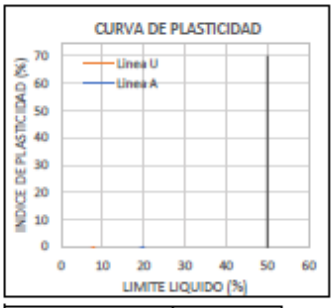
LÍMITES DE ATTERBERG - GRANULOMETRÍA

Terrasoluciones
GEOLOGIA · GEOTECNIA · AMBIENTAL · MINERIA

PROYECTO	Escuela de carabineros contrato N° 2408130942		
LOCALIZACIÓN SONDEO	Escuela de carabineros (Manizales- Caldas)		
ID SONDEO	PEC-01	**FECHA**	01/11/2024
MUESTRA No.	MEC-02	**PROFUND (m).**	3 - 3,5m
DESCRIPCIÓN MUESTRA	Muestra limo- arenosa con saprolito de roca color amarillento claro		

RESUMEN	
Humedad Natural (%)	48,43
Límite Líquido (%)	
Límite Plastico (%)	
índice Plasticidad (%)	
Lavado Tamiz No. 200 (%)	27,97
Clasificación SUCS	SP

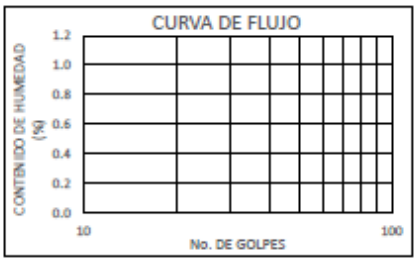
LIMITES DE ATTERBERG					
	Líquido			**Plástico**	
Determinación No.	**1**	**2**		**1**	**2**
No. De Golpes					
Recipiente No.					
Tara + Suelo Humedo (gr)					
Tara + Suelo Seco (gr)					
Peso del agua (gr)					
Peso Tara (gr)					
Peso Suelo Seco (gr)					
Humedad (%)					

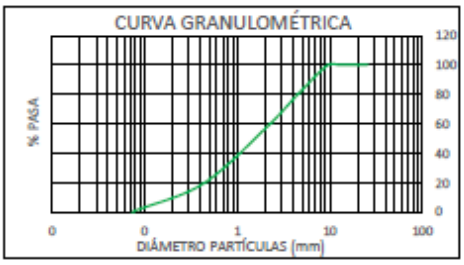


Ecuación de la línea U	IP=0,9(LL-8)
Ecuación de la línea A	IP=0,73(LL-20)

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO					
Peso inicial (gr):		78,11		**Peso Final (gr):**	78,36
Tamiz	**Abert.**	**Peso ret (gr)**	**% ret.**	**% retenido acumulado**	**% pasante**
1"	25,40	0,00	0,0	0,0	100,0
3/4"	19,05	0,00	0,0	0,0	100,0
1/2"	12,70	0,00	0,0	0,0	100,0
3/8"	9,52	0,00	0,0	0,0	100,0
No. 4	4,76	14,40	18,4	18,4	81,6
No. 10	2,00	19,48	24,9	43,2	56,8
No. 40	0,43	29,38	37,5	80,7	19,3
No. 200	0,07	14,85	19,0	99,7	0,3
Fondo		0,25	0,3	100,0	0,0

*La muestra se lavó por Tamiz No. 200





Perforación 2- PEC 02

- Muestreo MEC-03- Capa limo arenosa

ENSAYOS DE LABORATORIO

LÍMITES DE ATTERBERG - GRANULOMETRÍA

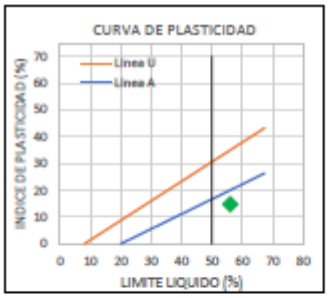
Terrasoluciones
GEOLOGÍA · GEOTECNIA · AMBIENTAL · MINERÍA

PROYECTO	Escuela de carabineros contrato N° 2408130942		
LOCALIZACIÓN SONDEO	Escuela de carabineros (Manizales- Caldas)		
ID SONDEO	PEC-02	**FECHA**	01/11/2024
MUESTRA No.	MEC-03	**PROFUND (m).**	2 - 2,5m
DESCRIPCIÓN MUESTRA	Muestra limo- arenosa color pardo amarillenta con gris		

RESUMEN	
Humedad Natural (%)	30,39
Límite Líquido (%)	36,10
Límite Plastico (%)	41,4
Índice Plasticidad (%)	14,73
Lavado Tamiz No. 200 (%)	15,28
Clasificación SUCS	SP-SM

LIMITES DE ATTERBERG

	Líquido			Plástico	
Determinación No.	1	2		1	2
No. De Golpes	15	26	41	---	---
Recipiente No.	11	12	13	14	15
Tara + Suelo Humedo (gr)	30,88	25,78	24,49	22,33	22,95
Tara + Suelo Seco (gr)	26,76	23,04	22,44	21,21	21,64
Peso del agua (gr)	4,12	2,74	2,05	1,12	1,31
Peso Tara (gr)	18,79	17,07	17,42	18,48	18,50
Peso Suelo Seco (gr)	7,97	5,97	5,02	2,73	3,14
Humedad (%)	51,69	45,90	40,84	41,03	41,72

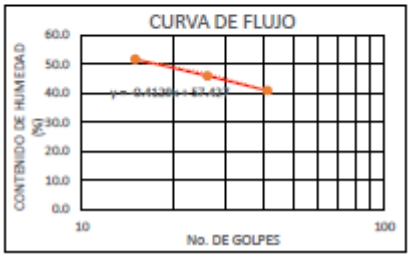


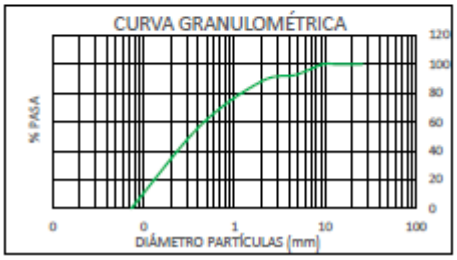
Ecuación de la línea U	IP=0,9(LL-8)
Ecuación de la línea A	IP=0,73(LL-20)

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO

Peso inicial (gr):		78,64		**Peso Final (gr):**	78,81
Tamiz	**Abert.**	**Peso ret (gr)**	**% ret.**	**% retenido acumulado**	**% pasante**
1"	25,40	0,00	0,0	0,0	100,0
3/4"	19,05	0,00	0,0	0,0	100,0
1/2"	12,70	0,00	0,0	0,0	100,0
3/8"	9,52	0,00	0,0	0,0	100,0
No. 4	4,76	5,81	7,4	7,4	92,6
No. 10	2,00	3,60	4,6	11,9	88,1
No. 40	0,43	24,14	30,6	42,6	57,4
No. 200	0,07	45,09	57,2	99,8	0,2
Fondo		0,17	0,2	100,0	0,0

*La muestra se lavó por Tamiz No. 200





- Muestreo MEC-04- Capa de arena con grava

ENSAYOS DE LABORATORIO

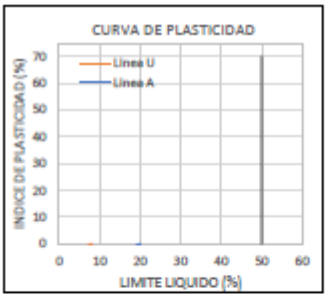
LÍMITES DE ATTERBERG - GRANULOMETRÍA

Terrasoluciones — GEOLOGIA · GEOTECNIA · AMBIENTAL · MINERIA

PROYECTO	Escuela de carabineros contrato N° 2408130942		
LOCALIZACIÓN SONDEO	Escuela de carabineros (Manizales- Caldas)		
ID SONDEO	PEC-02	**FECHA**	01/11/2024
MUESTRA No.	MEC-04	**PROFUND (m).**	4 - 4,5m
DESCRIPCIÓN MUESTRA	Muestra arenosa con grava color gris claro		

RESUMEN	
Humedad Natural (%)	24,04
Límite Líquido (%)	
Límite Plastico (%)	
Índice Plasticidad (%)	
Lavado Tamiz No. 200 (%)	18,64
Clasificación SUCS	SP

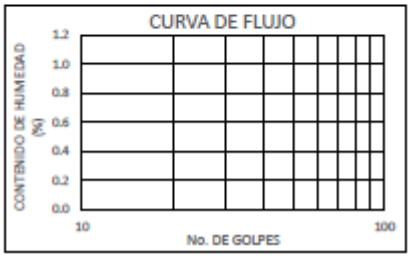
LIMITES DE ATTERBERG					
	Líquido			**Plástico**	
Determinación No.	**1**	**2**		**1**	**2**
No. De Golpes					
Recipiente No.					
Tara + Suelo Humedo (gr)					
Tara + Suelo Seco (gr)					
Peso del agua (gr)					
Peso Tara (gr)					
Peso Suelo Seco (gr)					
Humedad (%)					

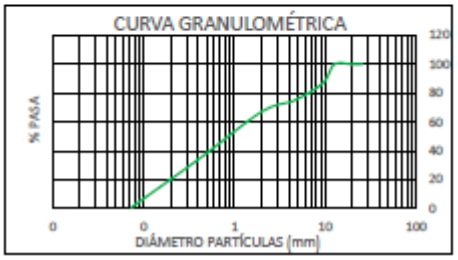


Ecuación de la línea U	**IP=0,9(LL-8)**
Ecuación de la línea A	**IP=0,73(LL-20)**

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO					
Peso inicial (gr):		**80,49**		**Peso Final (gr):**	**81,08**
Tamiz	**Abert.**	**Peso ret (gr)**	**% ret.**	**% retenido acumulado**	**% pasante**
1"	25,40	0,00	0,0	0,0	100,0
3/4"	19,05	0,00	0,0	0,0	100,0
1/2"	12,70	0,00	0,0	0,0	100,0
3/8"	9,52	10,52	13,0	13,0	87,0
No. 4	4,76	9,56	11,8	24,8	75,2
No. 10	2,00	6,73	8,3	33,1	66,9
No. 40	0,43	25,87	31,9	65,0	35,0
No. 200	0,07	27,81	34,3	99,3	0,7
Fondo		0,59	0,7	100,0	0,0

*La muestra se lavó por Tamiz No. 200





Perforación 3- PEC 03

- Muestreo MEC-05- Capa de suelo arenoso

ENSAYOS DE LABORATORIO

LÍMITES DE ATTERBERG - GRANULOMETRÍA

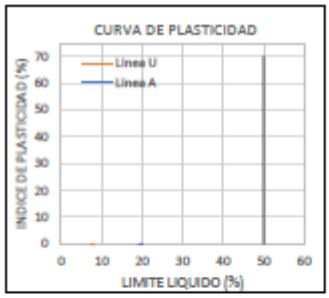
Terrasoluciones
GEOLOGIA · GEOTECNIA · AMBIENTAL · MINERIA

PROYECTO	Escuela de carabineros contrato N° 2408130942		
LOCALIZACIÓN SONDEO	Escuela de carabineros (Manizales- Caldas)		
ID SONDEO	PEC-03	**FECHA**	01/11/2024
MUESTRA No.	MEC-05	**PROFUND (m).**	1 - 1,5m
DESCRIPCIÓN MUESTRA	Muestra arenosa con grava color gris verdoso claro		

RESUMEN	
Humedad Natural (%)	38,97
Límite Líquido (%)	
Límite Plastico (%)	
Índice Plasticidad (%)	
Lavado Tamiz No. 200 (%)	27,67
Clasificación SUCS	SP

LIMITES DE ATTERBERG

	Líquido			Plástico	
Determinación No.	1	2		1	2
No. De Golpes					
Recipiente No.					
Tara + Suelo Humedo (gr)					
Tara + Suelo Seco (gr)					
Peso del agua (gr)					
Peso Tara (gr)					
Peso Suelo Seco (gr)					
Humedad (%)					

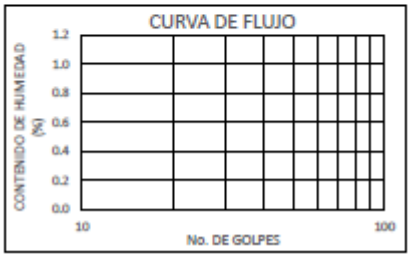


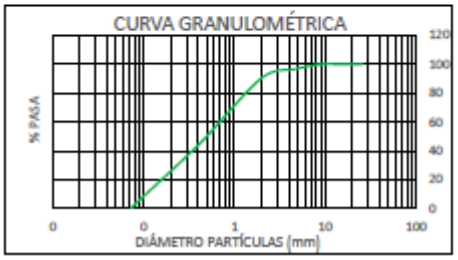
Ecuación de la línea U	IP=0,9(LL-8)
Ecuación de la línea A	IP=0,73(LL-20)

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO

Peso inicial (gr):		70,68		**Peso Final (gr):**	71,04
Tamiz	**Abert.**	**Peso ret (gr)**	**% ret.**	**% retenido acumulado**	**% pasante**
1"	25,40	0,00	0,0	0,0	100,0
3/4"	19,05	0,00	0,0	0,0	100,0
1/2"	12,70	0,00	0,0	0,0	100,0
3/8"	9,52	0,00	0,0	0,0	100,0
No. 4	4,76	2,36	3,3	3,3	96,7
No. 10	2,00	4,57	6,4	9,8	90,2
No. 40	0,43	31,85	44,8	54,6	45,4
No. 200	0,07	31,90	44,9	99,5	0,5
Fondo		0,36	0,5	100,0	0,0

*La muestra se lavó por Tamiz No. 200





Perforación 4- PEC 04

- Muestreo MEC-06- Capa de arena con grava

ENSAYOS DE LABORATORIO

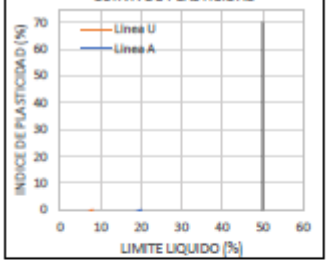
LÍMITES DE ATTERBERG - GRANULOMETRÍA

Terrasoluciones
GEOLOGÍA · GEOTECNIA · AMBIENTAL · MINERÍA

PROYECTO	Escuela de carabineros contrato N° 2408130942		
LOCALIZACIÓN SONDEO	Escuela de carabineros (Manizales- Caldas)		
ID SONDEO	PEC-04	**FECHA**	01/11/2024
MUESTRA No.	MEC-06	**PROFUND (m).**	2 - 2,5m
DESCRIPCIÓN MUESTRA	Muestra arenosa consaprolito color ocre con gris claro		

RESUMEN	
Humedad Natural (%)	17,35
Límite Líquido (%)	
Límite Plastico (%)	
Índice Plasticidad (%)	
Lavado Tamiz No. 200 (%)	23,55
Clasificación SUCS	SP

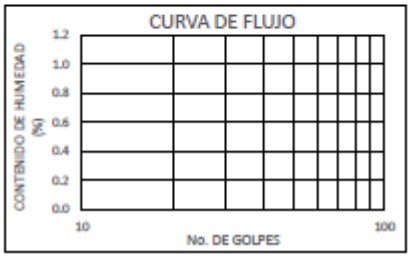
LIMITES DE ATTERBERG					
	Líquido			**Plástico**	
Determinación No.	**1**	**2**		**1**	**2**
No. De Golpes					
Recipiente No.					
Tara + Suelo Humedo (gr)					
Tara + Suelo Seco (gr)					
Peso del agua (gr)					
Peso Tara (gr)					
Peso Suelo Seco (gr)					
Humedad (%)					

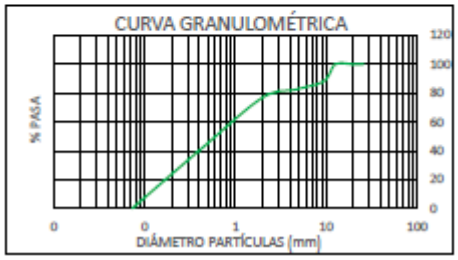


Ecuación de la línea U	IP=0,9(LL-8)
Ecuación de la línea A	IP=0,73(LL-20)

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO					
Peso inicial (gr):		76,65		**Peso Final (gr):**	76,83
Tamiz	**Abert.**	**Peso ret (gr)**	**% ret.**	**% retenido acumulado**	**% pasante**
1"	25,40	0,00	0,0	0,0	100,0
3/4"	19,05	0,00	0,0	0,0	100,0
1/2"	12,70	0,00	0,0	0,0	100,0
3/8"	9,52	8,94	11,6	11,6	88,4
No. 4	4,76	4,47	5,8	17,5	82,5
No. 10	2,00	4,43	5,8	23,2	76,8
No. 40	0,43	27,15	35,3	58,6	41,4
No. 200	0,07	31,66	41,2	99,8	0,2
Fondo		0,18	0,2	100,0	0,0

*La muestra se lavó por Tamiz No. 200





Perforación 5- PEC 05

- Muestreo MEC-07- Capa clasificada como relleno

ENSAYOS DE LABORATORIO

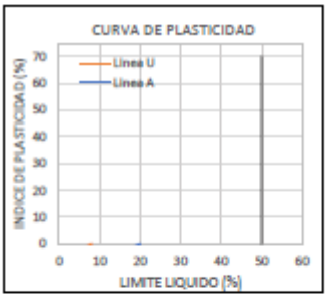
LÍMITES DE ATTERBERG - GRANULOMETRÍA

Terrasoluciones
GEOLOGIA · GEOTECNIA · AMBIENTAL · MINERIA

PROYECTO	Escuela de carabineros contrato N° 2408130942		
LOCALIZACIÓN SONDEO	Escuela de carabineros (Manizales- Caldas)		
ID SONDEO	PEC-05	**FECHA**	01/11/2024
MUESTRA No.	MEC-07	**PROFUND (m).**	2 - 2,5m
DESCRIPCIÓN MUESTRA	Muestra arenosa con relleno color ocre con gris claro		

RESUMEN	
Humedad Natural (%)	33,44
Límite Líquido (%)	
Límite Plastico (%)	
índice Plasticidad (%)	
Lavado Tamiz No. 200 (%)	22,31
Clasificación SUCS	GP

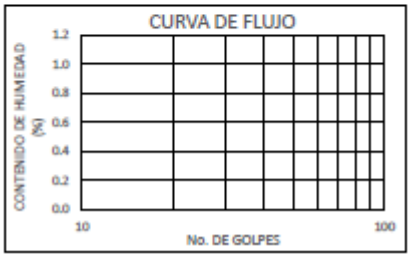
LIMITES DE ATTERBERG					
	Líquido			**Plástico**	
Determinación No.	**1**	**2**		**1**	**2**
No. De Golpes					
Recipiente No.					
Tara + Suelo Humedo (gr)					
Tara + Suelo Seco (gr)					
Peso del agua (gr)					
Peso Tara (gr)					
Peso Suelo Seco (gr)					
Humedad (%)					

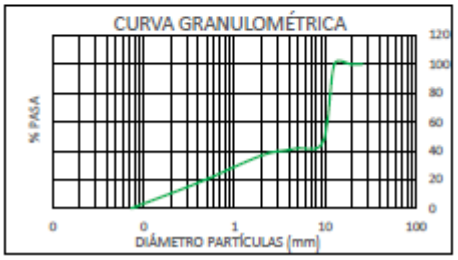


Ecuación de la línea U	**IP=0,9(LL-8)**
Ecuación de la línea A	**IP=0,73(LL-20)**

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO					
Peso inicial (gr):		**79,13**		**Peso Final (gr):**	**79,23**
Tamiz	**Abert.**	**Peso ret (gr)**	**% ret.**	**% retenido acumulado**	**% pasante**
1"	25,40	0,00	0,0	0,0	100,0
3/4"	19,05	0,00	0,0	0,0	100,0
1/2"	12,70	0,00	0,0	0,0	100,0
3/8"	9,52	42,48	53,6	53,6	46,4
No. 4	4,76	3,89	4,9	58,5	41,5
No. 10	2,00	3,82	4,8	63,3	36,7
No. 40	0,43	14,44	18,2	81,6	18,4
No. 200	0,07	14,50	18,3	99,9	0,1
Fondo		0,10	0,1	100,0	0,0

*La muestra se lavó por Tamiz No. 200





- Muestreo MEC-08- Capa de arena con grava

ENSAYOS DE LABORATORIO

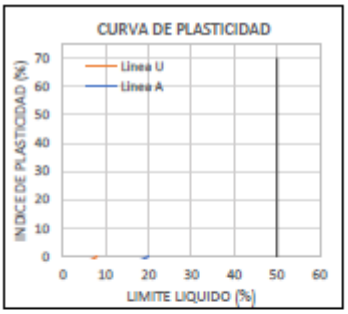
LÍMITES DE ATTERBERG - GRANULOMETRÍA

Terrasoluciones
GEOLOGIA - GEOTECNIA - AMBIENTAL - MINERIA

PROYECTO	Escuela de carabineros contrato N° 2408130942		
LOCALIZACIÓN SONDEO	Escuela de carabineros (Manizales- Caldas)		
ID SONDEO	PEC-05	**FECHA**	01/11/2024
MUESTRA No.	MEC-08	**PROFUND (m).**	4 - 4,5m
DESCRIPCIÓN MUESTRA	Muestra arenosa con grava color ocre con gris claro		

RESUMEN	
Humedad Natural (%)	20,31
Límite Líquido (%)	
Límite Plastico (%)	
índice Plasticidad (%)	
Lavado Tamiz No. 200 (%)	14,90
Clasificación SUCS	SP

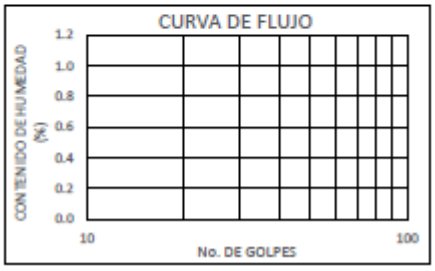
LIMITES DE ATTERBERG					
	Líquido			**Plástico**	
Determinación No.	**1**	**2**		**1**	**2**
No. De Golpes					
Recipiente No.					
Tara + Suelo Humedo (gr)					
Tara + Suelo Seco (gr)					
Peso del agua (gr)					
Peso Tara (gr)					
Peso Suelo Seco (gr)					
Humedad (%)					

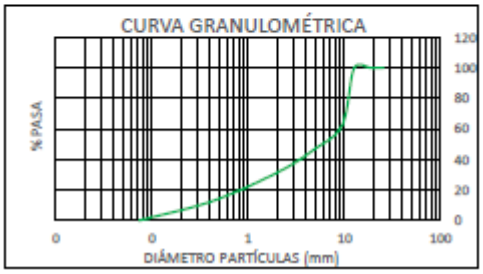


Ecuación de la línea U	IP=0,9(LL-8)
Ecuación de la línea A	IP=0,73(LL-20)

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO					
Peso inicial (gr):		84,99		**Peso Final (gr):**	85,12
Tamiz	**Abert.**	**Peso ret (gr)**	**% ret.**	**% retenido acumulado**	**% pasante**
1"	25,40	0,00	0,0	0,0	100,0
3/4"	19,05	0,00	0,0	0,0	100,0
1/2"	12,70	0,00	0,0	0,0	100,0
3/8"	9,52	31,80	37,4	37,4	62,6
No. 4	4,76	13,98	16,4	53,8	46,2
No. 10	2,00	12,55	14,7	68,5	31,5
No. 40	0,43	15,87	18,6	87,2	12,8
No. 200	0,07	10,79	12,7	99,8	0,2
Fondo		0,13	0,2	100,0	0,0

*La muestra se lavó por Tamiz No. 200





Perforación 6- PEC 06

- Muestreo MEC-09- Capa limo arenosa

ENSAYOS DE LABORATORIO

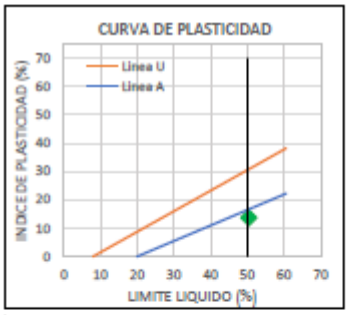
LÍMITES DE ATTERBERG - GRANULOMETRÍA

Terrasoluciones — GEOLOGIA - GEOTECNIA - AMBIENTAL - MINERIA

PROYECTO	Escuela de carabineros contrato N° 2408130942		
LOCALIZACIÓN SONDEO	Escuela de carabineros (Manizales- Caldas)		
ID SONDEO	PEC-06	**FECHA**	01/11/2024
MUESTRA No.	MEC-09	**PROFUND (m).**	1 - 1,5m
DESCRIPCIÓN MUESTRA	Muestra limo- arenosa color gris		

RESUMEN	
Humedad Natural (%)	27,78
Límite Líquido (%)	50,46
Límite Plastico (%)	36,8
índice Plasticidad (%)	13,69
Lavado Tamiz No. 200 (%)	24,36
Clasificación SUCS	SP-SM

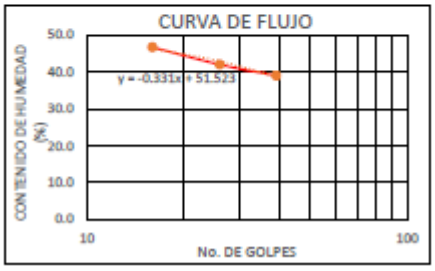
LIMITES DE ATTERBERG	Líquido			Plástico	
Determinación No.	1	2		1	2
No. De Golpes	16	26	39	----	----
Recipiente No.	160	170	180	190	200
Tara + Suelo Humedo (gr)	18,99	18,99	17,21	14,93	12,39
Tara + Suelo Seco (gr)	15,77	15,83	14,78	13,27	10,99
Peso del agua (gr)	3,22	3,16	2,43	1,66	1,40
Peso Tara (gr)	8,88	8,31	8,55	8,71	7,22
Peso Suelo Seco (gr)	6,89	7,52	6,23	4,56	3,77
Humedad (%)	46,73	42,02	39,00	36,40	37,14

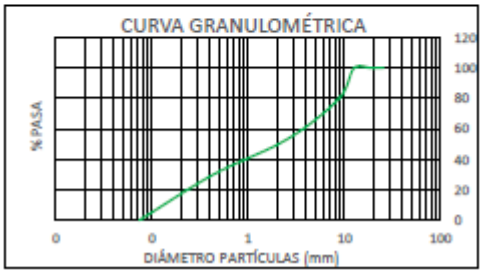


Ecuación de la linea U	IP=0,9(LL-8)
Ecuación de la linea A	IP=0,73(LL-20)

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO					
Peso inicial (gr):		84,47		Peso Final (gr):	84,75
Tamiz	Abert.	Peso ret (gr)	% ret.	% retenido acumulado	% pasante
1"	25,40	0,00	0,0	0,0	100,0
3/4"	19,05	0,00	0,0	0,0	100,0
1/2"	12,70	0,00	0,0	0,0	100,0
3/8"	9,52	14,75	17,4	17,4	82,6
No. 4	4,76	14,89	17,6	35,0	65,0
No. 10	2,00	13,00	15,3	50,3	49,7
No. 40	0,43	16,81	19,8	70,1	29,9
No. 200	0,07	25,02	29,5	99,7	0,3
Fondo		0,28	0,3	100,0	0,0

*La muestra se lavó por Tamiz No. 200





- Muestreo MEC-10- Capa clasificada como relleno

ENSAYOS DE LABORATORIO

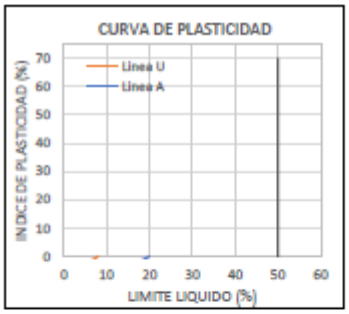
LÍMITES DE ATTERBERG - GRANULOMETRÍA

Terrasoluciones
GEOLOGIA - GEOTECNIA - AMBIENTAL - MINERIA

PROYECTO	Escuela de carabineros contrato N° 2408130942		
LOCALIZACIÓN SONDEO	Escuela de carabineros (Manizales- Caldas)		
ID SONDEO	PEC-06	**FECHA**	01/11/2024
MUESTRA No.	MEC-10	**PROFUND (m).**	2 - 2,5m
DESCRIPCIÓN MUESTRA	Muestra arenosa con grava color ocre con gris claro		

RESUMEN	
Humedad Natural (%)	6,81
Límite Líquido (%)	
Límite Plastico (%)	
índice Plasticidad (%)	
Lavado Tamiz No. 200 (%)	19,16
Clasificación SUCS	GP

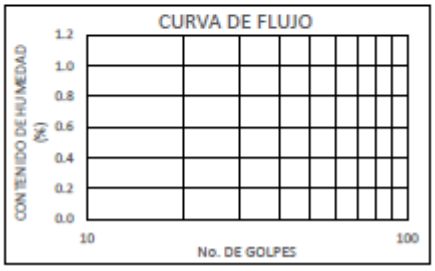
LIMITES DE ATTERBERG					
	Líquido			**Plástico**	
Determinación No.	**1**	**2**		**1**	**2**
No. De Golpes					
Recipiente No.					
Tara + Suelo Humedo (gr)					
Tara + Suelo Seco (gr)					
Peso del agua (gr)					
Peso Tara (gr)					
Peso Suelo Seco (gr)					
Humedad (%)					

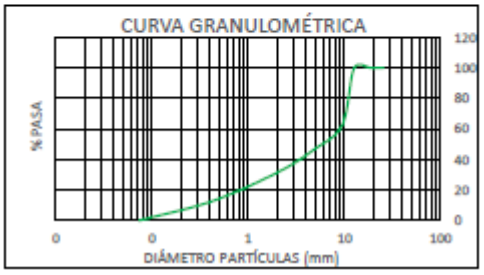


Ecuación de la línea U	IP=0,9(LL-8)
Ecuación de la línea A	IP=0,73(LL-20)

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO					
Peso inicial (gr):		84,99		**Peso Final (gr):**	85,12
Tamiz	**Abert.**	**Peso ret (gr)**	**% ret.**	**% retenido acumulado**	**% pasante**
1"	25,40	0,00	0,0	0,0	100,0
3/4"	19,05	0,00	0,0	0,0	100,0
1/2"	12,70	0,00	0,0	0,0	100,0
3/8"	9,52	31,80	37,4	37,4	62,6
No. 4	4,76	13,98	16,4	53,8	46,2
No. 10	2,00	12,55	14,7	68,5	31,5
No. 40	0,43	15,87	18,6	87,2	12,8
No. 200	0,07	10,79	12,7	99,8	0,2
Fondo		0,13	0,2	100,0	0,0

*La muestra se lavó por Tamiz No. 200





- Muestreo MEC-11- Capa de arena con grava

ENSAYOS DE LABORATORIO

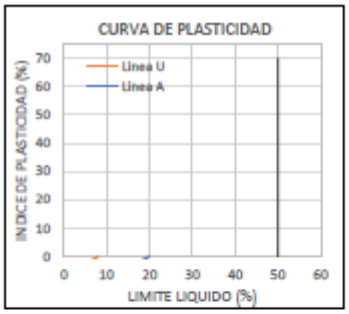
LÍMITES DE ATTERBERG - GRANULOMETRÍA

Terrasoluciones
GEOLOGIA - GEOTECNIA - AMBIENTAL - MINERIA

PROYECTO	Escuela de carabineros contrato N° 2408130942		
LOCALIZACIÓN SONDEO	Escuela de carabineros (Manizales- Caldas)		
ID SONDEO	PEC-06	**FECHA**	01/11/2024
MUESTRA No.	MEC-11	**PROFUND (m).**	4 - 4,5m
DESCRIPCIÓN MUESTRA	Muestra arenosa con grava color con gris		

RESUMEN	
Humedad Natural (%)	5,79
Límite Líquido (%)	
Límite Plastico (%)	
índice Plasticidad (%)	
Lavado Tamiz No. 200 (%)	9,62
Clasificación SUCS	GP

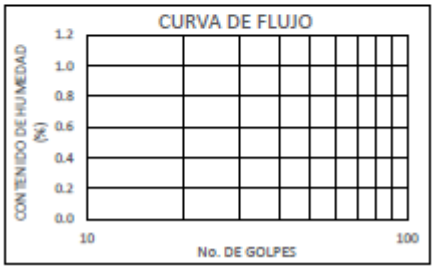
LIMITES DE ATTERBERG					
	Líquido			**Plástico**	
Determinación No.	**1**	**2**		**1**	**2**
No. De Golpes					
Recipiente No.					
Tara + Suelo Humedo (gr)					
Tara + Suelo Seco (gr)					
Peso del agua (gr)					
Peso Tara (gr)					
Peso Suelo Seco (gr)					
Humedad (%)					

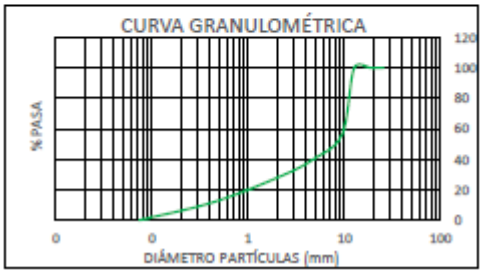


Ecuación de la línea U	IP=0,9(LL-8)
Ecuación de la línea A	IP=0,73(LL-20)

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO					
Peso inicial (gr):		90,02		**Peso Final (gr):**	90,32
Tamiz	**Abert.**	**Peso ret (gr)**	**% ret.**	**% retenido acumulado**	**% pasante**
1"	25,40	0,00	0,0	0,0	100,0
3/4"	19,05	0,00	0,0	0,0	100,0
1/2"	12,70	0,00	0,0	0,0	100,0
3/8"	9,52	39,09	43,3	43,3	56,7
No. 4	4,76	14,97	16,6	59,9	40,1
No. 10	2,00	10,90	12,1	71,9	28,1
No. 40	0,43	14,61	16,2	88,1	11,9
No. 200	0,07	10,45	11,6	99,7	0,3
Fondo		0,30	0,3	100,0	0,0

*La muestra se lavó por Tamiz No. 200





- Muestreo MEC-12- Capa de arena con grava

ENSAYOS DE LABORATORIO

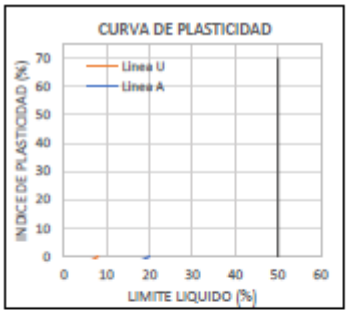
LÍMITES DE ATTERBERG - GRANULOMETRÍA

Terrasoluciones — GEOLOGIA - GEOTECNIA - AMBIENTAL - MINERIA

PROYECTO	Escuela de carabineros contrato N° 2408130942		
LOCALIZACIÓN SONDEO	Escuela de carabineros (Manizales- Caldas)		
ID SONDEO	PEC-06	**FECHA**	01/11/2024
MUESTRA No.	MEC-12	**PROFUND (m).**	6 - 6,5m
DESCRIPCIÓN MUESTRA	Muestra arenosa con grava color con gris		

RESUMEN	
Humedad Natural (%)	20,60
Límite Líquido (%)	
Límite Plastico (%)	
índice Plasticidad (%)	
Lavado Tamiz No. 200 (%)	15,24
Clasificación SUCS	SP

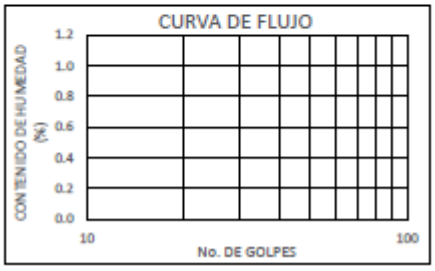
LIMITES DE ATTERBERG					
	Líquido			**Plástico**	
Determinación No.	**1**	**2**		**1**	**2**
No. De Golpes					
Recipiente No.					
Tara + Suelo Humedo (gr)					
Tara + Suelo Seco (gr)					
Peso del agua (gr)					
Peso Tara (gr)					
Peso Suelo Seco (gr)					
Humedad (%)					

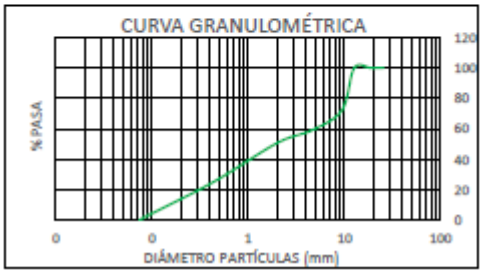


Ecuación de la línea U	IP=0,9(LL-8)
Ecuación de la línea A	IP=0,73(LL-20)

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO					
Peso inicial (gr):		76,68		**Peso Final (gr):**	77,07
Tamiz	**Abert.**	**Peso ret (gr)**	**% ret.**	**% retenido acumulado**	**% pasante**
1"	25,40	0,00	0,0	0,0	100,0
3/4"	19,05	0,00	0,0	0,0	100,0
1/2"	12,70	0,00	0,0	0,0	100,0
3/8"	9,52	21,09	27,4	27,4	72,6
No. 4	4,76	10,06	13,1	40,4	59,6
No. 10	2,00	6,75	8,8	49,2	50,8
No. 40	0,43	19,93	25,9	75,0	25,0
No. 200	0,07	18,85	24,5	99,5	0,5
Fondo		0,39	0,5	100,0	0,0

*La muestra se lavó por Tamiz No. 200





Perforación 7- PEC 07

- Muestreo MEC-13- Capa de arena con rocas

ENSAYOS DE LABORATORIO

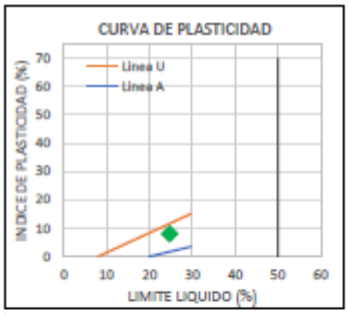
LÍMITES DE ATTERBERG - GRANULOMETRÍA

Terrasoluciones
GEOLOGIA - GEOTECNIA - AMBIENTAL - MINERIA

PROYECTO	Escuela de carabineros contrato N° 2408130942		
LOCALIZACIÓN SONDEO	Escuela de carabineros (Manizales- Caldas)		
ID SONDEO	PEC-07	FECHA	01/11/2024
MUESTRA No.	MEC-13	PROFUND (m).	2 - 2,5m
DESCRIPCIÓN MUESTRA	Muestra limo- arenosa color ocre con gris		

RESUMEN	
Humedad Natural (%)	25,07
Límite Líquido (%)	24,74
Límite Plastico (%)	16,7
índice Plasticidad (%)	8,02
Lavado Tamiz No. 200 (%)	20,80
Clasificación SUCS	SP-SM

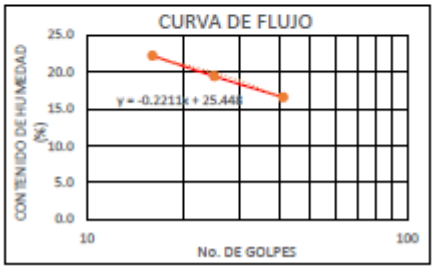
LIMITES DE ATTERBERG	Líquido			Plástico	
Determinación No.	1	2		1	2
No. De Golpes	16	25	41	----	----
Recipiente No.	6	7	8	9	10
Tara + Suelo Humedo (gr)	22,57	24,67	23,54	21,22	20,88
Tara + Suelo Seco (gr)	20,08	22,01	21,41	19,45	18,90
Peso del agua (gr)	2,49	2,66	2,13	1,77	1,98
Peso Tara (gr)	8,88	8,31	8,55	8,71	7,22
Peso Suelo Seco (gr)	11,20	13,70	12,86	10,74	11,68
Humedad (%)	22,23	19,42	16,56	16,48	16,95

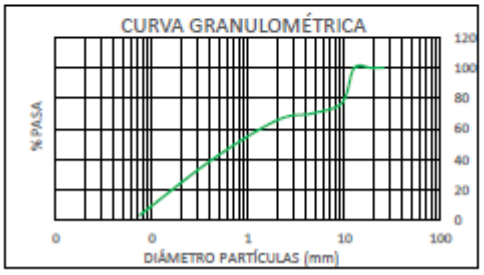


Ecuación de la linea U	IP=0,9(LL-8)
Ecuación de la linea A	IP=0,73(LL-20)

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO					
Peso inicial (gr):		77,15		Peso Final (gr):	79,87
Tamiz	Abert.	Peso ret (gr)	% ret.	% retenido acumulado	% pasante
1"	25,40	0,00	0,0	0,0	100,0
3/4"	19,05	0,00	0,0	0,0	100,0
1/2"	12,70	0,00	0,0	0,0	100,0
3/8"	9,52	18,12	22,7	22,7	77,3
No. 4	4,76	5,57	7,0	29,7	70,3
No. 10	2,00	3,67	4,6	34,3	65,7
No. 40	0,43	20,49	25,7	59,9	40,1
No. 200	0,07	29,30	36,7	96,6	3,4
Fondo		2,72	3,4	100,0	0,0

*La muestra se lavó por Tamiz No. 200





Perforación 8- PEC 08

- Muestreo MEC-14- Capa limo arenosa con fragmentos de rocas

ENSAYOS DE LABORATORIO

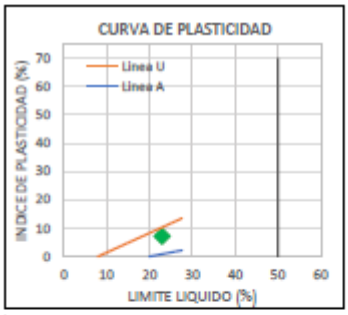
LÍMITES DE ATTERBERG - GRANULOMETRÍA

Terrasoluciones — GEOLOGIA - GEOTECNIA - AMBIENTAL - MINERIA

PROYECTO	Escuela de carabineros contrato N° 2408130942		
LOCALIZACIÓN SONDEO	Escuela de carabineros (Manizales- Caldas)		
ID SONDEO	PEC-08	**FECHA**	01/11/2024
MUESTRA No.	MEC-14	**PROFUND (m).**	1 - 1,5m
DESCRIPCIÓN MUESTRA	Muestra limo- arenosa color ocre con gris con fragmentos de roca		

RESUMEN	
Humedad Natural (%)	27,86
Límite Líquido (%)	22,99
Límite Plastico (%)	15,8
Índice Plasticidad (%)	7,16
Lavado Tamiz No. 200 (%)	24,96
Clasificación SUCS	SP-SM

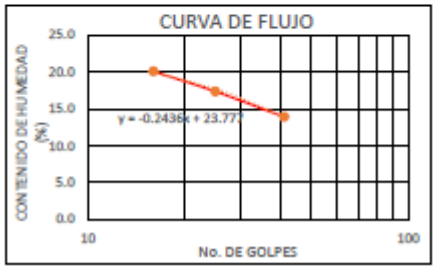
LIMITES DE ATTERBERG					
	Líquido			Plástico	
Determinación No.	1	2		1	2
No. De Golpes	16	25	41	---	---
Recipiente No.	6	7	8	9	10
Tara + Suelo Humedo (gr)	22,57	24,67	23,54	21,22	20,88
Tara + Suelo Seco (gr)	20,28	22,25	21,71	19,54	18,98
Peso del agua (gr)	2,29	2,42	1,83	1,68	1,90
Peso Tara (gr)	8,88	8,31	8,55	8,71	7,22
Peso Suelo Seco (gr)	11,40	13,94	13,16	10,83	11,76
Humedad (%)	20,09	17,36	13,91	15,51	16,16

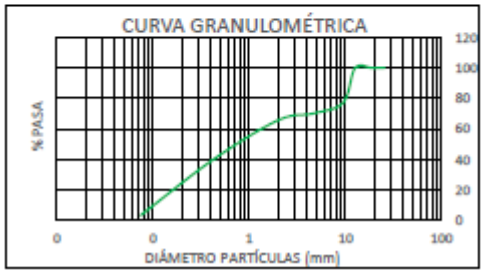


Ecuación de la línea U	IP=0,9(LL-8)
Ecuación de la línea A	IP=0,73(LL-20)

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO					
Peso inicial (gr):		77,15		Peso Final (gr):	79,87
Tamiz	Abert.	Peso ret (gr)	% ret.	% retenido acumulado	% pasante
1"	25,40	0,00	0,0	0,0	100,0
3/4"	19,05	0,00	0,0	0,0	100,0
1/2"	12,70	0,00	0,0	0,0	100,0
3/8"	9,52	18,12	22,7	22,7	77,3
No. 4	4,76	5,57	7,0	29,7	70,3
No. 10	2,00	3,67	4,6	34,3	65,7
No. 40	0,43	20,49	25,7	59,9	40,1
No. 200	0,07	29,30	36,7	96,6	3,4
Fondo		2,72	3,4	100,0	0,0

*La muestra se lavó por Tamiz No. 200





- Muestreo MEC-15- Capa limo arenosa con fragmentos de rocas

ENSAYOS DE LABORATORIO

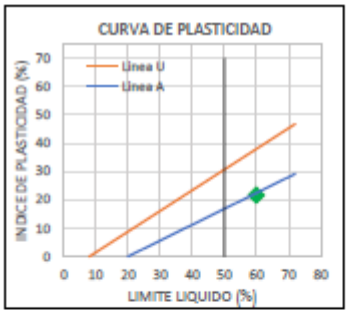
LÍMITES DE ATTERBERG - GRANULOMETRÍA

Terrasoluciones
GEOLOGIA - GEOTECNIA - AMBIENTAL - MINERIA

PROYECTO	Escuela de carabineros contrato N° 2408130942		
LOCALIZACIÓN SONDEO	Escuela de carabineros (Manizales- Caldas)		
ID SONDEO	PEC-08	**FECHA**	01/11/2024
MUESTRA No.	MEC-15	**PROFUND (m).**	3 - 3,5m
DESCRIPCIÓN MUESTRA	Muestra limo- arenosa color ocre con gris con fragmentos de roca		

RESUMEN	
Humedad Natural (%)	33,88
Límite Líquido (%)	60,00
Límite Plastico (%)	38,4
índice Plasticidad (%)	21,65
Lavado Tamiz No. 200 (%)	24,16
Clasificación SUCS	SP-SM

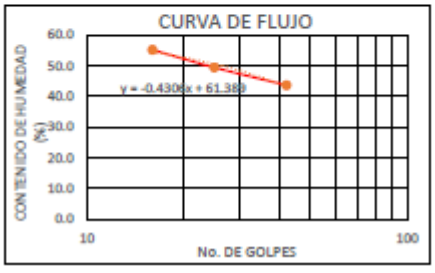
LIMITES DE ATTERBERG	Líquido			Plástico	
Determinación No.	1	2		1	2
No. De Golpes	16	25	42	----	----
Recipiente No.	10	20	30	40	50
Tara + Suelo Humedo (gr)	24,52	16,00	17,59	12,77	12,91
Tara + Suelo Seco (gr)	18,94	13,63	14,92	11,62	12,05
Peso del agua (gr)	5,58	2,37	2,67	1,15	0,86
Peso Tara (gr)	8,84	8,84	8,81	8,67	9,77
Peso Suelo Seco (gr)	10,10	4,79	6,11	2,95	2,28
Humedad (%)	55,25	49,48	43,70	38,98	37,72

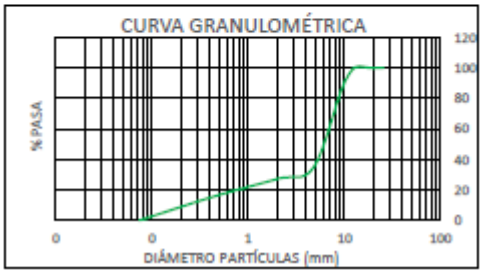


Ecuación de la linea U	IP=0,9(LL-8)
Ecuación de la linea A	IP=0,73(LL-20)

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO					
Peso inicial (gr):		76,56		Peso Final (gr):	76,71
Tamiz	Abert.	Peso ret (gr)	% ret.	% retenido acumulado	% pasante
1"	25,40	0,00	0,0	0,0	100,0
3/4"	19,05	0,00	0,0	0,0	100,0
1/2"	12,70	0,00	0,0	0,0	100,0
3/8"	9,52	10,02	13,1	13,1	86,9
No. 4	4,76	40,09	52,3	65,3	34,7
No. 10	2,00	5,65	7,4	72,7	27,3
No. 40	0,43	9,04	11,8	84,5	15,5
No. 200	0,07	11,76	15,3	99,8	0,2
Fondo		0,15	0,2	100,0	0,0

*La muestra se lavó por Tamiz No. 200





5.5.2.2. Compresión Simple

Perforación 2- PEC 02

- Muestreo SEC-03

ENSAYOS DE LABORATORIO

COMPRESIÓN SIMPLE

Terrasoluciones
GEOLOGIA - GEOTECNIA - AMBIENTAL - MINERIA

PROYECTO	Escuela de carabineros contrato N° 2408130942		
LOCALIZACIÓN SONDEO	Escuela de carabineros (Manizales- Caldas)		
ID SONDEO	PEC-03	FECHA	01/11/2024
MUESTRA No.	SEC-03	PROFUND (m).	3,0 -3,5 m
DESCRIPCIÓN MUESTRA	Muestra rocosa y arenosa no cohesiva		

DATOS DE LA MUESTRA				
Peso muestra húmeda (gr)	401,00	Diámetro inicial (cm)	Do	
Peso Unitario Húmedo (gr/cm³)		Área inicial (cm²)	Ao	
Peso Unitario Seco (gr/cm³)		Altura inicial (cm)	Ho	
Humedad (%)	21,09	Volumen inicial (cm³)	Vo	

DEFORMACIÓN VERTICAL (0.001")	CARGA DIAL (N)	CARGA AXIAL (kgf)	DEFORMACIÓN UNITARIA E (%)	FACTOR CORRECIÓN 1-E	AREA CORREGIDA (cm²)	RESISTENCIA (Kg/cm²)



RESUMEN	
Humedad (%)	21,09
Peso Unitario Húmedo (gr/cm³)	
Peso Unitario Seco (gr/cm³)	
Qu (Kg/cm²)	
Cu (Kg/cm²)	
Modulo de deformación (Kg/cm²)	

Perforación 3- PEC 03

- Muestreo SEC-04

ENSAYOS DE LABORATORIO

COMPRESIÓN SIMPLE

Terrasoluciones
GEOLOGIA - GEOTECNIA - AMBIENTAL - MINERIA

PROYECTO	Escuela de carabineros contrato N° 2408130942		
LOCALIZACIÓN SONDEO	Escuela de carabineros (Manizales- Caldas)		
ID SONDEO	PEC-03	FECHA	01/11/2024
MUESTRA No.	SEC-04	PROFUND (m).	2,0 -2,5 m
DESCRIPCIÓN MUESTRA	Muestra color ocre arcillo-limosa con fragmentos de roca		

DATOS DE LA MUESTRA				
Peso muestra humeda (gr)	479,00	Diametro inicial (cm)	Do	5,50
Peso Unitario Húmedo (gr/cm³)	1,61	Área inicial (cm²)	Ao	23,76
Peso Unitario Seco (gr/cm³)	1,22	Altura inicial (cm)	Ho	12,50
Humedad (%)	31,69	Volumen inicial (cm³)	Vo	296,98

DEFORMACION VERTICAL (0.001")	CARGA DIAL (N)	CARGA AXIAL (kgf)	DEFORMACIÓN UNITARIA E (%)	FACTOR CORRECIÓN 1-E	AREA CORREGIDA (cm²)	RESISTENCIA (Kg/cm²)
10	8	0,816	0,2032	0,9980	23,807	0,034
30	13	1,326	0,6096	0,9939	23,904	0,055
50	16	1,632	1,0160	0,9898	24,002	0,068
80	21	2,142	1,6256	0,9837	24,151	0,089
100	26	2,652	2,0320	0,9797	24,251	0,109
150	42	4,284	3,0480	0,9695	24,505	0,175
200	61	6,222	4,0640	0,9594	24,765	0,251
250	80	8,160	5,0800	0,9492	25,030	0,326
300	113	11,526	6,0960	0,9390	25,301	0,456
350	132	13,464	7,1120	0,9289	25,577	0,526
360	110	11,220	7,3152	0,9268	25,633	0,438



RESUMEN	
Humedad (%)	31,69
Peso Unitario Húmedo (gr/cm³)	1,61
Peso Unitario Seco (gr/cm³)	1,22
Qu (Kg/cm²)	0,53
Cu (Kg/cm²)	0,26
Modulo de deformación (Kg/cm²)	0,07

Perforación 4- PEC 04

- Muestreo SEC-05

ENSAYOS DE LABORATORIO

COMPRESIÓN SIMPLE

Terrasoluciones
GEOLOGIA - GEOTECNIA - AMBIENTAL - MINERIA

PROYECTO	Escuela de carabineros contrato N° 2408130942		
LOCALIZACIÓN SONDEO	Escuela de carabineros (Manizales- Caldas)		
ID SONDEO	PEC-03	FECHA	01/11/2024
MUESTRA No.	SEC-05	PROFUND (m).	1,0 -1,5 m
DESCRIPCIÓN MUESTRA	Muestra arenosa no cohesiva		

DATOS DE LA MUESTRA				
Peso muestra húmeda (gr)	401,00	Diámetro inicial (cm)	Do	
Peso Unitario Húmedo (gr/cm³)		Área inicial (cm²)	Ao	
Peso Unitario Seco (gr/cm³)		Altura inicial (cm)	Ho	
Humedad (%)	26,83	Volumen inicial (cm³)	Vo	

DEFORMACION VERTICAL (0.001")	CARGA DIAL (N)	CARGA AXIAL (kgf)	DEFORMACIÓN UNITARIA E (%)	FACTOR CORRECIÓN 1-E	AREA CORREGIDA (cm²)	RESISTENCIA (Kg/cm²)



RESUMEN	
Humedad (%)	26,83
Peso Unitario Húmedo (gr/cm³)	
Peso Unitario Seco (gr/cm³)	
Qu (Kg/cm²)	
Cu (Kg/cm²)	
Modulo de deformación (Kg/cm²)	

Perforación 6- PEC 06

- Muestreo SEC-08

ENSAYOS DE LABORATORIO

COMPRESIÓN SIMPLE

Terrasoluciones
GEOLOGIA - GEOTECNIA - AMBIENTAL - MINERIA

PROYECTO	Escuela de carabineros contrato N° 2408130942		
LOCALIZACIÓN SONDEO	Escuela de carabineros (Manizales- Caldas)		
ID SONDEO	PEC-03	FECHA	01/11/2024
MUESTRA No.	SEC-08	PROFUND (m).	3,0 -3,5 m
DESCRIPCIÓN MUESTRA	Muestra arenosa con rocas no cohesiva		

DATOS DE LA MUESTRA				
Peso muestra húmeda (gr)	401,00	Diámetro inicial (cm)	Do	
Peso Unitario Húmedo (gr/cm³)		Área inicial (cm²)	Ao	
Peso Unitario Seco (gr/cm³)		Altura inicial (cm)	Ho	
Humedad (%)	21,53	Volumen inicial (cm³)	Vo	

DEFORMACION VERTICAL (0.001")	CARGA DIAL (N)	CARGA AXIAL (kgf)	DEFORMACIÓN UNITARIA E (%)	FACTOR CORRECIÓN 1-E	AREA CORREGIDA (cm²)	RESISTENCIA (Kg/cm²)



RESUMEN	
Humedad (%)	21,53
Peso Unitario Húmedo (gr/cm³)	
Peso Unitario Seco (gr/cm³)	
Qu (Kg/cm²)	
Cu (Kg/cm²)	
Modulo de deformación (Kg/cm²)	

Perforación 7- PEC 07

- Muestreo SEC-10

ENSAYOS DE LABORATORIO

COMPRESIÓN SIMPLE

Terrasoluciones
GEOLOGIA - GEOTECNIA - AMBIENTAL - MINERIA

PROYECTO	Escuela de carabineros contrato N° 2408130942		
LOCALIZACIÓN SONDEO	Escuela de carabineros (Manizales- Caldas)		
ID SONDEO	PEC-07	**FECHA**	01/11/2024
MUESTRA No.	SEC-10	**PROFUND (m).**	3,0 -3,5 m
DESCRIPCIÓN MUESTRA	Muestra arenosa no cohesiva		

DATOS DE LA MUESTRA				
Peso muestra húmeda (gr)	613,00	**Diámetro inicial (cm)**	**Do**	
Peso Unitario Húmedo (gr/cm³)		**Área inicial (cm²)**	**Ao**	
Peso Unitario Seco (gr/cm³)		**Altura inicial (cm)**	**Ho**	
Humedad (%)	20,46	**Volumen inicial (cm³)**	**Vo**	

DEFORMACION VERTICAL (0.001")	CARGA DIAL (N)	CARGA AXIAL (kgf)	DEFORMACIÓN UNITARIA E (%)	FACTOR CORRECIÓN 1-E	AREA CORREGIDA (cm²)	RESISTENCIA (Kg/cm²)



RESUMEN	
Humedad (%)	20,46
Peso Unitario Húmedo (gr/cm³)	
Peso Unitario Seco (gr/cm³)	
Qu (Kg/cm²)	
Cu (Kg/cm²)	
Modulo de deformación (Kg/cm²)	

Perforación 8- PEC 08

- Muestreo SEC-11

ENSAYOS DE LABORATORIO

COMPRESIÓN SIMPLE

Terrasoluciones
GEOLOGIA - GEOTECNIA - AMBIENTAL - MINERIA

PROYECTO	Escuela de carabineros contrato N° 2408130942		
LOCALIZACIÓN SONDEO	Escuela de carabineros (Manizales- Caldas)		
ID SONDEO	PEC-08	FECHA	01/11/2024
MUESTRA No.	SEC-11	PROFUND (m).	2,0 -2,5 m
DESCRIPCIÓN MUESTRA	Muestra arenosa no cohesiva		

DATOS DE LA MUESTRA				
Peso muestra húmeda (gr)	521,00	Diámetro inicial (cm)	Do	
Peso Unitario Húmedo (gr/cm³)		Área inicial (cm²)	Ao	
Peso Unitario Seco (gr/cm³)		Altura inicial (cm)	Ho	
Humedad (%)	29,18	Volumen inicial (cm³)	Vo	

DEFORMACION VERTICAL (0.001")	CARGA DIAL (N)	CARGA AXIAL (kgf)	DEFORMACIÓN UNITARIA E (%)	FACTOR CORRECIÓN 1-E	AREA CORREGIDA (cm²)	RESISTENCIA (Kg/cm²)



RESUMEN	
Humedad (%)	29,18
Peso Unitario Húmedo (gr/cm³)	
Peso Unitario Seco (gr/cm³)	
Qu (Kg/cm²)	
Cu (Kg/cm²)	
Modulo de deformación (Kg/cm²)	

5.5.2.3. Consolidación

Perforación 6- PEC 06

- Muestreo SEC-07

ENSAYO DE CONSOLIDACION

PROYECTO: ESTUDIO DE SUELOS
INTERESADO: TERRASOLUCIONES
LOCALIZACION: ESCUELA DE CARABINEROS - MANIZALES
FECHA: NOVIEMBRE 1 DE 2024

Consuas INGENIERÍA

SONDEO : -
MUESTRA : SEC-07
PROFUNDIDAD (m) : 5,00-5,50

GRAVEDAD ESPECIFICA DEL SUELO

DETERMINACION	1	2	
MATRAZ No.	5	6	
P fws (g)	658,00	659,80	
TEMPERATURA (°C)	34,6	34,8	
P fw (g)	629,19	628,51	
PESO SUELO SECO (g)	45,9	49,9	PROMEDIO
GRAVEDAD ESPECIFICA	**2,684**	**2,679**	**2,682**

HUMEDAD NATURAL

Peso suelo humedo (g)	161,1
Peso suelo seco (g)	149,2
Humedad natural (%)	8,0

CONTENIDO DE AGUA		MEDIDAS DEL ANILLO	
Peso anillo+Suelo Humedo (g)	143,9	Diametro (cm)	5,000
Peso anillo vacio (g)	67,4	Area (cm2)	19,635
Peso anillo+Suelo Seco (g)	138,2	Altura (cm)	1,931
Peso de solidos (g)	70,8	Volumen (cm3)	37,915
Contenido de agua (%)	**8,0**	Peso vacio (g)	67,400

VALORES CALCULADOS	
Peso especifico del suelo (g/cm³)	2,682
Altura de solidos - 2Ho (cm)	1,345
Volumen de la muestra - Vm (cm³)	37,915
Volumen de vacios - Vv (cm³)	11,507
Volumen de solidos - Vs (cm³)	26,409

CARGA

ESFUERZO Kg/cm²	H-DEF. INICIAL cm	VCION. DEF. cm	H VACIOS cm	REL. VACIOS e	Variacion e	H. PROM. cm	H2 PROM. cm²	t 90 seg	a.v. cm²/Kg	m.v. Cm²/Kg	C.v. cm²/seg	K.m. cm/seg
0,0000	1,93100		0,58602	0,43571								
		0,02896			0,02153	0,95826	0,9183	**18,15**	0,042272	0,02944	0,04290	1,2632E-06
0,5093	1,90204		0,55707	0,41418								
		0,01715			0,01275	0,94674	0,8963	**17,50**	0,025030	0,01770	0,04344	7,6889E-07
1,0186	1,88490		0,53992	0,40144								
		0,02794			0,02077	0,93546	0,8751	**15,00**	0,020394	0,01455	0,04947	7,1994E-07
2,0372	1,85696		0,51198	0,38066								
		0,03620			0,02691	0,91943	0,8454	**16,22**	0,013210	0,00957	0,04419	4,2276E-07
4,0744	1,82076		0,47579	0,35375								
		0,04394			0,03267	0,89940	0,8089	**15,00**	0,008019	0,00592	0,04573	2,7088E-07
8,1487	1,77682		0,43184	0,32108								

DESCARGA

4,0744	1,78546		0,44048	0,32750			
		0,00686			0,00510	0,89444	0,8000
2,0372	1,79232		0,44734	0,33260			
		0,00559			0,00415	0,89756	0,8056
1,0186	1,79790		0,45293	0,33675			
		0,00483			0,00359	0,90016	0,8103
0,5093	1,80273		0,45775	0,34034			

** Muestra tomada por personal ajeno a CONSUAS INGENIERIA*
*** T90 se determinó por el método de Taylor*

AGUSTIN TORRES JIMENEZ
GEOTECNOLOGO - LABORATORISTA
MP 1951600093CAU

ENSAYO DE CONSOLIDACION UNIDIMENSIONAL

DATOS DE LABORATORIO

Consuas INGENIERIA

PROYECTO: ESTUDIO DE SUELOS
INTERESADO: TERRASOLUCIONES
LOCALIZACION: ESCUELA DE CARABINEROS - MANIZALES
FECHA: NOVIEMBRE 1 DE 2024

SONDEO : -
MUESTRA : SEC-07
PROFUNDIDAD (m) : 5,00-5,50

TIEMPO		LECTURAS DEL DIAL DE DEFORMACION 0.0001pulg INCREMENTOS DE PRESIONES (Kg/cm²)									
	√t	0,5093		1,0186		2,0372		4,0744		8,1487	
		10,00	mm	20,00	mm	40,00	mm	80,00	mm	160,00	mm
	0,00	0,0	19,3100	114,0	19,0204	181,6	18,8490	291,5	18,5696	434,0	18,2076
0,15	0,39	88,0	19,0585	160,0	18,9036	283,0	18,6420	402,0	18,2889	672,0	17,8571
0,25	0,50	100,0	19,0560	162,0	18,8985	286,0	18,6369	406,0	18,2813	676,0	17,8495
0,50	0,71	101,0	19,0535	164,0	18,8934	288,6	18,6280	407,0	18,2752	678,0	17,8419
1,00	1,00	102,0	19,0509	165,6	18,8896	272,0	18,6191	410,0	18,2686	681,0	17,8343
2,25	1,50	103,0	19,0484	168,0	18,8833	274,6	18,6128	414,0	18,2584	686,0	17,8216
4,00	2,00	104,0	19,0458	169,6	18,8795	277,0	18,6064	417,6	18,2496	689,0	17,8139
6,25	2,50	106,0	19,0433	171,0	18,8757	278,6	18,6026	418,0	18,2457	690,6	17,8101
9,00	3,00	106,0	19,0408	172,0	18,8731	280,0	18,5988	420,6	18,2419	692,0	17,8063
12,25	3,50	107,0	19,0382	172,7	18,8713	281,0	18,5963	422,0	18,2381	693,6	17,8025
16,00	4,00	107,6	19,0370	173,0	18,8706	282,0	18,5937	423,0	18,2356	695,0	17,7987
20,25	4,50	108,0	19,0357	173,6	18,8693	283,0	18,5912	424,0	18,2330	696,0	17,7962
25,00	5,00	108,6	19,0344	174,3	18,8673	283,6	18,5899	426,0	18,2305	697,0	17,7936
36,00	6,00	108,7	19,0339	175,0	18,8655	284,0	18,5886	426,0	18,2280	698,0	17,7911
49,00	7,00	109,0	19,0331	175,6	18,8642	286,0	18,5861	427,0	18,2254	699,0	17,7885
64,00	8,00	109,6	19,0319	176,0	18,8630	288,0	18,5836	428,0	18,2229	600,0	17,7860
81,00	9,00	110,0	19,0306	176,6	18,8617	287,0	18,5810	428,0	18,2203	601,0	17,7835
100,00	10,00	110,6	19,0293	177,0	18,8604	287,6	18,5797	430,0	18,2178	602,0	17,7809
144,00	12,00	111,0	19,0281	178,0	18,8579	288,0	18,5785	431,0	18,2153	604,0	17,7758
196,00	14,00	112,0	19,0255	178,0	18,8553	288,0	18,5759	432,0	18,2127	605,0	17,7733
256,00	16,00	113,0	19,0230	180,0	18,8528	290,0	18,5734	433,0	18,2102	606,0	17,7708
361,00	19,00	114,0	19,0204	181,6	18,8490	291,6	18,5696	434,0	18,2076	607,0	17,7682

AGUSTIN TORRES JIMENEZ
GEOTECNOLOGO - LABORATORISTA
MP 1961600093CAU

DESCARGA	LECTURA DIAL 0.01mm	mm
8.1814 Kg/cm²	607,0	17,7682
De 8.181 A 4.091 Kg/cm²	573,0	17,8546
De 4.091 A 2.045 Kg/cm²	548,0	17,9232
De 2.045 A 1.023 Kg/cm²	524,0	17,9790
De 1.023 A 0.511 Kg/cm²	505,0	18,0273

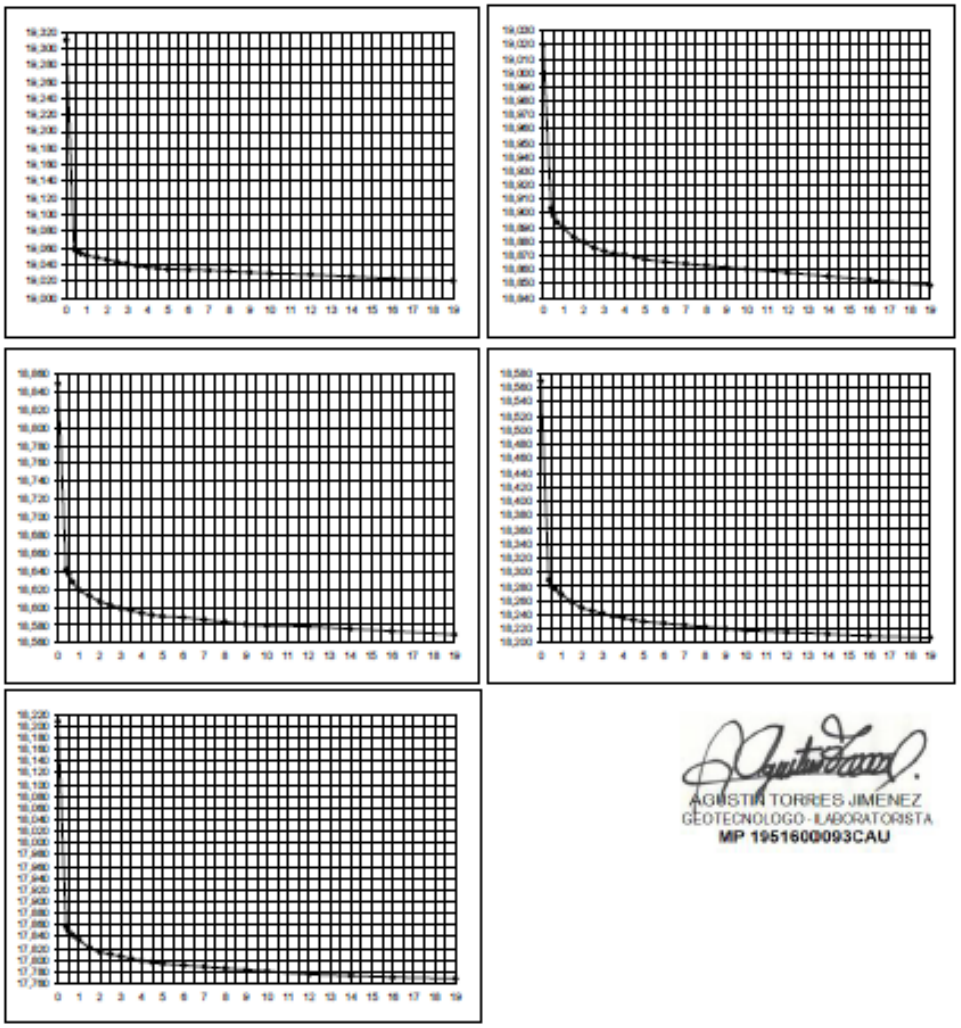
ENSAYO DE CONSOLIDACION - METODO DE LA RAIZ CUADRADA DEL TIEMPO (TAYLOR)

GRAFICOS RAIZ DE TIEMPO Vs. DEFORMACION (CRECIENTE) A DIFERENTES ESFUERZOS

Consuas INGENIERIA

PROYECTO: ESTUDIO DE SUELOS
INTERESADO: TERRASOLUCIONES
LOCALIZACION: ESCUELA DE CARABINEROS - MANIZALES
FECHA: NOVIEMBRE 1 DE 2024

SONDEO : -
MUESTRA : SEC-07
PROFUNDIDAD (m) : 5,00-5,50



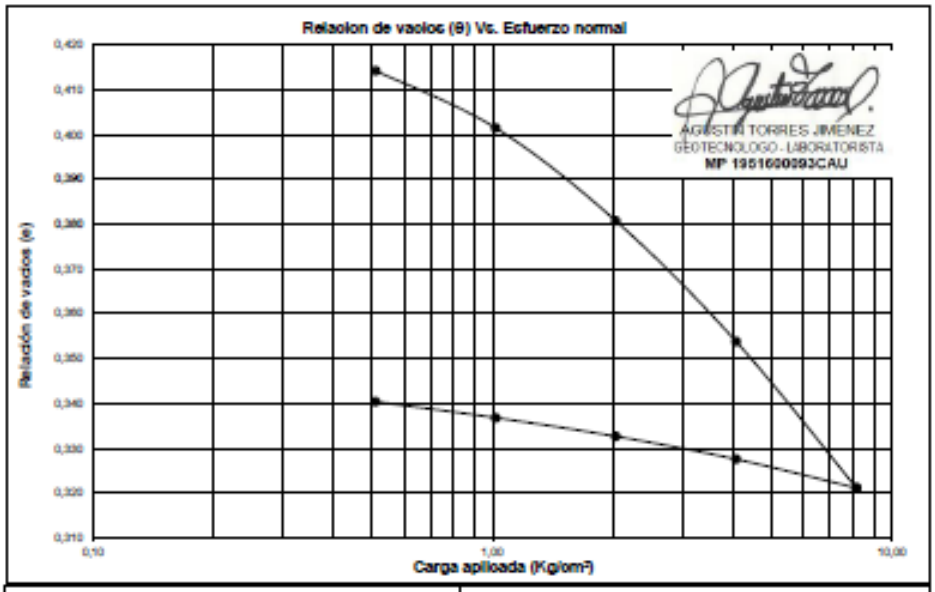
AGUSTIN TORRES JIMENEZ
GEOTECNOLOGO -LABORATORISTA
MP 1951600093CAU

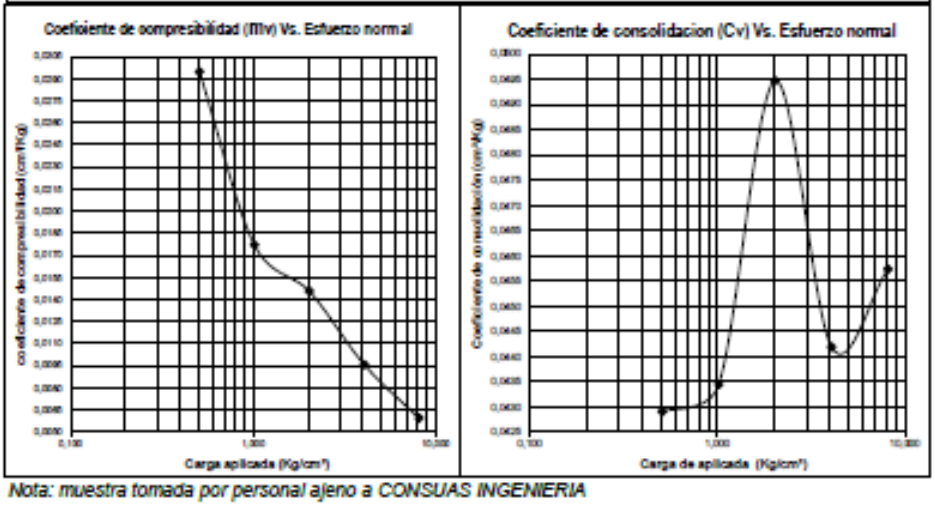
ENSAYO DE CONSOLIDACION
GRAFICAS DEL ENSAYO

Consuas INGENIERIA

PROYECTO: ESTUDIO DE SUELOS
INTERESADO: TERRASOLUCIONES
LOCALIZACION: ESCUELA DE CARABINEROS - MANIZALES
FECHA: NOVIEMBRE 1 DE 2024

SONDEO : -
MUESTRA : SEC-07
PROFUNDIDAD (m) : 6,00-6,60



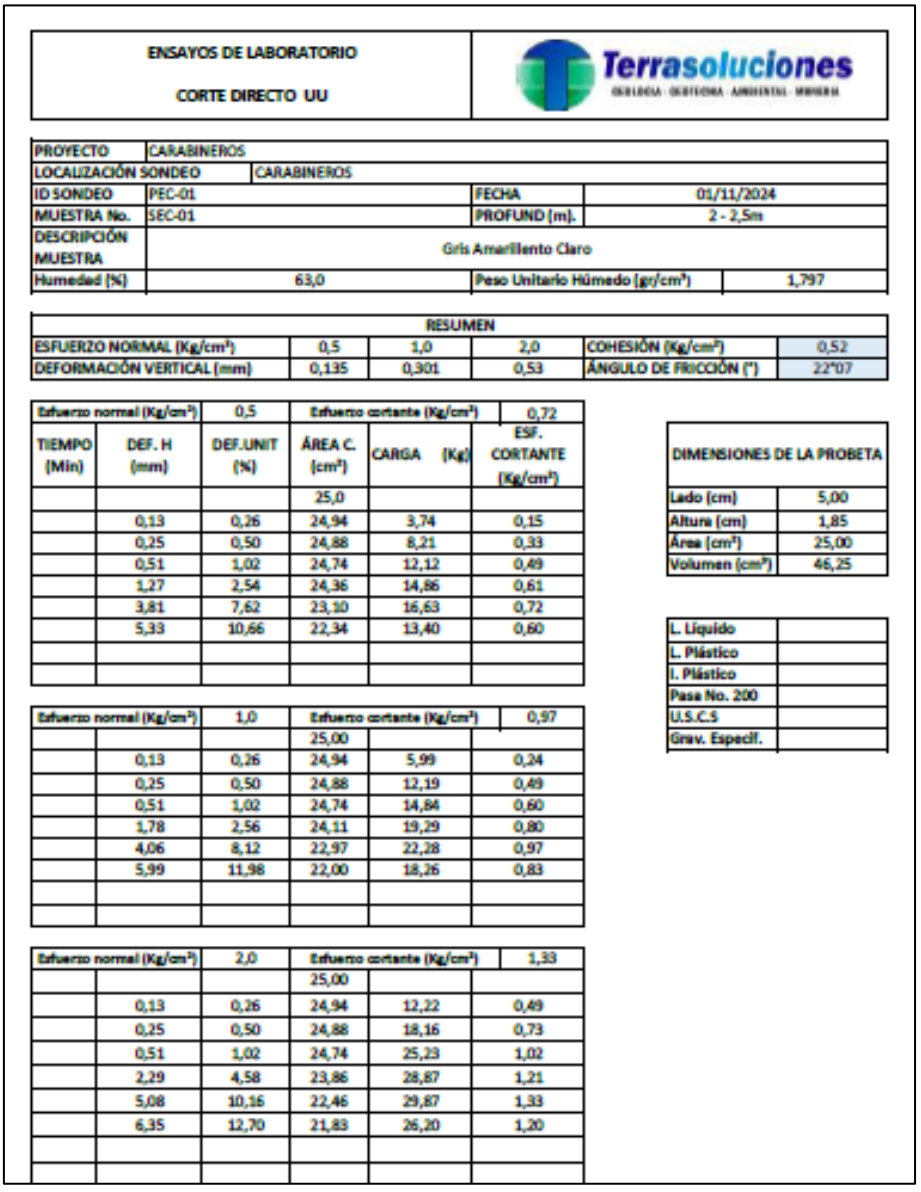


Nota: muestra tomada por personal ajeno a CONSUAS INGENIERIA

5.5.2.4. Corte Directo

Perforación 1- PEC 01

- Muestreo SEC-01



ENSAYOS DE LABORATORIO

CORTE DIRECTO UU

Terrasoluciones

PROYECTO	CARABINEROS		
LOCALIZACIÓN SONDEO	CARABINEROS		
ID SONDEO	PEC-01	FECHA	01/11/2024
MUESTRA No.	SEC-01	PROFUND (m).	2 - 2,5m
DESCRIPCIÓN MUESTRA	Gris Amarillento Claro		
Humedad (%)	63,0	Peso Unitario Húmedo (gr/cm³)	1,797

RESUMEN					
ESFUERZO NORMAL (Kg/cm²)	0,5	1,0	2,0	COHESIÓN (Kg/cm²)	0,52
DEFORMACIÓN VERTICAL (mm)	0,135	0,301	0,53	ÁNGULO DE FRICCIÓN (°)	22°07

Esfuerzo normal (Kg/cm²)	0,5	Esfuerzo cortante (Kg/cm²)		0,72
TIEMPO (Min)	DEF. H (mm)	DEF.UNIT (%)	ÁREA C. (cm²)	CARGA (Kg)	ESF. CORTANTE (Kg/cm²)
			25,0		
	0,13	0,26	24,94	3,74	0,15
	0,25	0,50	24,88	8,21	0,33
	0,51	1,02	24,74	12,12	0,49
	1,27	2,54	24,36	14,86	0,61
	3,81	7,62	23,10	16,63	0,72
	5,33	10,66	22,34	13,40	0,60

Esfuerzo normal (Kg/cm²)	1,0	Esfuerzo cortante (Kg/cm²)		0,97
		25,00		
	0,13	0,26	24,94	5,99	0,24
	0,25	0,50	24,88	12,19	0,49
	0,51	1,02	24,74	14,84	0,60
	1,78	2,56	24,11	19,29	0,80
	4,06	8,12	22,97	22,28	0,97
	5,99	11,98	22,00	18,26	0,83

Esfuerzo normal (Kg/cm²)	2,0	Esfuerzo cortante (Kg/cm²)		1,33
		25,00		
	0,13	0,26	24,94	12,22	0,49
	0,25	0,50	24,88	18,16	0,73
	0,51	1,02	24,74	25,23	1,02
	2,29	4,58	23,86	28,87	1,21
	5,08	10,16	22,46	29,87	1,33
	6,35	12,70	21,83	26,20	1,20

DIMENSIONES DE LA PROBETA	
Lado (cm)	5,00
Altura (cm)	1,85
Área (cm²)	25,00
Volumen (cm³)	46,25

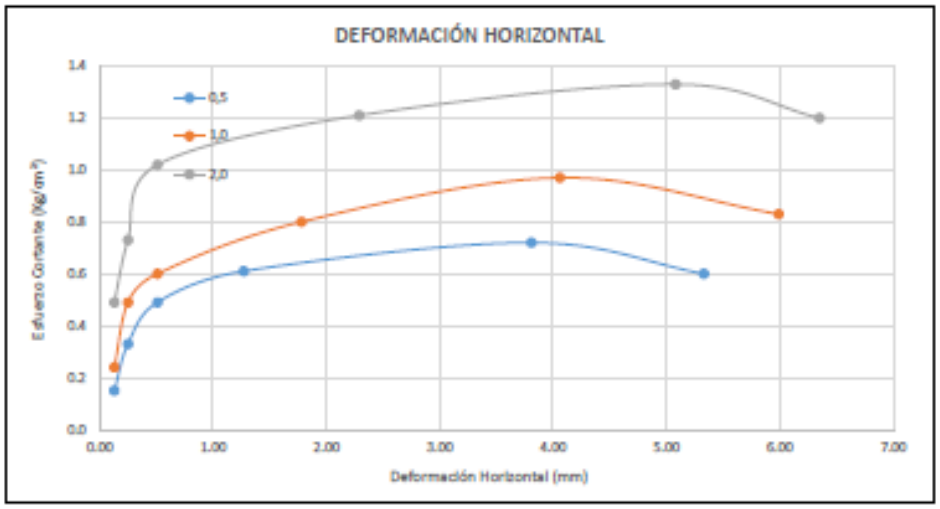
L. Líquido	
L. Plástico	
I. Plástico	
Pasa No. 200	
U.S.C.S	
Grav. Especif.	

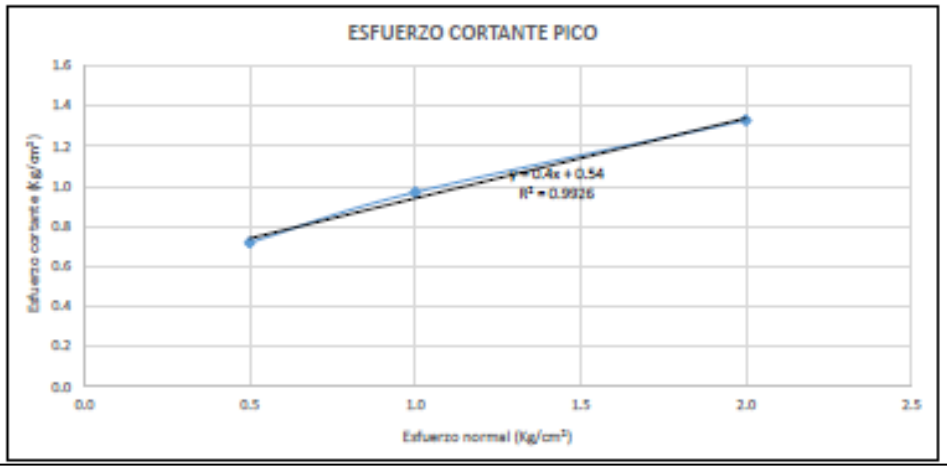
ENSAYOS DE LABORATORIO

CORTE DIRECTO UU

Terrasoluciones

ID SONDEO	PEC-01	**Hoja No.**	2
MUESTRA No.	SEC-01	**PROFUND (m).**	2 - 2,5m





Perforación 2- PEC 02

- Muestreo SEC-02

ENSAYOS DE LABORATORIO

CORTE DIRECTO UU

Terrasoluciones

PROYECTO	CARABINEROS		
LOCALIZACIÓN SONDEO	CARABINEROS		
ID SONDEO	PEC-02	FECHA	01/11/2024
MUESTRA No.	SEC-02	PROFUND (m).	1 - 1,5 m
DESCRIPCIÓN MUESTRA	Pardo Amarilliendo Oscuro Fragmentos de Roca		
Humedad (%)	60,0	Peso Unitario Húmedo (gr/cm³)	1,768

RESUMEN					
ESFUERZO NORMAL (Kg/cm²)	0,5	1,0	2,0	COHESIÓN (Kg/cm²)	0,20
DEFORMACIÓN VERTICAL (mm)	0,135	0,301	0,53	ÁNGULO DE FRICCIÓN (°)	18°09

Esfuerzo normal (Kg/cm²)		0,5	Esfuerzo cortante (Kg/cm²)		0,36
TIEMPO (Min)	DEF. H (mm)	DEF.UNIT (%)	ÁREA C. (cm²)	CARGA (Kg)	ESF. CORTANTE (Kg/cm²)
			25,0		
	0,13	0,26	24,94	2,00	0,08
	0,25	0,50	24,88	3,73	0,15
	0,51	1,02	24,74	5,69	0,23
	1,52	3,04	24,24	7,27	0,30
	4,06	8,12	22,97	8,27	0,36
	5,59	11,18	22,21	5,55	0,25

DIMENSIONES DE LA PROBETA	
Lado (cm)	5,00
Altura (cm)	1,85
Área (cm²)	25,00
Volumen (cm³)	46,25

L. Líquido	
L. Plástico	
I. Plástico	
Pasa No. 200	
U.S.C.S	
Grav. Especif.	

Esfuerzo normal (Kg/cm²)		1,0	Esfuerzo cortante (Kg/cm²)		0,53
			25,00		
	0,13	0,26	24,94	3,24	0,13
	0,25	0,50	24,88	6,22	0,25
	0,51	1,02	24,74	8,91	0,36
	2,29	4,58	23,86	10,50	0,44
	4,32	8,64	22,84	12,11	0,53
	6,10	12,20	21,95	9,22	0,42

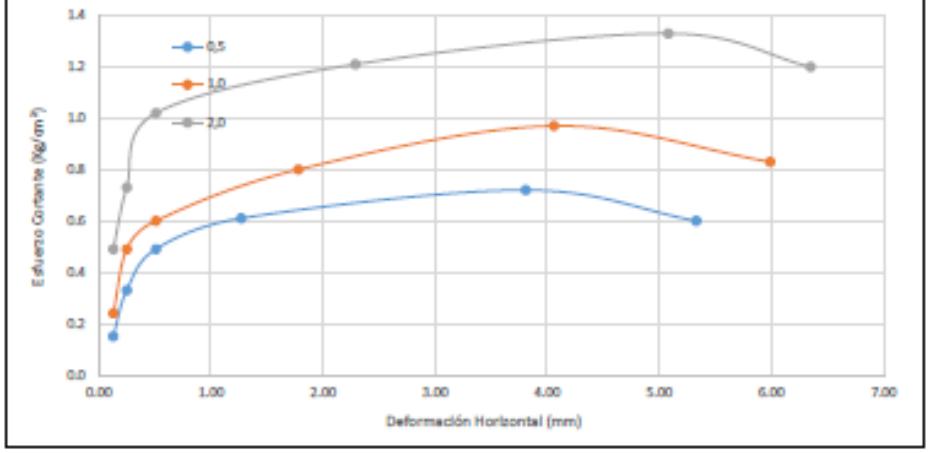
Esfuerzo normal (Kg/cm²)		2,0	Esfuerzo cortante (Kg/cm²)		0,86
			25,00		
	0,13	0,26	24,94	4,99	0,20
	0,25	0,50	24,88	10,70	0,43
	0,51	1,02	24,74	14,60	0,59
	2,29	4,58	23,86	16,70	0,70
	4,83	9,66	22,59	19,43	0,86
	6,60	13,20	21,70	15,62	0,72

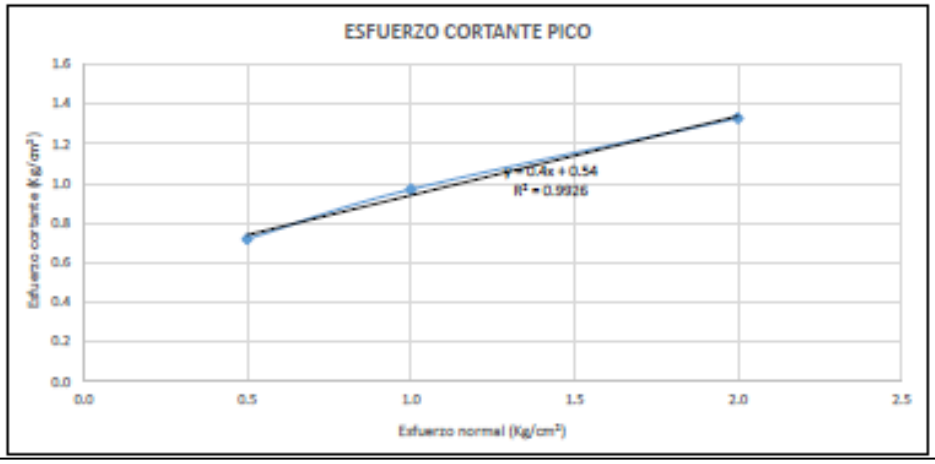
ENSAYOS DE LABORATORIO

CORTE DIRECTO UU

Terrasoluciones

ID SONDEO	PEC-01	**Hoja No.**	2
MUESTRA No.	SEC-01	**PROFUND (m).**	2 - 2,5m





Perforación 5- PEC 05

- Muestreo SEC-06

ENSAYOS DE LABORATORIO

CORTE DIRECTO UU

Terrasoluciones
GEOLOGIA - GEOTECNIA - AMBIENTAL - MINERIA

PROYECTO	CARABINEROS		
LOCALIZACIÓN SONDEO	CARABINEROS		
ID SONDEO	PEC-05	FECHA	01/11/2024
MUESTRA No.	SEC-06	PROFUND (m).	3 -3,5 m
DESCRIPCIÓN MUESTRA	Relleno Gris Pardo Amarillento Oscuro		
Humedad (%)	62,5	Peso Unitario Húmedo (gr/cm³)	1,873

RESUMEN					
ESFUERZO NORMAL (Kg/cm²)	0,5	1,0	2,0	COHESIÓN (Kg/cm²)	0,41
DEFORMACIÓN VERTICAL (mm)	0,135	0,301	0,53	ÁNGULO DE FRICCIÓN (°)	19°54

Esfuerzo normal (Kg/cm²)		0,5	Esfuerzo cortante (Kg/cm²)		0,39
TIEMPO (Min)	DEF. H (mm)	DEF.UNIT (%)	ÁREA C. (cm²)	CARGA (Kg)	ESF. CORTANTE (Kg/cm²)
			25,0		
	0,13	0,26	24,94	2,99	0,12
	0,25	0,50	24,88	6,47	0,26
	0,51	1,02	24,74	9,40	0,38
	1,52	3,04	24,24	10,91	0,45
	3,81	7,62	23,10	13,63	0,59
	5,08	10,16	22,46	10,78	0,48

Esfuerzo normal (Kg/cm²)	1,0	Esfuerzo cortante (Kg/cm²)		0,77
		25,00		
0,13	0,26	24,90	5,23	0,21
0,25	0,50	24,88	8,21	0,33
0,51	1,02	24,74	12,62	0,51
2,79	5,58	23,61	15,11	0,64
4,83	9,66	22,59	17,39	0,77
5,84	11,68	22,08	14,35	0,65

Esfuerzo normal (Kg/cm²)	2,0	Esfuerzo cortante (Kg/cm²)		1,13
		25,00		
0,13	0,26	24,90	9,71	0,39
0,25	0,50	24,89	13,94	0,56
0,51	1,02	24,74	19,79	0,80
3,05	6,10	23,47	23,70	1,01
5,08	10,16	22,46	25,38	1,13
6,35	12,70	21,83	22,27	1,02

DIMENSIONES DE LA PROBETA	
Lado (cm)	5,00
Altura (cm)	1,85
Área (cm²)	25,00
Volumen (cm³)	46,25

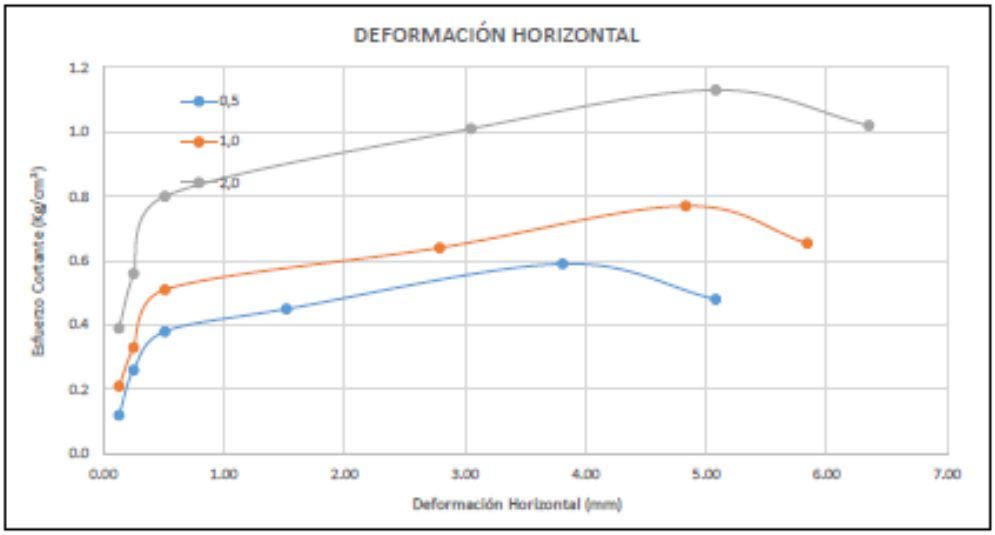
L. Líquido	
L. Plástico	
I. Plástico	
Pasa No. 200	
U.S.C.S	
Grav. Especif.	

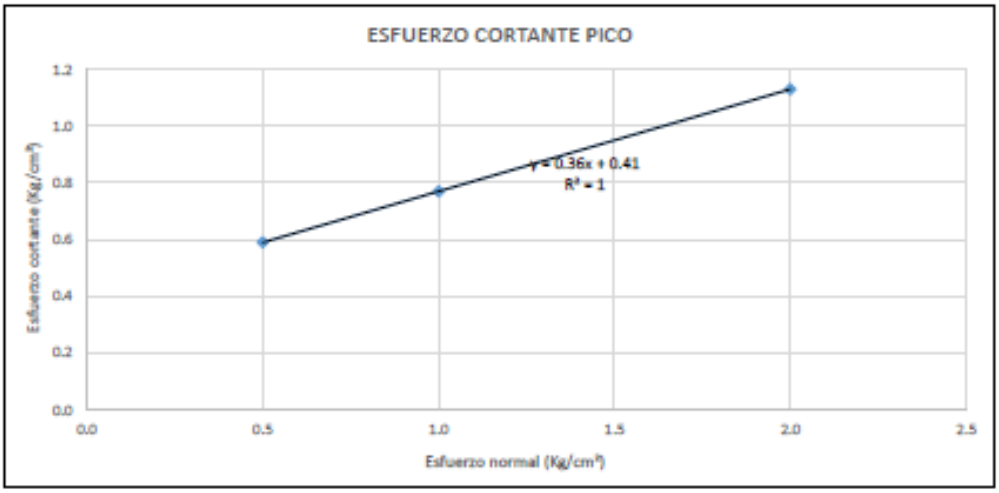
ENSAYOS DE LABORATORIO

CORTE DIRECTO UU

Terrasoluciones
GEOLOGIA - GEOTECNIA - AMBIENTAL - MINERIA

ID SONDEO	**PEC-05**			**Hoja No.**	**2**
MUESTRA No.	**SEC-06**	**PROFUND (m).**	**3 -3,5 m**		





Perforación 7- PEC 07

- Muestreo SEC-09

ENSAYOS DE LABORATORIO

CORTE DIRECTO UU

Terrasoluciones
GEOLOGIA - GEOTECNIA - AMBIENTAL - MINERIA

PROYECTO	CARABINEROS		
LOCALIZACIÓN SONDEO	CARABINEROS		
ID SONDEO	PEC-07	FECHA	01/11/2024
MUESTRA No.	SEC-09	PROFUND (m).	1 - 1,5m
DESCRIPCIÓN MUESTRA	Gris Pardo Claro Grisoso Fragmentos de Roca		
Humedad (%)	28,6	Peso Unitario Humedo (gr/cm³)	1,782

RESUMEN					
ESFUERZO NORMAL (Kg/cm²)	0,5	1,0	2,0	COHESIÓN (Kg/cm²)	0,37
DEFORMACIÓN VERTICAL (mm)	0,135	0,301	0,53	ANGULO DE FRICCIÓN (°)	31°49

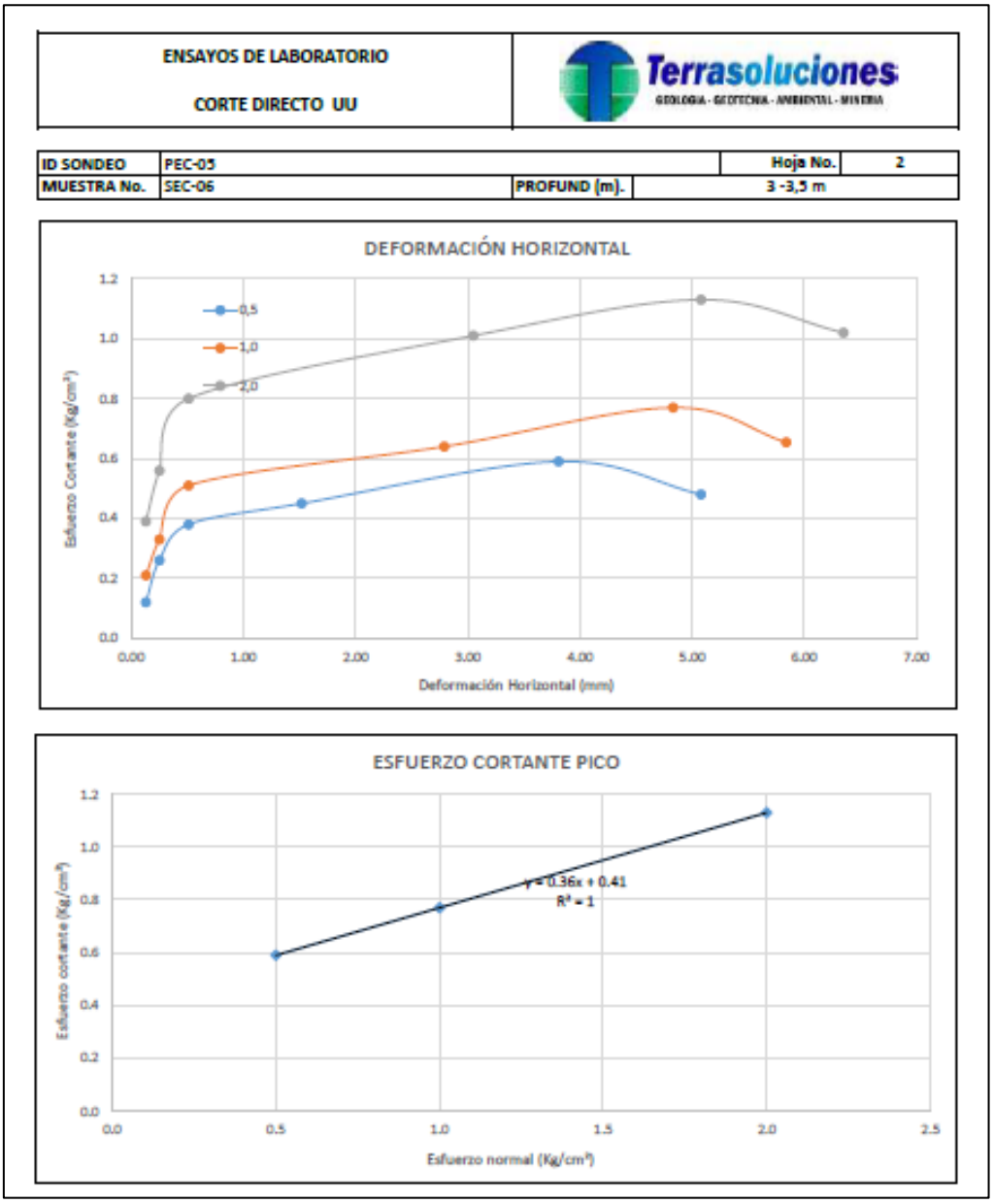
Esfuerzo normal (Kg/cm²)		0,5	Esfuerzo cortante (Kg/cm²)		0,68
TIEMPO (Min)	DEF. H (mm)	DEF.UNIT (%)	ÁREA C. (cm²)	CARGA (Kg)	ESF. CORTANTE (Kg/cm²)
			25,0		
	0,13	0,26	24,94	3,49	0,14
	0,25	0,50	24,88	6,47	0,26
	0,51	1,02	24,74	9,65	0,39
	1,27	2,54	24,37	12,92	0,53
	3,30	6,60	23,35	15,88	0,68
	4,83	9,66	22,59	12,65	0,56

DIMENSIONES DE LA PROBETA	
Lado (cm)	5,00
Altura (cm)	1,85
Área (cm²)	25,00
Volumen (cm³)	46,25

L. Liquido	
L. Plastico	
I. Plastico	
Pasa No. 200	
U.S.C.S	
Grav. Especif.	

Esfuerzo normal (Kg/cm²)		1,0	Esfuerzo cortante (Kg/cm²)		0,99
			25,00		
	0,13	0,26	24,90	5,73	0,23
	0,25	0,50	24,88	9,70	0,39
	0,51	1,02	24,74	15,83	0,64
	1,78	3,56	24,11	19,29	0,80
	3,81	7,62	23,10	22,87	0,99
	5,08	10,16	22,46	18,64	0,83

Esfuerzo normal (Kg/cm²)		2,0	Esfuerzo cortante (Kg/cm²)		1,61
			25,00		
	0,13	0,26	24,90	14,94	0,60
	0,25	0,50	24,88	24,38	0,98
	0,51	1,02	24,74	34,39	1,39
	2,29	4,58	23,86	35,79	1,50
	4,06	8,12	22,97	36,98	1,61
	5,59	11,18	22,21	33,32	1,50



5.6. EXPLORACIÓN INDIRECTA

Los ensayos como la refracción sísmica y los ensayos de dispersión de ondas superficiales son técnicas que se enmarcan en los métodos de exploración geofísica y estudian la propagación de ondas elásticas producidas de forma natural y artificial a través de los medios.

Los métodos sísmicos se enmarcan en los métodos indirectos de investigación, es decir, dentro de aquellos que se realizan sin necesidad de alterar el terreno y que por lo tanto tampoco permiten la observación de este.

Estos métodos por ser métodos no invasivos proveen una herramienta valiosa en términos de tiempo y costo para obtener información de alta confiabilidad relacionada las propiedades mecánicas y dinámicas del subsuelo, la confiabilidad de los ensayos geofísicos depende de diferentes componentes como las condiciones generales del sitio, la pendiente del terreno, el arreglo con el cual se ejecute cada ensayo etc.

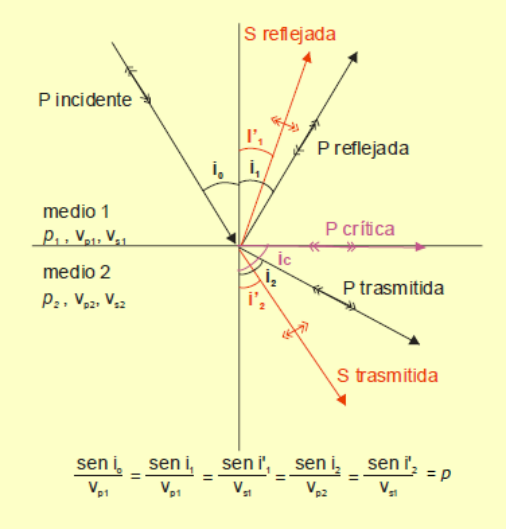
5.6.1. Marco Teórico

5.6.1.1. Refracción Sísmica

El método de refracción sísmica se basa en el registro de los frentes de onda, generados por una fuente artificial de energía, leyendo en los registros los tiempos de los primeros arribos (first breaks). Estos pueden deberse a la onda directa o bien a aquellas ondas que se refractan en el subsuelo con el ángulo crítico, viajan por la interfaz con la velocidad del medio infrayacente y retornan hacia la superficie como ondas frontales (head waves).

El método se aplica siempre que se encuentren medios con impedancias acústicas contrastantes, con la condición esencial dada por la Ley de Snell donde el segundo medio es de mayor velocidad de tránsito que el primero.

Figura 54 Conversión de una Onda Incidente P - Ley Snell.



Fuente: Adaptado B. Redpath. 1973

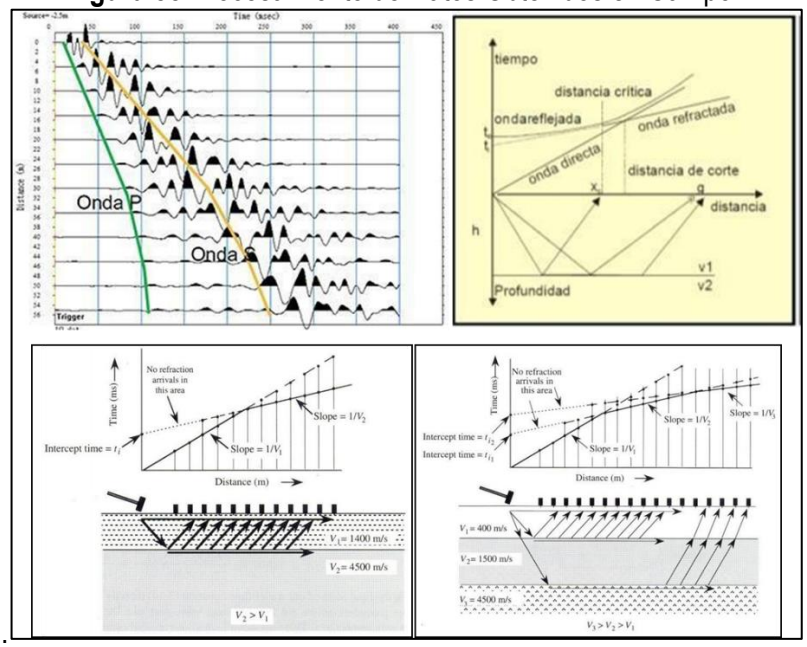
La profundidad a la que se puede prospectar se encuentra aproximadamente entre 1/3 y 1/2 de la longitud del tendido de los geófonos en superficie dependiente del método que se use en la prospección. El objetivo es determinar espesores de las capas del subsuelo, sus buzamientos y las velocidades de propagación de

las ondas sísmicas en cada una de ellas, los métodos dependen principalmente de la magnitud y el tipo de fuente artificial con la cual se genera el impacto y el tren de ondas, para el caso particular del proyecto se empleó una fuente manual tipo almádana de 18.0 lbs de masa.

Los datos de la refracción adquiridos en campo se representan mediante el trazado en una curva domocrónica de tiempo vs distancia, con estas rectas como las dibujadas por Mohorovicic, con un número suficiente de puntos para cada tramo correspondiente a cada una de las interfaces refractoras buscadas. En las curvas domocrónicas se registran las primeras llegadas de las ondas P a los receptores y se presentan en función del tiempo y la distancia. Esto nos define trayectorias, cada una de las cuales nos indica la existencia de medios con impedancias acústicas diferentes. La pendiente de estas trayectorias representa la inversa de la velocidad en cada medio. La base del método es la extensión a las ondas sísmicas de la Ley de Snell como se puede observar en la **Figura 54** Se trabaja con los primeros arribos de los frentes de ondas sísmicas, las cuales incluyen a los siguientes tipos de ondas compresionales o P.

- Directas
- Reflejadas
- Frontales, refractadas con el ángulo crítico.

Figura 55 Procesamiento de Datos Obtenidos en Campo.



Fuente: Adaptado B. Redpath. 1973.

- La primera recta, que parte del origen de coordenadas, representa la onda directa, que viaja por la capa más superficial desde el origen de la fuente de energía hacia los geófonos. Su ecuación es t=x/v_1; donde V1 es la velocidad de la primera capa.

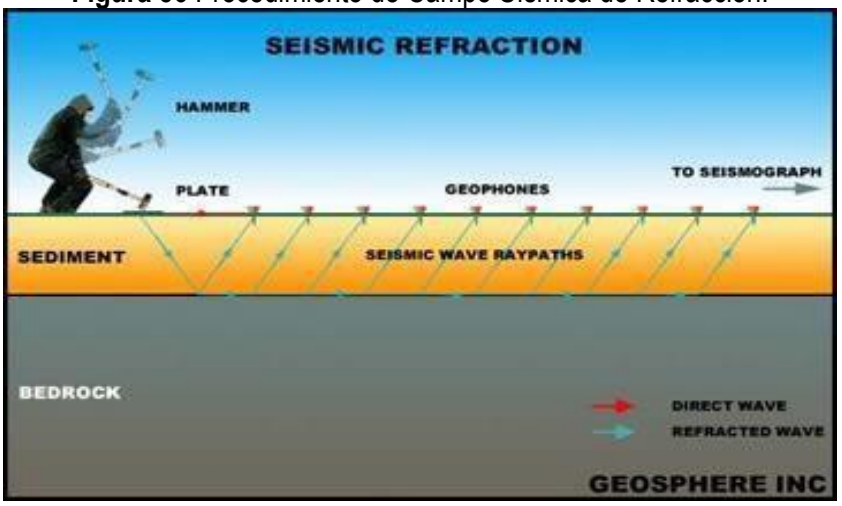
- La segunda recta representa la onda refractada en la interface entre la primera y segunda capa. Su ecuación es t=T1+ x/V2 donde V2 es la velocidad de la segunda capa y T1 es el tiempo en el origen de la primera capa. Así mismo, según la Ley de Snell, se verifica que Sin(ic)= V1/V2, donde ic es el ángulo de incidencia. Ver **Figura 55**

Es muy importante tener presente que el tiempo de intercepción resulta gráficamente de la prolongación de la recta 1/V2 hasta el eje de coordenadas, con lo cual eliminamos uno de los términos de la expresión final antes citada, justamente el que contiene X, y simplificamos los cálculos.

Procedimiento de Campo.

Se dispone un sismógrafo de 24 canales con 12 geófonos de baja frecuencia de 4.5 Hz espaciados de forma equidistante de 5.0m para una longitud de 55.0m esto condicionado por el espacio del área de trabajo. Se realizan lecturas de ida y vuelta con impactos distribuidos de forma simétrica sobre el tendido (**Figura 56**). Para este proyecto se realizaron 5 disparos espaciados de forma equidistante, tomando en consideración dos disparos externos a la línea denominada OFFSET SHOTS.

Figura 56 Procedimiento de Campo Sísmica de Refracción.

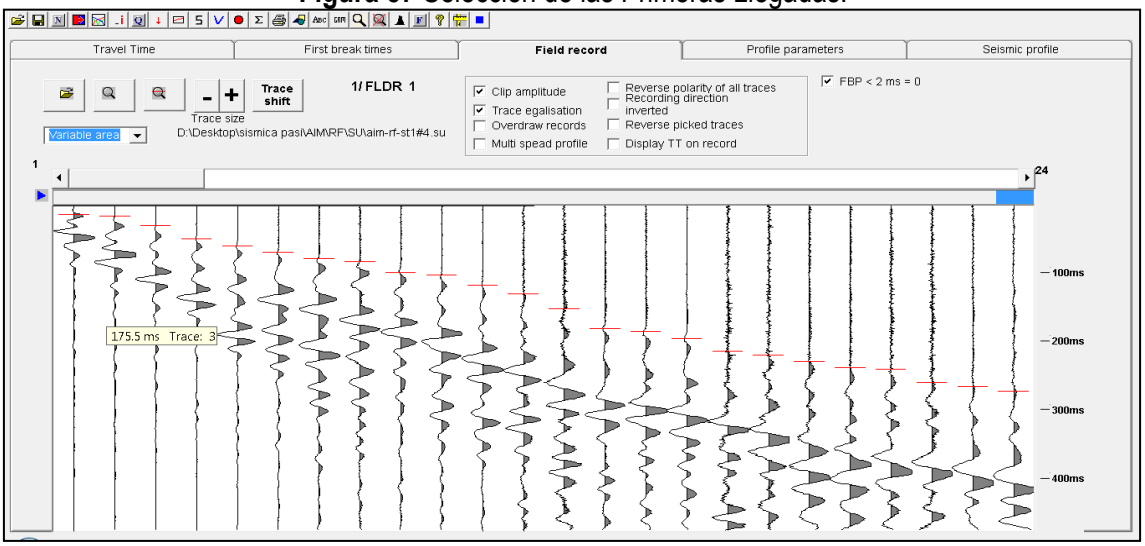


Fuente: (Tomado Manual Software Winsism V12. De Elisoft).

Procesamiento de Datos.

La detección de la primera llegada se realiza sobre la base del cambio producido por la señal captada, cuando la traza pasa de contener solo ruido a contener ruido y señal. En el análisis de selección de los primeros arribos, son necesarios los conocimientos de propagación de las ondas sísmicas con el fin de diferenciar las ondas P de llegada de la refracción de otras ondas sísmicas como la Rayleigh y las ondas S. El proceso final es calcular la velocidad de las Ondas P y el espesor de cada capa con base a los datos de la gráfica Tiempo-recorrido (**Figura 57**).

Figura 57 Selección de las Primeras Llegadas.

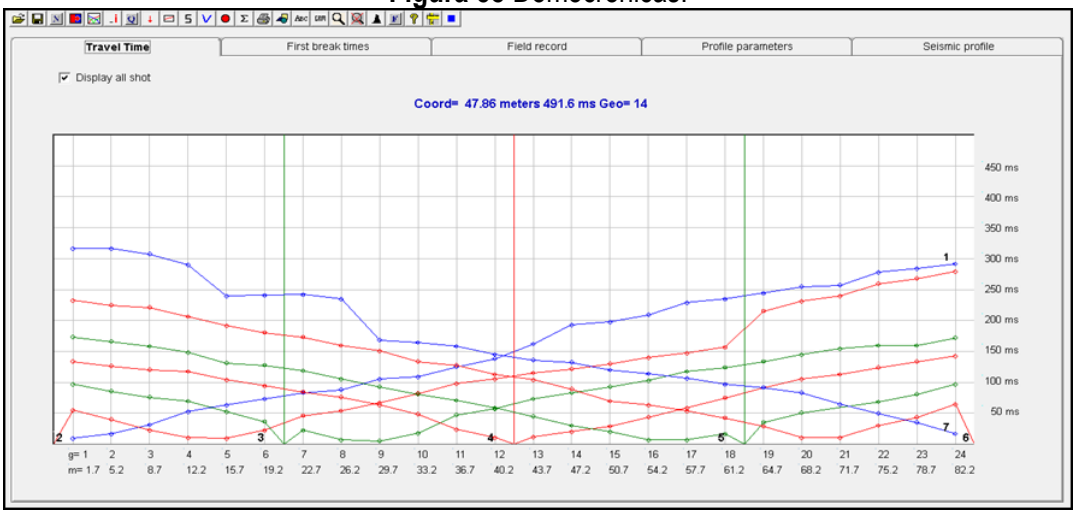


Fuente: Software Winsism V12.

Curvas Tiempo Vs Distancia.

Las curvas tiempo distancia se construyen con los tiempos de llegada de las ondas P a cada uno de los geófonos, y la distancia de cada sensor al punto de impacto. Ver **Figura 58**. Los tiempos de llegada pueden ser leídos directamente en la pantalla de la unidad de adquisición. El conjunto de registros (del total de geófonos) como se pueden apreciar en una impresión realizada desde la unidad de adquisición, son mostrados en la **Figura 58** en la sísmica de refracción. En ella se esquematiza la llegada de la onda directa, la onda refractada y los procesos de reflexión.

Figura 58 Domocrónicas.



Fuente: Software Winsism V12.

5.6.1.2. MASW

El perfil de velocidades de ondas de corte es fundamental para la caracterización de un sitio y la evaluación de su respuesta dinámica (Tokimatsu et al., 1991). Para ello, existen métodos geofísicos no invasivos que permiten inferir las propiedades dinámicas de los suelos de un sitio a muy bajo costo y sin la necesidad de realizar exploraciones directas.

Dentro de los métodos geofísicos indirectos, se encuentran aquellos basados en el análisis de ondas superficiales. Dentro de los más conocidos de esta categoría se encuentran los métodos de Análisis Espectral de Ondas Superficiales (Nazarian et al., 1983) y/o de Análisis Multi-canal de Ondas Superficiales (Park et al., 1999), que se basan en la propiedad de dispersión de las ondas superficiales tipo Rayleigh para calcular la velocidad de fase de estas ondas a distintas frecuencias. Luego, a través de un proceso de inversión no lineal, se busca un perfil teórico que se ajuste a la curva de dispersión experimental. Una de las ventajas de estos métodos frente a otras técnicas geofísicas tradicionales, es que estos métodos permiten detectar estratos de suelos más blandos, bajo otros más rígidos.

Más de dos tercios de la energía que se registran en estudios símicos corresponden a ondas de Rayleigh (Richart et al., 1970), que a su vez corresponden a la principal componente de la vibración vertical en la superficie del suelo (Park et al., 1999). En un medio estratificado, la velocidad de propagación (velocidad de fase) de las ondas de Rayleigh depende de la frecuencia. Esta propiedad se conoce como dispersión. El gráfico que muestra la dependencia de la velocidad de fase con la frecuencia se conoce como curva de dispersión (Tokimatsu et al., 1991).

Diversos autores, como (Nazarian et al., 1983), (Stokoe et al., 1994), (Park et al., 1999) han propuesto el uso de la naturaleza dispersiva de las ondas superficiales para la caracterización de suelos. (Foti, 2000),

resume el procedimiento para la caracterización geotécnica basado en el análisis de la dispersión de ondas superficiales, en tres partes:

- Observación y registro de ondas superficiales.
- Determinación de sus características dispersivas.
- Inversión de la curva de dispersión y estimación del perfil de velocidad de ondas de corte.

El método de ondas superficiales fue el desarrollo del análisis multicanal de ondas superficiales MASW por sus siglas en inglés, introducido por (Park et al., 1999). En el MASW un arreglo lineal de 12 (o más) geófonos verticales (con frecuencia natural entre 4.5 – 10 Hz) es usado para el registro de las vibraciones generadas por una fuente impulsiva (golpe de martillo) o fuentes vibratorias, situadas a una distancia apropiada al del final del arreglo.

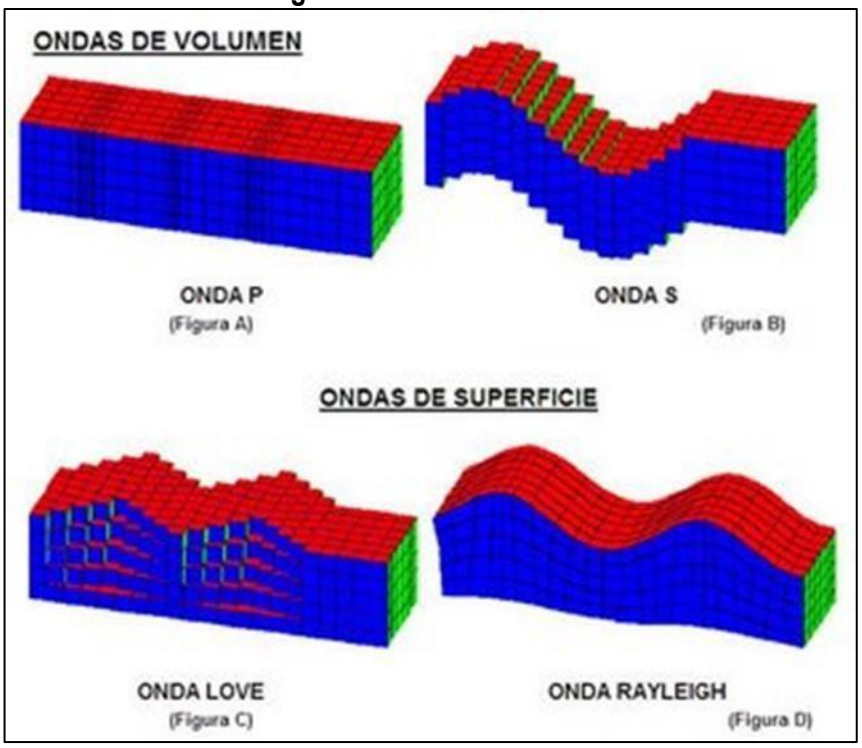
El esquema de procesamiento de datos en el método MASW es diferente comparado con el método SASW, en vez de medir la diferencia de fase de las llegadas de las ondas a los receptores, una imagen de dispersión es construida mediante la transformación del domino tiempo-espacio (t-x) en diferentes dominios (usualmente el dominio de frecuencia-número de onda (f-k) o frecuencia-velocidad de fase (f-Vr)). La imagen de dispersión permite la identificación de las tendencias de dispersión a partir del patrón de acumulación de energía y la extracción de la(s) curva(s) de dispersión del espectro máximo.

Para el método MASW tanto activo como pasivo, el procedimiento de inversión o el retro cálculo de la velocidad de onda cortante Vs desde la curva de dispersión seleccionada de la imagen de dispersión determinada por cualquiera de los métodos antes descritos, es el mismo y se considera quizás como el procedimiento más complejo de los que se contemplan dentro de los métodos de ondas superficiales. El problema de retro calculo o inversión no puede ser solucionado en términos de una solución pues este requiere de técnicas de optimización a fin de encontrar la solución más probable u optima dentro de un gran número de posibles soluciones.

Como bien se ha venido mencionando las propiedades elásticas de los materiales y sus efectos en la propagación de ondas son de fundamental interés en la ingeniería geotécnica. En especial la velocidad de onda cortante Vs es un parámetro fundamental en este campo de la ingeniería. Las ondas superficiales son guiadas y dispersivas. Las ondas Rayleigh (1985) son ondas que viajan a lo largo de la superficie libre. Las ondas Rayleigh son producidas o resultan de la interferencia entre las ondas compresionales P y cortantes S. El movimiento de una partícula de onda Rayleigh en su modo fundamental moviéndose de izquierda a derecha es elíptico en sentido contrario a las manecillas del reloj.

La inversión de los datos de dispersión es usualmente basada en el modo fundamental de la propagación de las ondas tipo Rayleigh, sin embargo, es posible además de ventajoso considerar dos o más modos, el uso de un análisis de conjunto entre el modo fundamental y los demás modos permite la obtención de la relación de amortiguamiento del perfil (Foti, 2003) (**Figura 59**).

Figura 59 Ondas elásticas.



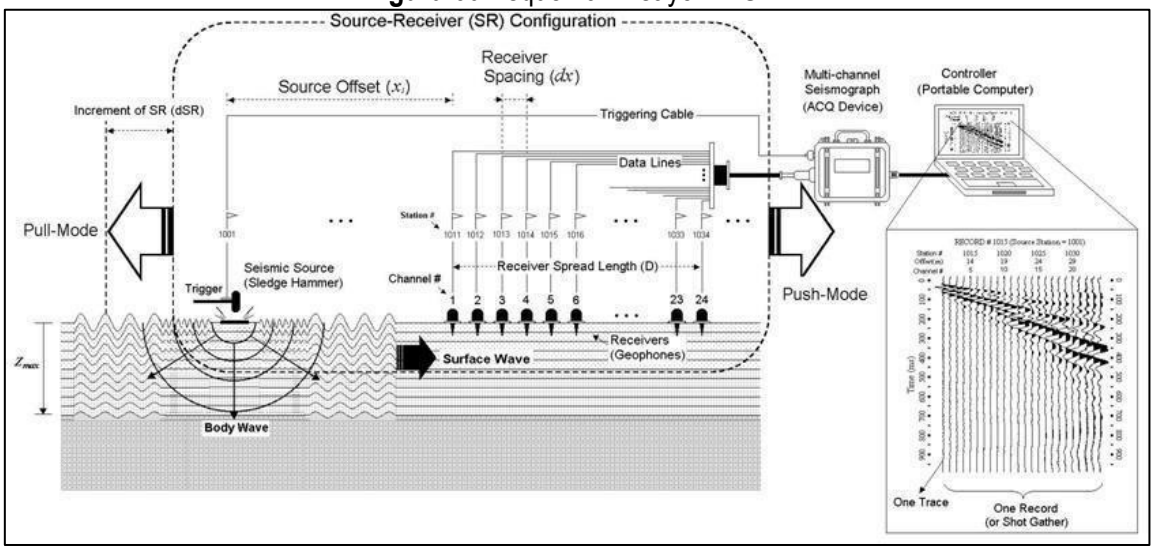
Fuente: Tomado de C.B Park, R.D Miller, Et al, 2007.

5.6.2. Metodología

5.6.2.1. Procedimiento de campo.

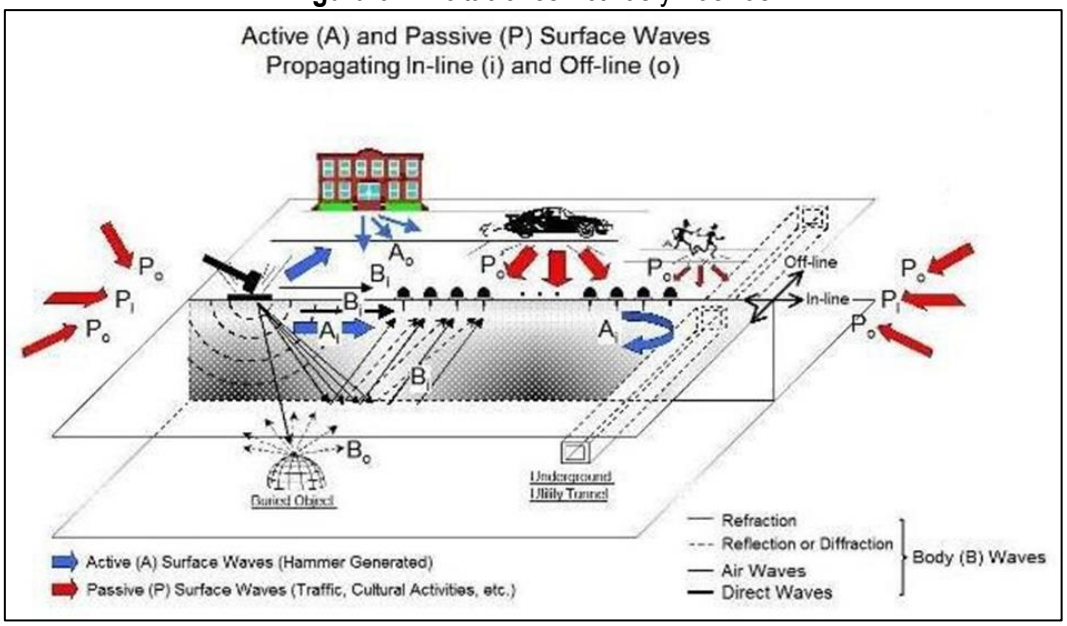
Para la realización del ensayo, se disponen los geófonos verticales espaciados de forma equidistante para una longitud variable dependiendo del sector y de las características del terreno, sobre el arreglo se realiza una única lectura con disparo a una distancia de 5.0 metros del primer geófono, con el fin de registrar el contenido frecuencial de las ondas superficiales tipo Rayleigh a intervalos de muestreo de 1.024 ms o ground roll, para el caso activo. En el caso pasivo, el arreglo geométrico de la adquisición es idéntico, sin embargo, dado que no existen excitaciones artificiales que generen trenes de ondas simétricos, se realizan tomas a intervalos de muestreo de 32.768 ms con el fin de tomar una diversidad de ruido ambiental, el cual se caracteriza por sus bajos contenidos frecuenciales, para aumentar la resolución de la información es recomendable realizar perturbaciones artificiales durante los muestreos para el aumento del contenido frecuencial (**Figura 60** y **Figura 61**).

Figura 60 Esquema Ensayo MASW.



Fuente: (Park, C.B., Miller, R.D., and Xia, J. (1998)).

Figura 61 Excitaciones Activas y Pasivas.

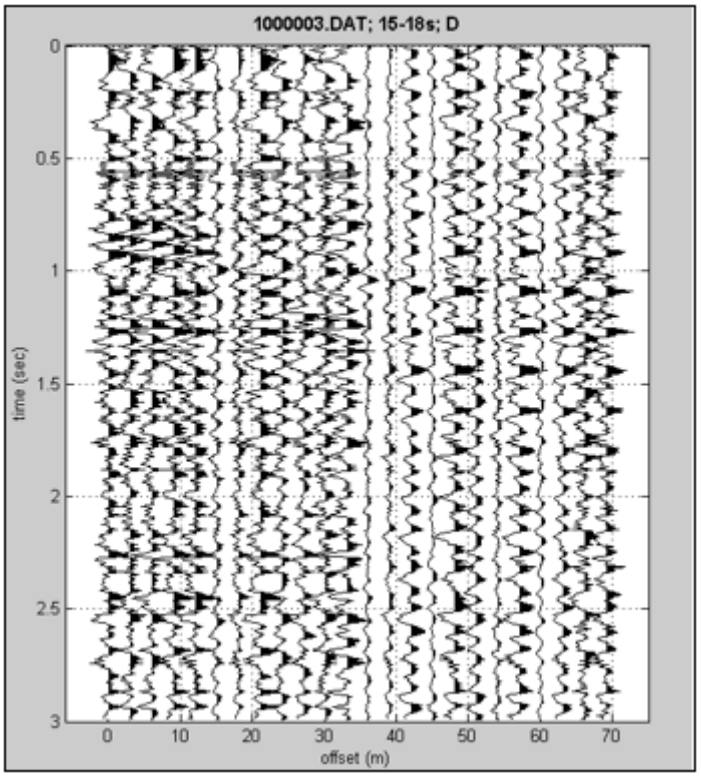


Fuente: (Park, C.B., Miller, R.D., and Xia, J. (1998)).

5.6.2.2. Procesamiento de datos.

Como se mencionó anteriormente, durante un impacto o excitación pasiva se generan diferentes tipos de ondas, las cuales todas son registradas por los geófonos dispuestos en un arreglo lineal y mostradas como un registro sísmico (**Figura 62**).

Figura 62 Registro Sísmico Tomado de Campo.



Fuente: Tomado de (Software WinmaswPro® de Eliosoft).

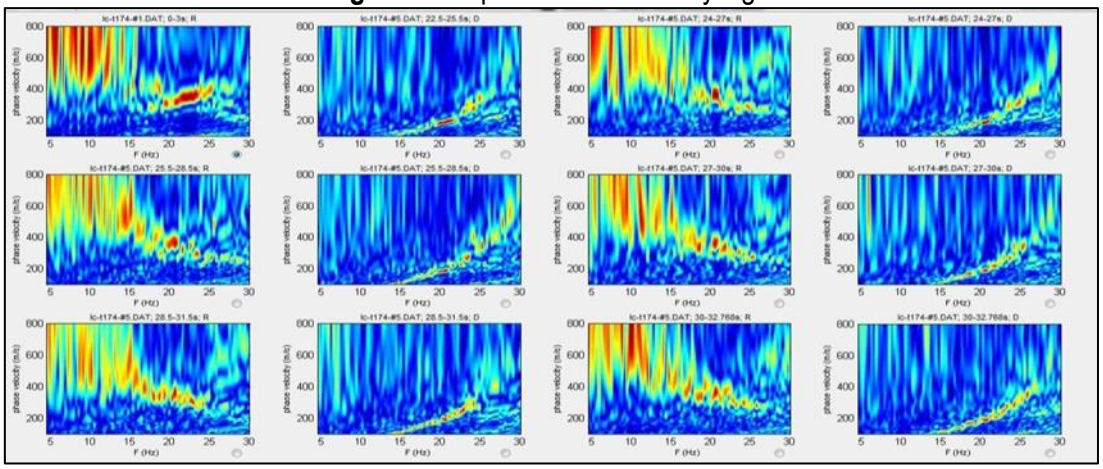
Con el fin de separar las ondas superficiales de los otros tipos de ondas, se han desarrollado varias transformaciones matemáticas, las cuales su objetivo principal es convertir un registro de señales que se encuentra en el dominio de tiempo y transformarlo en otro dominio tipo frecuencial para poder señalar el componente de interés del ruido.

Si bien las ondas superficiales se pueden presentar en diferentes modos distintos al fundamental, la estructura de la velocidad de corte Vs depende principalmente del modo fundamental. No obstante, en perfiles muy heterogéneos y con altos grados de anisotropía las ondas superficiales son susceptibles a manifestarse en modos superiores al fundamental.

Dado a que pueden existir errores en la inversión de los datos porque en ocasiones es difícil diferenciar el modo fundamental de los demás modos, se realiza un modelo de inversión de datos, tomando en consideración el espectro generado para las ondas Rayleigh.

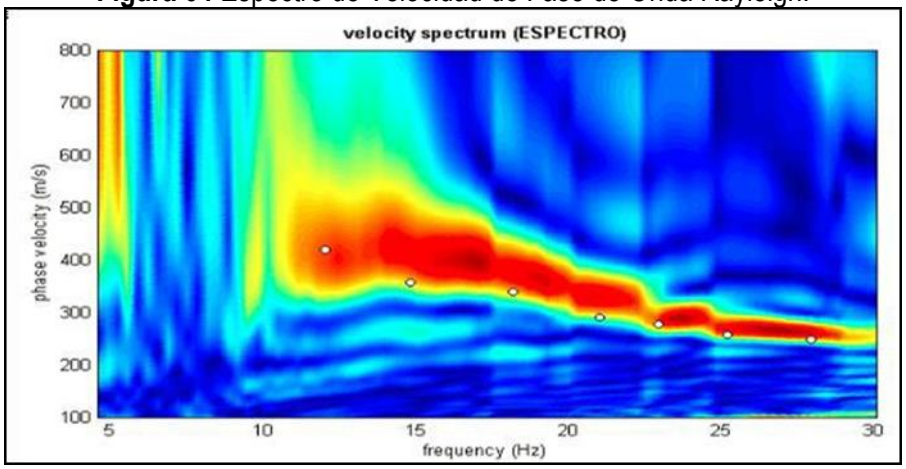
Sin embargo, debido a que el registro de ondas pasivas se realiza en intervalos de tiempo altos, esto nos permite generar diferentes espectros de velocidad fase de onda de Rayleigh vs. Frecuencia para los diferentes tiempos de muestreo, con el fin de seleccionar el espectro que mejor evidencie el modo o los modos de vibración, para así determinar la mejor aproximación a la curva de dispersión experimental (**Figura 63** y **Figura 64**).

Figura 63 Espectro de Onda Rayleigh.



Fuente: (Software WinmaswPro® de Eliosoft).

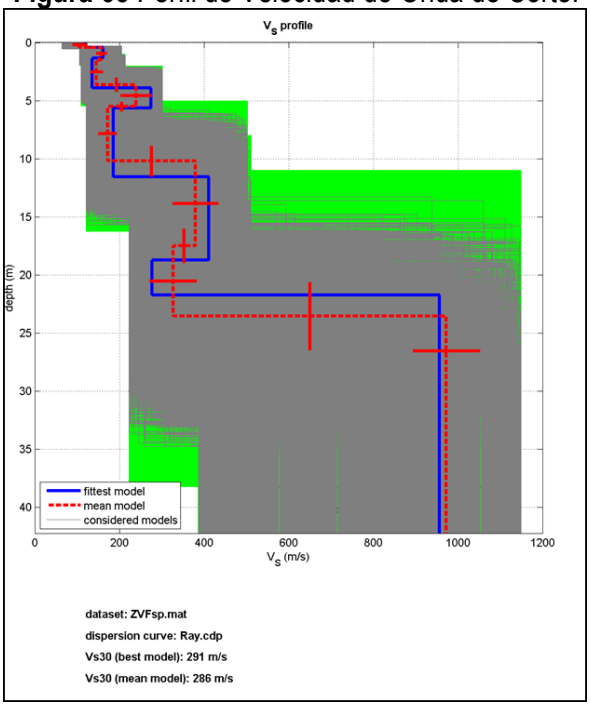
Figura 64 Espectro de Velocidad de Fase de Onda Rayleigh.



Fuente: (Software WinmaswPro® de Eliosoft).

Posterior al cálculo del espectro de velocidades tomando en consideración tanto el espectro de velocidades Rayleigh, y luego de la inversión de los datos, mediante un proceso iterativo en el cual se consideran infinitos modelos se determina el perfil de velocidades de onda cortante para el sitio de estudio como se ilustra en la **Figura 65**.

Figura 65 Perfil de Velocidad de Onda de Corte.



Fuente: (Software WinmaswPro® de Eliosoft).

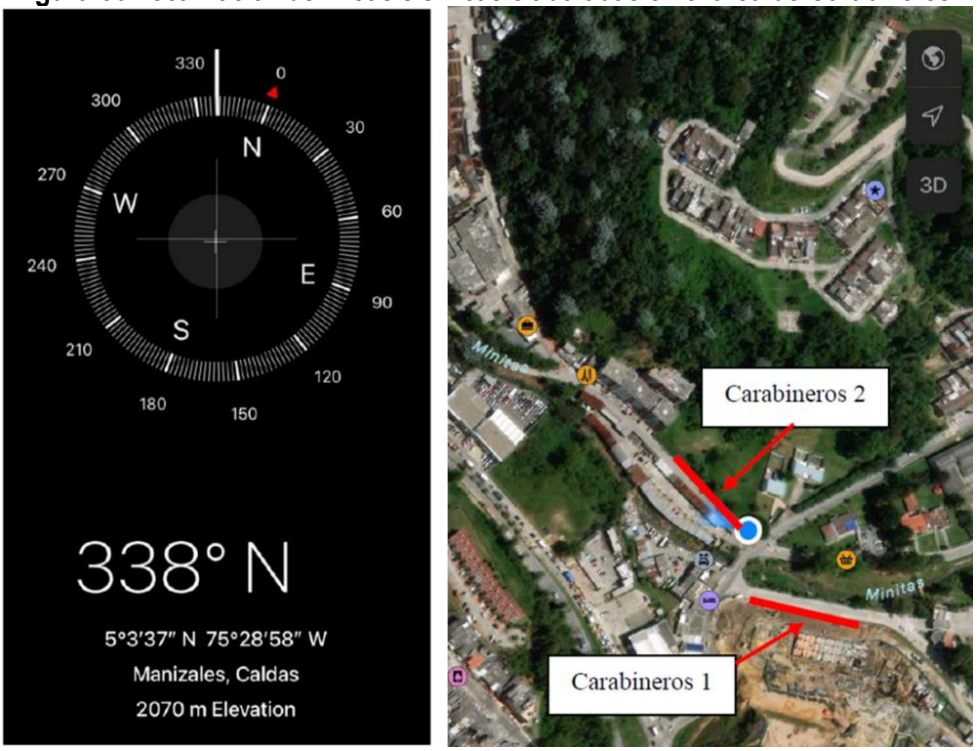
5.6.2.3. Descripción de la exploración de campo

Debido a la necesidad de conocer la estratificación y la clasificación del subsuelo, además tomando en consideración la complejidad del proyecto y las características de la zona estudiada, se realiza la exploración mediante ensayos de refracción sísmica y de dispersión de ondas superficiales tipo MASW Pasivo - ReMi, haciendo uso de arreglos, donde en cada línea se usaron 12 geófonos verticales de 4.5 Hz, espaciados de forma equidistante 5.0 metros para una longitud total de línea de 60.0 metros.

Para la adquisición de las señales de refracción sísmica fue necesario realizar un número de 5 registros por línea, donde cada registro consiste en un apilamiento de entre 3 a 5 golpes a lo largo del tendido sísmico, registros que se configuraron en un tiempo de muestreo de 256ms, a razón de 125µs. Para el ensayo tipo MASW pasivo – ReMi, se realizan lecturas pasivas excitadas por el ruido ambiental y micro trepidaciones (**Figura 61**), a tiempos de muestreo de 32.768 ms y registros en intervalos de 2 ms.

Adicionalmente, con el fin de aumentar el contenido frecuencial del registro de ondas Rayleigh, se realizan excitaciones aleatorias a través de golpe de martillo en la longitud total de la línea. Las localización de los ensayos y fotografías de su ejecución se presentan en la **Figura 66**, **Figura 67** y la **Figura 68** respectivamente.

Figura 66 Localización de líneas sísmicas elaboradas en el área de Carabineros.



Fuente: Juan Carlos Castaño Araque Geotecnia-Geofísica.

Figura 67 Línea sísmica MASW 1 sector Carabineros.



Fuente: Juan Carlos Castaño Araque Geotecnia-Geofísica.

Figura 68 Línea sísmica MASW 2 sector Carabineros.



Fuente: Juan Carlos Castaño Araque Geotecnia-Geofísica.

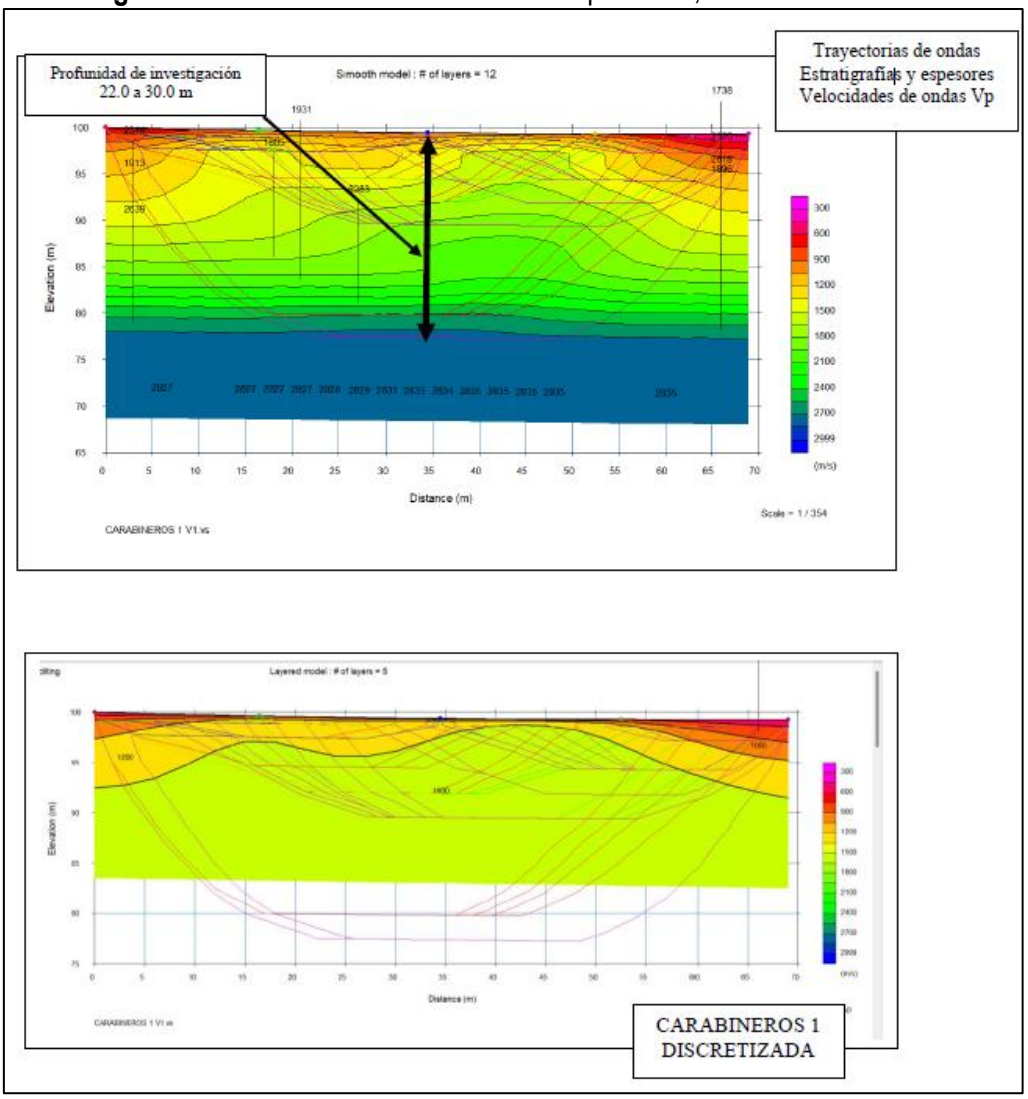
5.6.3. Análisis de resultados

A continuación, se presentan los análisis de los resultados obtenidos de la ejecución de los ensayos MASW para la obtención de parámetros, espectros y curvas de dispersión y perfiles de velocidad.

5.6.3.1. Refracción Sísmica (MASW)

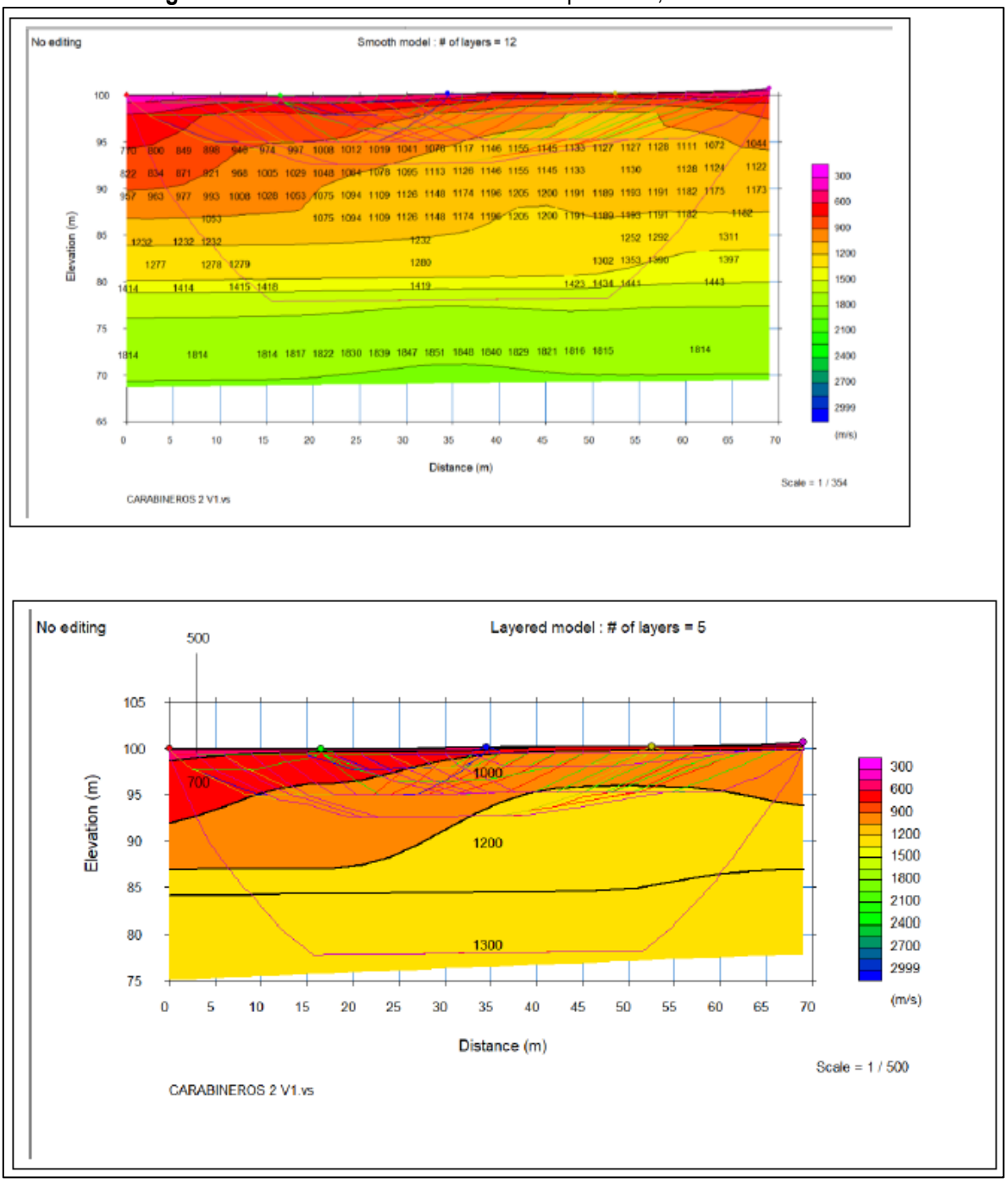
Como resultado de la exploración geofísica adelantada, fue posible identificar la estratigrafía en función de la velocidad de onda compresional (Vp), donde se caracterizó el perfil de suelo para la zona de influencia del proyecto. A continuación, se presenta el resultado de la exploración geofísica, del ensayo de Refracción Sísmica en la zona de estudio (**Figura 69** y **Figura 70**).

Figura 69 Perfil de velocidad de onda compresional, LS-01 Carabineros.



Fuente: Juan Carlos Castaño Araque Geotecnia-Geofísica.

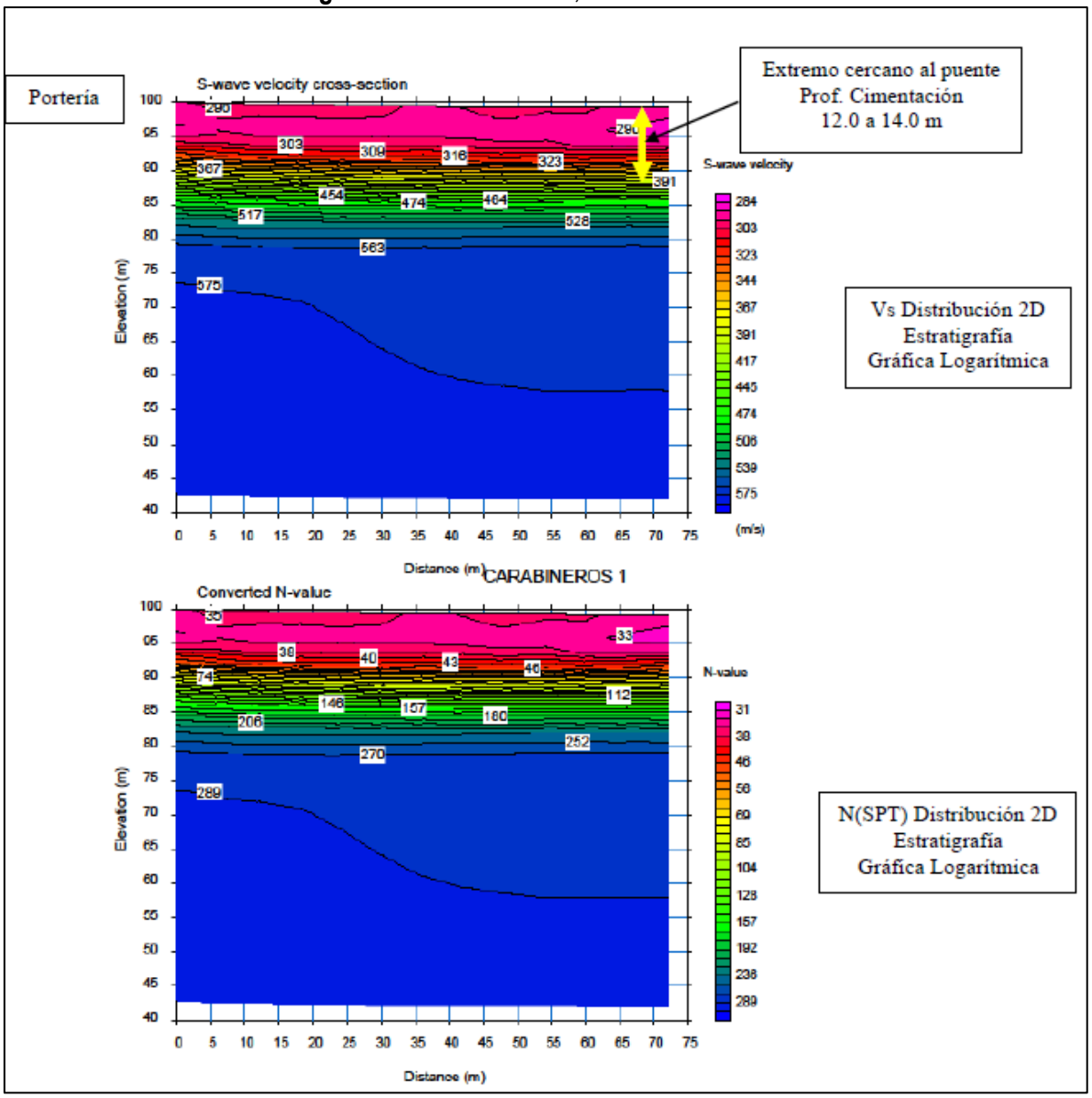
Figura 70 Perfil de velocidad de onda compresional, LS-02 Carabineros.



Fuente: Juan Carlos Castaño Araque Geotecnia-Geofísica.

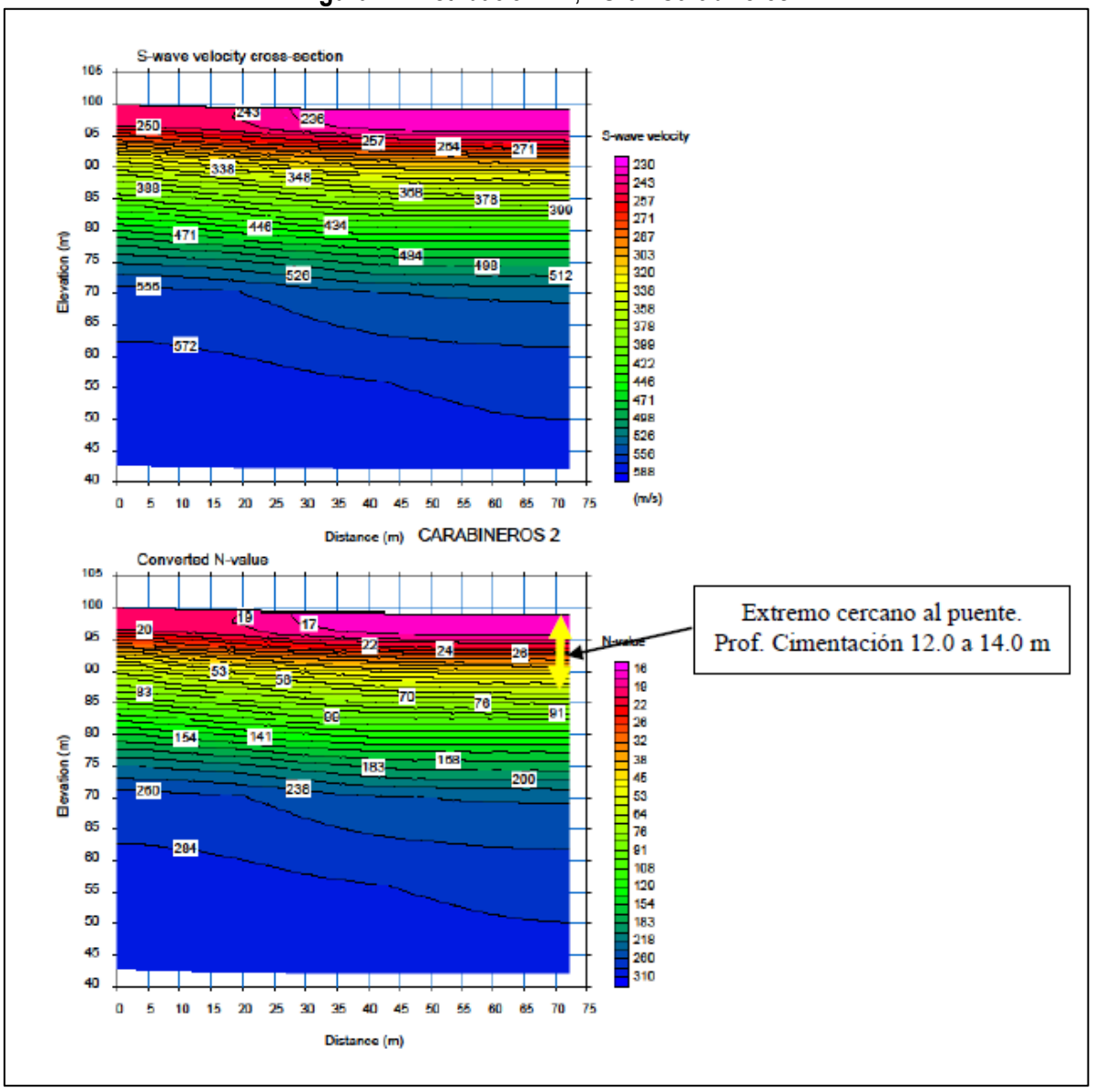
En la imagen de distribución 2D, se puede apreciar que esta posee una buena resolución, permitiendo identificar la relación estratigráfica lo cual da una buena confiabilidad a los resultados. A continuación, se presentan los resultados antes descritos (**Figura 71** y **Figura 72**).

Figura 71 Distribución 2D, LS-01 Carabineros.



Fuente: Juan Carlos Castaño Araque Geotecnia-Geofísica.

Figura 72 Distribución 2D, LS-02 Carabineros.



Fuente: Juan Carlos Castaño Araque Geotecnia-Geofísica.

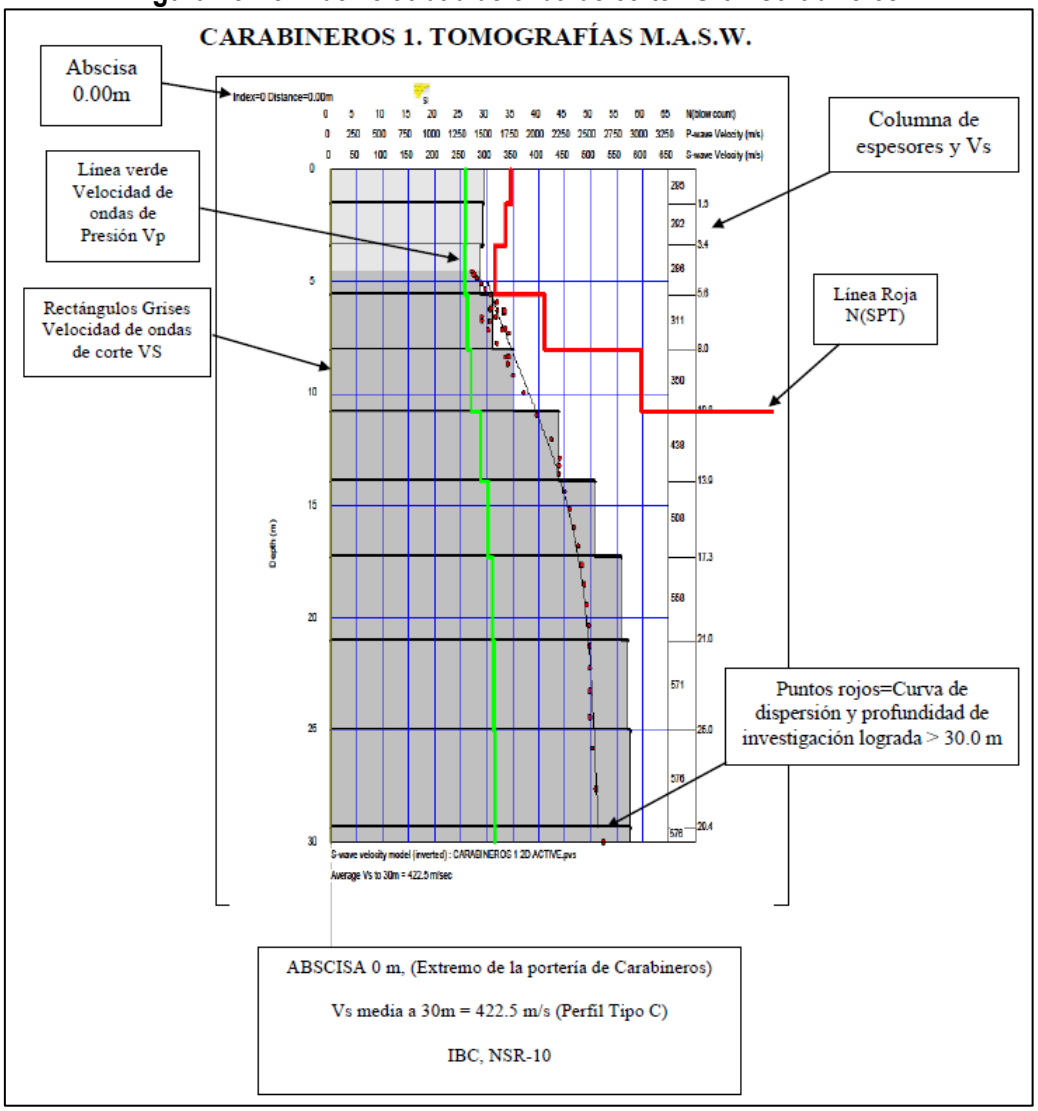
Posterior a la selección de la curva de dispersión experimental, mediante la utilización de un algoritmo de búsqueda global, algoritmo genético (Dal Moro, Pipan, & Gabrielli, 2007), se obtiene el perfil de velocidad de propagación de onda de corte en profundidad.

La profundidad de exploración obtenida en los perfiles del ensayo MASW, realizados en el proyecto, alcanza los 30 m, esto se atribuye a la longitud de la línea en superficie, la separación de los geófonos, pero sobre

todo a la rigidez del material, que permite el reconocimiento de la propagación de la velocidad de onda de corte (Vs) a esa profundidad.

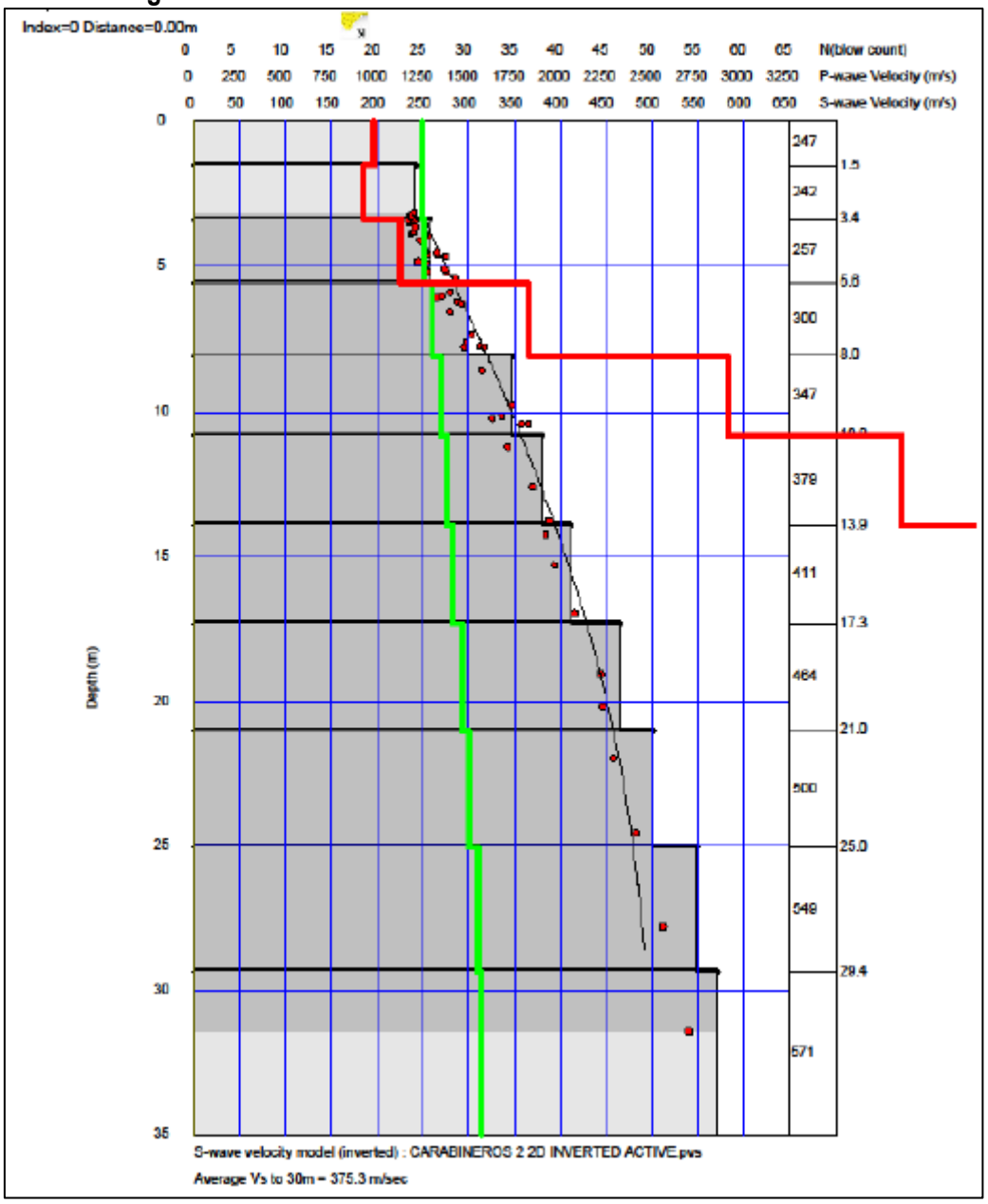
La selección del modelo de respuesta obedece al mejor ajuste entre el modelo teórico y el experimental obtenido de la ejecución del ensayo en campo, por tal razón, en la **Figura 73** a la **Figura 74** se evidencian los rangos de iteración de la velocidad a lo largo del perfil y la selección del modelo principal.

Figura 73 Perfil de velocidad de onda de corte LS-01 Carabineros.



Fuente: Juan Carlos Castaño Araque Geotecnia-Geofísica.

Figura 74 Perfil de velocidad de onda de corte LS-02 Carabineros.



Fuente: Juan Carlos Castaño Araque Geotecnia-Geofísica.

5.6.4. Parámetros en función de la velocidad de propagación de onda Vp y Vs

Una vez obtenido el valor de la velocidad de propagación de onda de corte en profundidad, así como los valores de densidad y relación de Poisson, aplicando los conceptos básicos de la mecánica de materiales se calculan los parámetros elásticos de los materiales del perfil estratigráfico (**Tabla 21**).

Los valores acá presentados son correlacionados en función de la exploración geofísica, posterior a la determinación del perfil de velocidad de propagación de ondas de corte en profundidad se realiza la clasificación del perfil del subsuelo a la luz de lo estipulado en la NSR-10 en su capítulo A 2,4,1 (Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica [AIS], 2010), el cual usa el criterio de la velocidad de onda cortante promedio en los primeros 30 metros, VS,30 (**Tabla 22**)

Tabla 21 Parámetros en función de la velocidad de propagación de onda Vp y Vs.

REFRACCIÓN SÍSMICA CARABINEROS 1 (Nov.03,2024)

Vp	Vs	Relac Poiss	N	e i m	Gama Seco	Prof Ensa	N60	Qu (kPa) (N60/8)	FiU N60	cu kPa	TERRENO
500	277.8	0.277	28.5	2.0	1.79629	200	35	433.724	40	93.294	Superficial
600	285.7	0.353	31.2	4.5	1.80899	650	21	262.244	35	72.211	Residual
1000	357.1	0.427	63.5	4.5	1.91277	1100	33	399.009	39	89.939	Residual
1400	482.8	0.433	165.8	7.0	2.06246	1800	64	784.373	49	110	Residual
2000	571.4	0.456	283.7	12.0	2.15126	3000	83	1017.81	54	109.63	Qgrande

PERÍODO T (s)

	Espesor	Vs (m/s)	T (s)
1	2.00	277.78	0.029
2	4.50	285.71	0.063
3	4.50	357.14	0.0504
4	7.00	482.76	0.058
5	12.00	571.43	0.084
	30.00		0.284
		T (s)=	0.284

k=4yVs	y=35	Vs	Kv
		m/s	kN/m3
4	35	200	28000
			kN/m3

kh= (80 a 320)*cu/d			kh
200	64.51	1.2	10751.8
60	5	0.8	64.51056

CBR%=0.0006(Vs)^1.99		
	Vs	
	m/s	CBR%
0.0006	150	12.84

A.2.4.3.1 Velocidad media de la onda de cortante

Expresión velocidad media de onda de cortante

Vs Media= 422.24 m/seg

	di esp.	Vsi	di/Vsi	Vs Media m/seg
	2	277.7777778	0.0072	
	4.5	285.71	0.01575	
	4.5	357.1428571	0.0126	
	7	482.7586207	0.0145	
	12	571.4285714	0.021	
Sumas	30		0.07105	422.23786

PERFIL TIPO D

Vp = Veloc. Ondas de Presión | Vs = Vel. Ondas de corte | Poisson = Relación Poisson | ei = espesor estrato i

Gama = Peso unitario | Prof= Profundidad | N60 = N(SPT) (60 %) | N=N(SPT) | Qu (kPa) = Compresión simple

Fiu = Angulo fricción interna | Vs Media = Vel. Media ponderada onda corte (m/s) | T (s) = Período (segs)

Fuente: Juan Carlos Castaño Araque Geotecnia-Geofísica.

Tabla 22 Perfil de suelo según NSR 10.

Línea	Vs (m/s) - 30	Tipo de Perfil de suelo NSR-10
LS-01	422,5	C
LS-02	352,7	D

Fuente: Juan Carlos Castaño Araque Geotecnia-Geofísica.

6. CAPÍTULO 6. CONCLUSIONES

La recopilación de información secundaria de varios estudios realizados en el municipio, permitió elaborar un análisis general de los diferentes componentes presentes en la zona, además de la caracterización de problemáticas ambientales debido a la actividad fluvial de la Quebrada Olivares.

A partir de criterios geotécnicos y estratigráficos se obtuvo la delimitación de las Unidades Geológicas para Ingeniería en el área de estudio en donde se contempla un predominio del suelo transportado de ceniza que se encuentra como unidad superficial en toda el área alcanzando espesores de hasta 4m a nivel de superficie, seguido del suelo antrópico de llenos debido a la alta intervención para la urbanización de la zona y la roca altamente descompuesta del Complejo Quebradagrande. También se contempla la presencia de unidades con menor ocupación como el Suelo transportado de la Formación Casabianca y el Suelo Transportado aluvial.

Con base en lo anterior se puede decir que el área de influencia está compuesta por elementos de carácter fluvial debido a su localización en cercanías a la Quebrada Olivares. Además de esto se reconocen geoformas de ambiente antropogénico originadas como resultado de la intervención del hombre sobre el terreno y elementos de carácter denudacional debido a la presencia de diferentes procesos morfodinámicos en épocas anteriores.

Por otro lado, para la morfometría del terreno se denota según (Carvajal, 2011) que existe un predominio de pendientes planas que se encuentran definidas por áreas constituidas por viviendas, vías y diferentes superficies de llenos antrópicos, además de la morfología correspondiente a las terrazas aluviales de la Quebrada; mientras que las zonas de mayor pendiente están definidas en mayor medida por geoformas de carácter denudacional.

Como se mencionó anteriormente se identificaron en la zona de estudio diferentes tipos de procesos morfodinámicos gracias a la realización del análisis multitemporal y a la consulta de eventos históricos, donde fue posible recopilar la ocurrencia de un deslizamiento reportado en la plataforma SIMMA, un proceso de erosión laminar hacia la parte norte de la zona de análisis y un proceso de socavación lateral de la Quebrada que genero una zona de inestabilidad con afectaciones en la vía que comunica desde el barrio La Toscana hacia la avenida principal del barrio La Sultana. Basados en estos registros de socavación lateral, en la zonificación de amenaza alta por inundaciones según el POT (Alcaldía de Manizales, 2001) y considerando la intervención vial, se contempla como recomendación evaluar la posibilidad de realizar una canalización sobre el trazo de la quebrada, para así evitar desbordamientos y afectaciones en la infraestructura vial y en la comunidad.

7. REFERENCIAS

Alcaldía de Manizales. (2001). *PLAN DE ORDENAMIENTO TERRITORIAL DE MANIZALES DIAGNOSTICO INTEGRAL DEL TERRITORIO ÁREA URBANA CAPÍTULO 1 SUELO.*

ALCALDÍA DE MANIZALES. (2017). *PLAN DE ORDENAMIENTO TERRITORIAL DEL MUNICIPIO DE MANIZALES 2017-2031 DIAGNOSTICO- DOCUMENTO RESUMEN.*

Carvajal, J. H. (2011). *Propuesta de Estandarización de la Cartografía Geomorfológica en Colombia.* Bogotá: INGEOMINAS.

COMISION ASESORA PERMANENTE PARA EL REGIMEN DE CONSTRUCCIONES SISMO RESISTENTES. (2010). *Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente NSR-10.* Bogotá D.C.

Consorcio ordenamiento cuenca del río Risaralda. (2017). *POMCA Río Risaralda.*

CONVENIO CORPOCALDAS – ASOCARS – U.N. (2013). *Plan de ordenación y manejo ambiental de la cuenca hidrográfica del río Chinchiná (POMCA)- Síntesis del Diagnóstico.*

Corpocaldas. (2021). *Documento: 2021-IE-00030324. Respuesta a oficio 567 -2021-532335. Radicado DP No. 2021-EI -00017737 vereda Pízamo- Municipio de Risaralda.*

EDASU. (2023). *EDASU*. Obtenido de EDASU: https://www.edasu.es/metodos-de-perforacion/

INGEOMINAS. (1998). *Memoria explicativa geología de la plancha 205 Chinchiná.*

INGEOMINAS. (2001). *GEOLOGÍA DE LAS PLACHAS 206 MANIZALES Y 225 NEVADO DEL DEL RUÍZ ESCALA 1:100.000.*

ISRM. (1981). Rock Characterization, Testing and Monitoring, ISRMSuggested Methods. ET Brown (ed.), . *Pergamon Press.*

Mejía Vélez, D. Y. (2019). Metamorfismo Jurásico en los Andes Colombianos: ¿Respuesta del arco a la transición de un régimen de subducción extensional a uno transpresivo? *[Tesis de Maestría, Universidad Nacional de Colombia].*, 18-21.

Morales Carmona, J. A., & Palacion Bedoya, S. (2015). *ANÁLISIS CINEMÁTICO Y DE MECANISMOS DE DEFORMACIÓN PRESENTES EN ROCAS DEL COMPLEJO QUEBRADAGRANDE, A LA LATITUD DEL MUNICIPIO DE VILLAMARIA CALDAS.*

Moreno Sánchez, M., Hincapié, G., Ossa, C., & Toro Toro, L. (2016). *Caracterización geológico-estructural de algunas zonas de cizalla en el Complejo Quebradagrande en los alrededores de Manizales y Villamaría. Boletín de Geología, 38(4): 15-27.*

Naranjo Henao, J., & Ríos Alzate, P. (1989). *Geología de Manizales y sus alrededores y su influencia en los riesgos geológicos.*

Servicio Geológico Colombiano. (2016). *Guía Metodológica Para Estudios de Amenaza, Vulnerabilidad y Riesgo por Movimientos en Masa.*

Servicio Geológico Colombiano. (2016). *Guía metodológica para estudios de amenaza. vulnerabilidad y riesgo por movimientos en masa.* Bogotá DC.

SGC. (2014). *Memoria explicativa del mapa geomorfológico aplicado a movimientos en masa escala 1:100.000. Plancha 205 - Chinchiná.* Sogamoso.

SGC. (2014). *MEMORIA EXPLICATIVA DEL MAPA GEOMORFOLÓGICO APLICADO A MOVIMIENTOS EN MASA ESCALA 1:100.000. PLANCHA 206 MANIZALES.*

SGC. (2015). UNIDADES GEOLÓGICAS SUPERFICIALES Y SUBUNIDADES GEOMORFOLÓGICAS EN UN ÁREA DE LA JURISDICCIÓN DE CARDIQUE A ESCALA 1:25.000 .

SGC. (2017). *Guía Metodológica para la zonificación de amenaza por movimientos en masa Escala 1:25.000.*

SGC. (2017). *Guía Metodológica para la Zonificación de Amenaza por Movimientos en Masa Escala 1:25.000.*

Toro Toro, L. M., Hincapié Jaramillo, G., & Ossa Meza, C. A. (2010). *PETROGRAFÍA Y GEOQUÍMICA DE LOS METAGABROS DEL RÍO OLIVARES SECTOR NNW DE MANIZALES (CALDAS). Boletín de Geología Vol. 32, No 2.*

UNIVERSITAT POLITECNICA DE VALENCIA. (2019). *PoliBlogs*. Obtenido de PoliBlogs: https://victoryepes.blogs.upv.es/2019/01/29/principios-de-las-perforaciones-a-rotacion/

Van Zuidam, R. (1986). *Aerial photo-interpretation in terrain analysis.*

VERSTAPPEN, H., & ZUIDAM, V. RA . (1992). *El sistema ITC para levantamientos geomorfológicos. Publicación ITC, (10).*

Zinck, J. (2012). *Geopedología.* Holanda: Faculty of GeoInformation Science and Earth Observation.

Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica [AIS]. (2010). Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente de 2010. NSR-10. Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial.

Beaty, K. S., Schmitt, D. R., & Sacchi, M. (2002). Simulated annealing inversion of multimode Rayleigh wave dispersion curves for geological structure. Geophys. J. Int. (151), 622-631.

Dal Moro, G., Pipan, M., & Gabrielli, P. (2007). Rayleigh wave dispersion curve inversion via genetic algorithms and Marginal Posterior Probability Density estimation. Journal of Applied Geophysics (61), 39-55.

Dal Moro, G., Pipan, M., Forte, E., & Finetti, I. (2003). Determination of Rayleigh wave dispersion curves for near surface applications in unconsolidated sediments. In 2003 SEG Annual Meeting.

Degrande, G., Badsar, S. A., Lombaert, G., & Schevenels, M. (2008). Application of the Coupled Local Minimizers Method to the Optimization Problem in the Spectral Analysis of Surface Waves Method. Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering, 134(10).

Foti, S. (2000). Multistation method s for geotechnical characterization using surface waves. Politecnico di Torino.

Foti, S. (2003). Small-strain stiffness and damping ratio of Pisa clay from surface wave tests. Geotechnique (53), 455–461.

Gabriels, P., Snieder, R., & Nolet, G. (1987). In situ measurements of shear-wave velocity in sediments with higher-mode Rayleigh waves. Geophys (35), 187–196.

Gardner, J. M., Marosi, K. T., & Hiltunen, D. R. (2009). Detailing of a systematic protocol for surface wave inversion. Contemp. Top. Situ Test. Anal. Reliab. Found (186), 66–73.

Louie, J. (2001). Faster, Better: Shear-Wave Velocity to 100 Meters Depth From Refraction Microtremor Arrays. Bulletin of the Seismological Society of America, 91(2).

McMechan, G. A., & Yedlin, M. J. (1981). Analysis of dispersive waves by wave field transformation. Geophysics (46), 869–874.

Nazarian, S., Kenneth, H., Stokoe, I., & Hudson, W. (1993). Use of Spectral Analysis of Surface Waves Method for Determination of Moduli and Thicknesses of Pavement Systems. Transportation Research Record (930), 38-45.

Park, C., Miller, R., & Xia, J. (1999). Multichannel analisis of surface waves. Geophysics (64), 800-808.

Park, C. B., Miller, R. D., & Xia, J. (1998). Imaging dispersion curves of surface waves on multi-channel record. In SEG Expanded Abstracts, 1377–1380.

Pelekis, P., & Athanasopoulos, G. (2011). An overview of surface wave methods and a reliability study of a simplified inversion technique. Soil Dynamics and Earthquake Engineering (31), 1654-1668.

Redpath, B. B. (1973). SEISMIC REFRACTION EXPLORATION FOR ENGINEERING SITE INVESTIGATIONS. Springfield, Virginia.

Richart, F., Hall, J., & Woods, R. (1970). Vibrations of soil and foundations. Michigan: Prentice-Hall, INC.

Stokoe, K., Wright, G., James, A., & Jose, M. (1994). Characterization of geotechnical sites by SASW method, in Geophysical characterization of sites. Oxford Publishers. New Delhi.: ISSMFE Technical Committee #10.

Tokimatsu, K., Kuwayama, S., Tamura, S., & Miyadera, Y. (1991). Vs determination from steady state Rayleigh wave method. Soils and Foundations.

Wathelet, M. (2005). Array recordings of ambient vibrations: surface-wave inversion. Universit´e de Li`ege.

Zywicki, D. J., & Rix, G. J. (2005). Mitigation of Near-Field Effects for Seismic Surface Wave Velocity Estimation with Cylindrical Beamformers. Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering(131).

INT-MNZ -24929-0016

Manizales, 05 de diciembre de 2024.

Ingeniero:
ÁLVARO VERA
Coordinador de Consultoría
LEMOINE RIVERA INGENIEROS ASOCIADOS S.A.S

Referencia:
Contrato 2408080929 *"INTERVENTORÍA TÉCNICA, ADMINISTRATIVA, FINANCIERA Y JURÍDICA A LOS ESTUDIOS Y DISEÑOS DE LA INTERSECCIÓN VIAL UBICADA EN LA CALLE 63 CON CALLE 64 EN EL SECTOR DE LA ESCUELA DE CARABINEROS DE LA CIUDAD DE MANIZALES"*

Contrato 2408130942 *"ESTUDIOS Y DISEÑOS DEFINITIVOS (FASE 3) PARA LA CONSTRUCCIÓN DE INFRAESTRUCTURA DE LA INTERSECCIÓN CALLE 63 CON CALLE 64 EN EL SECTOR DE LA ESCUELA DE CARABINEROS DE LA CIUDAD DE MANIZALES"*

ASUNTO: *Aprobación Entrega Preliminar del componente Estudios de trazado y Diseño geométrico.*

Cordial saludo,

En cumplimiento de nuestras funciones como interventoría técnica, administrativa, financiera y jurídica, y en atención a lo estipulado en el Contrato No. 2408130942, nos permitimos informar que hemos revisado los entregables correspondientes al componente preliminar de diseño geométrico de vías.

Hemos recibido cinco alternativas de diseño geométrico, de las cuales las alternativas 1, 2 y 3 corresponden a las propuestas originales presentadas por el consultor, mientras que las alternativas 4 y 5 han sido generadas como resultado de los ajustes acordados en las mesas de trabajo realizadas entre el consultor, la interventoría, la Secretaría de Infraestructura, la Secretaría de Movilidad e INVAMA.

Reconocemos que las alternativas ajustadas reflejan las recomendaciones emitidas y los ajustes solicitados durante el desarrollo del proceso. En este sentido, el componente correspondiente a la entrega preliminar de los diseños geométricos se aprueba, cumpliendo con lo estipulado en el contrato como requisito para esta fase del proyecto.

Quedamos atentos para continuar trabajando en conjunto hacia la consolidación de los entregables definitivos que permitan cumplir con los objetivos del proyecto.

Cordialmente,

WENTZER MAURICIO LEÓN TORRES
Director De Interventoría
WENTZER SAS**.**
Tel. 317 426 6566

Manizales, 03 de diciembre de 2024.

Ingeniero:
ÁLVARO VERA
Coordinador de Consultoría
LEMOINE RIVERA INGENIEROS ASOCIADOS S.A.S

Referencia:
Contrato 2408080929 *"INTERVENTORÍA TÉCNICA, ADMINISTRATIVA, FINANCIERA Y JURÍDICA A LOS ESTUDIOS Y DISEÑOS DE LA INTERSECCIÓN VIAL UBICADA EN LA CALLE 63 CON CALLE 64 EN EL SECTOR DE LA ESCUELA DE CARABINEROS DE LA CIUDAD DE MANIZALES"*

Contrato 2408130942 *"ESTUDIOS Y DISEÑOS DEFINITIVOS (FASE 3) PARA LA CONSTRUCCIÓN DE INFRAESTRUCTURA DE LA INTERSECCIÓN CALLE 63 CON CALLE 64 EN EL SECTOR DE LA ESCUELA DE CARABINEROS DE LA CIUDAD DE MANIZALES"*

Documento: Leomine – CM004-2024 Lote 3 – TEC 14: *Remisión volumen preliminar de topografía.*

Informe de topografía: *Levantamiento Topográfico del Área de influencia de la intersección vial entre la Calle 64 y la Calle 63 ubicada en el municipio de Manizales - Caldas*

ASUNTO: *Aprobación del Componente Preliminar de Topografía - Contrato*

Cordial saludo,

En cumplimiento de nuestras funciones como interventoría y en atención a lo establecido en el contrato 2408130942, nos permitimos comunicar la revisión y aprobación del informe preliminar de topografía relacionado con el levantamiento del área de influencia de la intersección vial entre la Calle 64 y la Calle 63 en el sector de Carabineros.

ANÁLISIS Y RESULTADOS DE LA REVISIÓN:

1. Metodología y Normatividad

El informe demuestra un adecuado cumplimiento de los estándares técnicos y normativos, destacándose:

- Métodos aplicados: Se emplearon técnicas combinadas de georreferenciación estático diferencial y RTK, ajustadas a la resolución 643 de 2018 del IGAC.
- Marco de referencia: La información georreferenciada cumple con el sistema MAGNA-SIRGAS.

2. Cobertura del Levantamiento

El levantamiento abarcó 2.06 hectáreas (20623 m²) del área de influencia, cumpliendo con las delimitaciones definidas en los términos de referencia.

3. Productos Generados

CONTROL DE PLANOS
INTERVENTORÍA TÉCNICA - WENTZER S.A.S.

WM-005
CONT_PLANOS_V1
JUN-2024
WENTZER SAS

PROYECTO:	INTERVENTORÍA - INTERSECCIÓN CARABINEROS
CONTRATO	2408080929
OBJETO DEL CONTRATO	INTERVENTORÍA TÉCNICA, ADMINISTRATIVA, FINANCIERA Y JURÍDICA A LOS ESTUDIOS Y DISEÑOS DE LA INTERSECCIÓN VIAL UBICADA EN LA CALLE 63 CON CALLE 64 EN EL SECTOR DE LA ESCUELA DE CARABINEROS DE LA CIUDAD DE MANIZALES
DIRECTOR DE INTERVENTORÍA	WENTZER MAURICIO LEÓN TORRES
FECHA REV:	18/11/2024

PLANOS RECIBIDOS CTO 2408130942

"ESTUDIOS Y DISEÑOS DEFINITIVOS (FASE 3) PARA LA CONSTRUCCIÓN DE INFRAESTRUCTURA DE LA INTERSECCIÓN CALLE 63 CON CALLE 64 EN EL SECTOR DE LA ESCUELA DE CARABINEROS DE LA CIUDAD DE MANIZALES"

TOPOGRAFÍA	REALIZADOS POR: LEOMINE RIVERA INGENIEROS ASOCIADOS S.A.S. NIT. 800.175.083	ING. ÁNDERSON CASTILLO ABRIL M.P. 25335-314055 CND

PLANO No.	TIPO DE PLANO	CONTIENE	VERSIÓN - MODIFICACIÓN
RH-01	LEVANTAMIENTO DE REDES	PLANTA GENERAL DE LA INSPECCIÓN DE REDES HÚMEDAS	
RH-02	LEVANTAMIENTO DE REDES	PLANTA GENERAL DE LA INSPECCIÓN DE REDES HÚMEDAS	
TOP-01	TOPOGRAFÍA	LOCALIZACIÓN GENERAL DE LA INTERSECCIÓN VIAL CALLE 63 CON CALLE 64	
TOP-02	TOPOGRAFÍA	PLANTA PERFIL DE LA VÍA CALLE 64 A	
TOP-03	TOPOGRAFÍA	PLANTA PERFIL DE LA VÍA CALLE 63	
TOP-04	TOPOGRAFÍA	SECCIONES TRANSVERSALES DE LA VÍA CALLE 64A Y CALLE 63 TRAMO K0+000 A K0+145	
TOP-05	TOPOGRAFÍA	SECCIONES TRANSVERSALES DE LA VÍA CALLE 64A Y CALLE 63 TRAMO K0+150 A K0+295	
TOP-06	TOPOGRAFÍA	PLANTA PERFIL DE LA VÍA CALLE 64	
TOP-07	TOPOGRAFÍA	PLANTA PERFIL DE LA VÍA CALLE 64	
TOP-08	TOPOGRAFÍA	SECCIONES TRANSVERSALES DE LA VÍA CALLE 64 TRAMO K0+000 A K0+150	
TOP-09	TOPOGRAFÍA	SECCIONES TRANSVERSALES DE LA VÍA CALLE 64 TRAMO K0+155 A K0+252.78	
TOP-10	TOPOGRAFÍA	PLANTA PERFIL DE LA VÍA CALLE 64A	
TOP-11	TOPOGRAFÍA	SECCIONES TRANSVERSALES DE LA VÍA CALLE 64A TRAMO K0+00 A K0+085	
TOP-12	TOPOGRAFÍA	SECCIONES TRANSVERSALES DE LA VÍA CALLE 64A TRAMO K0+090 A K0+159.35	

Tabla 1: PLANOS RECIBIDOS - TOPOGRAFÍA

Documentación técnica:

- Memorias de cálculo detalladas, carteras de campo y resultados del postproceso de coordenadas.
- Registro fotográfico de las actividades de campo.

Calidad y precisión: Los productos cumplen con los requerimientos técnicos establecidos, con errores dentro de los límites permitidos por la normativa vigente.

5. Observaciones Adicionales

- La documentación presentada es completa y técnicamente consistente, evidenciando un trabajo detallado y meticuloso.

CONCLUSIÓN

De acuerdo con el análisis realizado, este componente preliminar de topografía se aprueba como insumo válido para las siguientes fases del proyecto, conforme a lo establecido en el contrato.

Agradecemos la diligencia en la presentación del informe y quedamos atentos para coordinar cualquier actividad que facilite el desarrollo exitoso de los estudios y diseños definitivos.

Cordialmente,

WENTZER MAURICIO LEÓN TORRES
Director De Interventoría
WENTZER SAS**.**
Tel. 317 426 6566

Manizales, 04 de diciembre de 2024.

Ingeniero:
ÁLVARO VERA
Coordinador de Consultoría
LEMOINE RIVERA INGENIEROS ASOCIADOS S.A.S

Referencia:
Contrato 2408080929 *"INTERVENTORÍA TÉCNICA, ADMINISTRATIVA, FINANCIERA Y JURÍDICA A LOS ESTUDIOS Y DISEÑOS DE LA INTERSECCIÓN VIAL UBICADA EN LA CALLE 63 CON CALLE 64 EN EL SECTOR DE LA ESCUELA DE CARABINEROS DE LA CIUDAD DE MANIZALES"*

Contrato 2408130942 *"ESTUDIOS Y DISEÑOS DEFINITIVOS (FASE 3) PARA LA CONSTRUCCIÓN DE INFRAESTRUCTURA DE LA INTERSECCIÓN CALLE 63 CON CALLE 64 EN EL SECTOR DE LA ESCUELA DE CARABINEROS DE LA CIUDAD DE MANIZALES"*

Documento: Leomine – CM004-2024 Lote 3 – TEC 15: *Remisión volumen preliminar de estudios de tránsito.*

Informe de Tránsito: *Volumen II – Estudio de tránsito, capacidad y análisis de servicio.*

ASUNTO: *Aprobación del Componente Preliminar de Tránsito - Contrato 2408130942*

Cordial saludo,

En cumplimiento de nuestras funciones de interventoría técnica, administrativa, financiera y jurídica, se realizó la revisión del informe preliminar del Estudio de Tránsito presentado por el Consultor. Este documento corresponde a un componente fundamental para el desarrollo del proyecto vial en la intersección Calle 63 con Calle 64 en el sector Carabineros, Manizales.

ANÁLISIS Y RESULTADOS DE LA REVISIÓN:

1. Caracterización del tránsito actual.

- Los volúmenes vehiculares han sido correctamente estimados mediante mediciones de campo y técnicas validadas, incluyendo el método de placas para la identificación de patrones de origen-destino.
- Se identificó la hora de máxima demanda y se realizó un desglose por tipo de vehículo y modalidad, cumpliendo con los estándares establecidos.

2. Simulaciones y Niveles de Servicio

- Los niveles de servicio fueron clasificados según los criterios del HCM 2000, con escenarios para la situación actual y proyecciones futuras que permiten analizar las condiciones operativas en cada intersección del área de influencia.

3. Proyección de tránsito y análisis futuro

- La proyección del tránsito a corto, mediano y largo plazo utiliza datos históricos y modelos estocásticos que consideran el desarrollo urbano planificado en la zona.
- Los resultados proyectados son consistentes con los objetivos del proyecto permitiendo evaluar el impacto de las alternativas propuestas en términos de reducción de tiempos de viajes y mejorar la capacidad vial

4. Cálculo de ejes equivalentes y dimensionamiento

- El análisis de carga vehicular y el cálculo de ejes equivalentes fueron realizados conforme al Manual de Diseño Geométrico de Carreteras del INVIAS.
- Estos datos proporcionan insumos precisos para el diseño estructural del pavimento en el área de intervención

CONCLUSIÓN

Tras la revisión detallada, el informe preliminar de tránsito presentado por el Consorcio Lemoine Rivera Ingenieros Asociados SAS **se aprueba** como insumo válido para las siguientes fases del proyecto. De acuerdo con el análisis realizado, se puede indicar que este documento constituye una base preliminar sólida para el informe final de tránsito y un elemento valioso para el desarrollo de los demás componentes de los contratos indicados en referencia.

Agradecemos la diligencia en la presentación del informe y quedamos atentos para coordinar cualquier actividad que facilite el desarrollo exitoso de los estudios y diseños definitivos

Cordialmente,

WENTZER MAURICIO LEÓN TORRES
Director De Interventoría
WENTZER SAS.
Tel. 317 426 6566

Manizales, 12 de noviembre de 2024.

Ingeniero:
ÁLVARO VERA
Coordinador de Consultoría
LEMOINE RIVERA INGENIEROS ASOCIADOS S.A.S.

referencia:
contrato 2408080929 *"INTERVENTORÍA TÉCNICA, ADMINISTRATIVA, FINANCIERA Y JURÍDICA A LOS ESTUDIOS Y DISEÑOS DE LA INTERSECCIÓN VIAL UBICADA EN LA CALLE 63 CON CALLE 64 EN EL SECTOR DE LA ESCUELA DE CARABINEROS DE LA CIUDAD DE MANIZALES"*

contrato 2408130942 *"ESTUDIOS Y DISEÑOS DEFINITIVOS (FASE 3) PARA LA CONSTRUCCIÓN DE INFRAESTRUCTURA DE LA INTERSECCIÓN CALLE 63 CON CALLE 64 EN EL SECTOR DE LA ESCUELA DE CARABINEROS DE LA CIUDAD DE MANIZALES"*

documento Leomine – CM004-2024 Lote 3 – TEC 16: *Remisión metodología de estudio geológico y geomorfológico.*

ASUNTO: *Aprobación de la metodología de estudios de geología*

Cordial saludo,

En cumplimiento de las funciones asignadas a la interventoría y tras la revisión detallada de la metodología presentada en el documento "Metodología para los Estudios de Geología para Ingeniería", correspondiente al contrato 2408130942, nos permitimos informar que la misma ha **sido aprobada**, teniendo en cuenta que cumple con los lineamientos técnicos establecidos en el contrato y el anexo técnico, de acuerdo con lo siguiente:

- **Definición de objetivos y alcances:** Incluye objetivos específicos claros, como la caracterización geológica y geomorfológica del área de estudio, identificación de fuentes de materiales y análisis de inestabilidad.
- **Metodología estructurada:** Describe detalladamente las fases del estudio, desde la investigación de antecedentes hasta los estudios de campo y el procesamiento de la información en oficina**.**
- **Estudios de campo:** Incluye levantamientos cartográficos, estudios de procesos morfodinámicos, caracterización de unidades geológicas y análisis multitemporal.
- **Interacción interdisciplinaria:** Considera la integración de los estudios con otras disciplinas, como geotecnia e hidrología**.**
- **Productos a entregar:** Detalla los productos esperados, incluyendo mapas, perfiles geológicos y un informe final con recomendaciones**.**

CONCLUSIÓN

La metodología presentada es adecuada y se ajusta a los requerimientos del contrato. Por tanto, **se aprueba**.

Sin embargo, se precisa que la aprobación de esta metodología no excluye el cumplimiento de las obligaciones contractuales establecidas, ni limita la posibilidad de realizar ajustes o modificaciones en su contenido. Estos cambios podrán ser implementados con base en las recomendaciones surgidas en futuras mesas de trabajo, siempre que se mantengan dentro del marco contractual vigente y no alteren el alcance del proyecto.

Agradecemos su atención y quedamos atentos a cualquier inquietud adicional.

Cordialmente,

WENTZER MAURICIO LEÓN TORRES
Director De Interventoría
WENTZER SAS**.**
Tel. 317 426 6566
Correo. supervisiontecnicawm@gmail.com

METODOLOGÍA DE TRABAJO

GEOLOGIA PARA INGENIERIA

MANIZALES SEPTIEMBRE DE 2024

TABLA DE CONTENIDO

ESTUDIO DE GEOLOGIA PARA INGENIERIA **3**
1. CAPÍTULO 1. OBJETIVOS Y ALCANCES **3**
1.1. Objetivos Específicos **3**
1.2. Alcance **3**
2. CAPÍTULO 2. GENERALIDADES **3**
3. CAPITULO 3. DESCRIPCIÓN DE LA METODOLOGÍA UTILIZADA **3**
4. CAPITULO 4. ESTUDIO DE ANTECEDENTES **4**
5. CAPITULO 5. ESTUDIOS DE CAMPO **4**
5.1. Geología **4**
5.1.1. Unidades Geológicas para Ingeniería 5
5.1.2. Inventario de Procesos Morfodinámicos (IPM) 20
5.1.3. Geomorfología a nivel de Elementos Geomorfológicos 23
CAPITULO 6. ESTUDIOS DE FUENTES DE MATERIALES **26**
CAPITULO 7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES **26**

ESTUDIO DE GEOLOGIA PARA INGENIERIA

1. CAPÍTULO 1. OBJETIVOS Y ALCANCES

Realizar el estudio detallado de la geología y geomorfología del corredor vial y su área de influencia.

1.1. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Recopilación de información secundaría y cartografía disponible.
- Determinar la caracterización geológica, geomorfológica y tectónica regional asociada a la zona de influencia del corredor vial.
- Definir las características geológicas, geomorfológicas y tectónicas de detalle a nivel local a lo largo del corredor vial objeto de estudio.
- Determinar y caracterizar los sectores inestables en estado activo y los que sugieren algún tipo de inestabilidad potencial presentes a lo largo del proyecto.
- Realizar el levantamiento de estaciones geológicas a lo largo del corredor vial.
- Complementar el estudio geológico con los registros de los sondeos y apiques ejecutados a lo largo del corredor vial.
- Identificar diferentes fuentes de materiales que puedan ser utilizadas en la construcción del corredor vial.
- Realizar los mapas y perfiles geológicos, geomorfológicos del corredor vial.

1.2. ALCANCE

El alcance de este volumen es determinar mediante la información recopilada y a escala 1:5.000 los aspectos geológicos de las áreas donde se desarrollará el proyecto.

Se definirán zonas de comportamiento geológico homogéneo.

2. CAPÍTULO 2. GENERALIDADES

Se presentará la localización del proyecto y la ubicación de los sitios a evaluar.

3. CAPITULO 3. DESCRIPCIÓN DE LA METODOLOGÍA UTILIZADA

A continuación, se enuncia la metodología que se utilizará para la elaboración del informe correspondiente al Volumen de Geología para Ingeniería.

- Estudio de antecedentes. Es la fase inicial del proyecto en donde se recopila la información secundaria del área de estudio, elaborada por fuentes oficiales y que cumpla con los requerimientos mínimos de detalle. Esta información incluye documentos, mapas cartográficos y fotografías digitales e información temática.

- Trabajo de campo: Se llevará a cabo un reconocimiento de campo con el fin de realizar un levantamiento cartográfico detallado a escala 1:5000, reconocimiento

geológico y geotécnico de superficie, definir las áreas de exploración del subsuelo. Adicionalmente se elaborará un control geomorfológico para la caracterización de los Elementos Geomorfológicos que constituyen el área de estudio en función de la disposición de las laderas y su pendiente.

- En la fase de oficina se procesa y se evalúa la información recolectada en las fases previas, para la realización del informe final y el ajuste de la cartografía temática correspondiente.

4. CAPITULO 4. ESTUDIO DE ANTECEDENTES

Análisis y recopilación de información bibliográfica disponible respecto al área del proyecto, a partir de la consulta en entidades territoriales, trabajos existentes en el área, información documental y cartográfica consignada por entidades nacionales. Esto con el fin de recopilar información sobre los siguientes aspectos: geología, geología para ingeniería, geomorfología, geología estructural. Adicionalmente, se realizará un análisis multitemporal de sensores remotos y fotointerpretación de imágenes satelitales para evaluar la dinámica temporal del área de estudio, posibles áreas de recurrencia y relación multitemporal con áreas inestables.

5. CAPITULO 5. ESTUDIOS DE CAMPO

5.1. GEOLOGÍA

Para la descripción de las unidades geológicas relacionadas del área de estudio se empleará una metodología que consiste en tres fases las cuales son descritas a continuación.

Fase pre-campo

En la fase inicial del proyecto, que corresponde a la fase de previa al campo, se recopilará la información secundaria del área de estudio, a partir de la consulta en entidades territoriales, trabajos existentes en el área, información documental y cartográfica consignada por entidades nacionales. Una vez analizada la bibliografía disponible se construirá la geología regional que sirve de base para la verificación de las unidades geológicas presentes en el área de influencia del área de estudio. Adicionalmente, con la información colectada, se definirán puntos de control en los lugares clave para su corroboración durante la fase de campo.

Fase de campo

En dicha fase de campo efectuada en las áreas de interés, se llevará a cabo la identificación y corroboración de las litologías a través de los recorridos en el terreno. En estos recorridos se realizarán puntos de control que consisten esencialmente en identificar las características litológicas de las rocas y depósitos aflorantes, la toma de datos estructurales si es del caso (diaclasas y fracturas) con la brújula, rasgos estructurales, estado de meteorización de la roca, comportamiento general de las unidades aflorantes.

Fase post-campo

Durante esta fase se procesará la información recolectada en las dos fases previas, para la realización del informe final y el ajuste de la cartografía temática correspondiente. Para la redacción del presente informe, se incluirá un marco geológico regional del área de estudio, en el cual se conocen generalidades de las unidades aflorantes cerca al área circundante al área de estudio. Se elaborará la caracterización estructural y local del tramo vial, unidades geológicas locales y la descripción inicial de los materiales presentes en el área.

5.1.1. Unidades Geológicas para Ingeniería

En el área de estudio se van a delimitar y describir las propiedades de los suelos desde el punto de vista ingenieril, para lograr dicho propósito se toman como base las guías metodológicas para la zonificación de amenaza por movimientos en masa a escala 1:5.000 realizadas por el SGC (2016) en las cuales se proponen los elementos y formas de evaluación que deben tenerse en cuenta para estandarizar la clasificación de las Unidades Geológicas para Ingeniería.

Un mapa de Unidades Geológicas para Ingeniería, permite separar el terreno en unidades homogéneas en cuanto a las características mecánicas de los suelos, se consideran tres aspectos fundamentales: 1) diferenciar los materiales aflorantes entre suelos y rocas, 2) definir los espesores de suelo o las características estructurales del macizo rocoso, y 3) caracterizar los materiales de acuerdo con sus propiedades mecánicas, para la correcta caracterización de unidades se discriminan entre: rocas, suelos residuales y saprolitos, suelos transportados y por último suelos de origen antrópico. SGC (2016).

Durante las visitas de campo se elabora un reconocimiento geológico y geotécnico de superficie, definir las áreas de exploración del subsuelo, elaboración de trincheras, líneas de refracción sísmica, perforaciones estándar y rotación, ensayos “IN SITU” y en el laboratorio, de tal manera que se obtenga la caracterización geomecánica de los materiales que constituyen el área del proyecto, se elaborará la identificación de puntos críticos.

Para la descripción y caracterización de las rocas se tienen en cuenta los siguientes aspectos:

Composición mineralógica y clasificación genética, tamaño y forma de los granos, color de acuerdo a la escala de Colores de Munsell, grado de meteorización o alteración, dureza o resistencia a la compresión simple obtenida con pruebas de campo de acuerdo al SGC y disposición estructural. Adicionalmente se realizaron observaciones más detalladas que incluyen aspectos texturales como el color de la roca, la forma y el tamaño de los granos, el grado de redondez y esfericidad, la porosidad y permeabilidad, el tipo de cemento y matriz, entre otros, que también proporcionan criterios para determinar el comportamiento ingenieril de las rocas.

Para los suelos se tienen en cuenta aspectos como: la granulometría, forma de las partículas, gradación, contactos, entre otros.

Hay un número de propiedades generales que son comunes para cualquier tipo de suelo, por ejemplo: el origen, la composición de las partículas, el color, la condición de humedad y estructuras relictas y/o discontinuidades en la masa de suelo. Sin embargo, existen también características propias para los suelos finos tales como la consistencia y la plasticidad, así las que identifican en particular a los suelos gruesos: forma (redondez y esfericidad) y tamaño, gradación, selección, estructura y empaquetamiento, compacidad y densidad relativa (SGC, 2017).

Finalmente se realizará un análisis del área de estudio, interpretación de los ensayos de laboratorio elaborados, caracterización geomecánica definitiva de los materiales, delimitación de los elementos geomorfológicos, conclusiones y recomendaciones generales.

A continuación, se describen más detalladamente los procesos de evaluación y caracterización geotécnica de materiales rocosos y unidades de suelo para este proyecto.

Caracterización de rocas

Para la descripción y caracterización de las rocas se tuvieron en cuenta los siguientes aspectos:

- Composición mineralógica y clasificación genética
- Tamaño y forma de los granos
- Color de acuerdo a la escala de Colores de Munsell
- Grado de meteorización o alteración
- Dureza o resistencia a la compresión simple obtenida con pruebas de campo de acuerdo al SGC
- Disposición estructural

Observaciones más detalladas incluyen aspectos texturales como el color de la roca, la forma y el tamaño de los granos, el grado de redondeamiento y esfericidad, la porosidad y permeabilidad, el tipo de cemento y matriz, entre otros, que también proporcionan criterios para determinar el comportamiento ingenieril de las rocas.

- Grado de meteorización

Las rocas sólidas son cambiadas o transformadas debido a la desintegración física y descomposición química en la superficie de la tierra o muy cerca de ella. El proceso ocurre “in situ”, el resultado final da origen a un perfil de roca alterada o saprolito y a la formación de suelos residuales, los cuales tienen propiedades diferentes a la roca original. Para definir el grado de meteorización de las rocas se utilizaron los perfiles generados por Deere y Patton (1971) y Dearman (1974, 1991).

- Perfil de meteorización

Como resultado de la descomposición de las rocas se forma una secuencia de horizontes cada uno de los cuales posee características físicas, químicas y mecánicas diferentes. El paso de un horizonte a otro es gradual y el comportamiento es característico para

cada horizonte, dependiendo no solo del patrón estructural impuesto por las proporciones de roca sana, saprolito y suelo residual; sino también de la mineralogía desarrollada en cada horizonte. El perfil de meteorización en la masa de suelo debe describirse igual que los macizos rocosos. Para ello se adapta la tabla dada a fin de hacerla aplicable a los suelos (SGC, 2017) (**Figura 1** y **Figura 2**).

TÉRMINO	DESCRIPCIÓN
Fresca	No hay señales visibles de meteorización en la matriz rocosa
Descolorida	El color del material fresco original de la roca cambió y es evidencia de la meteorización. Debe indicarse el grado de cambio del color original. Si el cambio de color se limita a constituyentes minerales particulares, debe mencionarse
Descompuesta	Roca meteorizada a la condición de un suelo en el cual la fábrica original del material todavía se mantiene intacta, pero algunos o todos los granos minerales se encuentran descompuestos
Desintegrada	Roca meteorizada a la condición de un suelo en el cual la fábrica original del material se encuentra intacta. Roca friable, pero los granos minerales no están descompuestos del todo

Figura 1 Grado de Meteorización.
Fuente: Tomado del SGC (2017).

HORIZONTES	RECONOCIMIENTO DE CAMPO	COMPORTAMIENTO GENERAL
VI SUELO RESIDUAL	No se reconoce fábrica relicta o heredada; a lo sumo algo de fábrica mineral. Retorno de agua turbia en la perforación, sin pérdida	Incompetente como material de fundación e inestable en excavaciones, si no hacen obras de protección y mitigación
V ROCA COMPLETAMENTE DESCOMPUESTA (saprolito fino)	Roca decolorada muy deleznable con fábrica relicta. Retorno de agua turbia en la perforación, con algo de pérdida. *Sin recobro*	Puede excavarse a mano; incompetente como fundación de grandes estructuras; en cortes de talud se requiere protección vegetal
IV ROCA ALTAMENTE DESCOMPUESTA (saprolito grueso)	Roca decolorada; los fragmentos se pueden desmenuzar aún con la mano. Pueden recobrarse algunos núcleos de perforación. Pérdidas de agua de lavado. *Recobro de núcleos < 30% - 40%*	Las fallas de los taludes son controladas por la fábrica relicta o heredada
III ROCA MODERADAMENTE DESCOMPUESTA	Roca decolorada; los fragmentos no pueden romperse con la mano y presentan meteorización química. Se pierde casi toda el agua de lavado si no se usa lodo. *Recobro de núcleos > (30% - 40%)*	Requiere el uso de explosivos para excavarse; sirve como fundación de estructuras pequeñas y puede usarse para relleno semipermeable; su estabilidad en cortes depende de su actitud estructural
II ROCA DÉBILMENTE DESCOMPUESTA (roca)	Roca algo decolorada, presenta apariencia de roca fresca, salvo que posee meteorización superficial en las diaclasas y fracturas. Sin meteorización química pero con bastante oxidación superficial	Requiere el uso de explosivos para excavarse; estable como fundación de grandes estructuras; las diaclasas abiertas y la posibilidad de que circule agua a presión por estas es desfavorable para la estabilidad de excavaciones
I ROCA FRESCA (roca)	Roca parental sana, sin oxidación superficial o muy poca	Estable como fundación; las fallas de taludes de corte están controladas estructuralmente

Figura 2. Descripción y comportamiento del perfil de meteorización.
Tomado y traducido de Dearman (1974) en SGC (2017).

- Índice de resistencia a la compresión

La resistencia a la compresión simple es una propiedad físico-mecánica de las rocas y suelos cohesivos; permite conocer el valor de carga última, sirve para caracterizar y clasificar la matriz rocosa para futuras obras de ingeniería. En campo, ésta se puede determinar para suelos cohesivos y rocas a partir de parámetros cualitativos, según la International Society of Rock Mechanics (ISRM, 1981) (**Figura 3**).

CLASE	DESCRIPCIÓN	IDENTIFICACIÓN EN CAMPO	APROXIMACIÓN AL RANGO DE RESISTENCIA A COMPRESIÓN SIMPLE (MPa)
S1	Suelo muy blando	El puño penetra fácilmente varios cm	< 0,0025
S2	Suelo blando	El dedo penetra fácilmente varios cm	0,0025 – 0,05
S3	Suelo firme	Se necesita una pequeña presión para hincar el dedo	0,05 – 0,10
S4	Suelo rígido	Se necesita una fuerte presión para hincar el dedo	0,10 – 0,25
S5	Suelo muy rígido	Con cierta presión puede marcarse con la uña	0,25 – 0,50
S6	Suelo duro	Se marca con dificultad al presionar con la uña	> 0,50
R0	Roca extremadamente blanda	Se puede marcar con la uña	0,25 – 1
R1	Roca muy blanda	Al golpear con la punta del martillo la roca se desmenuza. Con navaja se talla fácilmente	1 – 5
R2	Roca blanda	Al golpear con la punta del martillo se producen ligeras marcas. Con navaja se talla con dificultad	5 – 25
R3	Roca moderadamente dura	Con un golpe fuerte del martillo puede fracturarse. Con la navaja no puede tallarse	25 – 50
R4	Roca dura	Se requiere más de un golpe del martillo para fracturarla	50 – 100
R5	Roca muy dura	Se requieren muchos golpes del martillo para fracturarla	100 – 250
R6	Roca extremadamente dura	Al golpear con el martillo sólo saltan esquirlas	> 250

Figura 3. Índices de campo para determinar la resistencia a la compresión simple, de suelos cohesivos y rocas a partir de índices de campo. Tomado de ISRM (1981).

- Descripción de discontinuidades

Los tipos de discontinuidades que se pueden diferenciar en un afloramiento rocoso incluyen las diaclasas, planos de estratificación, laminación, foliación, fallas, diques y superficies de contacto entre rocas sedimentarias y metamórficas o ígneas. La orientación de las familias de discontinuidades con respecto a la dirección del talud, así como su espaciamiento, persistencia, abertura, rugosidad y resistencia de las paredes, determinan en un macizo rocoso su comportamiento ante cargas y cortes o excavaciones (SGC, 2004).

Para caracterizar un macizo rocoso, de acuerdo con sus discontinuidades, se tuvo en cuenta el grado de fracturamiento, el Índice de Fracturamiento (Jv) que permite correlacionar el tamaño de bloque con la calidad del macizo rocoso, densidad de fracturamiento (RQD) y el Índice Geológico de la Resistencia GSI. Adicionalmente se

usan algunos de estos parámetros en la evaluación de la calidad del macizo rocoso o RMR, según Bieniawski (1989) (**Figura 4).**

CLASE	DESCRIPCIÓN	IDENTIFICACIÓN EN CAMPO	APROXIMACIÓN AL RANGO DE RESISTENCIA A COMPRESIÓN SIMPLE (MPa)
S1	Suelo muy blando	El puño penetra fácilmente varios cm	< 0,0025
S2	Suelo blando	El dedo penetra fácilmente varios cm	0,0025 – 0,05
S3	Suelo firme	Se necesita una pequeña presión para hincar el dedo	0,05 – 0,10
S4	Suelo rígido	Se necesita una fuerte presión para hincar el dedo	0,10 – 0,25
S5	Suelo muy rígido	Con cierta presión puede marcarse con la uña	0,25 – 0,50
S6	Suelo duro	Se marca con dificultad al presionar con la uña	> 0,50
R0	Roca extremadamente blanda	Se puede marcar con la uña	0,25 – 1
R1	Roca muy blanda	Al golpear con la punta del martillo la roca se desmenuza. Con navaja se talla fácilmente	1 – 5
R2	Roca blanda	Al golpear con la punta del martillo se producen ligeras marcas. Con navaja se talla con dificultad	5 – 25
R3	Roca moderadamente dura	Con un golpe fuerte del martillo puede fracturarse. Con la navaja no puede tallarse	25 – 50
R4	Roca dura	Se requiere más de un golpe del martillo para fracturarla	50 – 100
R5	Roca muy dura	Se requieren muchos golpes del martillo para fracturarla	100 – 250
R6	Roca extremadamente dura	Al golpear con el martillo sólo saltan esquirlas	> 250

Figura 4. Índices de campo para determinar la resistencia a la compresión simple, de suelos cohesivos y rocas a partir de índices de campo. Tomado de ISRM (1981).

- Grado de fracturamiento o discontinuidades

Se definen como planos o fracturas de origen mecánico o sedimentario que independizan o separan bloques de roca. En la
Tabla 1 y **Tabla 2** se muestra una de las clasificaciones del grado de fracturamiento tenida en cuenta en el estudio de las discontinuidades (SGC, 2015).

Tabla 1 Condición de fracturamiento de las rocas.
Fuente: Ingeominas (2013) en SGC (2017)

CONDICIÓN DE FRACTURAMIENTO DE LAS ROCAS.					
Intervalo de Separación (Espaciamiento)	> 2 m	200-60 cm	60-20 cm	20-6 cm	< 6 cm
Clasificación (grado de fracturamiento)	MASIVA	POCO FRACTURADA	FRACTURADA	MUY FRACTURADA	FRAGMENTADA O TRITURADA

CONDICIÓN DE FRACTURAMIENTO DE LAS ROCAS.					
Características	Discontinuidades bastante espaciadas	Fracturas regularmente espaciadas a ampliamente espaciadas	Fracturas próximas a moderadamente espaciadas	Fracturas muy próximas o estrechamente espaciadas. Las rocas se separan en bloques tabulares	La roca se presenta triturada, astillosa y se separan en lajas con facilidad

Tabla 2. Caracterización de las juntas y discontinuidades del macizo rocoso. Fuente: Tomado de ISRM (1981).

CARACTERIZACIÓN DE LAS JUNTAS Y DISCONTINUIDADES DEL MACIZO ROCOSO																									
ESPACIADO (mm) (ISRM, 1981)							CONTINUIDAD (m) (ISRM, 1981)										ABERTURA (ISRM; 1981)								RUGOSIDAD (ISRM 1981)								
							SEGÚN DIRECCIÓN DE BUZAMIENTO					SEGÚN BUZAMIENTO																				
Extrem juntas.	Muy juntas	Juntas	Moderm.Juntas	Separadas	Muy separadas	Extrm.Separadas	Baja	Baja	Media	Alta	Muy Alta	Baja	Baja	Media	Alta	Muy Alta	Muy cerrada	Cerrada	Parcialm. Abierta	Abierta	Moderad. Abierta	Ancha	Muy ancha	Extrem ancha	Cavernas	Escalonada			Ondulada			Plana		
< 20	≥20. <60	≥60. <200	≥200. <600	≥600. <2000	≥2000.<6000	≥6000	< 1	≥1. <3	≥3. <10	≥10. <20	≥20	< 1	≥1. <3	≥3. <10	≥10. <20	≥20	< 0.1 mm	≥0.1. <0.25 mm	≥0.25. <0.50 mm	≥0.50. <2.50 mm	≥2.50. <10 mm	≥1 cm	≥1. <10 cm	≥10. <100 cm	≥1 m	I Rugosa	II Lisa	III Pulida	IV Rugosa	V Lisa	VI Pulida	VII Rugosa	VIII Lisa	IX Pulida

- Índice de fracturamiento (Jv)

Mide la intensidad de fracturamiento de un macizo rocoso y se define como la sumatoria del número de discontinuidades por familia, encontrados por metro cúbico, en un afloramiento. En forma práctica, para calcular este valor, se suman las discontinuidades de la misma familia, encontradas en un tramo o longitud que puede variar entre 5 y 10 m, medido en forma perpendicular a la dirección de cada familia; el valor obtenido permite estimar el tamaño de los bloques (SGC, 2015).

Jv= Σ (Numero de discontinuidades por familia/longitud (m))

Descripción de bloques en función del número de discontinuidades (**Tabla 3**).

Tabla 3. Descripción del tamaño del bloque en función del número de discontinuidades.
Fuente: Tomado del ISRM (1981).

DESCRIPCIÓN DEL TAMAÑO DEL BLOQUE EN FUNCIÓN DEL NÚMERO DE DISCONTINUIDADES.		
CLASE	**DESCRIPCIÓN**	**JV (DISCONTINUIDADES/M3)**
I	Bloques muy Grandes	<1
II	Bloques Grandes	1-3
III	Bloques Medianos	3-10
IV	Bloques Pequeños	10-30
V	Bloques muy Pequeños	30-60
VI	Macizo Brechificado	>60

Teniendo en cuenta las correlaciones de campo, se determinaron rangos de calidad del macizo rocoso de acuerdo con el Índice de Fracturamiento-Jv como se puede observar en la siguiente **Tabla 4.**

Tabla 4. Calidad del macizo rocoso según índice de fracturamiento.
Fuente: Tomado de ISRM (1981).

CALIDAD DEL MACIZO ROCOSO SEGÚN ÍNDICE DE FRACTURAMIENTO		
TIPO DE ROCA	**CALIDAD**	**JV**
Roca muy Dura	Muy buena	<1 Fr/m^3
Roca Dura	Buena	1-3 Fr/m^3
Roca Intermedia	Regular	4-30 Fr/m^3
Roca Blanda	Mala	31-60 Fr/m^3
Roca muy Blanda	Muy mala	> 61 Fr/m^3

- Densidad de fracturamiento o índice de RQD

El parámetro RQD (Rock Quality Designation) permite estimar el grado de fracturamiento del macizo rocoso por unidad de volumen a partir de testigos de perforación. En la práctica el RQD se calcula mediante la relación entre la sumatoria de las longitudes de los fragmentos de un testigo de perforación, mayor de 10 cm, y la longitud total del testigo obtenido, no excediendo 1,5 m de longitud; el valor obtenido, se ubica dentro de los rangos de porcentaje de RQD **(Tabla 5)** que permite determinar la calidad del macizo (SGC, 2015).

RQD = (Σ longitudes de trozos > 10 cm / longitud total) x 100 (%)

Tabla 5. Rangos de RQD para clasificar la calidad del macizo rocoso.
Fuente: Tomado del SGC (2015).

RANGOS DE RQD PARA CLASIFICAR LA CALIDAD DEL MACIZO ROCOSO.	
CALIDAD DEL MACIZO	**VALOR RQD (%)**
Muy buena	91-100
Buena	76-90

Regular	51-75
Mala	26-50
Muy Mala	<25

- Índice geológico de resistencia (GSI)

La caracterización del macizo rocoso con el GSI es simple y está basada en la impresión visual de la estructura rocosa, en términos de bloques y de la condición superficial de las discontinuidades indicadas por la rugosidad y alteración de las diaclasas. El GSI propuesto por Hoek (1994) y Hoek et al. (1995) proporciona un sistema para estimar la disminución de la resistencia que presenta un macizo rocoso con diferentes condiciones geológicas (SGC, 2017).

Esta clasificación se basa en la observación detallada del macizo rocoso y, por consiguiente, es esencialmente cualitativa. La determinación del GSI se hace a partir de la **Figura 6.** En la se presenta el factor GSI para clasificar macizos rocosos homogéneos, en la **Figura 5** se ingresa desde 2 puntos diferentes, uno horizontal: referente al tamaño y entrabamiento de bloques, composición y estructura; el ingreso vertical es referente a las condiciones de las discontinuidades, se converge posteriormente en el valor del GSI dispuesto en las líneas diagonales. En la siguiente figura se presentan los rangos de calificación del macizo rocoso según el GSI (SGC, 2017).

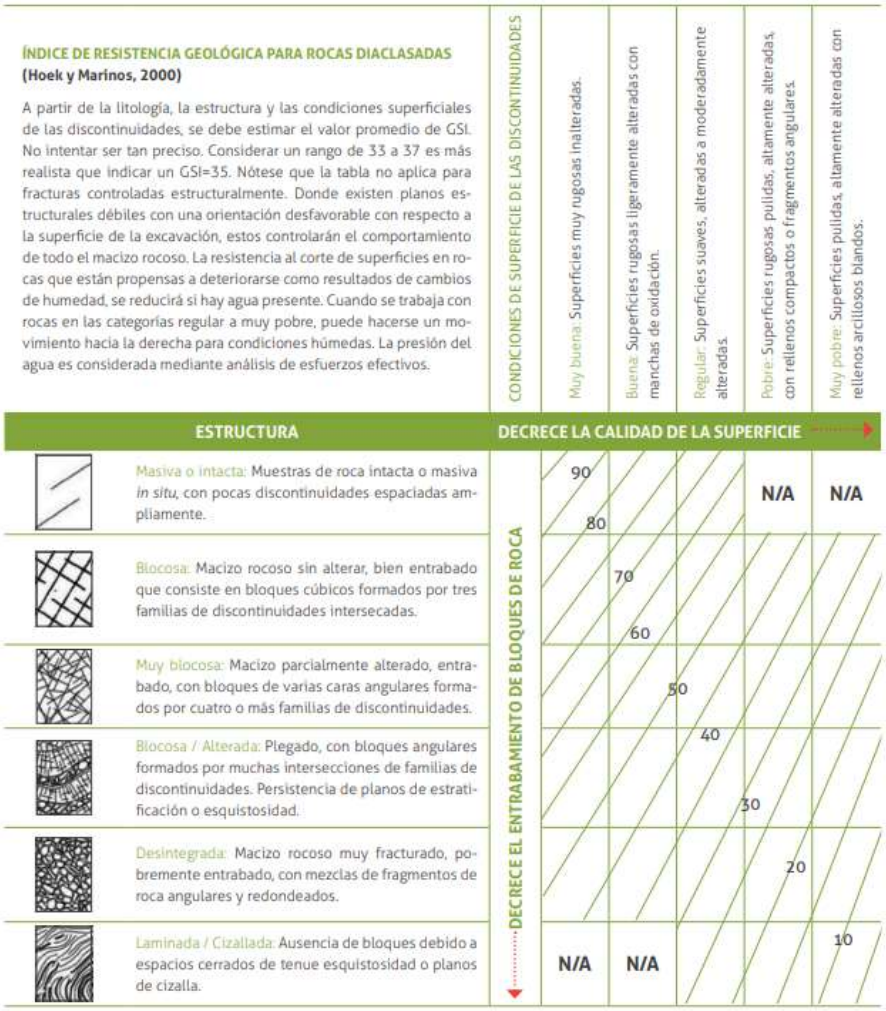


Figura 5. Índice de resistencia para macizos rocosos homogéneos.
Fuente: Tomada del SGC (2017).

CALIDAD DE MACIZO	CLASE O TIPO DE MACIZO	RANGO GSI
Muy mala	VIII - IX	0 - 20
Mala	VI - VII	20 - 40
Regular	IV – V	40 - 60
Buena	II - III	60 - 80
Muy buena	I	80 - 100

Figura 6. Rangos de clasificación de macizo según el GSI.
Fuente: Tomado SGC (2017).

Caracterización de las unidades de suelo

Para SGC (2016) se definen como suelos aquellos materiales sueltos o inconsolidados, compuestos de una mezcla de materia orgánica, fragmentos de roca, arcilla y minerales, producto de la descomposición in situ del material rocoso o de sedimentos transportados por diferentes medios. Se consideran materiales que se pueden excavar fácilmente por métodos manuales y se clasifican como suelos residuales (horizonte VI del perfil de

meteorización de Dearman, 1995) y transportados (depósitos de gravedad-coluvial, aluviales, glaciares y eólicos, entre otros).

El suelo se debilita o ablanda por inmersión en agua; puede ser el resultado de procesos físicos, químicos y biológicos que actúan para producir un material rico en materia orgánica con horizontes característicos (capas) a poca profundidad. El proceso de formación de un suelo puede ser de la erosión o meteorización de rocas más duras o de suelos más antiguos “in situ” o puede ser material transportado o depositado como una formación geológica débil, Selby (1993. citado por (SGC, 2017)).

Las propiedades de los suelos están directamente relacionadas con la granulometría, forma de las partículas, gradación, contactos, entre otros. Es importante aclarar y de interés para el presente trabajo contemplar que dentro de los suelos a describir también se incluyen los depósitos recientes inconsolidados asociados a coluviones.

Hay un número de propiedades generales que son comunes para cualquier tipo de suelo, por ejemplo: el origen, la composición de las partículas, el color, la condición de humedad y estructuras relictas y/o discontinuidades en la masa de suelo. Sin embargo, existen también características propias para los suelos finos tales como la consistencia y la plasticidad, así las que identifican en particular a los suelos gruesos: forma (redondez y esfericidad) y tamaño, gradación, selección, estructura y empaquetamiento, compacidad y densidad relativa (SGC, 2017). Para clasificar correctamente el suelo, la metodología toma en cuenta los siguientes factores:

- Génesis

Tanto para suelos cohesivos como no cohesivos, debe diferenciarse el origen del suelo o roca entre: Roca inalterada, suelo derivado de roca in situ y suelo transportado (SGC, 2016). La **Tabla 6** presenta la clasificación genética de las unidades de suelo descritas por Hermelín, 1985, y Salazar (1995. Citado por (SGC, 2016)).

ORÍGEN DE LA UGI	TIPO DE UGI
Derivadas de roca In situ	Roca inalterada Saprolito Suelo residual
Depósitos aluviales	Aluviones recientes o de lecho de río Llanuras aluviales Abanicos o conos aluviales Terrazas aluviales Depósitos fluviotorrenciales
Depósitos lacustres y paludales	Planicie lacustrina, artesa lagunar, plano anegadizo
Depósitos de ladera, de vertiente o coluviales	Coluviones Talus Flujos (de lodo, tierra y de escombros) Derrubios de pendiente
Depósitos costeros	Deltas, barras, playas, etc.
Depósitos volcánicos	Tefras Surges Flujos de piroclastos Ignimbritas Flujos de lodos volcánicos Lahares Cenizas Coladas de lava
Depósitos eólicos	Dunas, medanos, Loess Cenizas volcánicas
Depósitos glaciares	Morrenas y tillitas Fluvioglaciares, valle glaciar, abanicos de lavado
Depósitos antrópicos	Rellenos sanitarios o de basuras Rellenos de excavaciones Escombreras o botaderos

Tabla 6 Tabla de clasificación genética de las unidades de suelo
Fuente: Hermelín, 1985, y Salazar (1995. Citado por SGC (2016)).

- Composición

Depende del protolito del suelo, la descripción incluye tanto partículas identificables a simple vista como las identificadas mediante lupa, generalmente los fragmentos más grandes corresponden a partes de roca, y las partículas más pequeñas corresponden a minerales individuales como cuarzo, micas, entre otros (SGC, 2017).

- Forma, esfericidad, redondez y tamaño (Textura).

Para suelos gruesos corresponde a la forma, esfericidad, redondez y tamaño, características resultantes de interperismo y erosión. La redondez de los fragmentos en un depósito se define de acuerdo con la clasificación tradicional sedimentológica propuesta por Wadell (1933. citado por (Murcia H. , y otros, 2013)), que clasifica los

fragmentos como muy angulares, angulares, subangulares, sub-redondeados, redondeados y bien redondeados. A continuación, en la **Tabla 7** se presentan la propuesta realizada por ASTM (2011), para definir la textura de los suelos según el tamaño de las partículas.

Tabla 7. Textura de los suelos según el tamaño de las partículas.
Fuente: (ASTM, 2011).

TAMAÑO (MM)	CLASIFICACIÓN	TEXTURA
>300	Bloques	Bloques y cantos
75-300	Cantos	
19-75	Gravas gruesas	Gravosa
4,75-19	Gravas finas	
2,0-4,75	Arenas gruesas	Arenosa
0,425-2,2	Arenas medias	
0,075-0,425	Arenas finas	
<0,075	Finos (Limos-arcillas)	Arcilla, arcillolimosa, limoarcillosa y limosa

- Condición de humedad

Existen varios criterios para describir la humedad natural, en caso de suelos gruesos considera que se debe describir la condición de humedad de la matríz. Indica las categorías: Seco, cuando no hay humedad visible; húmedo, cuando el material se comporta de forma plástica pero dentro de él no fluye agua libre; Mojado, cuando contiene humedad suficiente para comportarse como un líquido, pero el agua no fluye; muy mojado, el agua fluye de la pasta del suelo (Varnes (1998) en (SGC, 2017)).

- Consistencia

Descrita para suelos de granulometría fina, corresponde a la firmeza o solidez que presenta la masa de suelo, mide la resistencia del suelo a ser deformado o amasado que dependerá del contenido de humedad. Puede relacionarse con la resistencia al corte no drenado, en la medida en que su determinación mediante pruebas de campo puede relacionarse directamente con valores de resistencia del suelo ante la aplicación de esfuerzos de corte. La **Tabla 8** presenta la terminología utilizada para describir la consistencia en los suelos finos.

Tabla 8. Terminología utilizada para describir la consistencia de suelos finos.
Fuente: Weltman & Head (1983. Citado por (SGC, 2017).

TÉRMINO	RESISTENCIA AL CORTE NO DRENADA (KN/M^2)	PRUEBA DE CAMPO
Muy blanda	<20	Se escurre entre los dedos al apretarse en la mano
Blanda	20 - 40	Se puede penetrar fácilmente con el dedo pulgar y se puede moldear mediante ligera presión de los dedos
Media	40 - 75	El pulgar penetra con esfuerzo y puede ser moldeado con una presión fuerte de los dedos
Alta	75 – 150	El pulgar deja solo una marca y no puede ser moldeado entre los dedos
Muy alta	150 -300	Se puede marcar con la uña del pulgar y el cuchillo penetra cerca de 15 mm
Dura	>300	No puede ser marcado con la uña del pulgar

- Plasticidad

Como una de las características más importantes de los suelos finos, se refiere a la capacidad que tiene un suelo para ser moldeado o deformado sobre un amplio rango de contenido de humedad, sin agrietamiento o sin mostrar ninguna tendencia al cambio de volumen NZGS (2005. Citado por (SGC, 2017)). Para evaluar la plasticidad en el campo es necesario remoldear el suelo sobre un rango de contenido de humedad. El procedimiento consiste en enrollar el suelo en las manos hasta formar un cordón de cerca de 3 mm de diámetro, sin que dichos cilindros se desmoronen. (SGC, 2017). La **Tabla 9** muestra los criterios para definir la plasticidad según ONU (2009. Citado por (SGC, 2017)).

Tabla 9 Criterios para definir la plasticidad
Fuente: ONU (2009. Citado por SGC (2017)).

CÓDIGO	NOMBRE	DESCRIPCIÓN
NPL	No plástico	No pueden formarse rollos con ningún contenido de humedad
SLP	Ligeramente plástico (baja)	Se forma el cordón, pero se rompe inmediatamente si se le curva en forma de aro; la masa de suelo se deforma por una fuerza muy ligera
PL	Plástico (Media)	Se forma el cordón, pero se rompe al doblarlo en forma de aro; se requiere una fuerza ligera a moderada para deformar la masa de suelo
Vpl	Muy plástico (Alta)	Se forma el cordón y se puede doblar en forma de aro; se requiere una fuerza moderadamente fuerte a muy fuerte para deformar la masa de suelo

- Nomenclatura

Establecido el origen y la litología de las unidades se define la nomenclatura asociada, la cual se ajusta de acuerdo con la caracterización de los materiales en la actividad de comprobación de campo. Los criterios de nomenclatura propuestos por SGC (2016), son los siguientes:

La primera letra, en mayúscula, indica si es roca (R) o suelo (S).

Si es roca (R), la segunda letra, en minúscula, indica su calidad, según sus características de resistencia cualitativa, grado de meteorización y el diaclasamiento, entre otras, la cual se ajustará según la caracterización realizada cuantitativamente, que se denomina muy dura (md), dura (d), intermedia (i), blanda (b) y muy blanda (mb).
Si es suelo (S), la segunda letra indicará el origen: transportado (t), residual (r) o antrópico (a).

La tercera letra indica el tamaño del grano predominante o la textura del material.

Se pueden agregar al nombre otras letras que indiquen las características geotécnicas del material.

La simbología propuesta para las unidades geológicas superficiales dentro del proyecto corresponde a las planteadas por el Servicio Geológico Colombiano (2004) y SGC (2017). Dicha clasificación se presenta en a continuación en la **Tabla 10.**

Tabla 10 Simbología propuesta para las Unidades Geológicas para Ingeniería (UGS). Fuente: Geológico Colombiano (2004) y SGC (2017).

TIPO DE MATERIAL	UNIDADES	ORIGEN	TIPO DE U.G.S	SÍMBOLO/ COMPOSICIÓN
SUELOS (S)	Transportado (st)	Fluvial (Stf)	Aluviones de lechos	St/al/ar,lm
			Fluviales	
			Llanura de inundación	Stf/Lli/a,ar
			Terraza aluvial	Stf/tz/gr,ar
			Abanico/cono-aluvial	Stf/ab-co/gr,ar
			Depósitos torrenciales	Stf/dt/bl,gr,ar
			Depósitos fluvio.torrenciales	Stf/ft/bl,gr,a
		Lagunar (Stl)	Depósitos lacustres	Stl/a,ar,lm
			Depósitos paludales	Stl/a,lm,tur
			Depósitos fluvio-	Stlf/ar,a,gr
			Lacustres	

TIPO DE MATERIAL	UNIDADES	ORIGEN	TIPO DE U.G.S	SÍMBOLO/ COMPOSICIÓN
		Glaciar (Stg)	Morrenas	Stg/mr/bl,gr,ar
			Tillitas	Stg/tll/gr,ar
		Fluvio-Glaciar	Abanicos fluvioglaciares	Stfg/ab/gr,ar
		(Stfg)	Terrazas fluvioglaciares	Stfg/tz/gr,ar,a
		Volcanico (Stv)	Depósitos de ceniza	Stv/c/lm,ar,a
			Lapilli	Stv/lp/bl,gr,ar,lm
			Tefras	Stv/t
			Lahares	Stv/lh/bl,gr.ar
			Flujos de piroclastos	Stv/fp/gr,ar,lm
			Flujos de lodos	Stv/flv/ar,lm,a
			Volcánicas	
			Ignimbritas	Stv/igni
			Coladas de lava	Stv/cl/ar,lm,a
		Eolico (Ste)	Depósitos de loess	Ste/l/ar,lm
			Depósitos de dunas	Ste/d/ar,lm
			Baijanes	Ste/b/ar,lm
		Costero (Stc)	Depósitos de deltas	Stc/d/a,ar,lm
			Barras	Ste/b/ar,a,bl
			Playas	Ste/p/ar,a,lm
			Arrecifes	Ste/lm,a,ar
			Terrazas	Ste/tz/ar,a,gr
			Planicies	Stc/pi/a,lm
		Gravedad y ladera (Stgl)	Coluviones	Stglc/ar,a,bl
			Talus/cono de talus	Stglt/bl,cl,gr
			Derrubios de pendiente	Stglc/bl,fr,gr
			Flujos (de lodo, tierra y de escombros)	Stglc/f/l,t,e/ar,gr,l
				m
	Residuales (Sr)	De Rocas	S.r de roca parental de textura clástica cementada y granulometría gruesa areniscas y conglomerados	Srs/ar,cng
		Sedimentarias (Srs)	S.r de roca parental de granulometría fina; arcillolitas, limolitas y	Srs/a,lm,ar

TIPO DE MATERIAL	UNIDADES	ORIGEN	TIPO DE U.G.S	SÍMBOLO/ COMPOSICIÓN
			Areniscas	
		De Rocas	S.r. de roca parental de textura cristalina masiva y granulometría gruesa	Srii/ar,lm,a
		Igneas		
		Intrusivas o extrusivas (SriiSrie)	S.r de roca parental de composición básica y	Srii/a,lm,ar
			Granulometría fina	
		De rocas Igneas	S.r de roca parental de origen volcánico y granulometría fina a gruesa	Sriv/ar,lm,a,bl
		Volcánicas		
		(Sriv)		
		De Rocas	S.r de roca parental de textura cristalina y bien	Srm/a,lm,ar
		Metamórficas (S r m)	Foliada	
			S.r. de rocas parentales de textura cristalina masivas y granulometría gruesa (cuartcita, marmol, neis)	Srm/ar,a,lm
	Depósitos Antrópicos (Sa)	Depósitos Antropogénicos	Rellenos sanitarios o de basuras	Composición heterogenea
			Rellenos de excavaciones o de escombros o botaderos	Composición heterogénea
Tipo de Material	Unidades			
ROCAS (R)	Blandas	Resistencia baja <1000Kg/cm2		
	Intermedias	Resistencia Intermedia a Alta 1000 a 2000Kg/cm2		
	Duras	Resistencia Alta a muy Alta > 2000Kg/cm2		

5.1.2. Inventario de Procesos Morfodinámicos (IPM)

El inventario de procesos morfodinámicos es la recopilación de la información histórica de los movimientos en masa parala zona de estudio, reportado por diferentes entidades del orden nacional y local en conjunto con la digitalización de movimientos en masa por

medio de los sensores remotos disponibles en diferentes temporalidades y la verificación de estos en el levantamiento de campo.

El inventario de procesos morfodinámicos (IPM) se realiza siguiendo los lineamientos de la Guía Metodológica para la zonificación de amenaza por movimientos en masa, escalas 1:5.000 y 1:25.000 (SGC, 2017).

A continuación, se describe de manera más detallada cada uno de las etapas de la construcción del inventario de procesos morfodinámicos (IPM).

- Revisión de la información histórica reportada por diferentes entidades como el Servicio Geológico Colombiano a través de visitas de emergencia, el Sistema de Información de Movimientos en Masa, el sistema de inventario de efectos de desastres a nivel municipal, los reportes anuales de emergencias de la UNGRD, reportes de las autoridades civiles y/o de emergencia local y los diagnósticos de riesgos.
- Fotointerpretación de insumos como ortofotomosaicos y modelos de elevación digital del terreno (DEM) de fuente propia.
- Digitalización de los movimientos en masa e identificación de algunos rasgos geomorfológicos utilizando software SIG para posteriormente diligenciar la base de datos para cada uno de los procesos a partir de la información que se obtiene de fuentes secundarias e interpretación de sensores remotos.
- Levantamiento y verificación de campo del IPM, se elaborará la evaluación de puntos críticos, área que sugieran algún tipo de inestabilidad o influencia en el proyecto de manera en particular y aquellos lugares donde el proyecto requiera nuevos alineamientos.
- Elaboración del mapa final de IPM e informe detallado.

La caracterización morfodinámica permite la identificación y la definición de la evolución de los procesos denudativos (deslizamientos, carcavamiento, reptación y subsidencia) y erosivos (erosión por sobrepastoreo, erosión laminar y surcos) que pueden presentarse en un área determinada. A continuación, se realiza la descripción general de los tipos de procesos morfodinámicos.

- **Deslizamiento:** Tipo de movimiento de tamaño considerable que se produce cuando la masa del terreno se convierte en una zona inestable y se desliza con respecto a una zona estable, a través de una superficie o franja de terreno de pequeño.
- **Carcavamiento:** es una incisión producida sobre suelos y rocas del tipo arcillas con pendientes acusadas, por la acción del agua de escorrentía.
  Se trata de hendiduras estrechas y profundas separados por aristas, excavadas por la erosión de aguas de escorrentía superficial en materiales blandos (arcillas y margas) carentes de vegetación. Aparecen en regiones de características áridas y semiáridas.
  En la formación de cárcavas, el agua arranca y transporta partículas del fondo y paredes del canal en las que pueden producirse deslizamientos, lo que genera

cantidades importantes de material que, una vez movilizado, puede producir efectos aguas abajo. El proceso se debe a una perturbación hidrológica en el área. La mayoría de las cárcavas se forman debido a una mezcla de las actividades humanas y la acción de procesos erosivos, que también pueden ser acelerados por la acción humana. Influyen en su formación las condiciones de la pendiente, la permeabilidad del sustrato y la mayor o menor presencia de precipitaciones.

- **Reptación:** Es un tipo de movimiento superficial extremadamente ralentizado e imperceptible en largos periodos de tiempo. Estos movimientos son favorecidos por la presencia de materiales ricos en arcillas que periódicamente absorben agua.
- **Subsidencia**: Es un hundimiento o asentamiento gradual y progresivo de la superficie del terreno que puede ser ocasionado por diversos factores como terremotos, vacíos creados por el hombre en actividades mineras, aguas subterráneas, colapso de cavernas subterráneas, entre otros.
- **Erosión laminar**: Pérdida de una capa delgada o más o menos uniforme de suelo en un terreno inclinado generado por circulación superficial difusa del agua de escorrentía cuando la intensidad de la precipitación excede la infiltración o cuando el suelo se satura de agua.
- **Erosión por sobrepastoreo**: Se produce cuando las plantas están expuestas al pastoreo intensivo durante largos períodos, o sin períodos suficientes de recuperación. Puede ser causado por el ganado en las aplicaciones agrícolas mal gestionadas, o por sobrepoblaciones de animales salvajes nativos o no nativos.
- **Surcos:** Suelo arrastrado por el flujo de agua que se canaliza y jerarquiza generando surcos.

Finalmente, se efectúa la integración del total de estos eventos morfodinámicos basado en la siguiente agrupación de datos:

Análisis multitemporal

El análisis multitemporal consiste en la comparación de imágenes satelitales y fotografías aéreas de diferentes décadas para conocer el avance o retroceso de los procesos morfodinámicos presentes en un área determinada.

Procesos definidos por fotointerpretación

Hacen parte de los procesos identificados en la fase de fotointerpretación, cartografiados a partir de la utilización del ortomosaico de la zona.

Eventos identificados en la etapa de campo

Corresponde a los procesos definidos en la etapa de campo a partir de la toma de información básica en los formatos de campo, utilizados para los procesos tanto activos como inactivos y su correspondiente caracterización: tipo de material litológico, rasgos geomorfológicos y parámetros morfométricos.

Esta secuencia busca consolidar un inventario de procesos que contemple todas las zonas que están afectadas por procesos morfodinámicos o estuvieron en algún momento

y el estado de su evolución actual que constituye el Inventario de procesos morfodinámicos.

5.1.3. Geomorfología a nivel de Elementos Geomorfológicos

La geomorfología es la ciencia que trata de la descripción y el estudio de la génesis, clasificación, procesos y evolución de las formas antiguas y actuales del terreno y su relación con las estructuras infrayacentes. Las geoformas son la expresión superficial del terreno, de la interacción dependiente de los materiales que las constituyen y su disposición estructural, de los procesos geomórficos que interactúan según el ambiente morfogenético específico donde se desarrollan, y el tiempo de duración de la acción de los mencionados procesos. Gregory, 1978, en Keller y Rockwell, 1984, y Robertson, 1990 mencionado en Carvajal (2011).

Las formas del terreno se pueden definir en una región dada dependiendo de la escala de trabajo para lo que se utiliza una jerarquización geomorfológica que permite la clasificación desde grandes áreas geográficas (<1:2.500.000) hasta el máximo nivel de detalle (>1:10.000) (**Figura 7**).

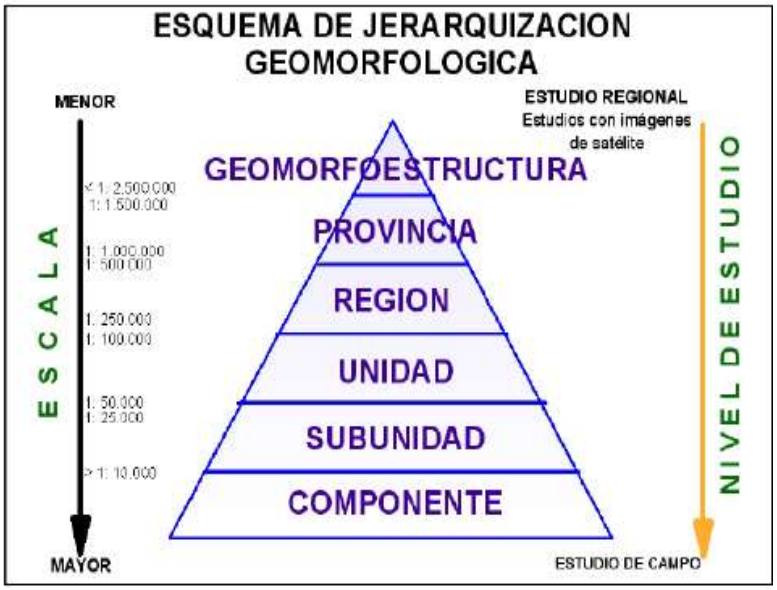


Figura 7 Jerarquización Geomorfológica propuesta por INGEOMINAS.
Fuente: Modificado de Velásquez e INGEOMINAS (1999), Carvajal (2011).

En el caso de la escala del área de análisis la clasificación geomorfológica se basa en la determinación de componentes o elementos geomorfológicos que corresponden al máximo nivel de detalle dentro de la jerarquización, ya que se representan a escalas mayores de 1:10.000 y están definidos por los rasgos del relieve, la morfometría detallada y los micro relieves asociados a una característica litológica con base en análisis detallados (Carvajal, 2011).

Para el análisis y clasificación morfométrica se hace uso del procesamiento de modelos digitales de elevación (DEM) con el objetivo de obtener los valores de los parámetros geomorfológicos descriptivos como el relieve relativo, la inclinación, la longitud y forma de las laderas.

Inclinación de la ladera

El Análisis de las pendientes de un terreno es fundamental desde diferentes puntos de vista: (i) en lo relacionado al análisis de la morfometría del terreno en función de las restricciones y potencialidades que pueda tener el área de estudio; (ii) como insumo fundamental para los componentes de los diferentes Planes de Ordenamiento; (iii) en la identificación de las unidades de capacidad de uso de las tierras; y (iv) como factor primordial para la determinación de la susceptibilidad y amenaza a movimientos en masa, avenidas torrenciales, inundaciones e incendios de cobertura vegetal.

Caracterización de las Pendientes

La pendiente del terreno es definida como la zona con mayor tasa de cambio de elevación en un área determinada y es una forma de medir el grado de inclinación de la superficie con respecto al plano horizontal, a mayor inclinación del terreno mayor es su valor. Puede ser representada con dos tipos de unidades de medida:

- Valores en grados (°) donde el rango de valores de pendiente en grados es 0 a 90°.
- Valores en porcentaje (%) para la elevación en porcentaje, cuándo el ángulo de la pendiente es igual a 45° la elevación es igual al avance, el rango es 0 hasta la aproximación al infinito. Una superficie plana es 0%, una superficie de 45° es 100% y, a medida que la superficie se vuelve más vertical, la elevación en porcentaje se vuelve cada vez mayor (ESRI, 2016).

En el caso del presente estudio, se ha representado las pendientes con valores en grados (°) y en porcentaje (%) según los rangos establecidos por Carvajal (2011) en la Propuesta de estandarización de la cartografía geomorfológica en Colombia.

El mapa de pendientes fue construido utilizando un software especializado SIG partiendo de un Modelo de Elevación Digital (DEM) que es una representación visual y matemática de los valores de altura (z) con respecto al nivel medio del mar, que permite caracterizar las formas del relieve y los elementos u objetos presentes en el mismo. Estos valores están contenidos en un archivo de tipo raster con estructura regular. En los Modelos de Elevación Digital existen dos cualidades esenciales que son la precisión en la altura y la resolución horizontal o grado de detalle digital (pixel o tesela) de representación en formato digital.

Mediante el procesamiento de la información de la topografía del terreno obtenida a partir del DEM, se generó el mapa de pendientes en porcentaje y pendiente en grados para la zona de estudio; el primero de ellos reclasificado según las clases definidas en el diccionario de datos espaciales de la ANLA (**Tabla 12**) y el segundo es definido de acuerdo la Propuesta de estandarización de la cartografía geomorfológica en Colombia

por Carvajal (2011) y teniendo en cuenta los procesos característicos y condicionantes del terreno según la clasificación de Zuidam (1986) (**Tabla 11**).

Tabla 11. Rangos de pendiente utilizados con propósitos de análisis edafológicos y de ingeniería.
Fuente: Carvajal (2011).

RANGOS DE INCLINACION DE LADERA	
INCLINACION (°)	**DESCRIPCIÓN**
<5°	Plana o suavemente inclinada
6-10°	Inclinada
11-15°	Muy inclinada
16-20°	Abrupta
21-30°	Muy abrupta
31-45°	Escarpada
>45°	Muy Escarpada

Tabla 12 Rangos de pendiente utilizados con propósitos de análisis edafológicos y de ingeniería en porcentaje.

GRADIENTE %	DESCRIPCIÓN
0 - 1	A nivel (a)
1 - 3	Ligeramente plana (b)
3 - 7	Ligeramente inclinada (c)
7 - 12	Moderadamente inclinada (d)
12 - 25	Fuertemente inclinada (e)
25 - 50	Ligeramente escarpada (f)
50 - 75	Moderadamente escarpada (g)
75 - 100	Fuertemente escarpada (h)
> 100	Totalmente escarpada (i)

Para la identificación, caracterización y descripción de los elementos geomorfológicos presentes del área de estudio se tienen en cuenta la morfogénesis, la morfología, la morfodinámica y la morfometría de la zona

Para la identificación, caracterización y descripción de los elementos geomorfológicos presentes del área de estudio se tienen en cuenta la morfogénesis, la morfología, la morfodinámica y la morfometría de la zona, para lo cual se empleará una metodología que consiste en tres fases.

CAPITULO 6. ESTUDIOS DE FUENTES DE MATERIALES

Se localizarán las posibles fuentes de materiales para el proyecto, para cada área factible se presentará una ubicación, clasificación del material, uso recomendado y datos generales suministrados por el proveedor de referencia.

CAPITULO 7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

A partir de los estudios detallados elaborados y los resultados obtenidos, este capítulo presenta conclusiones y recomendaciones generales.

Manizales, 03 de octubre de 2024
LEMOINE- CM004-2024 LOTE 3 - TEC 16

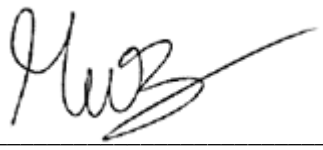
Señores:
MAURICIO LEON TORRES
REPRESENTANTE LEGAL
WENTZER S.A.S
Manizales, Caldas.

Asunto: Remisión metodología estudio geológico y geomorfológico.

Referencia: Contrato No. 2408130942 cuyo objeto es ESTUDIOS Y DISEÑOS DEFINITIVOS (FASE 3) PARA LA CONSTRUCCION DE INFRAESTRUCTURA DE LA INTERSECCION CALLE 63 CON CALLE 64 EN EL SECTOR DE LA ESCUELA DE CARABINEROS DE LA CIUDAD DE MANIZALES

Cordial saludo,

Remito metodología de estudio geológico y geomorfológico contrato 2408130942 cuyo objeto es ESTUDIOS Y DISEÑOS DEFINITIVOS (FASE 3) PARA LA CONSTRUCCION DE INFRAESTRUCTURA DE LA INTERSECCION CALLE 63 CON CALLE 64 EN EL SECTOR DE LA ESCUELA DE CARABINEROS DE LA CIUDAD DE MANIZALES



CRISTIAN MAURICIO CUELLAR LEGUIZAMON
Representante Legal
LEMOINE RIVERA INGENIEROS ASOCIADOS SAS.

Manizales, 12 de noviembre de 2024.

Ingeniero:
ÁLVARO VERA
Coordinador de Consultoría
LEMOINE RIVERA INGENIEROS ASOCIADOS S.A.S.

referencia:
contrato 2408080929 *"INTERVENTORÍA TÉCNICA, ADMINISTRATIVA, FINANCIERA Y JURÍDICA A LOS ESTUDIOS Y DISEÑOS DE LA INTERSECCIÓN VIAL UBICADA EN LA CALLE 63 CON CALLE 64 EN EL SECTOR DE LA ESCUELA DE CARABINEROS DE LA CIUDAD DE MANIZALES"*

contrato 2408130942 *"ESTUDIOS Y DISEÑOS DEFINITIVOS (FASE 3) PARA LA CONSTRUCCIÓN DE INFRAESTRUCTURA DE LA INTERSECCIÓN CALLE 63 CON CALLE 64 EN EL SECTOR DE LA ESCUELA DE CARABINEROS DE LA CIUDAD DE MANIZALES"*

documento Leomine – CM004-2024 Lote 3 – TEC 13: *Remisión metodología de Diseño Geométrico*

ASUNTO: *Revisión de la "Metodología de Estudio de Trazado y Diseño Geométrico***".**

Cordial saludo,

En mi calidad de interventor del contrato de interventoría No. 2408080929, he revisado el documento "Metodología de Estudio de Trazado y Diseño Geométrico" presentado por el Consorcio Lemoine Rivera Ingenieros Asociados S.A.S. para el proyecto de la intersección vial ubicada en la Calle 63 con Calle 64, sector de la Escuela de Carabineros en Manizales.

Tras analizar cuidadosamente la metodología y compararla con las condiciones contractuales, se concluye lo siguiente:

- **Definición de alternativas viales**: Se plantean opciones para la intersección, basadas en estudios de tráfico y criterios técnicos, lo cual es un paso fundamental para asegurar la eficiencia y seguridad del proyecto.
- **Normativa aplicada**: La metodología hace referencia explícita al Manual de Diseño Geométrico del INVÍAS, lo cual asegura que los diseños cumplirán con las normativas vigentes.
- **Parámetros de diseño geométrico**: Se contemplan elementos como velocidad de diseño, peraltes, bombeo, radios de giro, ancho de calzada, pendientes y visibilidad, todos ellos necesarios para garantizar un diseño seguro y funcional.
- **Integración interdisciplinaria**: Se reconoce la necesidad de un enfoque interdisciplinario, considerando componentes como hidráulica, ambiental, tránsito y estructuras. Esto es clave para un diseño completo y acorde a las condiciones del sitio.

- **Productos a entregar**: Se detalla que el producto final incluirá un informe de diseño geométrico con planos en planta, perfil y secciones transversales, asegurando una entrega estructurada.

CONCLUSIÓN

La metodología presentada para el estudio de trazado y diseño geométrico es adecuada y se ajusta a los requerimientos del contrato. Por tanto, **se aprueba** la metodología propuesta.

Es importante destacar que la aprobación de esta metodología no excluye el cumplimiento de las obligaciones contractuales, y se podrán realizar ajustes en la misma con base en las recomendaciones que surjan en futuras mesas de trabajo, siempre y cuando se respeten las disposiciones contractuales y no se altere el alcance del proyecto.

Agradecemos el esfuerzo y dedicación en la elaboración del documento y confiamos en su exitosa aplicación en el desarrollo de los diseños.

Cordialmente,

WENTZER MAURICIO LEÓN TORRES
Director De Interventoría
WENTZER SAS**.**
Tel. 317 426 6566
Correo. supervisiontecnicawm@gmail.com

Manizales, 02 de octubre de 2024
LEMOINE- CM004-2024 LOTE 3 - TEC 13

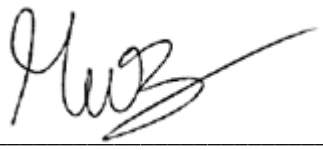
Señores:
MAURICIO LEON TORRES
REPRESENTANTE LEGAL
WENTZER S.A.S
Manizales, Caldas.

Asunto: Remisión metodología de diseño geométrico.

Referencia: Contrato No. 2408130942 cuyo objeto es ESTUDIOS Y DISEÑOS DEFINITIVOS (FASE 3) PARA LA CONSTRUCCION DE INFRAESTRUCTURA DE LA INTERSECCION CALLE 63 CON CALLE 64 EN EL SECTOR DE LA ESCUELA DE CARABINEROS DE LA CIUDAD DE MANIZALES

Cordial saludo,

Remito metodología de diseño geométrico para contrato 2408130942 cuyo objeto es ESTUDIOS Y DISEÑOS DEFINITIVOS (FASE 3) PARA LA CONSTRUCCION DE INFRAESTRUCTURA DE LA INTERSECCION CALLE 63 CON CALLE 64 EN EL SECTOR DE LA ESCUELA DE CARABINEROS DE LA CIUDAD DE MANIZALES



CRISTIAN MAURICIO CUELLAR LEGUIZAMON
Representante Legal
LEMOINE RIVERA INGENIEROS ASOCIADOS SAS.

Manizales, 17 de octubre de 2024.

Ingeniero:
ÁLVARO VERA
Coordinador de Consultoría
LEMOINE RIVERA INGENIEROS ASOCIADOS S.A.S.

referencia:
contrato 2408080929 *"INTERVENTORÍA TÉCNICA, ADMINISTRATIVA, FINANCIERA Y JURÍDICA A LOS ESTUDIOS Y DISEÑOS DE LA INTERSECCIÓN VIAL UBICADA EN LA CALLE 63 CON CALLE 64 EN EL SECTOR DE LA ESCUELA DE CARABINEROS DE LA CIUDAD DE MANIZALES"*

contrato 2408130942 *"ESTUDIOS Y DISEÑOS DEFINITIVOS (FASE 3) PARA LA CONSTRUCCIÓN DE INFRAESTRUCTURA DE LA INTERSECCIÓN CALLE 63 CON CALLE 64 EN EL SECTOR DE LA ESCUELA DE CARABINEROS DE LA CIUDAD DE MANIZALES"*

documento Leomine – CM004-2024 Lote 3 – TEC 12: *Remisión metodología de estudio de tránsito*

ASUNTO: *Revisión de la "Metodología de estudio de tránsito, capacidad y análisis de servicio***".**

Cordial saludo,

En mi calidad de interventor del contrato de interventoría No. 2408080929, he revisado el documento "Metodología para el Estudio de Tránsito" presentado por el Consorcio Lemoine Rivera Ingenieros Asociados S.A.S. para el proyecto de la intersección vial ubicada en la Calle 63 con Calle 64, sector de la Escuela de Carabineros en Manizales.

Tras analizar cuidadosamente la metodología y compararla con las condiciones contractuales, se concluye lo siguiente:

- **Toma de datos y duración de la campaña de aforos**: La propuesta de realizar la toma de información en 5 días (3 días típicos y 2 días atípicos), se ajusta a lo acordado en las mesas de trabajo y cumple con los requerimientos establecidos. La metodología de utilizar cámaras verificables para los aforos y la matriz de origen-destino es adecuada para el análisis.

- **Micro simulación de tránsito**: El enfoque planteado para realizar la micro simulación del tránsito mediante software especializado, como PTV VISSIM, es consistente con los estándares nacionales e internacionales. Se proponen análisis detallados para evaluar el comportamiento de los volúmenes de tránsito durante las horas pico, lo que es crucial para garantizar un diseño adecuado del intercambiador.

- **Cálculo de ejes equivalentes**: La metodología propuesta para calcular los ejes equivalentes utilizando los factores de daño para vehículos comerciales del Manual de Diseño Geométrico de Carreteras de INVÍAS es correcta y necesaria para el dimensionamiento de la estructura de pavimento.

ERRORES DETECTADOS EN EL DOCUMENTO:

- El número de contrato en la portada y en la tabla de detalles del proyecto es incorrecto (se menciona el contrato 2407260904 en lugar del correcto).
- En los pies de página se menciona un correo electrónico que no corresponde con el destinatario oficial para notificaciones para este contrato

Estos errores, aunque menores y no afectantes al contenido técnico, deben ser corregidos en futuras entregas. Se sugiere prestar especial atención a estos detalles en los informes para evitar confusiones o problemas de correspondencia.

CONCLUSIÓN

La metodología presentada para el estudio de tránsito es adecuada y se ajusta a los requerimientos del contrato. Por tanto, **se aprueba** la metodología propuesta, con la observación de **corregir los errores mencionados para los próximos informes**.

Es importante destacar que la aprobación de esta metodología no excluye el cumplimiento de las obligaciones contractuales, y se podrán realizar ajustes en la misma con base en las recomendaciones que surjan en futuras mesas de trabajo, siempre y cuando se respeten las disposiciones contractuales y no se altere el alcance del proyecto.

Agradecemos el esfuerzo y dedicación en la elaboración del documento y confiamos en su exitosa aplicación en el desarrollo de los diseños.

Cordialmente,

WENTZER MAURICIO LEÓN TORRES
Director De Interventoría
WENTZER SAS**.**
Tel. 317 426 6566
Correo. supervisiontecnicawm@gmail.com

Manizales, 27 de septiembre de 2024
LEMOINE- CM004-2024 LOTE 3 - TEC 12

Señores:
MAURICIO LEON TORRES
REPRESENTANTE LEGAL
WENTZER S.A.S
Manizales, Caldas.

Asunto: Remisión metodología de estudio de tránsito.

Referencia: Contrato No. 2408130942 cuyo objeto es ESTUDIOS Y DISEÑOS DEFINITIVOS (FASE 3) PARA LA CONSTRUCCION DE INFRAESTRUCTURA DE LA INTERSECCION CALLE 63 CON CALLE 64 EN EL SECTOR DE LA ESCUELA DE CARABINEROS DE LA CIUDAD DE MANIZALES

Cordial saludo,

Remito metodología de estudio de tránsito para contrato 2408130942 cuyo objeto es ESTUDIOS Y DISEÑOS DEFINITIVOS (FASE 3) PARA LA CONSTRUCCION DE INFRAESTRUCTURA DE LA INTERSECCION CALLE 63 CON CALLE 64 EN EL SECTOR DE LA ESCUELA DE CARABINEROS DE LA CIUDAD DE MANIZALES

CRISTIAN MAURICIO CUELLAR LEGUIZAMON
Representante Legal
LEMOINE RIVERA INGENIEROS ASOCIADOS SAS.

Manizales, 17 de octubre de 2024.

Ingeniero:
ALVARO VERA
Coordinador de Consultoría
LEMOINE RIVERA INGENIEROS ASOCIADOS S.A.S.

Referencia:
Contrato 2408080929 *"INTERVENTORÍA TÉCNICA, ADMINISTRATIVA, FINANCIERA Y JURÍDICA A LOS ESTUDIOS Y DISEÑOS DE LA INTERSECCIÓN VIAL UBICADA EN LA CALLE 63 CON CALLE 64 EN EL SECTOR DE LA ESCUELA DE CARABINEROS DE LA CIUDAD DE MANIZALES"*

Contrato 2408130942 *"ESTUDIOS Y DISEÑOS DEFINITIVOS (FASE 3) PARA LA CONSTRUCCIÓN DE INFRAESTRUCTURA DE LA INTERSECCIÓN CALLE 63 CON CALLE 64 EN EL SECTOR DE LA ESCUELA DE CARABINEROS DE LA CIUDAD DE MANIZALES"*

Documento *"Metodología para el levantamiento topográfico de la intersección vial en Manizales"*

ASUNTO: *Revisión de la metodología para el levantamiento topográfico.*

Cordial saludo,

En mi calidad de interventor del contrato No. 2408080929, se ha llevado a cabo la revisión de la metodología presentada por el Consocio Leomine Rivera Ingenieros Asociados S.A.S. para el levantamiento topográfico en el proyecto de la Intersección vial ubicada en la Calle 63 con Calle 64, sector de la Escuela de Carabineros en Manizales.

Tras un análisis detallado del documento anexo, comparado con las condiciones establecidas en el contrato 2408130942 y el anexo técnico de consultoría CM-004-2024, y en los términos de referencia se concluye lo siguiente:

- **Reconocimiento en campo**: La propuesta de realizar un recorrido preliminar en campo, con el apoyo de un polígono inicial trazado sobre información secundaria y la revisión conjunta con la interventoría, se ajusta a los requerimientos. Esta actividad asegura la coordinación y precisión en la delimitación de áreas de estudio, y permite una adecuada planificación del levantamiento.
- **Materialización y georreferenciación de puntos de control**: La metodología propuesta para la colocación de mojones en zonas blandas y duras, así como el uso de equipos GNSS bajo el sistema de referencia MAGNA-SIRGAS, cumple con las especificaciones requeridas. Los procedimientos detallados para el cálculo de coordenadas mediante el método estático diferencial son consistentes con las normativas establecidas por el Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC).

- **Levantamiento de detalles**: La metodología planteada para la toma de detalles mediante GNSS y estación total, incluyendo los elementos a registrar en el área de influencia (redes, taludes, estructuras, entre otros), es coherente con los requerimientos contractuales y asegura una representación gráfica precisa del área de estudio.
- **Procesamiento de datos y entregables**: La propuesta de presentar los datos en formato compatible con software especializado, incluyendo archivos RINEX y planos topográficos georreferenciados en formato digital (*.dwg), así como los informes detallados, cumple con los estándares esperados. La inclusión de curvas de nivel a intervalos de 1 metro y 5 metros es adecuada para el análisis topográfico requerido.

CONCLUSIÓN

La metodología presentada por el Consorcio Lemoine Rivera Ingenieros Asociados S.A.S. para el levantamiento topográfico se ajusta a las condiciones estipuladas en el contrato y cumple con las normativas vigentes en la materia. Por tanto, **se aprueba la metodología propuesta** para la ejecución de los estudios topográficos en el área de intervención.

Se precisa que la metodología aquí aprobada no excluye el cumplimiento de las obligaciones contractuales establecidas en el contrato 2408130942, ni limita la posibilidad de realizar ajustes o modificaciones en su contenido. Estos cambios podrán ser implementados con base en las recomendaciones surgidas en mesas de trabajo, siempre que se mantengan dentro del marco contractual vigente y no alteren el alcance del proyecto.

Agradecemos el esfuerzo y dedicación en la elaboración del documento y confiamos en su exitosa implementación durante el desarrollo de los diseños.

Cordialmente,

WENTZER MAURICIO LEÓN TORRES
Director De Interventoría
WENTZER SAS**.**
Tel. 317 426 6566
Correo. supervisiontecnicawm@gmail.com

Bogotá D.C, Agosto 29 de 2024
LEMOINE- CM004-2024 LOTE 3 - TEC02

Señores:
MAURICIO LEON TORRES
REPRESENTANTE LEGAL
WENTZER S.A.S

Referencia: Contrato No. **2408130942** cuyo objeto es **ESTUDIOS Y DISEÑOS DEFINITIVOS (FASE 3) PARA LA CONSTRUCCION DE INFRAESTRUCTURA DE LA INTERSECCION CALLE 63 CON CALLE 64 EN EL SECTOR DE LA ESCUELA DE CARABINEROS DE LA CIUDAD DE MANIZALES**

Asunto: Remisión metodología de topografía y programación

Cordial Saludo,

Remito metodología de topografía y programación para contrato **2408130942** cuyo objeto es **ESTUDIOS Y DISEÑOS DEFINITIVOS (FASE 3) PARA LA CONSTRUCCION DE INFRAESTRUCTURA DE LA INTERSECCION CALLE 63 CON CALLE 64 EN EL SECTOR DE LA ESCUELA DE CARABINEROS DE LA CIUDAD DE MANIZALES**

Cordialmente,

Cristian Mauricio Cuellar Leguizamon
Firmado digitalmente por Cristian Mauricio Cuellar Leguizamon
Fecha: 2024.08.29 12:56:03 -05'00'

Cristian Mauricio Cuellar Leguizamón
Representante Legal
LEMORINE RIVERA INGENIEROS ASOCIADOS S.A.S

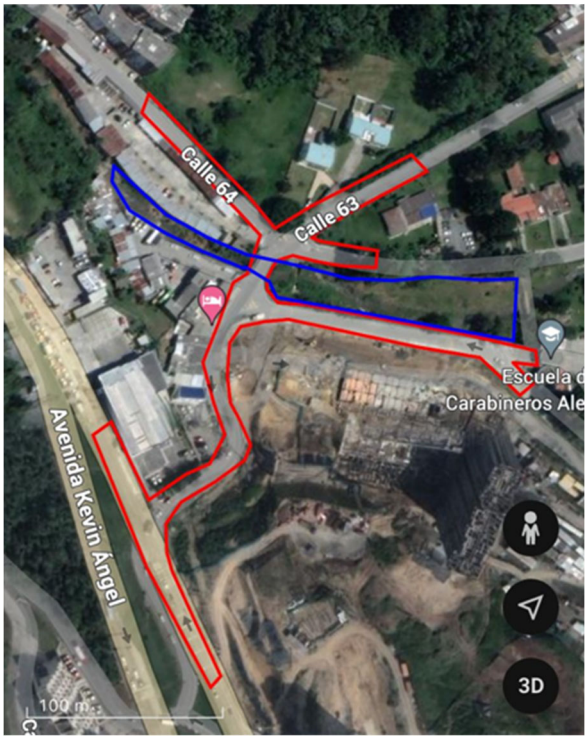
METODOLOGÍA PARA EL LEVANTAMIENTO TOPOGRÁFICO DE LA INTERSECCIÓN VIAL EN MANIZALES

Los estudios topográficos se ejecutarán conforme a lo especificado en los términos de referencia del contrato y en común acuerdo con la interventoría. A continuación, se detallan las actividades preliminares llevadas a cabo tanto en campo como en oficina:

1. RECONOCIMIENTO EN CAMPO

Antes de iniciar el levantamiento topográfico, se realizará un recorrido preliminar en campo con la participación de profesionales calificados, este recorrido se apoyará en un polígono inicial trazado sobre información secundaria previamente definida. Durante esta etapa, se revisará la zona específica que será objeto del estudio topográfico, precisando detalles particulares como los límites del área de estudio, características del terreno, geometría de las vías, infraestructura existente (como señales de tráfico, postes de luz, alcantarillas, bordillos, entre otros), metodologías para la captura de datos, equipos más adecuados según los requerimientos del proyecto, planificación de puntos de control, evaluación de las condiciones ambientales y demás, según se requiera. Las observaciones de cada una de las partes involucradas se documentarán en un acta de recorrido. Cabe resaltar que, estas actividades se llevarán a cabo en estrecha coordinación con la interventoría para asegurar el cumplimiento de las especificaciones contractuales y la precisión de la información tomada en campo.

Ilustración 1. Delimitación de la zona de estudio



2. MATERIALIZACIÓN DE PUNTOS DE CONTROL

Teniendo en cuenta que los puntos de control son fundamentales para la georreferenciación del proyecto, estos se materializarán en el terreno según los siguientes parámetros, dependiendo de si se encuentran en zonas duras o blandas:

2.1. Zonas Blandas:

- Se construirán mojones en áreas estables.
- Las dimensiones de los mojones serán de 0.25m x 0.25m x 0.60m, y deben sobresalir del terreno natural para facilitar su visualización.
- Para la construcción, se utilizará una formaleta con las medidas especificadas y se verterá una mezcla de concreto con una proporción de 1:2:2.5 (cemento, arena y grava), con una resistencia de 3000 PSI.
- La placa de identificación será de aluminio, con un diámetro de 6 cm y un vástago de 9 cm. Deberá estar marcada con la fecha (mes – año), número de la placa y número de contrato o entidad prestadora del servicio.
- Tras el fraguado del concreto, se retirará la formaleta, se corregirán las imperfecciones y se barnizará con pintura en aceite de color azul o rojo.

2.2. Zonas Duras:

- Se incrustarán placas de identificación de los puntos topográficos al ras del suelo en sardineles, andenes o cualquier otro lugar que garantice su permanencia.

Los puntos de control se colocarán en parejas con una distancia mínima de 100 metros y máxima de 700 metros, dependiendo de la longitud del tramo a levantar. Esto garantizará la referenciación precisa de las señales de azimut, la distancia horizontal del tramo, la perdurabilidad, estabilidad y accesibilidad.

3. GEORREFERENCIACIÓN DE LOS PUNTOS DE CONTROL

Los levantamientos topográficos deberán encontrarse dentro del marco Geocéntrico Nacional de Referencia (MAGNA-SIRGAS), se debe realizar el posicionamiento de los puntos de control colocados en el área de estudio, con equipos GNSS (GPS – GLONAS) multi frecuencia o doble frecuencia por el método de estático diferencial, el cual consiste en colectar datos RINEX (Receiver Independent Exchange Format) para su posterior postproceso utilizando los datos de las estaciones permanentes de la red activa del Instituto Geográfico Agustín Codazzi – IGAC, las coordenadas de las soluciones semanales de las estaciones y la información tomada en campo (altura del equipo, fecha, hora de inicio y fin del rastreo).

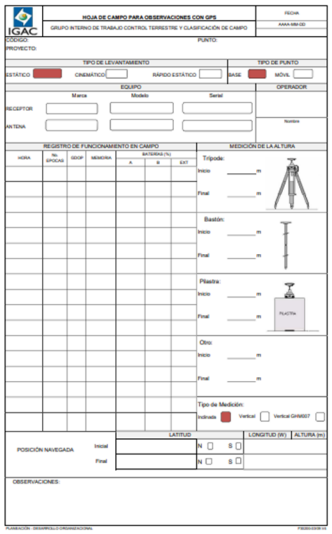
Para realizar el posicionamiento por medio de GNSS se tendrá en cuenta los siguientes requerimientos:

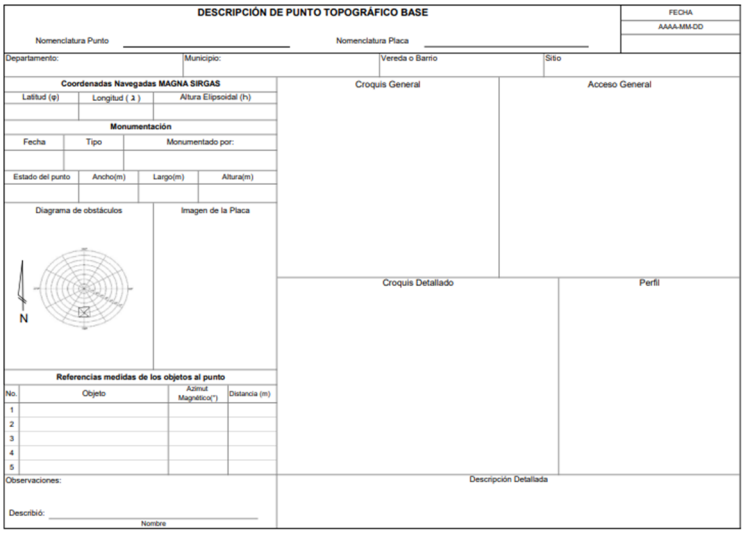
- Máscara de elevación: 15° sobre el horizonte.

- Efemérides precisas
- Componente geométrico de dilución de la precisión de posición PDOP < 4
- Mínimo de satélites visibles a asegurar: 9
- Recolectar datos para tres dimensiones
- La antena debe estar calibrada, nivelada y centrada sobre el punto, y debe verificarse antes y después de cada observación.
- La altura del centro de fase de la antena con respecto al mojón debe medirse, antes y después de cada sesión.
- Tiempo mínimo de recolección de datos: El tiempo mínimo de rastreo para levantamientos estáticos debe calcularse mediante la fórmula:

Tiempo = 20 minutos + 5 minutos por kilómetro de separación entre la base y el Rover. (No puede ser inferior a 60 minutos)

- Duración de épocas a captar: ente 1 y 15 segundos máximo.
- Modelo Ionosférico N/A
- Longitud máxima para resolver ambigüedades. 80 Km.
- Se debe elaborar el formato de hoja de campo para observaciones GNSS y descripción del punto topográfico para cada uno de los puntos de control.





4. PROCESAMIENTO DE LOS PUNTOS DE CONTROL

A continuación, se realiza la descripción metodológica para la obtención de coordenadas de los puntos de control, por el método estático diferencial dentro del sistema MAGNA SIRGAS.

Una vez finalizada la sesión de rastreo o posicionamiento estático con los receptores GNSS, se procede a realizar la descarga de archivos y conversión de datos crudos a RINEX, en el software nativo de los georeceptores y el Convert to RINEX. Cabe resaltar que, se utiliza este tipo de formatos ya que un archivo RINEX es compatible con todos los

programas de procesamiento de datos satelitales y estos pueden ser verificados por cualquier profesional en el momento que se requiera consultar.

4.1. Descarga de datos RINEX de las estaciones permanentes del IGAC

Para iniciar el procesamiento, es necesario proceder con la descarga de los datos RINEX (Receiver Independent Exchange Format – RINEX-), obtenidos automáticamente por la red de Estaciones Continuas del Marco Geocéntrico Nacional de Referencia MAGNA-SIRGAS (MAGNA-ECO) en época ITRF2014 2018.0. Para ello, se debe conocer la fecha del día juliano de posicionamiento, la cual se puede consultar en el siguiente enlace http://www.ngs.noaa.gov/CORS/Gpscal.shtml.

Se verificará la disponibilidad de los datos navegados, observados y grabados para el posicionamiento, los cuales se descargarán posteriormente. Esta información está disponible para consulta en el siguiente enlace: https://www.colombiaenmapas.gov.co/.

4.2. Descarga de las coordenadas semanales

Una vez descargados los datos RINEX de las estaciones continuas del Marco Geocéntrico Nacional de Referencia MAGNA-SIRGAS (MAGNA-ECO), se deberán descargar las coordenadas de las soluciones semanales de las estaciones SIRGAS que se utilizarán para el procesamiento de los puntos, por lo que se consulta los siguientes enlaces web: https://www.sirgas.org/es/weekly-solutions/xyz_station/ y https://igacoffice365.sharepoint.com/sites/RINEX/Documentos%20compartidos/Forms/AllItems.aspx?id=%2Fsites%2FRINEX%2FDocumentos%20compartidos%2FRINEX%5FRGN%2FRINEX%5F15S%2F2024%2FSoluciones%20semanales&viewid=0a567280%2Db630%2D4d7f%2D96d0%2Dfea7827022f7

4.3. Descarga de efemérides precisas

Posteriormente se procede con la descarga de las Efemérides Precisas, pues son indispensables para la corrección de los satélites. Para lo cual, se debe consultar en el siguiente enlace: ftp://lox.ucsd.edu/pub/products/.

Se descargan las efemérides conforme a la siguiente estructura de datos:
Cod21494/5.eph.Z
Cod= CODE, GPS+GLONASS
2149= Semana GPS
4/5= Día de la semana (domingo=0, lunes=1, martes=2,…., viernes=5 y sábado=6)
*.eph.Z= Abarcan todo el día, desde las cero (0) horas hasta las 23.45 h.

4.4. Cálculo de las sesiones GNSS

Una vez se descargan los datos RINEX de las estaciones permanentes que se utilizarán, las coordenadas semanales de las estaciones permanentes de la Red Magna ECO del IGAC, las efemérides precisas para las correcciones satelitales y la conversión de datos

RINEX de los puntos de control, se procede a realizar el traslado de coordenadas mediante un software de post proceso GNSS para los puntos topográficos que servirán de base y de control.

Tras el posicionamiento y procesamiento de los datos, se verificará en el reporte de ajuste las siguientes condiciones:

- La precisión absoluta no debe exceder los 0.02 m.
- Deben realizarse triangulaciones amarrando los vértices posicionados con mínimo dos estaciones permanentes, sea la base del IGAC, del Instituto Geológico Colombiano u otra de rastreo permanente perteneciente a la red MAGNA - SIRGAS.
- Los datos deben pasar el test Chi-Cuadrado o F (95%), con niveles de confianza mayor o igual al 95% para garantizar la validación del modelo.
- Los datos deben pasar las pruebas que evalúan la calidad de cada punto con nivel de confianza mayor o igual al 95%.

4.5. Cálculo de las velocidades

Obtenidas las coordenadas elipsoidales de los puntos de control se procede a realizar la conversión de coordenadas elipsoidales a coordenadas geocéntricas, mediante el software Magna Sirgas Pro y así obtener los valores para el respectivo procesamiento de datos.

4.6. Transformación y conversión de coordenadas

Obtenidas las velocidades por año para los puntos de control, se debe multiplicar las velocidades calculadas por la diferencia de época, y dicho valor se resta a las coordenadas geocéntricas de los puntos obtenidas en el procesamiento. Esto, con el fin de efectuar la transformación de las coordenadas geocéntricas. Cabe resaltar que este procedimiento se realiza con el fin de presentar los datos, ya que para los calculos posteriores, se utilizan las coordenadas elipsoidales para llevar a cabo el cambio de época directamiente con el software. Luego se procede con la conversión de coordenadas coordenadas elipsoidales a planas de Gaüss Krüger y Origen Nacional CTM-12 mediante el software Magna Sirgas Pro última versión.

5. SISTEMA DE REFERENCIA

El Instituto Geográfico Agustín Codazzi – IGAC adopto el Marco Geocéntrico Nacional MAGNA, como nuevo datum para Colombia. Esto quiere decir que ahora es necesario determinar las cuatro (4) dimensiones para cada punto (X, Y, Z, tiempo). La dimensión Tiempo se refiere al momento y vigencia de las coordenadas del vértice. El territorio nacional se ve afectado por la actividad de placas tectónicas como Nazca, Cocos y Caribe que producen un desplazamiento de los vértices durante ciertos periodos de tiempo, por esta razón se especifica en qué fecha se determinaron las coordenadas y que vigencia tendrán. A la vez permitirá conocer cuál es el desplazamiento de la corteza y su dirección,

a su vez para ser más precisos en los detalles del sistema de referencia MAGNA se tienen las siguientes consideraciones:

- Sistema de Referencia: MAGNA
- Elipsoide asociado: GRS80 equivalente a WGS84 (GPS)
- MAGNA es la densificación de SIRGAS y por tanto del ITRF, en Colombia.
- Sus coordenadas están definidas sobre el mismo sistema de referencia sobre el que se definen las coordenadas de los satélites (soporta tecnología avanzada).
- Sus coordenadas están definidas en un sistema global de referencia (compatibilidad internacional).
- Sus coordenadas son las más precisas en el país (soporte a cualquier sistema de administración de datos espaciales, especialmente los digitales).
- Su determinación, cálculo y actualización (GPS de monitoreo continuo) se han desarrollado bajo la óptica y aprobación internacional (calidad garantizada).

MAGNA SIRGAS	
Precisión (Consistencia Interna de la Red)	2 mm – 7mm
Exactitud SIRGAS	**XY=** 2 cm, **h=** 6 cm
COORDENADAS	
Datum	**Lat:** 4°35’46.3215”
	Long: 74°4’39.0285”
	h: 2641.469
Errores	No Escala
	No Tectónica
	Sistemáticos

El elipsoide asociado al ITRS y, por tanto, a MAGNA-SIRGAS equivale al WGS84 (GRS80) y sus principales constantes son:

Elipsoide Word Geodetic System 1984 Datum WGS84	
a	6,378,137.000 m.
1/f	298,25722210
b	6,356,752,31414 m.
e^2	0,00669438002290
Unidad	Metro.

6. POLIGONAL DE AMARRE

En caso de realizar una poligonal, se empleará el método de poligonal cerrada por ceros atrás, comenzando desde dos puntos de control previamente posicionados y procesados. Se llevarán a cabo múltiples series angulares en cada armada para determinar con la máxima precisión los ángulos verticales y horizontales.

Las distancias entre los vértices de la poligonal se medirán utilizando equipos de medición electrónica en ambos sentidos (atrás y adelante). Todas las mediciones angulares de los vértices se realizarán en posición directa e inversa, registrándose de manera automática en la memoria de la estación total.

Los vértices de la poligonal se materializarán con tornillo y arandela sobre zonas duras, también se registrará toda la información necesaria en las carteras topográficas para su respectivo cálculo.

Los datos se almacenarán, transferirán y procesarán automáticamente utilizando las herramientas de transferencia y exportación del software del equipo, con el fin de evitar errores inherentes al traspaso manual de información. El cálculo de la poligonal se presentará en formato Excel formulado, incluyendo los datos recogidos en campo, junto con el archivo crudo descargado de la estación total.

Las especificaciones técnicas de precisión de la poligonal son:

- Precisión en distancia ≥ 1:20.000
- El error angular permitido (e): $e = a \sqrt{n}$, donde:
  a = precisión angular del equipo
  n = número de vértices de la poligonal
- Sumatoria teórica.

7. RED DE NIVELACIÓN

Realizando una inspección en la base de datos abiertos de Colombia Mapas, se encontró que en la zona de estudio se ubican dos puntos ubicados alrededor de la zona de estudio, exactamente sobre la Avenida Santander frente a la calle 65a y sobre Avenida Santander pasando la calle 58a, estos puntos se denominan: 105-TW-1 con altura de 2146.8193 m.s.n.m., y 17001033 con altura de 2167.01502 m.s.n.m., estos, se pueden utilizar para llevar a cabo el traslado de cota a los puntos de control.

Para nivelar la red de puntos de control posicionados con GNSS, se empleará el método de nivelación geométrica. Este método implica establecer un punto de referencia conocido y nivelar los puntos a través de lecturas precisas y cálculos de alturas. Además, se realizarán contra nivelaciones en todos los cambios efectuados para verificar y asegurar el cierre adecuado de la nivelación, el cual se calcula con la siguiente fórmula: $c= m \cdot \sqrt{k}$, donde:

- C= Error de cierre permitido.
- M= constante (por clase de nivelación)
- K= Distancia nivelada en kilómetros.

En caso de utilizar un nivel electrónico, se presentarán los archivos crudos generados durante la nivelación, los cuales deben incluir la marca, modelo, distancias y lecturas obtenidas. Si se emplea un nivel óptico, se deberá presentar tanto los registros de campo

como una hoja de cálculo en Excel formulada que evidencie la precisión de los circuitos realizados.

8. LEVANTAMIENTO DE DETALLES

El levantamiento topográfico del área de estudio se realizará con equipos GNSS y convencionales como la estación total, mediante la metodología de cinemático en tiempo real (RTK) y radiación simple. La toma de detalles se realizará de la siguiente manera:

- Vías: se tomarán puntos al borde de esta y sobre el eje.
- Cámaras de teléfono: punto a levantar en su centro.
- Cajas de energía: puntos a levantar mínimo tres esquinas de estas y clasificadas en, cajas dobles, cajas sencillas o cajas de paso
- Pozos de alcantarillado: punto a levantar en su centro.
- Válvulas de acueducto: punto a levantar en su centro.
- Contadores de agua: punto a levantar en su centro.
- Cajas de inspección aguas residuales: puntos a levantar mínimo tres esquinas.
- Hidrantes: punto a levantar en su centro.
- Sumideros de rejilla: puntos a levantar tres puntos del mismo.
- Sumidero de entrada lateral: puntos a levantar dos puntos.
- Postes de energía: punto a levantar al centro.
- Postes de teléfonos: punto a levantar al centro.
- Postes de alta tensión: punto a levantar al centro.
- Sardineles: todos los puntos necesarios.
- Paramentos: todos los puntos que se consideren necesarios especificando su detalle. Estos detalles son: esquinas, curvas (PC, PCC y PT), quiebres y direcciones.
- Árboles: punto a levantar al centro.
- Construcciones: Se levantarán todos los puntos relacionados con la construcción, como esquinas, quiebres, direcciones de los alineamientos y demás detalles que clarifiquen su condición.
- Cunetas, alcantarillas y sistemas de drenaje: todos los puntos que se consideren necesarios.
- Rampas de acceso: puntos a levantar mínimo tres esquinas.
- Ancho del cauce: todos los puntos necesarios.

Los detalles tomados en campo deberán estar plasmados en las carteras de campo para soportar los trabajos de la comisión topográfica.

8.1. Real Time Kinematic (RTK)

Esta metodología consiste en, que a partir de una estación de referencia (vértice geodésico posicionado en sitio y/o punto de control) se proveen correcciones instantáneas para estaciones móviles (Rover’s) mediante señales transmitidas por sistemas GNSS (GPS, GLONASS y Galileo), dando precisiones centimétricas en la determinación de las

coordenadas de los detalles. Los datos recopilados se almacenan en la controladora del equipo y se exporta directamente la nube de puntos en formato Excel con todos los detalles del levantamiento. Luego, esta nube de puntos se importa al software CIVIL 3D donde se generará el modelo topográfico detallado de la zona de estudio.

A continuación, se detallan las características claves de la normativa que respaldan la aplicación de esta metodología para el levantamiento de los detalles:

I. Los levantamientos topográficos con equipos GNSS y RTK (Real Time Kinematic), se encuentran regulados por la resolución 643 del 30 de mayo del 2018 del IGAC. Dentro de las técnicas para la realización de los levantamientos se tiene: (I) Estático Rápido Diferencial, (II) Cinemático, (III) Cinemático en tiempo real.
II. La forma de sustentar las precisiones se realiza con los siguientes soportes: (I) Ficha técnica de los GPS utilizados. (II) Reporte de postproceso de los vértices posicionados mediante la metodología estático rápido diferencial de los vértices geodésicos instalados y utilizados en el levantamiento topográfico, y reporte de los puntos de control leídos por el método estático rápido diferencial durante la ejecución del levantamiento topográfico.
III. Para el levantamiento Cinemático en tiempo real, “Se deben materializar dos puntos topográficos base, cercanos entre sí, de los cuales uno se empleará como referencia para la corrección diferencial en tiempo real y el otro, para chequeo u verificación al inicio y al final del levantamiento topográfico. En caso de emplear para la obtención de puntos de levantamiento otras tecnologías de corrección en tiempo real, transmitidos a los receptores vía satelital o por protocolos de internet, es esencial relacionar las especificaciones técnicas de los equipos utilizados.” (Resolución No 643 del 30 de mayo del 2018, por el cual de adoptan las especificaciones técnicas de levantamiento topográfico o planimétrico predial, en el marco de los requerimientos de la ley 1682 de 2013, la resolución 193 de 2014 y la resolución conjunta 1732 (SNR) y 221 (IGAC) DE 2018-Casos Puntuales, INSTITUTO GEOGRÁFICO AGUSTÍN CODAZZI, Bogotá D.C, 30 de mayo del 2018).
IV. Los equipos GNSS deben contar con registro NOAA para su corrección, que permitan configuración para grabar épocas hasta el segundo.

De esta manera, se sustenta la normatividad técnica que simplifica los procedimientos, y prescinde de la elaboración de poligonales y nivelación de los deltas de la misma. Los levantamientos topográficos generan el modelo de terreno mediante coordenadas enlazadas al sistema de coordenadas del Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC).

8.2. Estación total

El levantamiento topográfico con estación total deberá comenzar desde los puntos de control con coordenadas X, Y, Z, deltas topográficos derivados de la poligonal y puntos auxiliares, por el método de ceros atrás, el cual consiste en colocar la estación total en un punto de control conocido con coordenadas precisas. Luego, se orienta el equipo hacia un punto de referencia inicial (conocido como "cero atrás") para establecer una línea base. Con la estación total alineada y nivelada, se mide el ángulo horizontal y la distancia hacia cada

punto del terreno que se desea registrar. A continuación, se ubica la estación en una nueva posición, se mide nuevamente hacia el "cero atrás" para mantener la referencia angular, y se continúa con las mediciones sucesivas. Este procedimiento asegura que todos los datos se refieren a un mismo sistema de coordenadas, permitiendo una precisa representación del área levantada.

El cálculo de los detalles se llevará a cabo utilizando el software Topcon Link, que recalculará las coordenadas de los detalles basándose en las coordenadas de los puntos de control. Los detalles se determinarán estableciendo los puntos de amarre y las vistas hacia atrás y hacia adelante, siguiendo el método de levantamiento por ceros atrás.

9. ENTREGABLE

9.1. Informes

El informe de entrega del estudio topográfico contendrá la siguiente información:

- Introducción
- Objetivos
- Localización
- Descripción y alcance del proyecto
- Equipos y personal involucrado en las labores de campo
- Metodología empleada para la ejecución del levantamiento topográfico
- Metodología para cálculos y elaboración de salidas gráficas
- Conclusiones
- Anexos

9.2. Salidas gráficas

Los planos topográficos del proyecto incluirán la representación y dibujo de todos los objetos existentes dentro del polígono de estudio, utilizando coordenadas X, Y, y alturas derivadas de la nivelación geométrica de control. Estos planos se presentarán a una escala convencional y con la separación de curvas de nivel de 1 metro las intermedias y 5 metros las maestras, y objetos estarán clasificados en capas independientes según las convenciones establecidas por las entidades competentes. Se empleará el comando 3Dpoly para dibujar líneas continuas como andenes, bordes de vías, ejes, paramentos, y datos básicos, todos debidamente georreferenciados y con las alturas correspondientes. También se incluirán perfiles y secciones con el fin de evidenciar los cambios de nivel que posee la ona levantada. Toda esta información se presentará, como mínimo, en formato digital *.dwg de CIVIL3D y PDF.

9.3. Anexos

- Personal y equipos
    - Tarjeta profesional y certificado de vigencia.

    - Especificaciones técnicas y certificados de calibración de los equipos utilizados (máximo 6 meses de expedida).
    - Documentos adicionales.
- Georreferenciación
    - Archivos crudos y RINEX, con información de las bases y de los vértices posicionados – Efemérides.
    - Reporte de post proceso, procedimientos, cálculos, ajustes y resultados.
    - Formato de campo ocupación GNSS y formato de descripción vértices GNSS.
- Poligonal o Marco de Referencia
    - Datos crudos estación, cálculos, carteras, ajuste de poligonales de amarre en formato Excel estandarizado y formulado.
- Nivelación geométrica
    - Reporte vértice IGAC vigente del vértice utilizado
    - Datos crudos nivel, cálculos y carteras (campo y oficina estandarizadas y formuladas en Excel) que contengan la nivelación y contra nivelación, distancia, error de cierre, entre otros.
- Detalles
    - Datos crudos, cálculos y ajustes.
    - Listado de códigos de la estación.
    - Listado final de detalles con coordenadas y alturas (provenientes de la nivelación geométrica).

Lemoine Rivera
Ingenieros Asociados s.a.s.

VOLUMEN IX:
INVENTARIO REDES

Calle 109 No. 20 – 77 Apto 202, Teléfono: 316 4218611, correo: lemoinerivera@gmail.com

Lemoine Rivera
Ingenieros Asociados s.a.s.

REMISIÓN METODOLOGÍA

Calle 109 No. 20 – 77 Apto 202, Teléfono: 316 4218611, correo: lemoinerivera@gmail.com

ALCALDIA DE MANIZALES

SECRETARIA DE INFRAESTRUCTURA

CONTRATO N° 2408130942

ESTUDIOS Y DISEÑOS DEFINITIVOS (FASE 3) PARA LA CONSTRUCCIÓN DE INFRAESTRUCTURA DE LAS INTERSECCIONES PARA 1- EL INGRESO A LOS BARRIOS LA FRANCIA Y ALCAZARES EN EL SECTOR DEL PARQUE DEL AGUA, 2- CALLE 67 CON CRA 25 SECTOR PARQUE DE LAS GARZAS Y 3 – CALLE 63 CON CALLE 64 EN EL SECTOR DE LA ESCUELA DE CARABINEROS DE LA CIUDAD DE MANIZALES

VOLUMEN IX – METODOLOGIA INVENTARIO DE REDES DE SERVICIO PÚBLICOS EXISTENTES Y DETERMINACIÓN DEL IMPACTO DE LAS MISMAS EN EL DISEÑO

DEFINITIVO.

VERSIÓN 0

LEMOINE RIVERA INGENIEROS ASOCIADOS S.A.S

MANIZALES, CALDAS

HOJA DE CONTROL DEL DOCUMENTO

NOMBRE DEL DOCUMENTO:	CÓDIGO DEL DOCUMENTO:
METODOLOGIA INVENTARIO DE REDES DE SERVICIO PÚBLICOS EXISTENTES Y DETERMINACIÓN DEL IMPACTO DE LAS MISMAS EN EL DISEÑO	VOLUMEN I

CONTROL DE CAMBIOS

VERSIÓN	FECHA	OBSERVACIÓN
V-01	Octubre 2024	METODOLOGIA

REVISIÓN DEL DOCUMENTO

CONTROL	NOMBRE	FIRMA	FECHA
Elaboró Especialista	JUAN MANUEL AVENDAÑO CORTES ALVARO HERNANDO VERA AYALA		OCTUBRE 2024
Revisó Director de Estudios y Diseños	ALVARO HERNANDO VERA AYALA		OCTUBRE 2024
Aprobó Especialista Interventoría	NA		OCTUBRE 2024
Valido Director Interventoría	NA		OCTUBRE 2024

CONTROL Y DISTRIBUCIÓN DEL DOCUMENTO

UBICACIÓN	NOMBRE	COPIA
ENTIDAD	SECRETARIA DE INFRAESTRUCTURA	DIGITAL / IMPRESO
ARCHIVO	LEMOINE RIVERA INGENIEROS ASOCIADOS S.A.S	DIGITAL
ARCHIVO	WENTZER S.A.S	DIGITAL

TABLA DE CONTENIDO

1 INTRODUCCIÓN 3
2 OBJETIVOS 3
2.1 OBJETIVO GENERAL 3
2.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS 3
3 CADENA DE VALOR 3
4 LOCALIZACIÓN DEL PROYECTO 4
5 METODOLOGIA 5
5.1 MARCO NORMATIVO 5
5.2 PROCEDIMIENTO OPERATIVO 5
5.2.1 INSPECCION DE REDES EXISTENTES 6
5.2.2 INVESTIGACION DE REDES E INTERFERENCIAS 6
5.2.3 RECEPCION DE LA INFORMACION 6
5.2.4 CHEQUEO DE LA INFORMACIÓN RECOPILADA EN CAMPO VS LA SUMINISTRADA POR ENTIDAD 6
5.2.5 INTERACCIÓN CON OTRAS DISICIPLINAS 6
5.2.6 PRODUCTOS A ENTREGAR 6
6 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES 6

1 INTRODUCCIÓN

De acuerdo con el pliego de condiciones que hace parte integral del contrato de obra, el contratista LEMOINE RIVERA INGENIEROS ASOCIADOS S.A.S se compromete a desarrollar la consultoría relacionada con ESTUDIOS Y DISEÑOS DEFINITIVOS (FASE 3) PARA LA CONSTRUCCIÓN DE INFRAESTRUCTURA DE LAS INTERSECCIONES PARA CALLE 63 CON CALLE 64 EN EL SECTOR DE LA ESCUELA DE CARABINEROS DE LA CIUDAD DE MANIZALES LOTE 3, con el fin de llevar a cabo todas las labores necesarias para entregar a ALCALDIA DE MANIZALES los estudios y diseños que incluyen los entregables solicitados en el anexo técnico, encontrándose entre los volúmenes relacionados el denominado "INVENTARIO DE REDES DE SERVICIO PÚBLICOS EXISTENTES Y DETERMINACIÓN DEL IMPACTO DE LAS MISMAS EN EL DISEÑO DEFINITIVO".

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GENERAL

Adelantar el ***inventario de redes de servicio públicos existentes y determinación del impacto de las mismas en el diseño definitivo***, para la consultoría correspondiente al Contrato N° 2408130942 de 2024, cuyo objeto es: "ESTUDIOS Y DISEÑOS DEFINITIVOS (FASE 3) PARA LA CONSTRUCCIÓN DE INFRAESTRUCTURA DE LAS INTERSECCIONES PARA CALLE 63 CON CALLE 64 EN EL SECTOR DE LA ESCUELA DE CARABINEROS DE LA CIUDAD DE MANIZALES LOTE 3", con base en el contrato y los pliegos de condiciones que lo sustentan.

2.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS

- Realizar el contacto oficial con las entidades informándoles del proyecto a diseñar.
- Solicitar a las entidades la información de localización, longitud, tipo, alcance, y desarrollo de las redes existentes en el corredor.
- Hacer integración entre las disciplinas que intervienen en el contrato con la información obtenida. Esto para lograr un producto integral con todas las áreas que participan.
- Emitir recomendaciones sobre los planteamientos viales y sus limites en cuanto a las alternativas planteadas.
- Elaborar informe del inventario de redes de servicios públicos existentes que consolide todo el proceso y resultados obtenidos del componente anterior.

3 CADENA DE VALOR

Se procederá a efectuar las siguientes actividades de cara al cumplimiento de los productos a entregar:

Tabla 1.Cadena de valor

ACTIVIDAD	DESCRIPCIÓN	ENTREGABLE
Contacto a entidades.	Se realizará contacto con las entidades a cargo de las redes existentes en el sitio. Además de las posibles redes que no se visualizan pero que pueden tener presencia en el sector.	Correo y oficio solicitando información al respecto.
Compilación de información	Una vez suministrada la información por parte de todas las entidades, esta se recopila en la base de datos y se hace seguimiento en campo a la misma verificando los datos.	Carpeta con los planos, archivos geo data, comunicados y .PDF con toda la información suministrada por las entidades.
Integración de la información entre disciplinas	Elaborada la carpeta con la información entregada, se realiza comité entre las distintas partes que intervienen en el proyecto a fin de se conozcan las redes existentes y se tengan en cuenta a la hora de elaborar los diseños.	
Elaboración de informe de inventario de redes de servicio.	Documento que describe y consolida los procesos y metodologías llevadas a cabo para la obtención del informe de inventario de redes de servicio.	Informe de inventario de redes de servicio con sus respectivos anexos de las localizaciones de las redes existentes.

4 LOCALIZACIÓN DEL PROYECTO

La intersección vial se encuentra entre las calles 63 y 64 en el sector de la Escuela de Carabineros, en la ciudad de Manizales Caldas, su localización es un punto álgido para el tráfico peatonal y vial en todos los escenarios cronológicos.



Figura 1.Localización zona de estudio
Fuente: Imagen satelital extraída de Google Earth.

El área de intervención directa tiene 7124 m2, los cuales obedecen a la franja vial de cada acceso hasta donde se pretende desarrollar el proyecto según los lineamientos establecidos por el contrato y la normativa vigente.

5 METODOLOGIA

5.1 MARCO NORMATIVO

Los proyectos de infraestructura vial y el seguimiento a las redes existentes se basan en las recomendaciones y criterios dados por la resolución 0330 - RAS 2017, NORMAS DE DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE REDES DE DISTRIBUCIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA, Resolución 14471 de 2002, Decreto 2424 de 2006.

5.2 PROCEDIMIENTO OPERATIVO

A continuación, se identifican las diferentes etapas y la descripción de las mismas:

5.2.1 INSPECCION DE REDES EXISTENTES

Se realizará inspección inicial en campo, en donde se identificarán las redes existentes y se clasificarán para identificar el tipo y el direccionamiento de la solicitud a realizar y la posible afectación que puedan causar las alternativas seleccionadas.

5.2.2 INVESTIGACION DE REDES E INTERFERENCIAS

Se investigarán todas las posibles interferencias con las redes, a través de los canales oficiales que tengan las entidades a cargo de estas y las posibles que puedan existir y que no se visualiza en la inspección inicial. Además de esto se tendrá en cuenta las interferencias generadas por la confrontación de los demás volúmenes de diseño, considerando que las limitantes mas importantes para este tipo de proyecto vial la determinan el tránsito, el componente ambiental, la hidráulica del cauce y la posibilidad de cimentación de las estructuras.

5.2.3 RECEPCION DE LA INFORMACION

Una vez realizada la etapa de investigación se emite respuesta por parte de las entidades acerca de la existencia o no de redes en el sector y si es así, haciendo entrega del inventario de las mismas.

5.2.4 CHEQUEO DE LA INFORMACIÓN RECOPILADA EN CAMPO VS LA SUMINISTRADA POR ENTIDAD

Una vez se reciba por parte de las entidades a cargo de las redes el inventario de las mismas se hace visita de campo confrontando la información recopilada con la existente en sitio, identificando su alcance en el proyecto y la ubicación y riesgo de afectación a las mismas.

5.2.5 INTERACCIÓN CON OTRAS DISICIPLINAS

Superada las etapas de recopilación de información se integra los resultados con el diseño geométrico a fin de medir el alcance de la afectación del diseño a las redes ya establecidas y se puedan tomar decisiones teniendo en cuenta lo existente y evitar grandes afectaciones o cambios en las redes.

5.2.6 PRODUCTOS A ENTREGAR

Como resultado de la presente consultoría, se entregará el documento "Inventario de redes de servicio públicos existentes" con sus respectivos anexos (planos suministrados por la entidad)

6 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

El trabajo debe ser articulado con la interventoría para efectos de su seguimiento y aprobación, de igual forma con el equipo de la entidad contratante y demás entidades involucradas en la ejecución del proyecto según Contrato N° 2408130942, incluye la revisión de los diseños metodológicos para el desarrollo de los diferentes volúmenes definidos dentro del pliego de condiciones.

Para el desarrollo del componente del inventario de redes de servicio público no es necesario la conclusión de actividades en los demás componentes, por lo que su gestión puede ser independiente. Una vez se obtenga la información del inventario de redes esta se relacionará a el componente de diseño geométrico cumpliendo así, el realizar un diseño integro que contemple todas las situaciones a las que este se pueda enfrentar.

Lemoine Rivera
Ingenieros Asociados s.a.s.

APROBACIÓN INTERVENTORÍA

Calle 109 No. 20 – 77 Apto 202, Teléfono: 316 4218611, correo: lemoinerivera@gmail.com

Wentzer

INT-MNZ -24929-0012

Manizales, 12 de noviembre de 2024.

Ingeniero:
CRISTIAN MAURICIO CUELLAR LEGUIZAMÓN
Representante Legal
LEMOINE RIVERA INGENIEROS ASOCIADOS S.A.S

Referencia:
Contrato 2408080929 *"INTERVENTORÍA TÉCNICA, ADMINISTRATIVA, FINANCIERA Y JURÍDICA A LOS ESTUDIOS Y DISEÑOS DE LA INTERSECCIÓN VIAL UBICADA EN LA CALLE 63 CON CALLE 64 EN EL SECTOR DE LA ESCUELA DE CARABINEROS DE LA CIUDAD DE MANIZALES"*

Contrato 2408130942 *"ESTUDIOS Y DISEÑOS DEFINITIVOS (FASE 3) PARA LA CONSTRUCCIÓN DE INFRAESTRUCTURA DE LA INTERSECCIÓN CALLE 63 CON CALLE 64 EN EL SECTOR DE LA ESCUELA DE CARABINEROS DE LA CIUDAD DE MANIZALES"*

Documento: Leomine – CM004-2024 Lote 3 – TEC 23: *Revisión de metodología de inventario de redes de servicio público.*

ASUNTO: *Revisión de la Metodología para el Inventario de Redes de Servicios Públicos y Determinación del Impacto en el Diseño.*

Cordial saludo,

En cumplimiento de nuestras funciones como interventoría y en atención a lo establecido en el contrato 2408130942, nos permitimos notificar la revisión realizada a la metodología para el inventario de redes de servicios públicos existentes y determinación del impacto en el diseño, presentada por su firma consultora.

Observaciones a la metodología presentada:

1. **Levantamiento cartográfico de las redes existentes**: Se menciona que se realizará un levantamiento en campo y se recopilará información de las entidades, lo cual cumple con el requisito del contrato. Sin embargo, es necesario detallar el proceso para la elaboración del levantamiento cartográfico, incluyendo la localización precisa y las redes que podrían ser intervenidas, en el informe final de estos estudios.

2. **Informe de viabilidad sobre la modificación de redes**: La metodología presentada no incluye un apartado específico para la elaboración de un informe de viabilidad respecto a la posible modificación de las redes. Se requiere que se presente un análisis detallado de los posibles impactos derivados de las intervenciones en las redes existente.

3. **Productos a entregar**: Además de los planos de las redes existentes suministradas por las entidades, se debe incluir un informe de viabilidad de modificación de redes, integrar a los planos de diseño geométrico, urbanismo, y otras disciplinas las modificaciones a las redes,

así como las consideraciones técnicas y constructivas que se deben tener en cuenta. También se deberán anexar los documentos necesarios para la correcta integración con el diseño geométrico y asegurar que todos los aspectos estén debidamente articulados.

CONCLUSIÓN Y AJUSTES

La metodología propuesta cumple con varios aspectos fundamentales para el desarrollo del inventario de redes, por lo tanto, **se aprueba su ejecución**, con la condición de que se realicen los ajustes mencionados y se tengan en cuenta para la elaboración y aprobación del informe final.

Adicionalmente, se precisa que la aprobación de esta metodología no excluye el cumplimiento de las obligaciones contractuales establecidas en el contrato 2408130942. Asimismo, se podrán realizar ajustes en la metodología con base en las recomendaciones que surjan en futuras mesas de trabajo, siempre que estas se encuentren dentro del marco contractual vigente y no alteren el alcance del proyecto.

Agradecemos su atención y quedamos atentos a sus comentarios.

Cordialmente,

WENTZER MAURICIO LEÓN TORRES
Director De Interventoría
WENTZER SAS.
Tel. 317 426 6566

Lemoine Rivera
Ingenieros Asociados s.a.s.

VOLUMEN VIII:
ESTRUCTURAL

Calle 109 No. 20 – 77 Apto 202, Teléfono: 316 4218611, correo: lemoinerivera@gmail.com

Lemoine Rivera
Ingenieros Asociados s.a.s.

REMISIÓN METODOLOGÍA

Calle 109 No. 20 – 77 Apto 202, Teléfono: 316 4218611, correo: lemoinerivera@gmail.com

Lemoine Rivera
Ingenieros Asociados s.a.s.

Bogotá D.C, 28 de noviembre de 2024
LEMOINE- CM004-2024 LOTE 3 – TEC26

Señores:
MAURICIO LEON TORRES
REPRESENTANTE LEGAL
WENTZER S.A.S

Referencia: Contrato No. **2408130942** cuyo objeto es **ESTUDIOS Y DISEÑOS DEFINITIVOS (FASE 3) PARA LA CONSTRUCCION DE INFRAESTRUCTURA DE LA INTERSECCION CALLE 63 CON CALLE 64 EN EL SECTOR DE LA ESCUELA DE CARABINEROS DE LA CIUDAD DE MANIZALES**

Asunto: Remisión metodología de diseño estructural de puentes, muros y pantallas etc.

Cordial Saludo,

Remito metodología de diseño estructural de puentes, muros y pantallas etc. contrato 2408130942 cuyo objeto es **ESTUDIOS Y DISEÑOS DEFINITIVOS (FASE 3) PARA LA CONSTRUCCION DE INFRAESTRUCTURA DE LA INTERSECCION CALLE 63 CON CALLE 64 EN EL SECTOR DE LA ESCUELA DE CARABINEROS DE LA CIUDAD DE MANIZALES**

Cordialmente,

Cristian Mauricio Cuellar Leguizamón
Representante Legal
LEMORINE RIVERA INGENIEROS ASOCIADOS S.A.S

ALCALDIA DE MANIZALES

SECRETARIA DE INFRAESTRUCTURA

CONTRATO N° 2408130942

ESTUDIOS Y DISEÑOS DEFINITIVOS (FASE 3) PARA LA CONSTRUCCIÓN DE INFRAESTRUCTURA DE LAS INTERSECCIONES PARA 1- EL INGRESO A LOS BARRIOS LA FRANCIA Y ALCAZARES EN EL SECTOR DEL PARQUE DEL AGUA, 2- CALLE 67 CON CRA 25 SECTOR PARQUE DE LAS GARZAS Y 3 – CALLE 63 CON CALLE 64 EN EL SECTOR DE LA ESCUELA DE CARABINEROS DE LA CIUDAD DE MANIZALES

VOLUMEN VIII – DISEÑO ESTRUCTURAL DE PUENTES, MUROS Y PANTALLAS

VERSIÓN 0

LEMOINE RIVERA INGENIEROS ASOCIADOS S.A.S

MANIZALES, CALDAS

HOJA DE CONTROL DEL DOCUMENTO

NOMBRE DEL DOCUMENTO:	CÓDIGO DEL DOCUMENTO:
DISEÑO ESTRUCTURAL PUENTES, MUROS Y PANTALLAS	VOLUMEN VIII

CONTROL DE CAMBIOS

VERSIÓN	FECHA	OBSERVACIÓN
V-01	Noviembre 2024	DISEÑO ESTRUCTURAL PUENTES, MUROS Y PANTALLAS

REVISIÓN DEL DOCUMENTO

CONTROL	NOMBRE	FIRMA	FECHA
Elaboró Especialistas	SERGIO GONZALEZ GORDON HUGO ALEJANDRO HURTADO		NOVIEMBRE 2024
Revisó Director de Estudios y Diseños	ÁLVARO VERA AYALA		NOVIEMBRE 2024
Aprobó Especialista Interventoría	NA		NOVIEMBRE 2024
Valido Director Interventoría	NA		NOVIEMBRE 2024

CONTROL Y DISTRIBUCIÓN DEL DOCUMENTO

UBICACIÓN	NOMBRE	COPIA
ENTIDAD	SECRETARIA DE INFRAESTRUCTURA	DIGITAL / IMPRESO
ARCHIVO	LEMOINE RIVERA INGENIEROS ASOCIADOS S.A.S	DIGITAL
ARCHIVO	WENTZER S.A.S	DIGITAL

TABLA DE CONTENIDO

1 INTRODUCCIÓN 3
2 DISEÑO ESTRUCTURAL EN INFRAESTRUCTURA PUBLICA. 3
3 OBJETIVOS 3
3.1 OBJETIVO GENERAL 3
3.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS 4
4 CADENA DE VALOR 5
5 LOCALIZACIÓN DEL PROYECTO 6
6 METODOLOGIA 7
6.1 MARCO NORMATIVO 7
6.2 PROCEDIMIENTO OPERATIVO 7
6.2.1 ANALISIS ESTRUCTURAL 7
6.2.2 DISEÑO ESTRUCTURAL 7
6.2.3 DATOS DE ENTRADA Y SALIDA SOFTWARE DE CALCULO ESTRUCTURAL 7
6.2.4 PLANOS ESTRUCTURALES 8
6.2.5 MEMORIAS DE CALCULO ESTRUCTURAL 8
7 PRODUCTOS A ENTREGAR 8
8 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES 8

Dirección: Calle 109 No. 20 – 77 Apto 202
correo: lemoinerivera@gmail.com
leri0942@gmail.com
Teléfono: 316 4218611

1 INTRODUCCIÓN

De acuerdo con el pliego de condiciones que hace parte integral del contrato de obra, el contratista LEMOINE RIVERA INGENIEROS ASOCIADOS S.A.S se compromete a desarrollar la consultoría relacionada con ESTUDIOS Y DISEÑOS DEFINITIVOS (FASE 3) PARA LA CONSTRUCCIÓN DE INFRAESTRUCTURA DE LAS INTERSECCIONES PARA CALLE 63 CON CALLE 64 EN EL SECTOR DE LA ESCUELA DE CARABINEROS DE LA CIUDAD DE MANIZALES LOTE 3, con el fin de llevar a cabo todas las labores necesarias para entregar a ALCALDIA DE MANIZALES los estudios y diseños que incluyen los entregables solicitados en el anexo técnico, encontrándose entre los volúmenes relacionados el denominado "Estructura".

2 DISEÑO ESTRUCTURAL EN INFRAESTRUCTURA PUBLICA.

El diseño estructural dentro del desarrollo de la infraestructura consiste en la evaluación de cargas, análisis estáticos, análisis dinámicos para todas las estructuras requeridas, en el caso de puentes incluye el diseño de los estribos, tablero, superestructura, pilas, topes sísmicos, apoyos en neopreno, juntas de construcción, barandas y en caso de muros de contención, el diseño del vástago, base del muro y la cimentacion, todo cumpliendo estrictamente el código de puentes CCP-14, con el fin de garantizar la estabilidad y seguridad de las estructuras propuestas durante la vida útil del proyecto.

3 OBJETIVOS

3.1 OBJETIVO GENERAL

Adelantar el ***diseño estructural de los puentes, muros y pantallas***, para la consultoría correspondiente al Contrato N° 2408130942 de 2024, cuyo objeto es: "ESTUDIOS Y DISEÑOS DEFINITIVOS (FASE 3) PARA LA CONSTRUCCIÓN DE INFRAESTRUCTURA DE LAS INTERSECCIONES PARA CALLE 63 CON CALLE 64 EN EL SECTOR DE LA ESCUELA DE CARABINEROS DE LA CIUDAD DE MANIZALES LOTE 3", con base en el contrato y los pliegos de condiciones que lo sustentan.

3.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS

- Determinar el acero de refuerzo del tablero, estribos, pilas de los puentes a ejecutar y superestructura, según el código de puentes CCP-14.
- Realizar el análisis estático y dinámico de los puentes y muros propuestos, según el código de puentes CCP-14.
- Determinar la estabilidad a volcamiento y desplazamiento de los muros de contención propuestos según el código de puentes CCP-14.
- Definir las propiedades del concreto, acero de refuerzo, acero estructural, platinas, topes sísmicos y apoyos a utilizar en el proyecto.
- Elaborar las memorias de cálculo de los puentes y muros propuestos que den soporte a los cálculos realizados.
- Elaborar planos estructurales detallados de todos los componentes de los puentes y muros propuestos.

4 CADENA DE VALOR

Se procederá a efectuar las siguientes actividades de cara al cumplimiento de los productos a entregar:

Tabla 1. Cadena de valor

ACTIVIDAD	DESCRIPCIÓN	ENTREGABLE
Puente tipo 1	Se realizarán los cálculos respectivos según el CCP-14, incluyendo evaluación de cargas, combinaciones de cargas, tipo de análisis utilizados, modelación estructural en software de análisis y diseño estructural, diseño de cimentacion, diseño de estribos, diseño del tablero, diseño de superestructura, diseño de barandas y elaboración de planos estructurales y memorias de cálculo.	Planos estructurales detallados y memorias de cálculo.
Puente tipo 2	Se realizarán los cálculos respectivos según el CCP-14, incluyendo evaluación de cargas, combinaciones de cargas, tipo de análisis utilizados, modelación estructural en software de análisis y diseño estructural, diseño de cimentacion, diseño de estribos, diseño del tablero, diseño de superestructura, diseño de barandas y elaboración de planos estructurales y memorias de cálculo.	Planos estructurales detallados y memorias de cálculo.
Muros de contención y obras complementarias.	Chequeo factores de seguridad normativos, determinación de acero de refuerzo a utilizar, modelación estructural en software de análisis y diseño estructural y elaboración de planos estructurales y memorias de cálculo.	Planos estructurales detallados y memorias de cálculo.

5 LOCALIZACIÓN DEL PROYECTO

La intersección vial se encuentra entre las calles 63 y 64 en el sector de la Escuela de Carabineros, en la ciudad de Manizales (Caldas), su localización es un punto álgido para el tráfico peatonal y vial en todos los escenarios cronológicos.

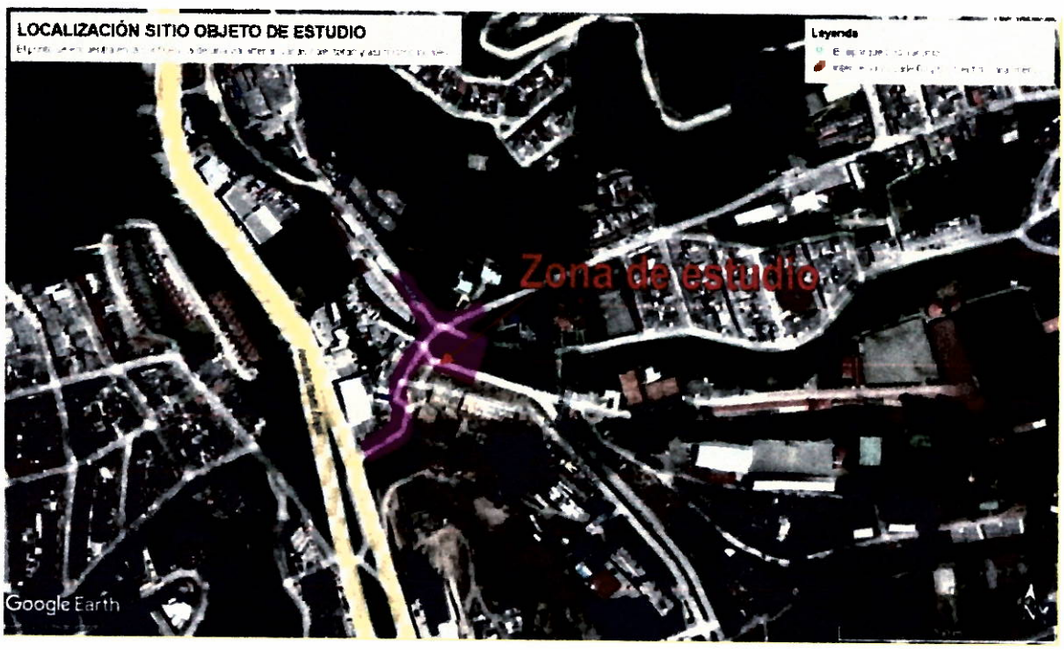


Figura 1.Localización zona de estudio
Fuente: Imagen satelital extraída de Google Earth.

El área de intervención directa tiene 7124 m2, los cuales obedecen a la franja vial de cada acceso hasta donde se pretende desarrollar el proyecto según los lineamientos establecidos por el contrato y la normativa vigente (CCP14).

6 METODOLOGIA

6.1 MARCO NORMATIVO

Los proyectos de infraestructura vial se basan en las recomendaciones y criterios dados en el Código Colombiano de Puentes – CCP-14 del INVIAS.

6.2 PROCEDIMIENTO OPERATIVO

A continuación, se identifican las diferentes etapas y la descripción de las mismas:

6.2.1 ANALISIS ESTRUCTURAL

Se realizada el análisis del puente mediante el software SAP 2000, en dicho software se evaluarán las diferentes cargas a implementar en los puentes, como capa de rodadura, camión de diseño, tándem de diseño, carga de carril, andenes, bordillos, barandas, instalaciones, se modelarán las pilas y estribos mediante los empujes laterales estáticos y dinámicos, además se simulara el suelo mediante resortes con el módulo de reacción horizontal del suelo.

6.2.2 DISEÑO ESTRUCTURAL

Se hará el detallado respectivo de pilas, estribos, tablero, vigas de apoyo, topes sísmicos y todo lo requerido por el proyecto, indicando claramente cantidad de refuerzo vertical, refuerzo transversal, diámetro de varillas a utilizar, calidad del concreto y todas las especificaciones propias de un proyecto estructural.

6.2.3 DATOS DE ENTRADA Y SALIDA SOFTWARE DE CALCULO ESTRUCTURAL

Se incluirán en los cálculos los datos de entrada y salida del software de cálculo estructural, como espectro de diseño, combinaciones de carga empleadas, reportes de diseño a flexión, cortante, torsión y flexo compresión de los diferentes componentes de los puentes y de los muros de contención que deban realizarse.

6.2.4 PLANOS ESTRUCTURALES

Se entregarán planos estructurales detallados con información de los materiales a emplear, cantidad de refuerzo en todos los elementos estructurales, pilas, estribos, cimentacion, tablero, vigas de soportes y demás elementos empleados en el proyecto según el código de puentes CCP-14.

6.2.5 MEMORIAS DE CALCULO ESTRUCTURAL

Las memorias de cálculo del proyecto incluirán todo lo requerido por el código de puentes CCP-14 y darán soporte a todos los cálculos realizados en el proyecto.

7 PRODUCTOS A ENTREGAR

Como resultado de la presente consultoría se entregará el documento con memorias de cálculo y planos estructurales detallados del proyecto, para la correcta ejecución en obra.

8 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

El trabajo debe ser articulado con la interventoría para efectos de su seguimiento y aprobación, de igual forma con el equipo de la entidad contratante y demás entidades involucradas en la ejecución del proyecto según Contrato N° 2408130942.

Para el desarrollo del componente estructural se requiere tener la información precisa del trazado geométrico de la vía y puentes, perfiles viales para revisar la necesidad de implementar muros de contención, se requiere además el estudio de suelos con las recomendaciones de cimentacion, tipo de suelo, capacidad portante de elementos de cimentacion, parámetros de empujes de suelos y todo lo requerido para la correcta implementación del proyecto.

Lemoine Rivera
Ingenieros Asociados s.a.s.

APROBACIÓN INTERVENTORÍA

Calle 109 No. 20 – 77 Apto 202, Teléfono: 316 4218611, correo: lemoinerivera@gmail.com

Manizales, 04 de diciembre de 2024.

Ingeniero:
ÁLVARO VERA
Coordinador de Consultoría
LEMOINE RIVERA INGENIEROS ASOCIADOS S.A.S

Referencia:
Contrato 2408080929 *"INTERVENTORÍA TÉCNICA, ADMINISTRATIVA, FINANCIERA Y JURÍDICA A LOS ESTUDIOS Y DISEÑOS DE LA INTERSECCIÓN VIAL UBICADA EN LA CALLE 63 CON CALLE 64 EN EL SECTOR DE LA ESCUELA DE CARABINEROS DE LA CIUDAD DE MANIZALES"*

Contrato 2408130942 *"ESTUDIOS Y DISEÑOS DEFINITIVOS (FASE 3) PARA LA CONSTRUCCIÓN DE INFRAESTRUCTURA DE LA INTERSECCIÓN CALLE 63 CON CALLE 64 EN EL SECTOR DE LA ESCUELA DE CARABINEROS DE LA CIUDAD DE MANIZALES"*

Documento: Leomine – CM004-2024 Lote 3 – TEC 26: *Remisión metodología de diseño estructural de puentes, muros y pantallas.*

ASUNTO: *Aprobación metodología de diseño estructural – Contrato 2408130942.*

Cordial saludo,

En cumplimiento de nuestras funciones como interventoría técnica, administrativa, financiera y jurídica, y en atención a lo establecido en el Contrato No. 2408130942, hemos revisado la metodología presentada en el documento titulado "Diseño Estructural de Puentes, Muros y Pantallas", correspondiente al diseño estructural para la intersección vial Calle 63 con Calle 64 en el sector de la Escuela de Carabineros del municipio de Manizales, concluyendo los siguiente:

1. **Cumplimiento Normativo**

    - La metodología propuesta se encuentra alineada con las disposiciones del Código Colombiano de Puentes (CCP-14), así como con las especificaciones técnicas aplicables al contrato.

    - Se definen las etapas de análisis estructural, diseño detallado y modelación, que incluyen todas las combinaciones de carga requeridas, tanto estáticas como dinámicas.

2. **Procedimientos Operativos**

    - **Análisis estructural:** Utilización de software especializado (SAP2000) para modelar las cargas de diseño y evaluar componentes críticos como estribos, pilas, tablero, y cimentaciones, incluyendo simulaciones de suelo mediante resortes con módulo de reacción.

3. **Productos a Entregar**

- Se describen claramente los productos finales, como memorias de cálculo y planos estructurales detallados, necesarios para la ejecución en obra.
- Los entregables incluyen cálculos para puentes tipo, muros de contención y obras complementarias, ajustados a las características del proyecto y su localización.

CONCLUSIÓN

De acuerdo con la revisión realizada, la metodología presentada para el diseño estructural **se aprueba** como insumo válido para las siguientes fases del proyecto. Este documento constituye una base técnica sólida que garantiza el cumplimiento de los estándares normativos y contractuales.

La aprobación de esta metodología no excluye el cumplimiento de las obligaciones contractuales establecidas en el contrato 2408130942, ni limita la posibilidad de realizar ajustes o modificaciones en su contenido. Dichos cambios podrán implementarse con base en las recomendaciones surgidas en futuras mesas de trabajo, siempre que se mantengan dentro del marco contractual vigente y no alteren el alcance del proyecto.

Agradecemos la diligencia en la elaboración de esta metodología y quedamos atentos para coordinar cualquier actividad que facilite el desarrollo exitoso del proyecto.

Cordialmente,

WENTZER MAURICIO LEÓN TORRES
Director De Interventoría
WENTZER SAS.
Tel. 317 426 6566

Lemoine Rivera
Ingenieros Asociados s.a.s.

VOLUMEN VII:
PAVIMENTOS

Calle 109 No. 20 – 77 Apto 202, Teléfono: 316 4218611, correo: lemoinerivera@gmail.com

Lemoine Rivera
Ingenieros Asociados s.a.s.

REMISIÓN METODOLOGÍA

Calle 109 No. 20 – 77 Apto 202, Teléfono: 316 4218611, correo: lemoinerivera@gmail.com

Lemoine Rivera
Ingenieros Asociados s.a.s.

Bogotá D.C, 04 de diciembre de 2024
LEMOINE- CM004-2024 LOTE 3 – TEC27

Señores:
MAURICIO LEON TORRES
REPRESENTANTE LEGAL
WENTZER S.A.S

Referencia: Contrato No. **2408130942** cuyo objeto es **ESTUDIOS Y DISEÑOS DEFINITIVOS (FASE 3) PARA LA CONSTRUCCION DE INFRAESTRUCTURA DE LA INTERSECCION CALLE 63 CON CALLE 64 EN EL SECTOR DE LA ESCUELA DE CARABINEROS DE LA CIUDAD DE MANIZALES**

Asunto: Remisión metodología de diseño de pavimentos

Cordial Saludo,

Remito metodología de diseño de pavimentos para el contrato 2408130942, cuyo objeto es **ESTUDIOS Y DISEÑOS DEFINITIVOS (FASE 3) PARA LA CONSTRUCCION DE INFRAESTRUCTURA DE LA INTERSECCION CALLE 63 CON CALLE 64 EN EL SECTOR DE LA ESCUELA DE CARABINEROS DE LA CIUDAD DE MANIZALES**

Cordialmente,

Cristian Mauricio Cuellar Leguizamón
Representante Legal
LEMORINE RIVERA INGENIEROS ASOCIADOS S.A.S

ALCALDIA DE MANIZALES

SECRETARIA DE INFRAESTRUCTURA

CONTRATO N° 2408130942

ESTUDIOS Y DISEÑOS DEFINITIVOS (FASE 3) PARA LA CONSTRUCCIÓN DE INFRAESTRUCTURA DE LAS INTERSECCIONES PARA 1- EL INGRESO A LOS BARRIOS LA FRANCIA Y ALCAZARES EN EL SECTOR DEL PARQUE DEL AGUA, 2- CALLE 67 CON CRA 25 SECTOR PARQUE DE LAS GARZAS Y 3 – CALLE 63 CON CALLE 64 EN EL SECTOR DE LA ESCUELA DE CARABINEROS DE LA CIUDAD DE MANIZALES

VOLUMEN VII – DISEÑO DE PAVIMENTOS

VERSIÓN 0

LEMOINE RIVERA INGENIEROS ASOCIADOS S.A.S

MANIZALES, CALDAS

HOJA DE CONTROL DEL DOCUMENTO

NOMBRE DEL DOCUMENTO:	CÓDIGO DEL DOCUMENTO:
DISEÑO DE PAVIMENTOS	VOLUMEN VII

CONTROL DE CAMBIOS

VERSIÓN	FECHA	OBSERVACIÓN
V-01	Diciembre 2024	DISEÑO DE ESTRUCTURA DE PAVIMENTOS

REVISIÓN DEL DOCUMENTO

CONTROL	NOMBRE	FIRMA	FECHA
Elaboró Especialista	SANTIAGO LOAIZA CARDONA		DICIEMBRE 2024
Revisó Director de Estudios y Diseños	ALVARO HERNANDO VERA		DICIEMBRE 2024
Aprobó Especialista Interventoría	NA		DICIEMBRE 2024
Valido Director Interventoría	NA		DICIEMBRE 2024

CONTROL Y DISTRIBUCIÓN DEL DOCUMENTO

UBICACIÓN	NOMBRE	COPIA
ENTIDAD	SECRETARIA DE INFRAESTRUCTURA	DIGITAL / IMPRESO
ARCHIVO	LEMOINE RIVERA INGENIEROS ASOCIADOS S.A.S	DIGITAL
ARCHIVO	WENTZER S.A.S	DIGITAL

Dirección: Calle 109 No. 20 – 77 Apto 202
correo: lemoinerivera@gmail.com
leri0942@gmail.com
Teléfono: 316 4218611

TABLA DE CONTENIDO

1 INTRODUCCIÓN 2
2 PAVIMENTOS EN INFRAESTRUCTURA PÚBLICA 3
3 OBJETIVOS 3
3.1 OBJETIVO GENERAL 3
3.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS 3
4 CADENA DE VALOR 3
5 LOCALIZACIÓN DEL PROYECTO 4
6 METODOLOGIA 5
6.1 MARCO NORMATIVO 5
6.2 PROCEDIMIENTO OPERATIVO 5
6.2.1 PROSPECCIÓN GEOTECNICA 5
6.2.2 TOMA DE MUESTAS ALTERADAS E INALTERADAS 6
6.2.3 ENSAYOS DE LABORATORIO SOBRE MUESTRAS DE CAMPO 6
6.2.4 DISEÑO DE ESTRUCTURA DE PAVIMENTO 6
6.2.5 INTERACCIÓN CON OTRAS DISICIPLINAS 6
7 PRODUCTOS A ENTREGAR 6
8 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES 6

1 INTRODUCCIÓN

De acuerdo con el pliego de condiciones que hace parte integral del contrato de consultoría, el contratista LEMOINE RIVERA INGENIEROS ASOCIADOS S.A.S se compromete a desarrollar la consultoría relacionada con ESTUDIOS Y DISEÑOS DEFINITIVOS (FASE 3) PARA LA CONSTRUCCIÓN DE INFRAESTRUCTURA DE LAS INTERSECCIONES PARA CALLE 63 CON

CALLE 64 EN EL SECTOR DE LA ESCUELA DE CARABINEROS DE LA CIUDAD DE MANIZALES LOTE 3, con el fin de llevar a cabo todas las labores necesarias para entregar a ALCALDIA DE MANIZALES los estudios y diseños que incluyen los entregables solicitados en el anexo técnico, encontrándose entre los volúmenes relacionados el denominado "Pavimentos".

2 PAVIMENTOS EN INFRAESTRUCTURA PÚBLICA

Los pavimentos dentro del desarrollo de la infraestructura pública provee la información necesaria para conocer las condiciones del subsuelo y la posible respuesta al desarrollo de las obras propuestas; este resultado se obtiene mediante la auscultación de la subrasante y la caracterización físico-mecánica de la misma así como de los materiales granulares a emplear como estructura de pavimento.

3 OBJETIVOS

3.1 OBJETIVO GENERAL

Realizar el diseño de pavimento rígido de la intersección calle 63 con calle 64 en el sector de la escuela de Carabineros, definiendo los materiales y espesores que se deben instalar para el correcto funcionamiento de las vías durante el periodo de diseño.

3.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS

- Realizar la caracterización geotécnica de la subrasante, mediante la ejecución de apiques, obteniendo muestras de suelo suficientes para realizar los ensayos de laboratorios propuestos.
- Abstracción del tránsito para el diseño.
- Definición de demás variables para la aplicación de la metodología AASHTO 1993, por medio de la cual se definen los materiales y espesores de la estructura de pavimento rígido.
- Aplicación de metodología INVIAS para el diseño de pavimento rigido para vías con bajos, medios y altos volúmenes de tránsito.
- Aplicación de metodología PCA84.
- Recomendaciones y conclusiones para la construcción de la intersección.

4 CADENA DE VALOR

Se procederá a efectuar las siguientes actividades de cara al cumplimiento de los productos a entregar:

Tabla 1.Cadena de valor

ACTIVIDAD	DESCRIPCIÓN	ENTREGABLE
Campaña de exploración	Se llevarán a cabo las siguientes perforaciones: - 6 apiques de 1.2x1.2	Plano de ubicación de perforaciones y reporte de estructura existente.
Toma de muestras alteradas e inalteradas para ensayos de laboratorio	Para la parametrización geomecánica del suelo y contemplar si es posible la utilizaciñon de la estructura existente, se propone: - 6 densidades de campo en la subbase granular. - 6 proctor modificados de la subbase granular. - 6 CBR compactados en laboratorio. - 6 tomas de CBR para fallo inalterado. - 6 Calcificaciones	Resultados de ensayos de laboratorio.
Procesamiento y análisis de resultados de laboratorio.	Con base en los resultados obtenidos, se procederá a clasificar la intersección en unidades de diseño y encontrar el CBR característico de la subrasante y determinar el valor de CBR de la subbase granular existente.	Unidades di diseño y CBR's característicos..
Cálculo de estructuras de pavimento	Con base en las teorías disponibles en la actualidad, se realizarán los cálculos para obtener la estructura de pavimentos más optima.	Diseño de estructuras de pavimentos.

5 LOCALIZACIÓN DEL PROYECTO

La intersección vial se encuentra entre las calles 63 y 64 en el sector de la Escuela de Carabineros, en la ciudad de Manizales Caldas, su localización es un punto álgido para el tráfico peatonal y vial en todos los escenarios cronológicos.

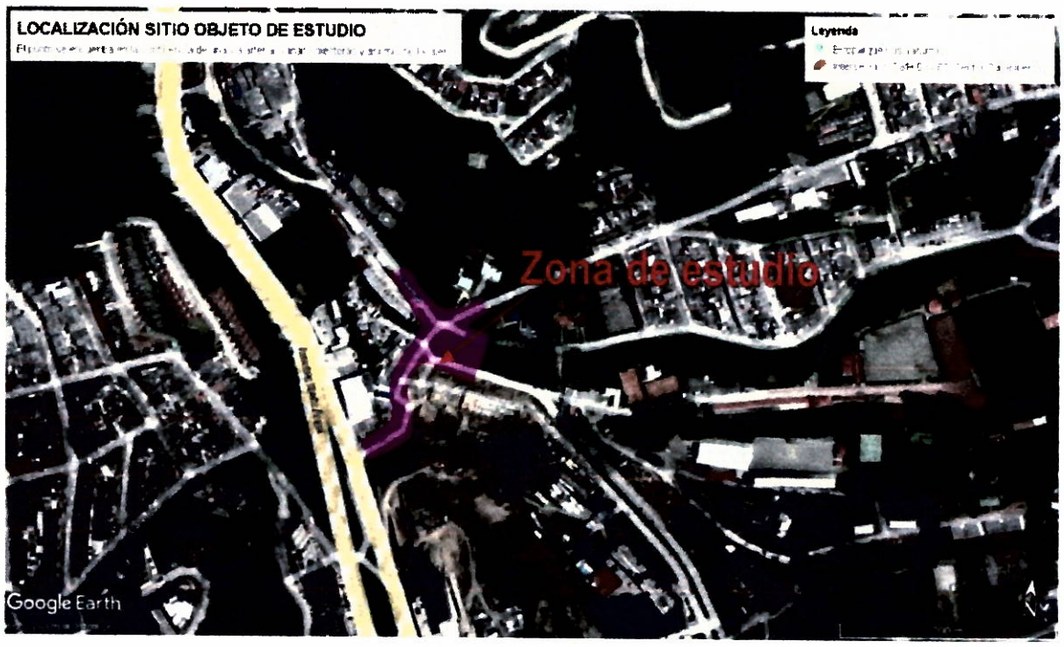


Figura 1.Localización zona de estudio
Fuente: Imagen satelital extraída de Google Earth.

El área de intervención directa tiene 7124 m2, los cuales obedecen a la franja vial de cada acceso hasta donde se pretende desarrollar el proyecto según los lineamientos establecidos por el contrato y la normativa vigente (CCP14).

6 METODOLOGIA

6.1 MARCO NORMATIVO

Los proyectos de infraestructura vial se basan en las recomendaciones y criterios dados en el Código Colombiano de Puentes – CCP-14 del INVIAS.

6.2 PROCEDIMIENTO OPERATIVO

A continuación, se identifican las diferentes etapas y la descripción de las mismas:

6.2.1 PROSPECCIÓN GEOTECNICA

Se realizarán 6 apiques en total, uno por cada ingreso a la intersección, con el fin de obtener la información más precisa de los materiales que allí se encuentran.

6.2.2 TOMA DE MUESTAS ALTERADAS E INALTERADAS

Se propone realizar la toma de densidades de campo en la subbase granular existente, realizar una toma de muestra para un ensayo de Proctor modificado y CBR de material granular compactado en laboratorio y finalmente se tomara la muestra inalterada en molde de CBR de la subrasante.

6.2.3 ENSAYOS DE LABORATORIO SOBRE MUESTRAS DE CAMPO

Para los materiales granulares allí presentes se propone conocer su densidad, el valor de la densidad máxima y el ensayo de CBR compactado en laboratorio, esto con el fin de conocer el valor real de CBR del material que se encuentra instalado en campo y determinar si es posible la implementación de la estructura existente en la nueva que entregará esta consultoría.

6.2.4 DISEÑO DE ESTRUCTURA DE PAVIMENTO

Se emplearán tres (03) metodologías para el diseño del pavimento rígido, las cuales son: AASHTO 93 – INVIAS – PCA84, con el fin de poder determinar la estructura de pavimento optima que conlleve a un acierto económico al momento de su construcción.

6.2.5 INTERACCIÓN CON OTRAS DISICIPLINAS

Para lograr el objetivo propuesto por la consultoría, es necesario llevar a cabo un proceso interdisciplinario por medio de comités en los cuales se establecerán las necesidades de información de otras disciplinas para ser integrada al estudio de pavimentos, como el caso del componente hidráulico e hidrológico con las variables de clima, el componente de tránsito con la determinación del NESE a emplear.

7 PRODUCTOS A ENTREGAR

Como resultado de la presente consultoría se entregará el documento Informe de pavimentos con sus respectivos anexos, necesarios para describir y detallar las estructuras diseñadas, incluyendo las metodologías y teorías aplicadas para la obtención de dichas estructuras.

8 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

El trabajo debe ser articulado con la interventoría para efectos de su seguimiento y aprobación, de igual forma con el equipo de la entidad contratante y demás entidades involucradas en la ejecución

del proyecto según Contrato N° 2408130942, incluye la revisión de los diseños metodológicos para el desarrollo de los diferentes volúmenes definidos dentro del pliego de condiciones.

Para el desarrollo del componente de pavimentos, es necesario contar previamente con la información de tránsito; de igual manera, es importante conocer información hidrológica e hidráulica (clima).

Lemoine Rivera
Ingenieros Asociados s.a.s.

APROBACIÓN INTERVENTORÍA

Calle 109 No. 20 – 77 Apto 202, Teléfono: 316 4218611, correo: lemoinerivera@gmail.com

Wentzer

INT-MNZ -24929-0017

Manizales, 05 de diciembre de 2024.

Ingeniero:
ÁLVARO VERA
Coordinador de Consultoría
LEMOINE RIVERA INGENIEROS ASOCIADOS S.A.S

Referencia:
Contrato 2408080929 *"INTERVENTORÍA TÉCNICA, ADMINISTRATIVA, FINANCIERA Y JURÍDICA A LOS ESTUDIOS Y DISEÑOS DE LA INTERSECCIÓN VIAL UBICADA EN LA CALLE 63 CON CALLE 64 EN EL SECTOR DE LA ESCUELA DE CARABINEROS DE LA CIUDAD DE MANIZALES"*

Contrato 2408130942 *"ESTUDIOS Y DISEÑOS DEFINITIVOS (FASE 3) PARA LA CONSTRUCCIÓN DE INFRAESTRUCTURA DE LA INTERSECCIÓN CALLE 63 CON CALLE 64 EN EL SECTOR DE LA ESCUELA DE CARABINEROS DE LA CIUDAD DE MANIZALES"*

Documento: *Lemoine-cm004-2024 lote 3 – Tec 27: Remisión metodología de diseño de pavimentos.*

Documento: *Metodología Diseño de Pavimentos – Versión 0*

ASUNTO: *Aprobación Metodología de estudios y diseños de pavimentos.*

Cordial saludo,

En cumplimiento con las obligaciones contractuales establecidas en el contrato de interventoría 2408080929, y con el fin de dar continuidad a las actividades del proyecto, la interventoría tiene la responsabilidad de verificar que los procedimientos técnicos propuestos por el consultor, el CONSORCIO LEMOINE RIVERA INGENIEROS ASOCIADOS SAS, cumplan con los requisitos del Anexo Técnico de Consultoría CM-004-2024 y se ajusten a las normativas vigentes y aplicables a la naturaleza del proyecto

Después de revisar la metodología descrita en el documento *DISEÑO DE PAVIMENTOS – VERSIÓN 0*, se concluye que cumple con los requisitos técnicos y normativos aplicables al proyecto, por lo tanto, se aprueba la metodología propuesta y se autoriza su ejecución dentro de las actividades del proyecto.

Se precisa que la metodología aquí aprobada no excluye el cumplimiento de las obligaciones contractuales establecidas en el contrato 2408130942, ni limita la posibilidad de realizar ajustes o modificaciones en su contenido. Estos cambios podrán ser implementados con base en las recomendaciones surgidas en mesas de trabajo, siempre que se mantengan dentro del marco contractual vigente y no alteren el alcance del proyecto.

Agradecemos el esfuerzo y dedicación en la elaboración del documento y confiamos en su exitosa aplicación en el desarrollo de los diseños.

Cordialmente,

WENTZER MAURICIO LEÓN TORRES
Director De Interventoría
WENTZER SAS.
Tel. 317 426 6566

Lemoine Rivera
Ingenieros Asociados S.a.s.

VOLUMEN VI: HIDRAULICA E HIDROLOGÍA

Calle 109 No. 20 – 77 Apto 202, Teléfono: 316 4218611, correo: lemoinerivera@gmail.com

Lemoine Rivera
Ingenieros Asociados s.a.s.

REMISIÓN METODOLOGÍA

Calle 109 No. 20 – 77 Apto 202, Teléfono: 316 4218611, correo: lemoinerivera@gmail.com

Lemoine Rivera
Ingenieros Asociados S.A.S.

Manizales, 07 de octubre de 2024
LEMOINE- CM004-2024 LOTE 3 - TEC 17

Señores:
MAURICIO LEON TORRES
REPRESENTANTE LEGAL
WENTZER S.A.S
Manizales, Caldas.

Asunto: **Remisión metodología estudio hidráulico e hidrología.**

Referencia: Contrato No. **2408130942** cuyo objeto es **ESTUDIOS Y DISEÑOS DEFINITIVOS (FASE 3) PARA LA CONSTRUCCION DE INFRAESTRUCTURA DE LA INTERSECCION CALLE 63 CON CALLE 64 EN EL SECTOR DE LA ESCUELA DE CARABINEROS DE LA CIUDAD DE MANIZALES**

Cordial saludo,

Remito metodología de estudio hidráulico e hidrología contrato **2408130942** cuyo objeto es **ESTUDIOS Y DISEÑOS DEFINITIVOS (FASE 3) PARA LA CONSTRUCCION DE INFRAESTRUCTURA DE LA INTERSECCION CALLE 63 CON CALLE 64 EN EL SECTOR DE LA ESCUELA DE CARABINEROS DE LA CIUDAD DE MANIZALES**

CRISTIAN MAURICIO CUELLAR LEGUIZAMON
Representante Legal
LEMOINE RIVERA INGENIEROS ASOCIADOS SAS.

ALCALDIA DE MANIZALES

SECRETARIA DE INFRAESTRUCTURA

CONTRATO N° 2408130942

ESTUDIOS Y DISEÑOS DEFINITIVOS (FASE 3) PARA LA CONSTRUCCIÓN DE INFRAESTRUCTURA DE LAS INTERSECCIONES PARA 1- EL INGRESO A LOS BARRIOS LA FRANCIA Y ALCAZARES EN EL SECTOR DEL PARQUE DEL AGUA, 2- CALLE 67 CON CRA 25 SECTOR PARQUE DE LAS GARZAS Y 3 – CALLE 63 CON CALLE 64 EN EL SECTOR DE LA ESCUELA DE CARABINEROS DE LA CIUDAD DE MANIZALES

VOLUMEN VI – ESTUDIO HIDRÁULICO E HIDROLOGÍA, MANEJO DE AGUAS LLUVIAS.

VERSIÓN 0

LEMOINE RIVERA INGENIEROS ASOCIADOS S.A.S

MANIZALES, CALDAS

HOJA DE CONTROL DEL DOCUMENTO

NOMBRE DEL DOCUMENTO:	CÓDIGO DEL DOCUMENTO:
ESTUDIO HIDRÁULICO E HIDROLOGÍA, MANEJO DE AGUAS LLUVIAS	VOLUMEN VI

CONTROL DE CAMBIOS

VERSIÓN	FECHA	OBSERVACIÓN
V-01	Septiembre 2024	ESTUDIO HIDRÁULICO E HIDROLOGÍA, MANEJO DE AGUAS LLUVIAS

REVISIÓN DEL DOCUMENTO

CONTROL	NOMBRE	FIRMA	FECHA
Elaboró Especialistas	FERGIE ARENAS GALLEGO		SEPTIEMBRE 2024
Revisó Director de Estudios y Diseños	ÁLVARO VERA		SEPTIEMBRE 2024
Aprobó Especialista Interventoria	NA		SEPTIEMBRE 2024
Valido Director Interventoría	NA		SEPTIEMBRE 2024

CONTROL Y DISTRIBUCIÓN DEL DOCUMENTO

UBICACIÓN	NOMBRE	COPIA
ENTIDAD	SECRETARIA DE INFRAESTRUCTURA	DIGITAL / IMPRESO
ARCHIVO	LEMOINE RIVERA INGENIEROS ASOCIADOS S.A.S	DIGITAL
ARCHIVO	WENTZER S.A.S	DIGITAL

TABLA DE CONTENIDO

1 INTRODUCCIÓN 3
2 OBJETIVOS 3
2.1 OBJETIVO GENERAL 3
2.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS 3
3 CADENA DE VALOR 4
4 LOCALIZACIÓN DEL PROYECTO 5
5 METODOLOGIA 6
5.1 MARCO NORMATIVO 6
5.2 PROCEDIMIENTO OPERATIVO 6
5.2.1 DEFINICION DE LA AMENAZA POR INUNDACION Y/O TORRENCIALIDAD 6
5.2.2 CRITERIOS DISEÑO HIDROLOGICO 7
5.2.3 CRITERIOS DISEÑO HIDRAULICO 7
5.2.4 CRITERIOS ANALISIS DE SOCAVACIÓN 8
5.2.5 CRITERIOS PARA ADECUADO MANEJO DE AGUAS LLUVIAS 9
6 PRODUCTOS A ENTREGAR 10
7 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES 10

1 INTRODUCCIÓN

De acuerdo con el pliego de condiciones que hace parte integral del contrato de obra, el contratista LEMOINE RIVERA INGENIEROS ASOCIADOS S.A.S se compromete a desarrollar la consultoría relacionada con ESTUDIOS Y DISEÑOS DEFINITIVOS (FASE 3) PARA LA CONSTRUCCIÓN DE INFRAESTRUCTURA DE LAS INTERSECCIONES PARA CALLE 63 CON CALLE 64 EN EL SECTOR DE LA ESCUELA DE CARABINEROS DE LA CIUDAD DE MANIZALES LOTE 3, con el fin de llevar a cabo todas las labores necesarias para entregar a ALCALDIA DE MANIZALES los estudios y diseños que incluyen los entregables solicitados en el anexo técnico, encontrándose entre los volúmenes relacionados el denominado "Estudio Hidráulico e Hidrología, Manejo de aguas lluvias".

Las metodologías utilizadas buscan establecer el régimen climático a diferentes escalas temporales, en las cuales se identifiquen patrones sobre variables como precipitación, temperatura, definir la influencia que las características físicas asociadas a la topografía tienen sobre la respuesta hidrológica en los tramos de interés y finalmente el comportamiento hidráulico de las aguas sobre el cauce.

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GENERAL

Adelantar el ***Estudio Hidráulico e Hidrología, Manejo de agua lluvias***, para la consultoría correspondiente al Contrato N° 2408130942 de 2024, cuyo objeto es: "ESTUDIOS Y DISEÑOS DEFINITIVOS (FASE 3) PARA LA CONSTRUCCIÓN DE INFRAESTRUCTURA DE LAS INTERSECCIONES PARA CALLE 63 CON CALLE 64 EN EL SECTOR DE LA ESCUELA DE CARABINEROS DE LA CIUDAD DE MANIZALES LOTE 3", con base en el contrato y los pliegos de condiciones que lo sustentan.

2.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS

- Recopilar información espacio temporal de la zona de estudio.
- Analizar la información hidrometeorológica, estableciendo el régimen climático y las condiciones relacionadas con la precipitación de diseño.
- Establecer los caudales máximos de diseño para diferentes periodos de retorno, estableciendo la magnitud de los episodios asociados a inundación.
- Definir las manchas de inundación mediante un modelo hidráulico.
- Zonificar la amenaza de acuerdo con las categorías planteadas por la normatividad vigente y de acuerdo con la velocidad y profundidad del flujo.
- Definir las condiciones de vulnerabilidad frente a inundaciones de la infraestructura proyectada para el proyecto.

- Establecer las zonas en condición de amenaza y en condición de riesgo para el proyecto planteado.
- Determinar la mitigabilidad de las zonas de amenaza y riesgo bajo.
- Establecer las recomendaciones necesarias en cuanto al proyecto de infraestructura y retiros requeridos para garantizar la seguridad de la infraestructura y salvaguardar vidas de los usuarios.
- Establecer las observaciones y recomendaciones necesarias en cuanto a la disposición final de las aguas, evitando la generación de procesos erosivos.
- Analizar la capacidad hidráulica de la infraestructura existente y proyectada, y determinar el adecuado manejo de las aguas lluvias.

3 CADENA DE VALOR

Se procederá a efectuar las siguientes actividades de cara al cumplimiento de los productos a entregar:

Tabla 1.Cadena de valor

ACTIVIDAD	DESCRIPCIÓN	ENTREGABLE
Estudio Hidrológico	Se llevarán a cabo las siguientes actividades: - Caracterización climática - Procesamiento de información topográfica - Caracterización morfométrica y fisiográfica de la cuenca - Modelación Hidrológica para la estimación de caudales - Análisis de los resultados	Capitulo de estudio hidrológico
Estudio Hidráulico	Se llevarán a cabo las siguientes actividades: - Uso de herramienta SIG para elaboración de modelo hidráulico - Procesamiento de información topográfica - Estimación de los coeficientes de rugosidad de Manning - Modelación Hidráulica - Análisis de los resultados para determinación de manchas de inundación para diferentes periodos de retorno	Capítulo de estudio hidráulico Mapas con manchas de inundación

Análisis de Socavación	Con base en los resultados obtenidos, se realizar el análisis de socavación de lecho y análisis de socavación en estribos	Capítulo análisis de socavación
Análisis para el manejo de aguas lluvias	Con base en los resultados obtenidos, y de acuerdo al análisis de capacidad hidráulica de la infraestructura existente y proyectada, se realizarán los diseños para el adecuado manejo de las aguas lluvias en la zona de estudio.	Capítulo de análisis y manejo de aguas lluvias
Elaboración de informe	Documento que describe y consolida los procesos y metodologías llevadas a cabo para la obtención de los resultados de los estudios hidráulicos e hidrológicos, así como el adecuado manejo de las aguas lluvias y las recomendaciones a seguir durante la ejecución para garantizar las condiciones de diseño durante la construcción y vida útil del proyecto.	Informe hidráulico e hidrológico con sus respectivos anexos y planos.

4 LOCALIZACIÓN DEL PROYECTO

La intersección vial se encuentra entre las calles 63 y 64 en el sector de la Escuela de Carabineros, en la ciudad de Manizales (Caldas), su localización es un punto álgido para el tráfico peatonal y vial en todos los escenarios cronológicos.



Figura 1.Localización zona de estudio
Fuente: Imagen satelital extraída de Google Earth.

Dirección: Calle 109 No. 20 – 77 Apto 202
correo: lemoinerivera@gmail.com
leri0942@gmail.com
Teléfono: 316 4218611

El área de intervención directa tiene 7124 m2, los cuales obedecen a la franja vial de cada acceso hasta donde se pretende desarrollar el proyecto según los lineamientos establecidos por el contrato y la normativa vigente (CCP14).

5 METODOLOGIA

5.1 MARCO NORMATIVO

Los proyectos de infraestructura vial en términos de análisis hidrológico e hidráulico se basan en las recomendaciones y criterios dados en el Manual de Drenaje para Carreteras de INVIAS. En términos de análisis de capacidad de infraestructura de acueducto y alcantarillado se basan en la Resolución 0330 de 2017 por la cual se adopta el Reglamento Técnico para el Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico.

5.2 PROCEDIMIENTO OPERATIVO

A continuación, se identifican las diferentes etapas y la descripción de las mismas:

5.2.1 DEFINICION DE LA AMENAZA POR INUNDACION Y/O TORRENCIALIDAD

El estudio tiene como fundamento el análisis de información y la aplicación de diferentes metodologías, a partir de una caracterización climática de la zona, seguido de la caracterización geomorfológica y fisiográfica de las áreas aferentes y finalmente la estimación de caudales de diseño para el dimensionamiento de obras hidráulicas.

Cualquiera de las metodologías que se utilizan para estimar caudales se cimenta en conocer completamente la dinámica el ciclo hídrico en la cuenca en estudio tal como se observa en la siguiente figura. En este sentido se establece un marco teórico dentro del cual se consideren todos los procesos físicos y la importancia que tiene cada uno de ellos en la modelación.

Estos procesos están descritos como la precipitación, escorrentía directa, escorrentía subsuperficial, infiltración, percolación, evaporación, transpiración sublimación y condensación; procesos que afectan los estados físicos del agua desde los océanos, ríos y embalses, acuíferos y agua almacenada en forma de glaciar.



Figura 2. Metodología análisis amenaza por inundación.
Fuente: IDEAM

5.2.2 CRITERIOS DISEÑO HIDROLOGICO

Los criterios de diseño hidrológico son los que permiten determinar las metodologías más adecuadas según la información disponible, el objeto del estudio y los resultados esperados. Estos criterios se definen de antemano basándose en la experiencia del personal encargado de realizar el estudio. (Aristizábal V.M, Botero B.A, Vélez J.J. 2012, Manual de Hidrología para obras viales basado en el uso de Sistemas de Información Geográfica.), tales como el periodo de retorno, la definición de riesgo, tiempos de concentración, estimación de curvas IDF, características del área aferente, entre otros.

Basados en la información mencionada anteriormente, se procede a seleccionar el modelo hidrológico más adecuado para la estimación de caudales extremos.

5.2.3 CRITERIOS DISEÑO HIDRAULICO

La geometría del cauce viene dada por la topografía detallada recibida como nube de puntos, los cuales tienen asignado el valor de las coordenadas X - Y y su respectiva altura. Estos puntos nos

permiten establecer una superficie TIN sobre la cual serán modelados los caudales definidos para varios periodos de retorno según el Estudio Hidrológico.

La definición de las secciones transversales se da en función del alineamiento del cauce y de una longitud no mayor a n veces el ancho del Río que en nuestro caso n=10 y refinado en la medida que el ángulo de curvatura sea menor.

HEC-RAS es un sistema integrado de software, diseñado para el uso interactivo. El sistema se compone de una interfaz gráfica de usuario (GUI), de componentes de análisis hidráulicos separados, tiene la capacidad de almacenamiento de datos y gestión de gráficos y generación de informes.

Este software permite realizar modelaciones en una dimensión para flujo uniforme constante o variable, transporte de sedimentos - cama móvil y de Temperatura del agua.

El software nos permite establecer valores hidráulicos del cauce, sin embargo, la mayor herramienta es la de establecer las manchas o franjas de inundación en el área de estudio donde se pueda visualizar los límites del flujo para diferentes eventos.

5.2.4 CRITERIOS ANALISIS DE SOCAVACIÓN

La ocurrencia de crecientes extremas conduce a los procesos de socavación general en cauces y local alrededor de pilas y estribos que, sumados a factores de índole hidráulica y geotécnica, inadecuadamente analizados, se convierten en las causas más comunes de falla de los puentes.

En los análisis de socavación general y local, ya sea en puentes o en obras hidráulicas menores, se debe tener un conocimiento integral de los aspectos hidrológicos, hidráulicos, geotécnicos y topográficos del sitio en estudio. Por tal razón, resultan de gran importancia estos estudios y el nivel de análisis de la información primaria y secundaria recopilada durante la etapa previa de ellos.

En cualquier estudio de socavación total de un puente, se deben considerar cuatro aspectos básicos:

1) Degradación o agradación general del cauce a largo plazo, ya sea debido a causas naturales motivadas por el efecto acumulado a través del tiempo del paso de crecientes, o por causas externas originadas, por ejemplo, por la construcción de presas o por la alteración antrópica de la cuenca

(deforestación, urbanización, explotación minera, etc.), lo cual trae como consecuencia la alteración del equilibrio entre el suministro de sedimentos por la cuenca y el transporte de éstos por la corriente.

2) Socavación por migración lateral de la corriente, la cual se presenta básicamente por la divagación de la corriente, ya sea en tramos meándricos o rectos y que de no evaluarse de manera adecuada, puede terminar por afectar la infraestructura de un puente.

3) Socavación general, tiene que ver con el descenso generalizado de lecho de la corriente durante el paso de la creciente de un periodo de retorno de 100 años y que se sucede en tramos rectos; en una contracción ya sea de tipo natural o motivada por una obra (estribos, puentes, espigones, etc.) y en los tramos de curvas en los ríos.

4) Socavación local en estribos y pilas: El manual de drenaje de carreteras del INVIAS sólo trata los métodos de cálculo de la socavación general y local en estribos y pilas. La evaluación cualitativa y cuantitativa de la agradación o degradación general de cauces a largo plazo y la socavación por divagación o migración lateral de las corrientes, generalmente requieren un conocimiento importante en temas de transporte de sedimentos y de mecánica de ríos, cuyos análisis se encuentren por fuera del alcance del Manual que es de tipo general.

El criterio que permite definir bajo qué condiciones se debe llevar a cabo un análisis de socavación corresponde a:

- Si la velocidad media del flujo en el tramo de aguas arriba (V) es igual o menor que la velocidad crítica con la cual se inicia el movimiento de las partículas (Vc) referida al diámetro medio (d50) del material del lecho, la socavación será por condiciones de aguas claras (clear-water).

- Si la velocidad media del flujo en el tramo de aguas arriba (V) es mayor que la velocidad crítica con la cual se inicia el movimiento de las partículas (Vc) referida al tamaño medio del material, se tendrá socavación por movimiento de lecho (live-bed).

5.2.5 CRITERIOS PARA ADECUADO MANEJO DE AGUAS LLUVIAS

Basados en los resultados obtenidos para el estudio hidrológico e hidráulico, y con el insumo de inventario de redes de servicio público, se realiza el análisis de manejo de aguas lluvias mediante lo establecido en la Resolución 0330 de 2017, en términos de capacidad, material, pendiente, localización, velocidad, entre otros, con el fin de garantizar el chequeo de capacidad hidráulica de la infraestructura existente, o en su defecto, proponer nueva infraestructura.

6 PRODUCTOS A ENTREGAR

Como resultado de la presente consultoría se entregará el documento Informe hidráulico e hidrológico con sus respectivos anexos, necesarios para describir y detallar la amenaza por inundación y/o torrencialidad, incluyendo las metodologías y teorías aplicadas.

7 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

El trabajo debe ser articulado con la interventoría para efectos de su seguimiento y aprobación, de igual forma con el equipo de la entidad contratante y demás entidades involucradas en la ejecución del proyecto según Contrato N° 2408130942, incluye la revisión de los diseños metodológicos para el desarrollo de los diferentes volúmenes definidos dentro del pliego de condiciones.

Para el desarrollo del componente hidráulico e hidrológico, es necesario contar previamente con la información topográfica y geológica de la zona de estudio.

Lemoine Rivera
Ingenieros Asociados S.a.s.

APROBACIÓN INTERVENTORÍA

Calle 109 No. 20 – 77 Apto 202, Teléfono: 316 4218611, correo: lemoinerivera@gmail.com

Manizales, 12 de noviembre de 2024.

Ingeniero:
ÁLVARO VERA
Coordinador de Consultoría
LEMOINE RIVERA INGENIEROS ASOCIADOS S.A.S.

referencia:
contrato 2408080929 *"INTERVENTORÍA TÉCNICA, ADMINISTRATIVA, FINANCIERA Y JURÍDICA A LOS ESTUDIOS Y DISEÑOS DE LA INTERSECCIÓN VIAL UBICADA EN LA CALLE 63 CON CALLE 64 EN EL SECTOR DE LA ESCUELA DE CARABINEROS DE LA CIUDAD DE MANIZALES"*

contrato 2408130942 *"ESTUDIOS Y DISEÑOS DEFINITIVOS (FASE 3) PARA LA CONSTRUCCIÓN DE INFRAESTRUCTURA DE LA INTERSECCIÓN CALLE 63 CON CALLE 64 EN EL SECTOR DE LA ESCUELA DE CARABINEROS DE LA CIUDAD DE MANIZALES"*

Documento: Leomine – CM004-2024 Lote 3 – TEC 17: *Remisión metodologia de estudio hidráulico e hidrología y manejo de aguas lluvias.*

ASUNTO: *Aprobación de la metodología de estudios de hidráulica e hidrología.*

Cordial saludo,

En cumplimiento de las funciones asignadas a la interventoría y tras la revisión detallada de la metodología presentada en el documento "Metodología para los Estudios de Hidráulica, Hidrología y Manejo de Aguas Lluvias", correspondiente al contrato 2408130942 verificando su relación con los términos del contrato y los requisitos técnicos establecidos en el anexo técnico, se concluye lo siguiente:

1. La metodología se considera adecuada para cumplir con los objetivos del proyecto, al abordar de manera integral los análisis hidrológicos e hidráulicos necesarios.
2. Se requiere que, durante la ejecución de los estudios, se presente un informe sobre el análisis de capacidad hidráulica de la infraestructura existente y las propuestas de mejora en caso de ser necesarias.
3. La modelación de inundaciones y los estudios de socavación deberán ser revisados por la interventoría para asegurar la correcta implementación.

CONCLUSIÓN
La metodología presentada es adecuada y se ajusta a los requerimientos del contrato. Por tanto, **se aprueba** bajo las premisas anteriormente presentadas.

La aprobación de esta metodología no excluye el cumplimiento de las obligaciones contractuales establecidas en el contrato 2408130942, ni limita la posibilidad de realizar ajustes o modificaciones en su contenido. Dichos cambios podrán implementarse con base en las recomendaciones surgidas

en futuras mesas de trabajo, siempre que se mantengan dentro del marco contractual vigente y no alteren el alcance del proyecto.

Quedamos atentos a cualquier consulta adicional y a recibir los resultados parciales conforme se vayan obteniendo en el desarrollo de los estudios.

Cordialmente,

WENTZER MAURICIO LEÓN TORRES
Director De Interventoría
WENTZER SAS.
Tel. 317 426 6566
Correo. supervisiontecnicawm@gmail.com