



DEPARTAMENTO DE GEOTECNIA
Y LABORATORIO DE MATERIALES

ESTUDIO GEOTÉCNICO

CONTINUACION INTERCEPTOR RIO TEJO DESDE LA DESCARGA
ACTUAL PLAZA DE FERIAS HASTA 850 METROS AGUAS ABAJO
SOBRE EL CORREDOR RIO TEJO, DE LA CIUDAD DE OCAÑA -
NORTE DE SANTANDER



Geotec

DEPARTAMENTO DE GEOTECNIA
Y LABORATORIO DE MATERIALES



DEPARTAMENTO DE GEOTECNIA
Y LABORATORIO DE MATERIALES

ESTUDIO GEOTÉCNICO

CONTINUACION INTERCEPTOR RIO TEJO DESDE LA DESCARGA
ACTUAL PLAZA DE FERIAS HASTA 850 METROS AGUAS ABAJO
SOBRE EL CORREDOR RIO TEJO, DE LA CIUDAD DE OCAÑA -
NORTE DE SANTANDER

Ocaña, Septiembre 06 de 2025

INGENIERO

WILLIAM BELEÑO

PROYECTO: CONTINUACION INTERCEPTOR RIO TEJO DESDE LA DESCARGA ACTUAL PLAZA DE FERIAS HASTA 850 METROS AGUAS ABAJO SOBRE EL CORREDOR RIO TEJO, DE LA CIUDAD DE OCAÑA - NORTE DE SANTANDER

REFERENCIA: ESTUDIO GEOTÉCNICO

Cordial saludo.

Con la presente me es grato adjuntar el informe correspondiente al trabajo de referencia que se ha realizado en cumplimiento de su amable solicitud.

En este informe encontrara, los aspectos inherentes con la investigación de campo, las memorias de los ensayos de laboratorio realizados, la descripción y análisis del modelo geotécnico del subsuelo y las recomendaciones respectivas de manejo y tratamiento de los suelos que se han considerado apropiadas desde el punto de vista geotécnico que garantizan la estabilidad del proyecto contemplado.

Con gusto atenderé cualquier ampliación o aclaración relacionada con los términos de este informe.

Atentamente,

ALDEMAR SALCEDO TORRES

Msc EN GEOTECNIA Y CIMENTACIONES
ESP EN INGENIERIA DE PAVIMENTOS
M.P. 15217-091719 de Boyacá

Barrio Villa Paraíso Ocaña – Norte de Santander / Colombia

Tel: 3164527622 – 3024107818 - 3177269240

geotecminas@hotmail.com



DEPARTAMENTO DE GEOTECNIA
Y LABORATORIO DE MATERIALES

ESTUDIO GEOTÉCNICO

CONTINUACION INTERCEPTOR RIO TEJO DESDE LA DESCARGA
ACTUAL PLAZA DE FERIAS HASTA 850 METROS AGUAS ABAJO
SOBRE EL CORREDOR RIO TEJO, DE LA CIUDAD DE OCAÑA -
NORTE DE SANTANDER

ESTUDIO GEOTECNICO

**CONTINUACION INTERCEPTOR RIO TEJO DESDE LA
DESCARGA ACTUAL PLAZA DE FERIAS HASTA 850
METROS AGUAS ABAJO SOBRE EL CORREDOR RIO TEJO,
DE LA CIUDAD DE OCAÑA - NORTE DE SANTANDER**

**DIRECTOR DE ESTUDIO
ING. ALDEMAR SALCEDO TORRES.
M.P. 15217 - 091719 de BYC**

OCAÑA, SEPTIEMBRE DE 2025

Barrio Villa Paraíso Ocaña – Norte de Santander / Colombia
Tel: 3164527622 – 3024107818 - 3177269240
geotecminas@hotmail.com



1. INTRODUCCION

En la construcción de obras civiles, no solo basta tener en cuenta las variables que involucran el diseño de la estructura, sino que debe realizarse un estudio geotécnico que permita establecer las propiedades físico mecánicas de los suelos y/o rocas presentes; que determinan las condiciones necesarias de estabilidad y que permiten diseñar adecuadamente la cimentación y dar un diagnóstico de los procesos geodinámicas como deslizamientos, expansiones y hundimientos que ocasionan inestabilidad y posterior colapso de las estructuras civiles.

1.1. Objetivo

Este estudio está orientado a la investigación y el análisis de las propiedades físico mecánicas del suelo y o rocas de fundación, que permitan identificar las limitantes y cualidades de este, como material de cimentación.

Con base en los resultados de la observación de los aspectos relacionados con la geología, las características hidrogeológicas, los parámetros medidos en campo y los ensayos de laboratorio de las muestras obtenidas en los sondeos; se establece el modelo geotécnico y las recomendaciones relacionadas con los procesos constructivos y las condiciones de estabilidad necesarias para el diseño de la estructura y la cimentación.

1.2. Alcance del estudio

En el presente informe se consigna la información geotécnica obtenida en los trabajos de investigación del subsuelo, extracción de muestras "alteradas" e "inalteradas", ensayos de campo, ensayos de laboratorio para los suelos existentes en el área del proyecto; con el fin de aportar las recomendaciones previas para el desarrollo a cabalidad del proyecto en mención.

▪ Estudio Geotécnico

- Determinar las características y comportamiento geotécnico e hidrogeológico de los suelos del área.
- Determinar la capacidad admisible de carga de los suelos y rocas presentes
- Hacer un análisis de estabilidad del sitio y hacer las recomendaciones necesarias para su protección y mantenimiento.

Estos trabajos se efectuarán de acuerdo a los lineamientos establecidos por La Norma Colombiana de Diseño de Puentes CCP-14, la Norma INVIAS 2022 y La norma Colombiana de Construcción Sismo Resistente NSR-10.



1.3. Metodología del estudio

1.3.1. Recopilación de información.

Para la elaboración de este estudio sé tomo como base la información geológica descrita en el Plan de Ordenamiento Territorial del Municipio de Ocaña, Norte de Santander

La información recolectada sirvió de base para un estudio más detallado, el cual consistió en la realización de Seis (6) sondeos de exploración en campo que permitieron hacer una descripción de las unidades de afloramientos y verificar los diferentes contactos litológicos

1.3.2. Trabajo de Campo

Esta etapa involucra todo lo relacionado con la prospección, exploración, descripción de las unidades geológicas presentes, toma de muestras e inventario de procesos geodinámicos actuantes.

Exploración del subsuelo.

- Realización de Seis (6) Sondeos de exploración a una profundidad de 2.00 y 6.00 metros
- Los sondeos se efectuaran con equipo mecánico y/o manual y en ellos se determinará la estratigrafía del suelo y se medirá el nivel freático si se encuentra

Ensayos de campo

- Ensayos de penetración estándar (SPT) cada 1.00 metros de profundidad sobre los niveles naturales no orgánicos, de acuerdo a la norma ASTM D15 86-67.

Toma de Muestras

- Se tomaran muestras alteradas para ensayos de Humedad, Granulometría, Límites de Atterberg y pesos unitarios.

1.3.3. Trabajo de laboratorio

Una vez tomadas las muestras de campo, se llevan al laboratorio con el fin de poder determinar con diferentes ensayos de laboratorio las propiedades físicas y mecánicas de los suelos encontrados.

Ensayos de laboratorio

- Humedad
- Límites de Atterberg: Líquido y Plástico
- Granulometría para clasificación
- Pesos unitarios
- Resistencia a la compresión simple



1.3.4 Elaboración de informe final

Se entregara Un informe, de acuerdo a lo exigido por la Norma CCP-14, la Norma INVIAS 2022 y la norma NCSR 2010, con cálculos, perfiles, recomendaciones y memorias de los ensayos; así como los esquemas, dibujos y fotografías que justifican el trabajo entregado

RECOMENDACIONES

- Recomendaciones para el diseño del proyecto
- Profundidades a las cuales aparece suelo competente.
- Limitaciones geotécnicas del lote y del proyecto
- Tipo de cimentación
- Capacidad de soporte
- Perfil para diseño sismoresistente
- Recomendaciones para la construcción, procedimientos constructivos, verificación y controles durante la construcción;
- Recomendaciones sobre adecuación del terreno, indicaciones para el diseño de obras de control de aguas superficiales y subterráneas; recomendación para la supervisión técnica y recomendaciones para la excavación y protección de las edificaciones vecinas.

ANEXOS

- Perfiles estratigráficos y ensayos de laboratorio
- Memoria técnica del diseño-

1.4. Localización del predio

El área de estudio se encuentra ubicada sobre la margen derecha del Río Tejo, desde la plaza de ferias hasta 850 metros aguas abajo; al Noreste del casco urbano del Municipio de Ocaña, Norte de Santander



Figura 1 – LOCALIZACION – TRAMO EN ESTUDIO INTERCEPTOR RIO TEJO
MUNICIPIO DE OCAÑA – NORTE DE SANTANDER

1.5 Uso actual del lote

El tramo en estudio presenta una longitud aproximada de 850 metros, de forma irregular, con una superficie inclinada predominantemente en sentido (NW-SE y SE-NW), actualmente se encuentra ocupado por pastos, rastrojo bajo, arboles de doncel medio y algunos cultivos, por lo que se deben adelantar obras de rocería, replanteo y adecuación.

1.6 Descripción general del proyecto.

El proyecto contempla la continuación de la red de alcantarillado, con la descarga localizada en la plaza de ferias; mediante sistemas tradicionales de laboreo y siguiendo las especificaciones de diseño que regulan las estructuras de esta índole.



Basados en la Norma Colombiana Sismo - Resistente Capitulo A.2 (NSR - 2010), la categoría de la Obra es indispensable, **el Grupo de uso es IV, el Coeficiente de Importancia es 1.50** y la variabilidad del suelo es baja, por lo que la complejidad del proyecto corresponde al grado II.

Grupo de Uso IV - Edificaciones indispensables — Este grupo debe incluir:

- (a) Todas las edificaciones que componen hospitales clínicas y centros de salud que dispongan de servicios de cirugía, salas de cuidados intensivos, salas de neonatos y/o atención de urgencias
- (b) Todas las edificaciones que componen aeropuertos, estaciones ferroviarias y de sistemas masivos de transporte, centrales telefónicas, de telecomunicación y de radiodifusión
- (c) Edificaciones designadas como refugios para emergencias, centrales de aeronavegación, hangares de aeronaves de servicios de emergencia
- (d) Edificaciones de centrales de operación y control de líneas vitales de energía eléctrica, agua, combustibles, información y transporte de personas y productos
- (e) Edificaciones que contengan agentes explosivos, tóxicos y dañinos para el público
- (f) En el grupo **IV** deben incluirse las estructuras que alberguen plantas de generación eléctrica de emergencia, los tanques y estructuras que formen parte de sus sistemas contra incendio, y los accesos, peatonales y vehiculares de las edificaciones tipificadas en los literales a, b, c, d y e del presente numeral.

VALOR DEL COEFICIENTE DE IMPORTANCIA, I	
GRUPO DE USO	COEFICIENTE DE IMPORTANCIA (I)
IV	1.50

1.6 Características de la estructura y cargas.

Las cargas vivas, muertas y de sismo definitivas del proyecto no fueron suministradas por el solicitante, por lo cual los asentamientos se verificarán para la capacidad de carga total, verificando el cumplimiento de los estados límites de falla y de servicio. De acuerdo con las características propias del proyecto, se consideran cargas entre 50 y 240 KN

2. GEOLOGIA

2.1. Geología Regional

Geológicamente el área del Municipio de Ocaña se ubica dentro del Cuadrángulo G13 a escala 1:200.000 y las fotografías aéreas N° 269 a 274 de vuelo C2499 de INGEOMINAS.

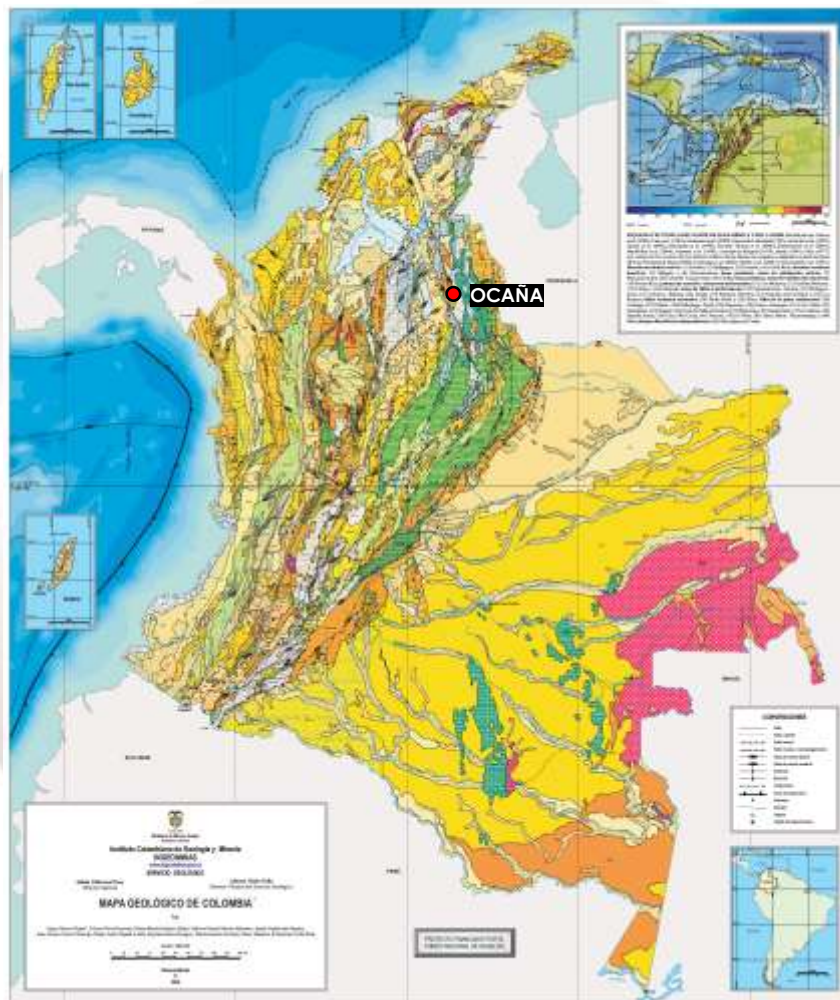


Figura 2 - MAPA GEOLOGICO DE COLOMBIA - ESCALA 1:2'000.000 DE INGEOMINAS

El Municipio de Ocaña (Norte de Santander) se localiza en el sector nororiental del territorio colombiano, sobre el flanco / vertiente oriental de la cordillera oriental de Colombia. Desde el punto de vista del componente geológico, el Municipio de Ocaña presenta como unidades litológicas, rocas ígneas, metamórficas y sedimentarias, cuyo origen se ubica desde el precámbrico al cuaternario reciente.

Los dos primeros grupos de rocas están asociados en complejos ígneos metamórficos y su ubicación geográfica se relaciona con una franja alargada que recorre el Municipio de sur a norte, con tendencias a recortarse hacia la parte centro-occidental. El grupo correspondiente a las rocas sedimentarias se ubica de manera aleatoria, aun cuando se pueda asociar su posición geográfica con el centro-oriente del Municipio.

Las formaciones indicativas de los complejos ígneos – metamórficos están constituidas por el Gneis de Bucaramanga, las formaciones Silgará y el grupo Girón, así mismo por algunos cuerpos intrusivos graníticos.

Las formaciones dominantes del grupo de rocas sedimentarias son: Bocas, Convención y Algodonal.

Los depósitos cuaternarios no consolidados del pleistoceno o más recientes se distribuyen a lo largo de los valles de los principales ríos que conforman las subcuencas del Río Algodonal y el Río Tejo; y corresponden a terrazas aluviales, abanicos aluviales, abanicos coalescentes y terrazas que conforman depósitos susceptibles de remoción permanente.

Así mismo se presentan en superficie diversas zonas de falla y varias estructuras geológicas de escala local y regional; el presente análisis se centra en los aspectos más relevantes a escala regional. Ver figura 3

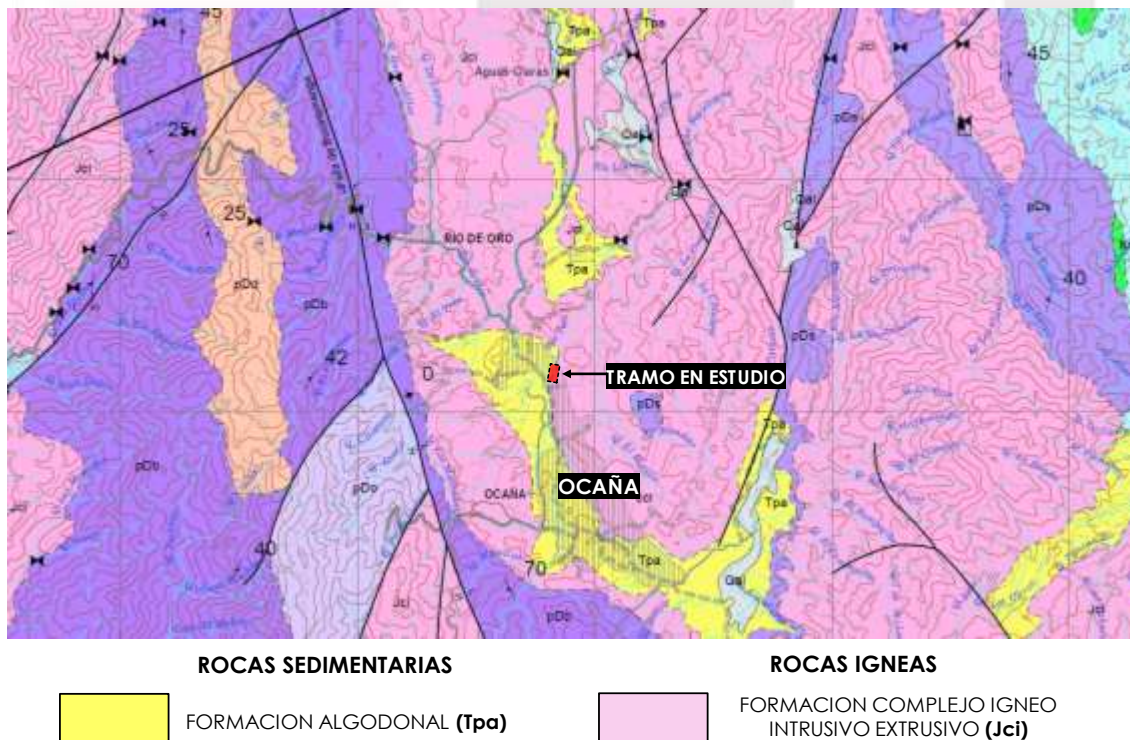


Figura 3 - MAPA BASE CUADRÁNGULO G13 A ESCALA 1:100.000 DE INGEOMINAS



2.1.1 Estratigrafía y litología

Las unidades estratigráficas corresponden, a afloramientos rocosos comprendidos en un intervalo muy amplio del tiempo geológico, desde el Precámbrico tardío hasta el Cenozoico. Las unidades geológicas expuestas en orden cronológico, de la unidad más antigua a la más joven, la constituyen los neises migmatíticos pertenecientes a la formación Bucaramanga, luego se emplazaron granitos e ignimbritas, posteriormente, se depositaron vulcanitas recientes que comprenden brechas y aglomerados pertenecientes al complejo ígneo intrusivo - extrusivo y por último los depósitos aluviales, como se describen a continuación en la tabla 1.

Tabla No 1. Columna estratigráfica para el Municipio de Ocaña

Unidad	Edad	Espesor	Litología	Ambiente
Cuaternarios Aluvial (Qal)	Pleistoceno 2 - 1.5 ma	Variable 1.2 - 3.8 m	Sedimentos conformados principalmente por arena fina o conglomerata, constituida por cantos y guijarros angulares y subred ondeados de diferentes rocas, que forman lentes conglomeráticos	Fluvial Aluvial
Formación Algodonal (Tpa)	Plioceno a pleistoceno 12 - 3 ma	Variable 125 - 554 m	Conglomerado poco consolidado, con detritos generalmente angulares, embebidos en una matriz arcillosa, con intercalaciones de arcillas y areniscas	Aluvial
Complejo Ígneo intr. extr (Jci)	Jurásico medio 170 - 150 ma	No Definido	Rocas plutónicas y volcánicas conformadas por cuarzo monzonita de grano fino de color claro, con variaciones de granitos, y pegmatitas	Magmático, Volcánico
Formación Bocas (Jb)	Jurásico inferior. 195 - 170 ma	Variable > 600 m	Sedimentita constituida por una alternancia de arenitas lodolitas con interposiciones de calizas grises. Están intercaladas con niveles conglomeráticos y calcáreos, algunas capas de tobas y lavas ácidas afaníticas	Epicontinental, y continental
Tonalita (TRt)	Triásico 196 ma	No Definido	Tonalita pórfidítica de color gris verdoso a verde; su composición es Biotita horblendica, con fenocristales de epidota color verde claro y de plagioclasa.	Magmático
Unidad Convención (Df)	Devónico 395 - 345 ma	Variable 400 - 600 m	Sedimentita conformada por conglomerados, intercalados con areniscas ferruginosas y grauvacas. El techo de la unidad lo constituyen una Arcillo lita roja amarillenta fosilífera y calizas grises.	Epicontinental
Diorita (pDd)	Pre-Devónico. 418 m.a.	No Definido	Meta diorita, de color blanco pálido, grano medio a grueso, compuesta por plagioclasas, ferro magnesianos cloritizados, biotitas, horblenda, piroxenos y cuarzo	Magmático
El Ortoneis (pDo)	Ordovícico 450 ma	No Definido	Metamorfitas de alto grado, conformada por neises biotíticos y anfibolíticos, presenta lineación marcada por cuarzo, feldespato	Metamorfismo regional
Formación Silgará (pDs)	Pre-Devónico. 496 ma	No Definido	Esquistos, micaesquistos y cuarcitas, de medio a bajo grado de metamorfismo, que originalmente parece haber sido una secuencia de sedimentos arcillosos con intercalaciones de arenas	Metamorfismo regional
Formación Bucaramanga (pDb)	Pre-Devónico 680 ma	No Definido	Metamorfitas de alto grado con protolito sedimentario, constituida por Neises anfibolíticos, Neises cuarzo feldespáticos, anfibolitas; afectada por diques riolíticos y básicos	Metamorfismo regional

2.2 Geología local

De acuerdo a los registros estratigráficos obtenidos en los sondeos y al levantamiento geológico realizado en campo, se confirman la presencia de Rocas ígneas meteorizadas pertenecientes a la Formación Complejo Ígneo Intrusivo Extrusivo (Jci) y Rocas sedimentarias pertenecientes a la Formación Algodonal (Tpa), concordando con las características geológicas predominantes en el área del proyecto.

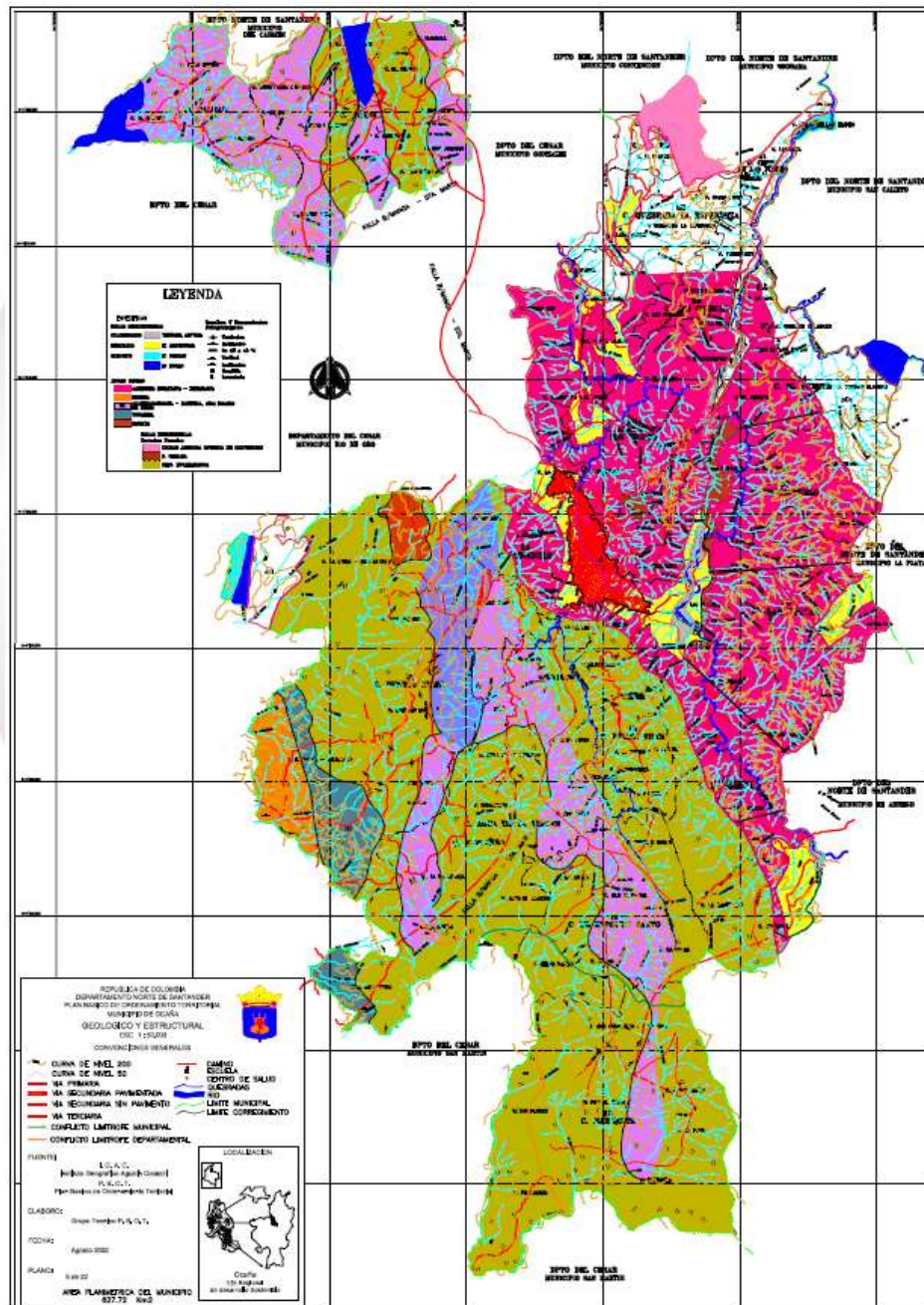


Figura 4 - MAPA GEOLOGICO MUNICIPIO DE OCAÑA ESCALA 1:50.000 PBOT - OCAÑA



2.2.1 Complejo ígneo intrusivo Extrusivo (Jci)

Esta unidad aflora al Sureste del área en estudio y corresponde a un depósito de origen ígneo, Litológicamente está compuesto de cuarzomonzonita de grano fino de color blanco grisáceo y amarillo crema, con variaciones de granitos de textura heterogénea con alto grado de meteorización formado estructuras tipo grus y saprolitos, que forman parches de espesor variable según la topografía y la pendiente del terreno como se evidencia en los afloramientos localizados al Sureste del lote



FORMACIÓN COMPLEJO IGNEO INTRUSIVO EXTRUSIVO (Jci)

2.2.2. Depósitos sedimentarios de la formación Algodonal (Tpa)

Esta unidad aflora al Noroeste del área en estudio y corresponde a un depósito de mediana extensión, de origen coluvio aluvial, Litológicamente están compuestos en su mayor parte por sedimentos de composición, forma y textura heterogénea, conformados principalmente por arenitas arcillosas compactas con algunas gravillas, intercaladas con niveles arcillos arenosos y conglomerados matriz soportados de hasta 3.50 metros de espesor. Como se evidencia en los afloramientos localizados al Noroeste del lote



FORMACIÓN ALGODONAL (Tpa)



2.2.3 Depósito aluvial no consolidado (Qal)

Corresponde a un depósito no consolidado de poca extensión, que se formó por la acumulación sucesiva de los sedimentos de carga del Rio Tejo. Litológicamente está compuesto en su mayor parte por sedimentos de composición homogénea y textura clástica, como arenas de grano medio a grueso con gravas, intercalados con conglomerados de matriz arenosa de grano medio. De pobre a regular comportamiento como suelo de soporte.



DEPÓSITO ALUVIAL NO CONSOLIDADO (Qal)

2.3. Geología Estructural y Neo tectónica

Los Andes suramericanos son un cinturón montañoso resultante de la subducción de una litosfera oceánica bajo una litosfera continental que presenta una geometría relativamente simple hacia segmentos ubicados el sur y centro del continente, mientras que el segmento norte presenta una mayor complejidad tectónica.

El norte de los Andes, que corresponde a Ecuador, Colombia y Venezuela, se encuentra altamente deformado debido a una tectónica compleja que involucra principalmente tres placas tectónicas. La Placa Sudamericana al oriente, la placa Caribe al norte y la placa Nazca al occidente. De la interacción de estas placas litosféricas y su geometría convergente se deriva la Fosa Tectónica de Ecuador-Colombia al oeste (*Ecuador-Colombia Trench*) y la Cuña Acrecionaria del Caribe (*Southern Caribbean Accretionary Wedge*) al norte (Pulido, 2003).

El cinturón montañoso de los Andes en Colombia está conformado por tres cordilleras: Occidental, Central y Oriental, que se unen hacia el sur en Ecuador para formar la Cordillera Real o Cordillera Occidental y Oriental ecuatorianas. La Cordillera Oriental, donde se localiza la zona de este estudio, es un cinturón orogénico intercontinental con una orientación N-NE -

contrastando con la orientación N-S de la Central y la Occidental-, con una extensión de 750 km que presenta alturas de entre los 3000 metros y 5000 metros contrastando con la baja topografía del Escudo Guayanés (Taboada et al., 2000). Hacia el norte de Colombia la Cordillera Oriental en el Macizo de Santander se ramifica en dos direcciones, una con tendencia N-NE perteneciente a la Serranía del Perijá y otra con tendencia SW-NE de los Andes de Mérida. Ver figura 5

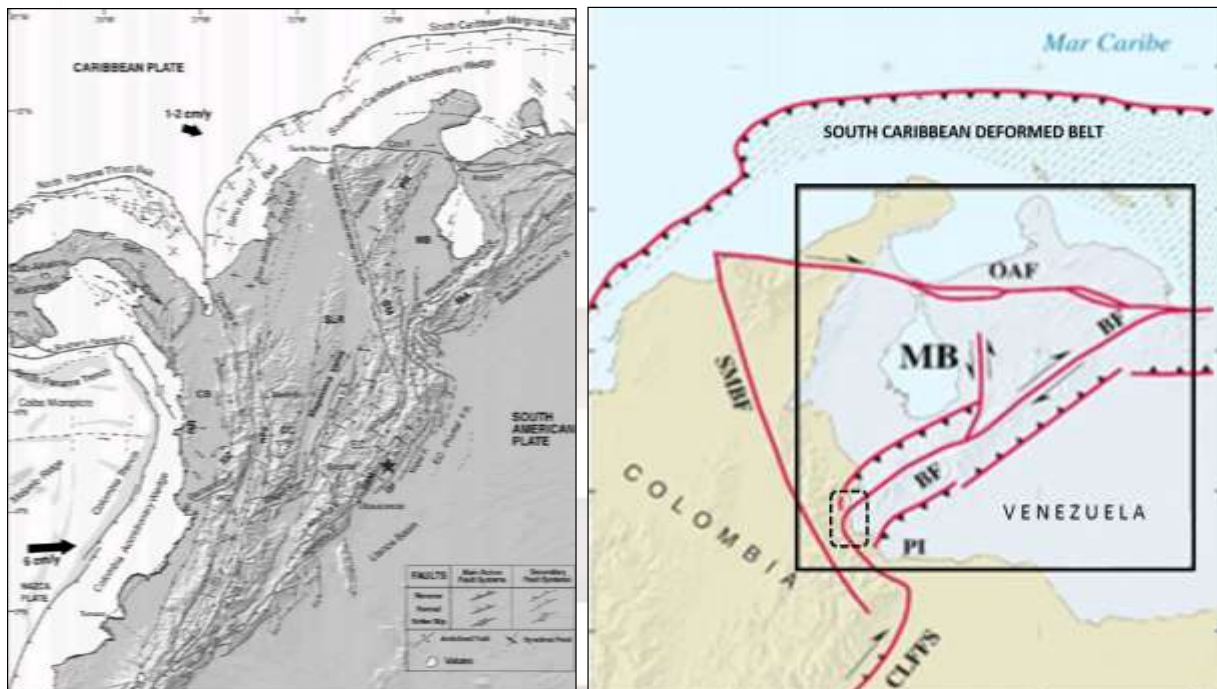


Figura 5 - MAPA NEOTECTÓNICO DEL NORTE DE LOS ANDES

Figura 5 – Se Indican los principales sistemas de fallas activas. Las Flechas sólidas indican la velocidad relativa de la placa Sudamericana. **BR** = Serranía del Baudó, **CB** = Bloque Chocó, **CC** = Central Cordillera, **EC** = Eastern Cordillera, **GF** = Falla de Guaicaramo, **MA** = Andes de Mérida, **MB** = Bloque Maracaibo, **PR** = Serranía del Perijá, **RFS** = Sistema de Fallas de Romeral, **SLR** = Serranía de San Lucas, **SM** = macizo de Santander, **SSM** = Falla de Servita - Santamaría, **WC** = Western Cordillera.

La Falla Boconó es una falla de rumbo lateral-derecho con tendencia NE-SW que se extiende por cerca de 500 km, entre la depresión del Táchira, en el límite entre Colombia y Venezuela, y el pueblo de Morón en la Costa Caribe de Venezuela. En la terminación sur, la Falla Boconó conecta con el sistema de falla del Piedemonte Llanero en Colombia a través del sistema de Fallas de Chinácota - Bramón, luego de sufrir dos inflexiones opuestas en ángulo recto. Esta estructura se conoce como el Indentor de Pamplona. El Indentor de Pamplona, (figura 5) es el lugar donde la complejidad cinemática define el cambio de transcurrencia dextral a un régimen de deformación compresiva. En esta misma zona se observa una intensa ramificación del Sistema de Boconó con numerosas trazas en relación anastomosada



Paralelamente a los múltiples trazos de varios sistemas de fallas geológicas y sus trazos satélites o asociados, también se presenta una gran cantidad de lineamientos estructurales (foto geológicos), afectando indiferentemente la mayor cantidad de unidades roca en superficie. En resumen, se citan los siguientes elementos geoestructurales considerados como de primer orden por su extensión regional y los procesos activos de superficie que de ellos se derivan.

El flanco oriental de la cordillera, está enmarcado por el sistema de falla del piedemonte llanero, la falla de Guaicáramo sus fallas satélites y la Falla de Bucaramanga – Santa Marta y sus fallas satélites.

- **Falla de Guaicáramos.** Localizada en los departamentos de Arauca y Boyacá (núcleo de la cordillera y el piedemonte llanero) al sur y suroriente de Cucuta, afecta básicamente en superficie rocas de edad cuaternario, terciario y cretáceo, se trata de una falla de cabalgamiento de ángulo alto, su trazo es regional, presenta una dirección general sur – norte a sureste – noroccidente y una amplia zona de falla con múltiples fallas satélites asociadas y múltiples lineamientos foto geológicos, al igual que el sistema de fallas del borde llanero, esta falla reviste especial importancia por su potencial sismo génico.
- **Sistema de fallas de Servita y Chitagá – Pamplona.** Se localizan en la región de Boyacá, Santander y Norte de Santander, afecta básicamente en superficie rocas de edad cuaternario, terciario, cretáceo y jurásico, se trata de una falla de rumbo, su trazo es regional, presenta una dirección general sur oriente a noroccidente, aunque presenta tramos casi norte sur, está asociada por una amplia zona de falla con múltiples fallas satélites y lineamientos foto geológicos
- **Sistema de fallas Bucaramanga - Santa Marta.** Se localiza en el Norte de Santander entre otros, afecta básicamente en superficie rocas de edad cuaternario, terciario, cretáceo, jurásico y paleozoico, se trata de una falla de rumbo, de escala regional, presenta una dirección general suroriente - noroccidente, aunque presenta tramos casi norte sur e inclusive suroccidente – noreste; está asociada a una amplia zona de falla con múltiples fallas satélites y lineamientos fotogeológicos, afecta el núcleo y la vertiente occidental de la cordillera oriental, se localiza al occidente de Ocaña, también presenta especial interés por su potencial sismo génico.

3. CONTEXTO SISMOLÓGICO

En la zona de estudio los catálogos sismológicos disponibles en portales web (e.g. RSNC, USGS) muestran una distribución de los sismos concentrada en el flanco occidental del río Zulia y sobre su curso actual (figura 6 - tabla 2 - tabla 3). En la tabla 2, se presentan las localizaciones de los sismos superficiales (Profundidad menor que 50 km) registrados por la Red Sismológica Nacional de Colombia (RSNC, del Servicio Geológico Colombiano), desde 1993. La mayoría de estos sismos no sobrepasan magnitudes (M_w) de 3.0 (Escala de Richter). El sismo de mayor magnitud corresponde a 4.3 y su epicentro está ubicado sobre el valle del río Zulia (figura 6). El USGS registra tres sismos con epicentro en la zona de este estudio y con profundidades menores a 50 km. Las incertidumbres espaciales en la localización de estos eventos no permiten una interpretación estructural.

Longitud	Latitud	Magnitud	Departamento	Municipio	Profundidad (Km)	Fecha	Hora
-72,523	8,162	4.3	Norte de Santander	El Zulia	8.0	21/02/1999	22:06:14
-72,586	8,023	2.9	Norte de Santander	El Zulia	5.0	03/08/2008	15:33:21
-72,502	8,204	2.2	Norte de Santander	El Zulia	0	22/06/2010	19:39:45
-72,679	7,991	2.4	Norte de Santander	El Zulia	0	25/06/2011	16:14:37
-72,695	7,976	2.9	Norte de Santander	El Zulia	8.50	29/02/2012	09:54:54
-72,705	8,005	2.0	Norte de Santander	El Zulia	0	10/09/2013	08:10:38
-72,651	7,855	2.7	Norte de Santander	San Cayetano	14.60	16/02/2000	07:19:32
-72,602	7,874	2.1	Norte de Santander	San Cayetano	48.50	23/05/2009	07:26:53
-72,636	7,833	2.1	Norte de Santander	San Cayetano	4.30	27/07/2013	17:23:20

Tabla 2 - Registro de los sismos reportados entre 1993 a 2013 con una profundidad menor a 50 kilómetros en la Red Sismológica Nacional de Colombia (RSNC, 2013). Los valores fueron obtenidos desde su página web.

Longitud	Latitud	Magnitud	Departamento	Municipio	Profundidad (Km)	Fecha	Hora
-72,710	7,820	4,5	Norte de Santander	San Cayetano	33.0	17/07/1996	16:15:31
-72,441	8,045	5,0	Norte de Santander	Cúcuta	40.0	26/11/1980	12:35:39
-72,499	8,111	5,9	Norte de Santander	Oripaya	39.6	17/10/1981	23:31:02

Tabla 3 - Registro de los sismos reportados entre 1980 a 2013 en el portal web del Servicio Geológico de los Estados Unidos (USGS, 2013).

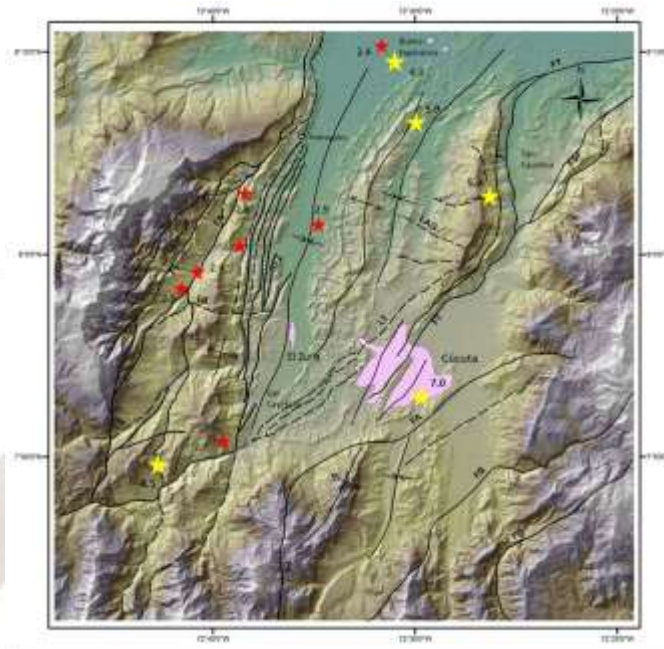


Figura 6 - SISMOS REPORTADOS POR LA RED SISMOLÓGICA NACIONAL DE COLOMBIA ENTRE 1993 Y 2013.

Figura 6 - Sismos con magnitudes mayores a 4.0 (Mw), estrella amarilla. Se resaltan los sismos de Cúcuta de 1875 y 1981. Sismos con magnitudes menores de 4.0, estrella roja.

Un sismo de magnitud moderada (5.9 Mw), ocurrió el 17 de octubre de 1981 a las 11:35 p.m. (hora local) con una réplica el 20 de octubre a las 2:34 p.m. El epicentro se localizó en la frontera colombo-venezolana (72.50W y 8.11N) (tabla 3 – figura 6) y la profundidad registrada es de 39 km (ISC, 2009; Citado en Cifuentes & Sarabia, 2010).

Los mayores daños ocurrieron en la ciudad de Cúcuta donde varios edificios y casas quedaron destruidos, se calcularon cerca de veinte muertos y más de cien heridos. En otras poblaciones como Ocaña, Abrego, Salazar, San José de Ávila y Pan de Azúcar se sintieron los efectos del sismo y colapsaron algunas viviendas (Cifuentes & Sarabia, 2010).

En la historia sismológica de Colombia se registra que el día 18 de mayo de 1875 a las 11:15 a.m. ocurrió un terremoto que destruyó casi en su totalidad a las poblaciones de Cúcuta y Villa del Rosario, poblaciones limítrofes con Venezuela. El sismo tuvo magnitud 7.0 (Miw, a partir de datos de intensidad) con un epicentro en 7.88N y 72.50W y una profundidad superficial. La descripción de los daños cuenta de la destrucción de la mayoría de construcciones, así como la muerte de 461 personas, aunque existen algunas diferencias en la cantidad. (Cifuentes & Sarabia, 2006)

El sismo también afectó poblaciones como Pamplona, Cucutilla, Chinacota, Matanza (Departamento de Santander) y otras tantas poblaciones en el Estado del Táchira en Venezuela. Diederix *et al.* (2009)



3.1 Evidencias de Tectónica Activa

Según la Información geológica del (Servicio Geológico Colombiano, 2015) y de varios autores que han encontrado evidencia en campo de la deformación de rocas sedimentarias terciarias de la formación Algodonal en el Municipio de Ocaña. Esta deformación consiste en el plegamiento y hasta verticalización de los estratos, esto sugiere un proceso deformativo provocado por sistemas de fallas con dirección principal al NE-SW como el sistema de Fallas de Bucaramanga - Santa Marta.

Observaciones de campo recientes (2013) en los alrededores de la ciudad de Ocaña por parte del grupo de cartografía neotectónica del Servicio Geológico Colombiano y Funvisis, mostraron que las evidencias de actividad neotectónica en la zona se pueden resumir así:

- Existe una zona de alta deformación de las rocas terciarias de la Formación Algodonal, con un levantamiento de aproximadamente 30 metros sobre su nivel horizontal original.
- Que el área en estudio se encuentra afectado por una serie de fallas paralelas con dirección NE denominado el Sistema de Fallas Bucaramanga – Santa Marta.
- Los procesos geomorfológicos que modelan el relieve han sido modificados por procesos tectónicos activos, pero principalmente sobre el flanco occidental sugiriendo una tasa de levantamiento tectónico superior que su costado oriental.



3.2 Sismicidad

La localización del proyecto dentro del mapa sísmico del país, lo encasilla en una zona de amenaza sísmica INTERMEDIA de acuerdo con el decreto 926 de 2010 NSR10

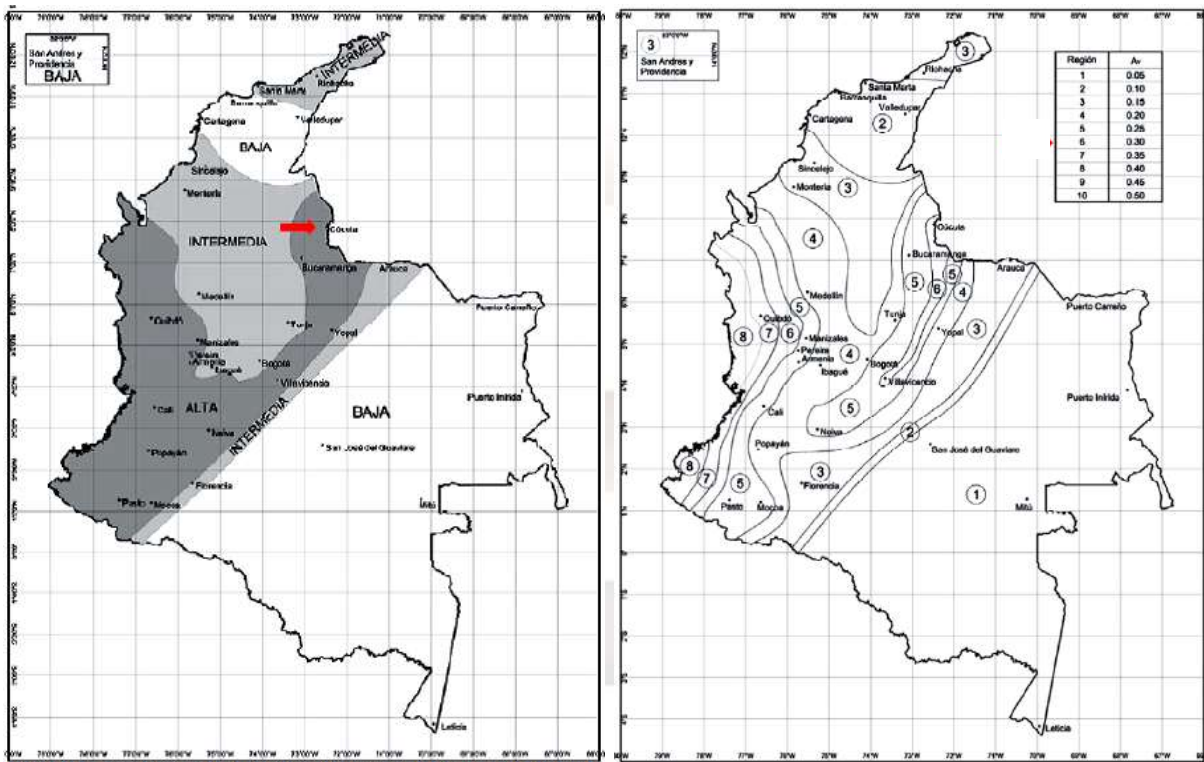


Figura 7 - ZONAS DE AMENAZA SÍSMICA APLICABLE A EDIFICACIONES PARA LA NSR-2010

- Coeficiente que representa la aceleración pico efectiva, para diseño; $A_a = 0.20$
- Coeficiente que representa la velocidad horizontal pico efectiva; $A_v = 0.15$
- Coeficiente que representa la aceleración pico efectiva reducida; $A_e = 0.08$
- Coeficiente que representa la aceleración pico efectiva, umbral de daño; $A_d = 0.03$
- Grupo de uso IV = 1.50
- Coeficiente de ampliación en zona de periodos cortos, efectos de sitio; $F_a = 1.40$
- Coeficiente de ampliación en zona de periodos medios de espectro; $F_v = 2.20$

4. CARACTERIZACION GEOTECNICA

4.1 Campaña de reconocimiento del terreno

En una primera fase, se trabaja sobre la caracterización geológica de la zona en estudio, para ello, se parte de la información geológica descrita en el Plan Básico de Ordenamiento Territorial del Municipio de Ocaña; una vez estudiada la documentación, se plantea el programa de exploración que consiste en la caracterización del sustrato, mediante la realización de sondeos mecánicos, cuya profundidad y número varían en función de las características del proyecto (Sección 10.4.2 - Exploración del subsuelo / Tabla 10.4.2.1- Número mínimo de puntos de exploración y profundidad de la exploración) de la Norma Colombiana de Diseño de Puentes CCP-14.

Para dar cumplimiento a la norma, el alcance es el siguiente

Para el tipo de estructura a construir (Alcantarillado), se determinó en este caso realizar Seis (6) sondeos a una profundidad de 6.0 metros espaciados entre 100 y 250 metro; cumpliendo con lo estipulado en la **Sección 10 Numeral 10.4.2 – Tabla 10.4.2.1 de La NORMA CCP-14. Exploración del subsuelo**

4.2. Trabajo de Campo.

Consistió en el levantamiento y correlación geológica del área de estudio mediante la realización de Seis (6) sondeos con extracción continua de testigos a una profundidad de 2.00 y 6.00 metros (**Sección 10, Numeral 10.4.2 – Tabla 10.4.2.1**), empleando equipo de perforación mecánico a percusión y/o rotación. De cada sondeo se determinó el espesor de las capas y la descripción del material litológico; además se tomaron muestras alteradas con tubo partido (Split Spoon) e inalteradas con tubo de pared delgada (Shelby) en las capas de suelo y con brocas saca núcleos en el lecho rocoso; las cuales fueron empacadas, referenciadas y enviadas al laboratorio donde se realizaran los ensayos pertinentes.

La exploración se realizó hasta la profundidad en la que se consideró viable el planteamiento de las alternativas de cimentación para las estructuras a construir; Debido a lo anterior Tres (2) de los Seis (6) sondeos se suspendieron a profundidades entre 2.0 y 3.0 metros; tomando en cuenta lo establecido **Tabla 10.4.2.1 de la Norma CCP-14. Exploración del subsuelo**, en el cual se establece que para este tipo de estructuras los sondeos pueden suspenderse a una profundidad tal donde el incremento del esfuerzo debido a la carga



de cimentación estimada sea menor que el diez por ciento del esfuerzo efectivo de sobrecarga existente a esa profundidad o cuando se encuentren capas de suelos firmes asimilables a roca o roca, penetrando en ellos lo suficiente para obtener testigos que permitan una buena caracterización geomecánica del macizo rocoso; como es el caso del área en estudio.

Para la realización de los sondeos se empleó un equipo de perforación a percusión (modelo MEISTER SPT/AC-14) y una Perforadora a rotación con avance por vía húmeda o seca, marca (KAURSO LMSR-SPT-HK), que permite realizar ensayos SPT in situ, de manera automática y estimar la resistencia a la penetración del terreno hasta una profundidad de 20 metros.

EQUIPOS DE PERFORACION A UTILIZAR



PERFORADORA KUARSO LMSR-SPT-HK

- Perforación a rotación vía húmeda y seca – con equipo para ensayos SPT automático
 - Mástil de elevación 2.50 metros
 - Carrera útil 1.50 metros
 - Diámetro del barreno 50.0 a 250.0 mm
 - Angulo de perforación 0°
- Peso del martillo : 140 libras
 - Altura de caída : 76 cm



EQUIPO PARA ENSAYOS SPT

- Motor cuatro tiempos de 4 H.P.
 - Altura de torre 3.50 metros
 - Carrera útil 2.50 metros
 - Diámetro del barreno 76.2 mm
 - Angulo de perforación 0°
- Peso del martillo : 140 libras
 - Altura de caída : 76 cm



4.3 Localización de los sondeos

Tabla 4. Localización de los Sondeos

SONDEO	ABSCISA	LOCALIZACION	PROFD (M)	OBSERVACIONES
SD-1	PR 0+010	(8,26536° N/ 73,35966° W) ADO DERECHO AGUAS ABAJO	6.00	ESTRATOS DIFERENCIADOS 3
SD-2	PR 0+114	(8,26628° N/ 73,35973° W) LADO DERECHO AGUAS ABAJO	6.00	ESTRATOS DIFERENCIADOS 3
SD-3	PR 0+293	(8,26688° N/ 73,35943° W) LADO DERECHO AGUAS ABAJO	3.00	ESTRATOS DIFERENCIADOS 3
SD-4	PR 0+513	(8,268204° N/ 73,355871° W) LADO DERECHO AGUAS ABAJO	5.00	ESTRATOS DIFERENCIADOS 3
SD-5	PR 0+647	(8,26688° N/ 73,35943° W) LADO DERECHO AGUAS ABAJO	3.00	ESTRATOS DIFERENCIADOS 3
SD-6	PR 0+910	(8,270349° N/ 73,357434° W) LADO DERECHO AGUAS ABAJO	2.00	ESTRATOS DIFERENCIADOS 2

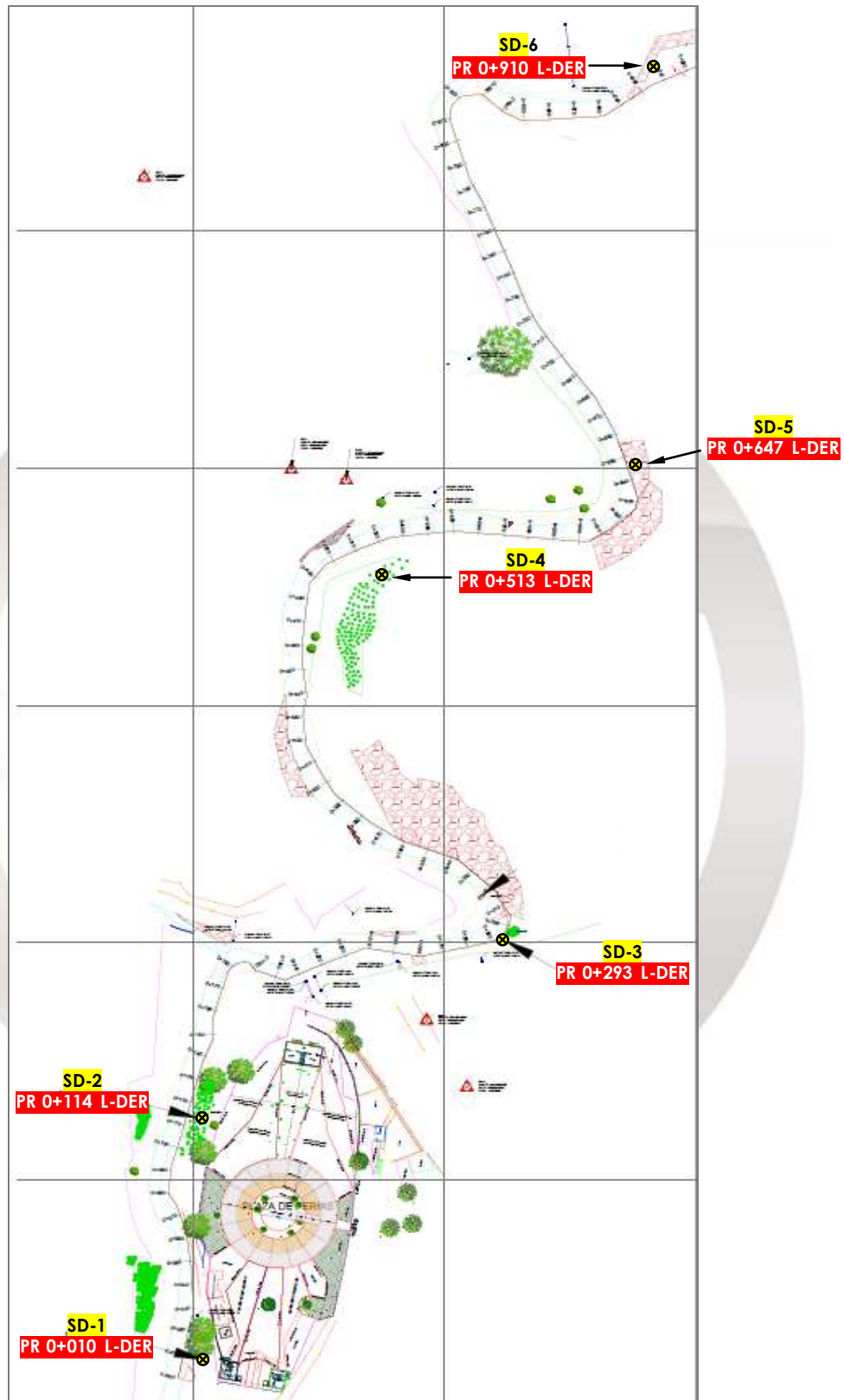
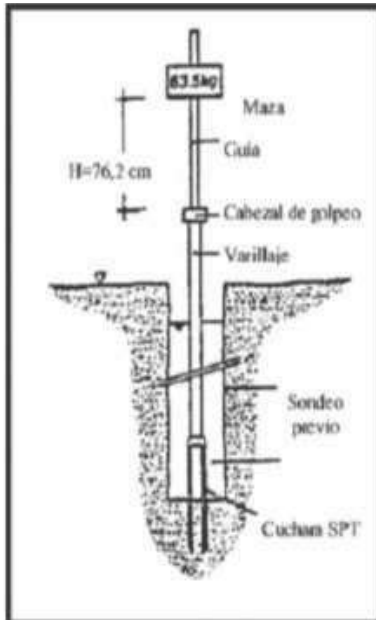


Figura 8 – LOCALIZACION GENERAL DE LOS SONDEOS
INTERCEPTOR RIO TEJO DESDE LA DESCARGA ACTUAL PLAZA DE FERIAS HASTA 850 METROS AGUAS ABAJO

4.4 Ensayos de campo

4.4.1 Ensayos SPT



ESQUEMA BASICO EQUIPO SPT

El Ensayo de Penetración Estándar es un método usado en la perforación de suelos y estandarizado desde 1958 por la norma ASTM D -1586. Consistiendo básicamente en hincar un toma muestras de cuchara partida de 60.0 cm de largo y dejar caer libremente sobre el un martillo de 63.5 Kg desde una altura de 76.2 cm, anotando los golpes necesarios para la penetración de cada tramo de 6" (15 cm). El diámetro interno de la puntera es de 38 mm.

En cada uno de los sondeos se realizaron ensayos SPT cada 1.00 metros de profundidad, para estos ensayos se tomaron tres lecturas de número de golpes para penetración de 0-6", 6-12" y 12-18". Para objeto de diseño se tomó el valor correspondiente a la sumatoria de los golpes de los tramos 6-12" y 12-18", de acuerdo a la norma ASTM D15 86-67 e INVIAS E 111-2022.

El Valor de número de golpes SPT de campo **N**, seleccionado para el análisis corresponde al valor de **Nc** representativo del real comportamiento del suelo por debajo del nivel de cimentación

$$\square \quad N_{SPT} \text{ Corregido} = N_c = C_N \times N \times \eta_1 \times \eta_2 \times \eta_3 \times \eta_4$$

C_N = Ajuste por sobre carga

$$C_N = ((0.77 \times \log_{10} (1.92\sigma'_v)))$$

σ'_v = Esfuerzo vertical efectivo

η_1 = Eficiencia del martillo

η_2 = Correccion por profundidad

η_3 = Correccion por muestreo

η_4 = correccion por diámetro de perforacion

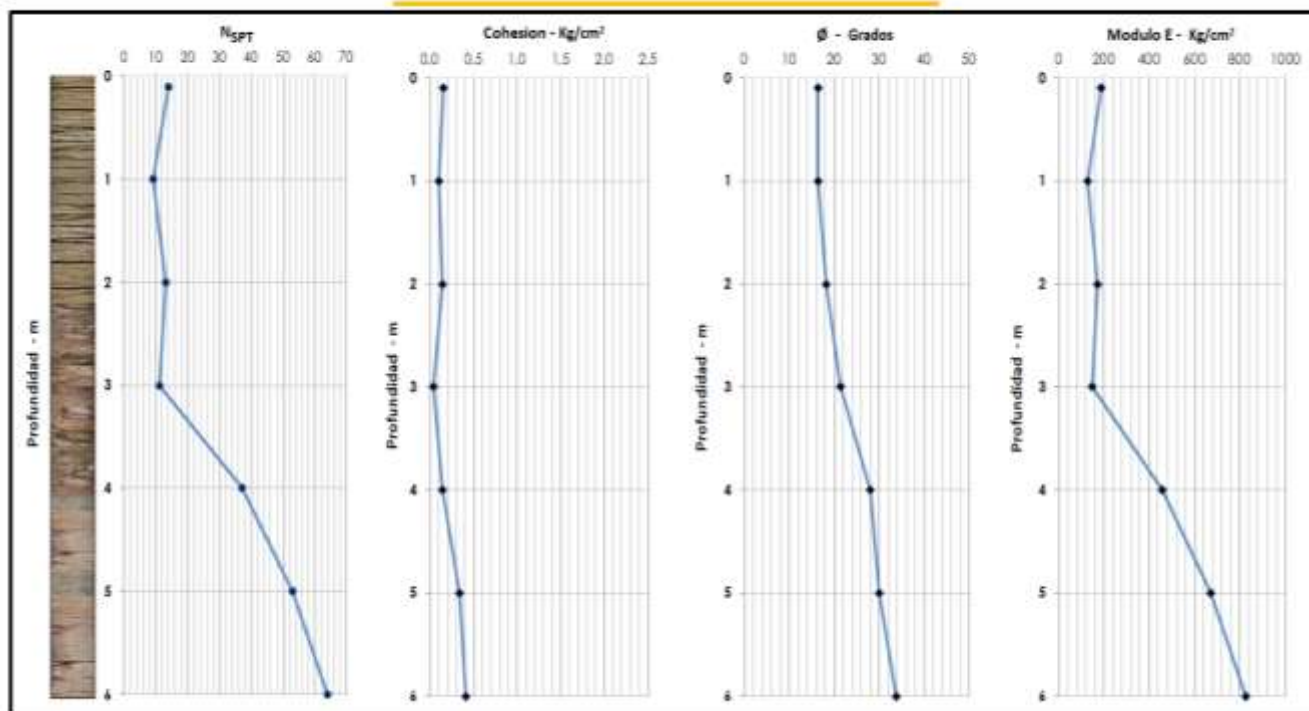
Debido a que los suelos encontrados corresponden a estratos cohesivo friccionantes; La determinación de los parámetros de Resistencia al corte como la cohesión (**C**), Angulo de fricción interna (**Φ**) y Modulo de deformación o módulo de Young (**E**) se obtuvieron por medio de ecuaciones matemáticas empíricas que correlacionan el valor del SPT corregido **Nc**, con los parámetros ingenieriles del suelo; siguiendo las metodologías propuestas por (Vallejo, Kishida, Peck, Marcuson, Liao y Whitman)



4.4.2 Ensayos de campo y registro de perforación SONDEO 1

ENSAYOS DE PENETRACIÓN SPT - SONDEO 1								
Perfil	Prof'd m	Numero de golpes			Cohesion kg/cm ²	Φ de Fricción	Modulo Es kg/cm ²	RCU kg/cm ²
		6"	12"	18"				
	0.00	5	8	6	0,156	16,48	186,39	0,308
	1.00	6	5	4	0,100	16,48	128,07	0,197
	2.00	4	6	7	0,143	18,24	172,82	0,283
	3.00	6	6	5	0,043	21,41	149,19	0,085
	4.00	12	17	20	0,143	27,98	459,63	0,283
	5.00	23	25	28	0,340	30,09	673,73	0,671
	6.00	30	31	33	0,408	33,76	828,28	0,804

RESULTADOS DE ENSAYOS SPT



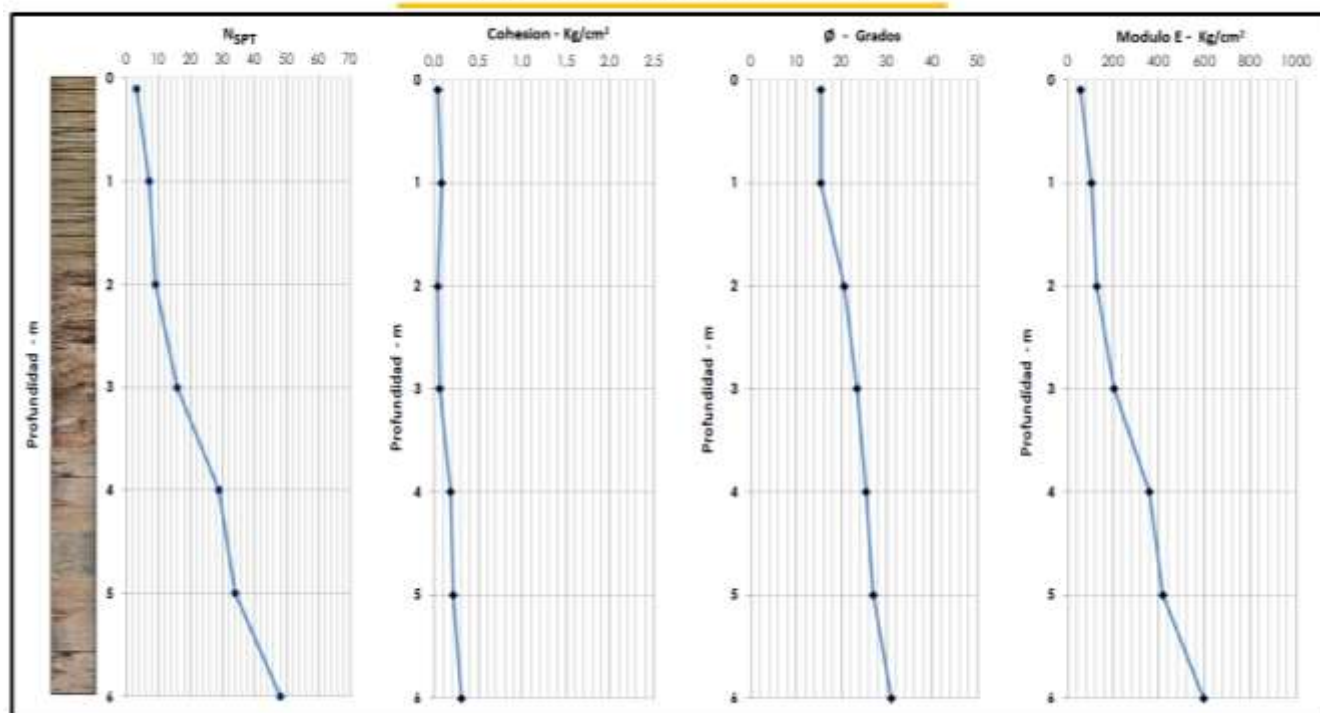
* Se hace la anotación que los parámetros de resistencia indicados en los perfiles de perforación son parámetros obtenidos a partir de correlaciones con el ensayo SPT producto del trabajo de campo, y son una base para el análisis de las propiedades mecánicas del suelo, y obtener la capacidad portante a través de métodos convencionales (Terzagui, Vésic o Meyerhof)



4.4.3 Ensayos de campo y registro de perforación SONDEO 2

ENSAYOS DE PENETRACIÓN SPT - SONDEO 2								
Perfil	Profd m	Numero de golpes			Cohesion kg/cm ²	Φ de Fricción	Modulo Es kg/cm ²	RCU kg/cm ²
		6"	12"	18"				
	0.00	1	1	2	0,033	15,50	56,16	0,066
	1.00	2	4	3	0,078	15,50	104,94	0,153
	2.00	4	4	5	0,035	20,57	127,34	0,070
	3.00	6	7	9	0,062	23,34	205,85	0,123
	4.00	12	13	16	0,187	25,48	358,10	0,370
	4.90	17	16	18	0,218	26,99	417,76	0,430
	6.00	20	23	25	0,306	31,01	598,61	0,603

RESULTADOS DE ENSAYOS SPT



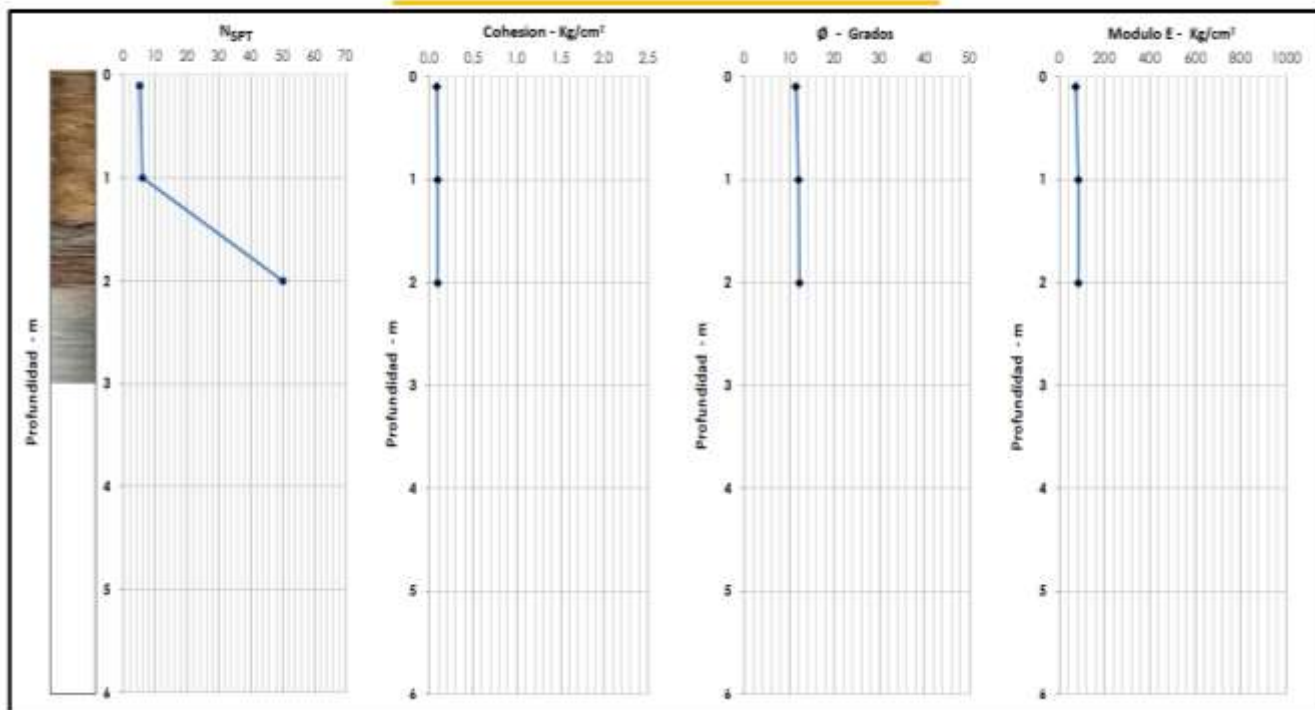
* Se hace la anotación que los parámetros de resistencia indicados en los perfiles de perforación son parámetros obtenidos a partir de correlaciones con el ensayo SPT producto del trabajo de campo, y son una base para el análisis de las propiedades mecánicas del suelo, y obtener la capacidad portante a través de métodos convencionales (Terzagui, Vésic o Meyerhof)



4.4.4 Ensayos de campo y registro de perforación SONDEO 3

ENSAYOS DE PENETRACIÓN SPT - SONDEO 3								
Perfil	Prof'd m	Numero de golpes			Cohesion kg/cm ²	Φ de Fricción	Modulo Es kg/cm ²	RCU kg/cm ²
		6"	12"	18"				
	0.00	2	2	3	0,077	11,49	74,32	0,152
	1.00	2	4	2	0,092	12,00	84,64	0,181
	2.00	50	R		0,393	30,78	573,63	0,776
	3.00							
	4.00							
	5.00							
	6.00							

RESULTADOS DE ENSAYOS SPT



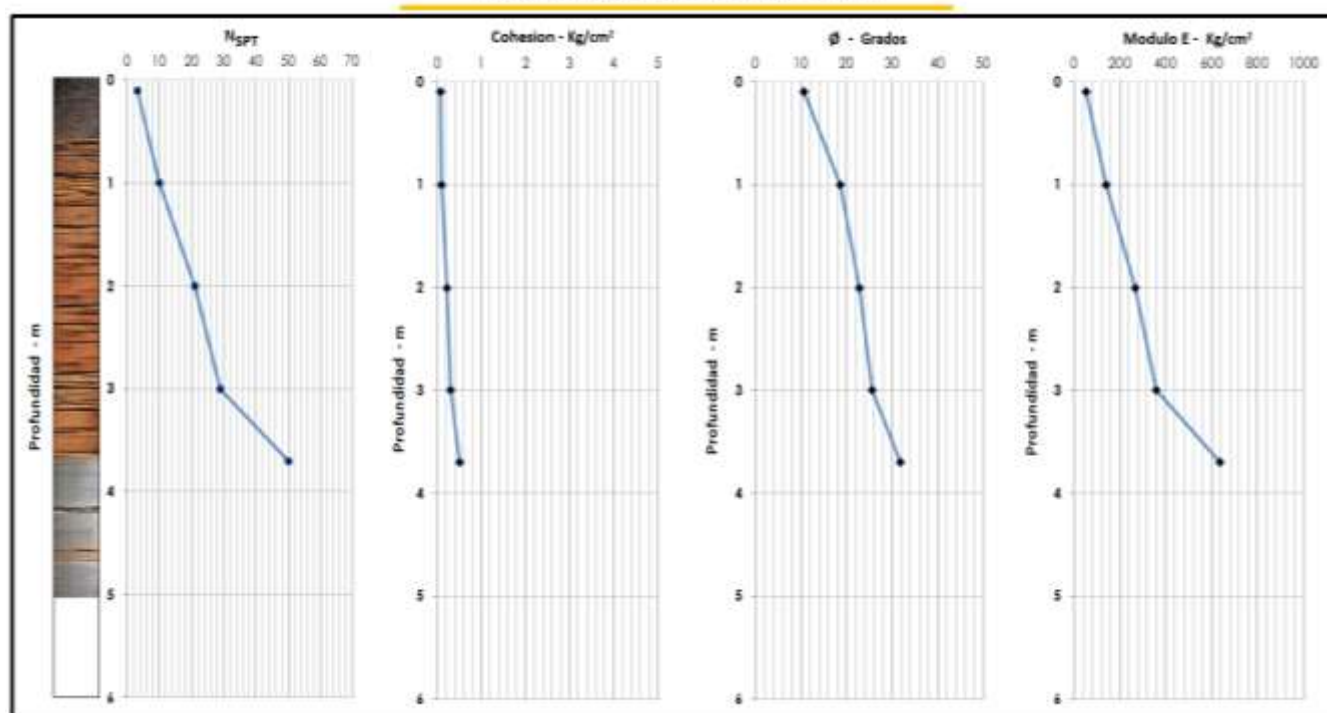
* Se hace la anotación que los parámetros de resistencia indicados en los perfiles de perforación son parámetros obtenidos a partir de correlaciones con el ensayo SPT producto del trabajo de campo. y son una base para el análisis de las propiedades mecánicas del suelo, y obtener la capacidad portante a través de métodos convencionales (Terzagui, Vésic o Meyerhof)



4.4.5 Ensayos de campo y registro de perforación SONDEO 4

ENSAYOS DE PENETRACIÓN SPT - SONDEO 4								
Perfil	Prof'd m	Numero de golpes			Cohesion kg/cm ²	Φ de Fricción	Modulo Es kg/cm ²	RCU kg/cm ²
		6"	12"	18"				
	0.00	1	1	2	0,080	10,64	51,65	0,157
	1.00	3	4	6	0,106	18,59	139,53	0,208
	1.35	8	9	12	0,220	22,90	265,61	0,435
	3.00	10	13	16	0,302	25,55	360,70	0,596
	4.00	50			0,517	31,77	636,43	1,020
	5.00							
	6.00							

RESULTADOS DE ENSAYOS SPT



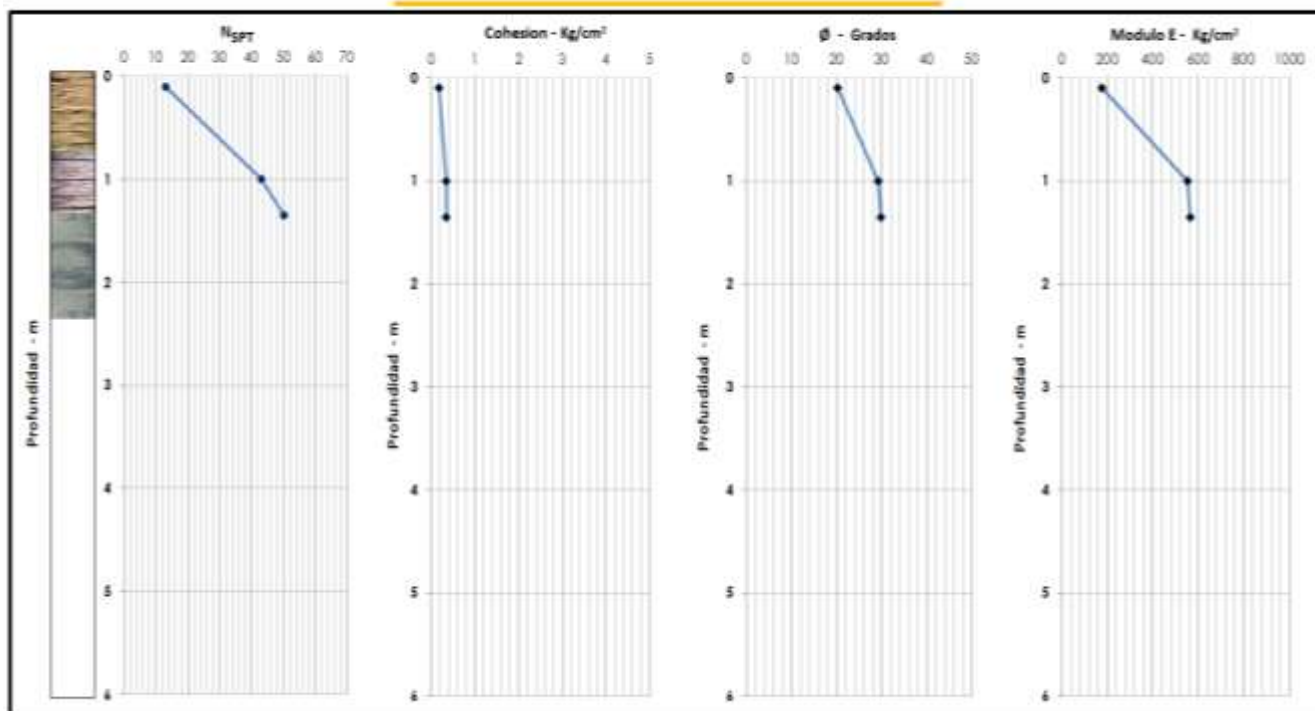
* Se hace la anotación que los parámetros de resistencia indicados en los perfiles de perforación son parámetros obtenidos a partir de correlaciones con el ensayo SPT producto del trabajo de campo, y son una base para el análisis de las propiedades mecánicas del suelo, y obtener la capacidad portante a través de métodos convencionales (Terzagui, Vésic o Meyerhof)



4.4.6 Ensayos de campo y registro de perforación SONDEO 5

ENSAYOS DE PENETRACIÓN SPT - SONDEO 5								
Perfil	Profd m	Numero de golpes			Cohesion kg/cm ²	Φ de Fricción	Modulo Es kg/cm ²	RCU kg/cm ²
		6"	12"	18"				
	0.00	3	5	8	0,173	20,24	174,82	0,341
	1.00	13	16	27	0,341	29,34	552,14	0,672
	1.35	50	0	0	0,393	31,44	646,69	0,776
	3.00							
	3.70							
	5.00							
	6.00							

RESULTADOS DE ENSAYOS SPT



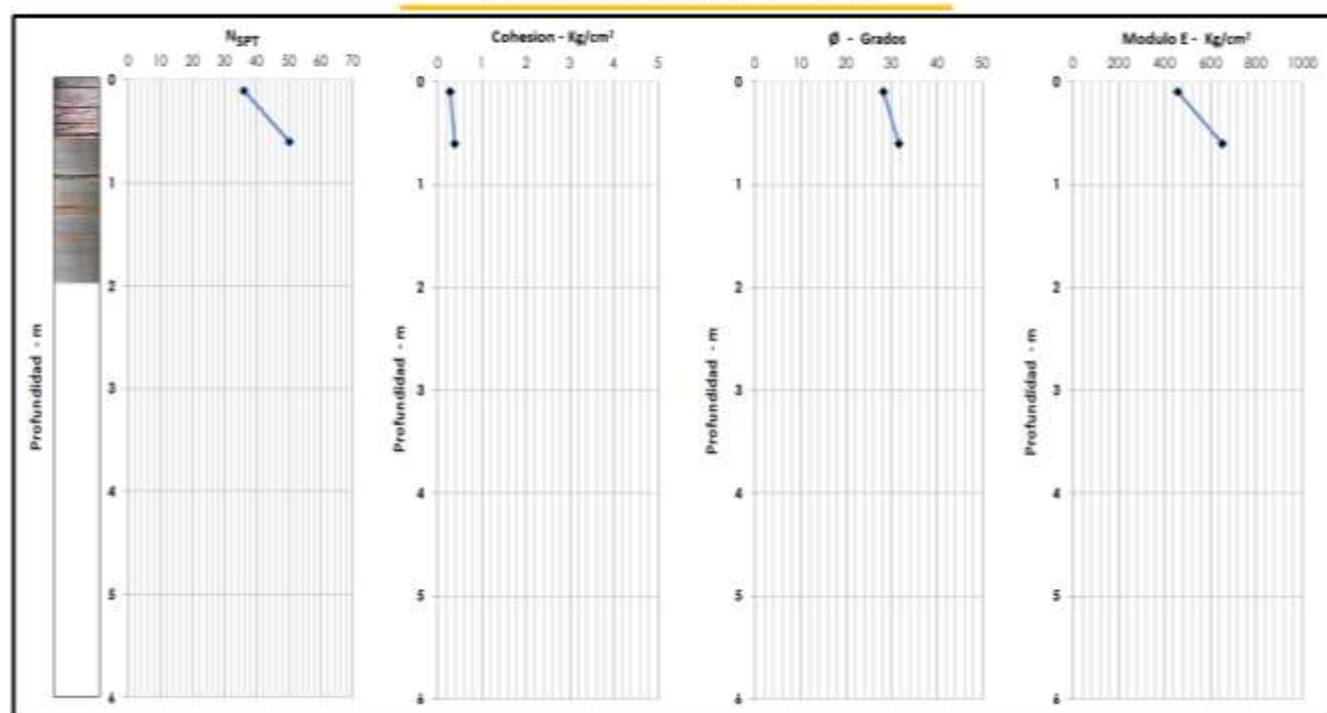
* Se hace la anotación que los parámetros de resistencia indicados en los perfiles de perforación son parámetros obtenidos a partir de correlaciones con el ensayo SPT producto del trabajo de campo, y son una base para el análisis de las propiedades mecánicas del suelo, y obtener la capacidad portante a través de métodos convencionales (Terzagui, Vésic o Meyerhof)



4.4.7 Ensayos de campo y registro de perforación SONDEO 6

ENSAYOS DE PENETRACIÓN SPT - SONDEO 6								
Perfil	Profd m	Numero de golpes			Cohesion kg/cm ²	Φ de Fricción	Modulo Es kg/cm ²	RCU kg/cm ²
		6"	12"	18"				
	0.00	8	15	21	0,287	28,20	459,84	0,566
	1.00	11	23	27	0,396	31,55	651,84	0,782
	2.00							
	3.00							
	3.70							
	5.00							
	6.00							

RESULTADOS DE ENSAYOS SPT



* Se hace la anotación que los parámetros de resistencia indicados en los perfiles de perforación son parámetros obtenidos a partir de correlaciones con el ensayo SPT producto del trabajo de campo, y son una base para el análisis de las propiedades mecánicas del suelo, y obtener la capacidad portante a través de métodos convencionales (Terzagui, Vésic o Meyerhof)

5. CARACTERÍSTICAS GEOLÓGICAS DEL LOTE EN ESTUDIO

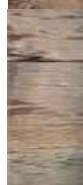
5.1. Descripción general del perfil.

De acuerdo a los registros estratigráficos obtenidos en los sondeos y al levantamiento geológico realizado en campo, el tramo en estudio se dividió en Dos (2) sectores geológicamente homogéneos, tal como se describe a continuación:

5.1.1 SECTOR 1 (PR 0+000 A PR 0+280) – Rocas Sedimentarias. Sondeos (1 y 2), se confirman la presencia de un depósito aluvial no consolidado de hasta 4.00 metros de espesor, perteneciente a la terraza aluvial del Rio Tejo (Qal); conformado por secuencia de arenas arcillosas y arenas limo arcillosas con gravas de compacidad baja a media; de pobres a regulares características como suelo de soporte. Este depósito está dispuesto sobre Rocas sedimentarias “blandas” pertenecientes a la Formación Algodonal (Tpa), constituidas por una alternancia de arenitas arcillosas y conglomerados, de baja compresibilidad, compacidad media a alta y de buenas características como suelo de soporte, debido a su bajo contenido de humedad y estado no plástico

En términos generales, la descripción del perfil modal del subsuelo para este sector en estudio puede resumirse así:

Tabla 5. Perfil estratigráfico general del sector 1 – Rocas Sedimentarias

Estrato	Perfil	Espesor	Descripción	Características Geotécnicas
Deposito Aluvial Qal		1.80-2.20 metros	Arenita arcillosa con gravillas, de color cafe con vetas crema y puntos blancos, de moderada plasticidad y expansividad baja; de pobres a regulares características como suelo de soporte, dependiendo de su contenido de humedad y estado plástico (Interacción fluido partícula)	<ul style="list-style-type: none"> Consistencia blanda a semidura Moderada permeabilidad Deformabilidad media Competente en condiciones de humedad baja
		1.80-1.85 metros	Arena limosa con gravas dispersas, de color café pálido con vetas grises y puntos blancos, de baja plasticidad y expansividad baja. De regulares características como suelo de soporte debido a su baja deformabilidad y granulometría	<ul style="list-style-type: none"> Compacidad media Alta permeabilidad Deformabilidad baja Moderadamente Competente
Formación Algodonal Tpa		1.95-2.40 metros	Arenita arcillosa con algunas gravillas, de color beis con vetas grises y pardas, de baja deformabilidad, baja plasticidad y expansividad baja, de buenas características como suelo de soporte debido a su bajo contenido de humedad y estado no plástico	<ul style="list-style-type: none"> Compacidad alta Baja permeabilidad Deformabilidad baja Estado no plástico Competente

En general las capas que componen el perfil de suelos del lote, presentan buena continuidad lateral, es decir, es fácil identificar un mismo estrato en diferentes perforaciones, por lo tanto se pueden establecer condiciones de uniformidad en gran parte del área de estudio.



Nota - Para efectos de la compacidad relativa (Suelos granulares) o consistencia (Suelos cohesivos) se ha clasificado el suelo de acuerdo con los criterios basados en la Prueba de Penetración Estándar SPT (STM D-1586) de acuerdo a Terzagui y Peck, 1948.

COMPACIDAD RELATIVA DEL SUELO GRANULAR		RESISTENCIA DE LOS SUELOS COHESIVOS	
RESISTENCIA A LA PENETRACIÓN N_{SPT}	COMPACIDAD RELATIVA	RESISTENCIA A LA PENETRACIÓN N_{SPT}	CONSISTENCIA
0 – 4	MUY BAJA (SUELTA)	< 2	MUY BLANDA
4 – 10	BAJA (SUELTA)	2 - 4	BLANDA
10 – 30	MEDIA	4 – 8	MEDIA
30 – 50	COMPACTA	8 – 15	SEMIDURA
> 50	MUY COMPACTO	15 – 30	DURA
		> 30	RIGIDA

FUENTE – MECANICA DE SUELOS DE LAMBE

○ Características geotécnicas

Los suelos encontrados naturales, corresponden a un depósito aluvial no consolidado conformado por estratos cohesivo friccionantes areno arcillosas de consistencia blanda a semidura y areno limo arcillosos con gravas de compacidad media, que presentan pobres a regulares características como suelo de soporte. Por debajo de este depósito se encuentran rocas blandas de origen sedimentario, conformada por estratos cohesivo friccionantes areno arcillosos con gravas dispersas, de baja compresibilidad y compacidad alta, los cuales presentan poca variación de su estado físico y propiedades mecánicas inherentes a su contenido de humedad y estado plástico; por lo tanto se recomienda cimentar sobre estos materiales, a profundidades mayores a 1.50 metros; donde se alcanzan valores de resistencia a la penetración $N_{SPT} > 7$ Golpes

○ Geomorfología y morfodinámica

En este sector la geomorfología corresponde a colinas estructurales de poca altura, pendiente suave con formas redondeadas y trazado sinuoso, e inclinadas predominantemente en sentido (E-W).

Es importante resaltar que este tramo en estudio no presenta evidencias de procesos geodinámicos superficiales activos severos y/o de socavación, que puedan limitar la obra civil proyectada. Sin embargo se recomienda la construcción de las obras de protección y/o contención necesarias para salvaguardar la nueva estructura de las posibles avenidas del río Tejo

○ Drenaje superficial

La tendencia del drenaje superficial (aguas lluvias y aguas de uso doméstico), se orientan en sentido (E-W y S-N) siguiendo la pendiente natural



del Rio Tejo; este drenaje se realiza de forma lenta debido a la pendiente del terreno y sin arrastre de materiales, debido a la cobertura vegetal actual

○ **Drenaje subsuperficial**

El perfil del suelo explorado corresponde a un suelo bien drenado, con alto grado de saturación a profundidades Intermedias; **donde se encontraron aguas libres a una profundidad de exploración entre -2.10 y -3.90 metros;** evidenciando que las características hidrogeológicas del drenaje subsuperficial por encima del estrato areno arcillosos competente de la Formación Algodonal; está controlado por las fluctuaciones del nivel del Rio Tejo y la presencia de un acuífero libre con líneas de flujo paralelas en sentido (W-E), que afectan el proceso constructivo de la cimentación y la estabilidad de las excavaciones requeridas; pero que no afectan la estabilidad global del área

Tabla 6. Nivel freático e hidrostático

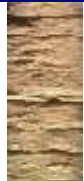
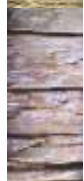
Sondeo	Prof. (m)	Diám (Pul)	LOCALIZACION	Nivel freático	Nivel Hidrostatico
SD-1	6.00	2.5	K 0+010 (8,26536° N/ 73,35966° W) LADO DERECHO AGUAS ABAJO	SE ENCONTRO A -3.90 METROS	-3.65 METROS
SD-2	6.00	2.5	K 0+114 (8,26628° N/ 73,35973° W) LADO DERECHO AGUAS ABAJO	SE ENCONTRO A -2.10 METROS	-2.03 METROS

NOTA - NIVEL FREÁTICO MEDIDO ENTRE EL 28 Y 29 DE AGOSTO DE 2025

5.1.2 SECTOR 2 (PR 0+280 A PR 0+850) – Rocas Ígneas. Sondeos (3, 4, 5, 6), De acuerdo a los registros estratigráficos obtenidos en los sondeos y al levantamiento geológico realizado en campo, se confirma que en este sector, la presencia de suelos residuales cohesivo friccionantes de origen ígneo típicos de la Formación Complejo Ígneo Intrusivo Extrusivo (Jci), conformado por saprolitos areno arcillosas con gravillas de baja compresibilidad y compacidad media; los cuales están dispuestos sobre un sustrato rocoso de alta resistencia a la penetración, el cual no permitió la realización de ensayos SPT; por consiguiente el avance se realizó a rotación con recuperación de testigos continuos de roca, con los cuales se pudo identificar un macizo rocoso conformado por cuarzo monzonitas fracturadas, poco meteorizadas (ISRM II) y con un RQD promedio de 65% atributos que permiten definir un macizo rocoso con permeabilidad secundaria baja y de buena condición geomecánica según la clasificación Deere.

En términos generales, la descripción del perfil modal del subsuelo para este sector en estudio puede resumirse así:

Tabla No 7. Perfil estratigráfico general del sector 2 – Rocas Ígneas

Estrato	Perfil	Espesor	Descripción	Características Geotécnicas
1		0.75-1.45 metros	SAPROLITO - Arena arcillosa, de color café amarillento con vetas grises y crema, de baja compresibilidad, baja plasticidad y expansividad baja. De pobre a regular comportamiento como suelo de soporte, dependiendo de su contenido de humedad y estado plástico (Interacción fluido partícula)	<ul style="list-style-type: none"> Compacidad baja a media Moderada permeabilidad Deformabilidad baja Estado plástico a no plástico Competente en condiciones de humedad baja
2		0.60-0.90 metros	Roca ígnea con grado de meteorización ISRM III, fracturada, de color gris con vetas ocre y puntos perlados, de plasticidad nula y expansividad bajo. De buenas características como material de soporte y material de préstamo, debido a su baja deformabilidad y alta resistencia a la penetración	<ul style="list-style-type: none"> Compacidad alta a muy alta Baja compresibilidad Baja permeabilidad Estado no plástico Competente
3		> 1.05 metros	Macizo rocoso fracturado, conformado por cuarzo monzonitas de grano medio a fino, con bajo grado de meteorización ISRM II, de color gris con vetillas blancas y crema, de alta dureza y buenas características geotécnicas como estrato de soporte	<ul style="list-style-type: none"> RQD = 65% Dureza alta Permeabilidad secundaria Competente

En general las capas que componen el perfil de suelos del lote, presentan buena continuidad lateral, es decir, es fácil identificar un mismo estrato en diferentes perforaciones, por lo tanto se pueden establecer condiciones de uniformidad en gran parte del área de estudio.

Nota - Para efectos de la compacidad relativa (Suelos granulares) o consistencia (Suelos cohesivos) se ha clasificado el suelo de acuerdo con los criterios basados en la Prueba de Penetración Estándar SPT (STM D-1586) de acuerdo a Terzagui y Peck. 1948.

COMPACIDAD RELATIVA DEL SUELO GRANULAR		RESISTENCIA DE LOS SUELOS COHESIVOS	
RESISTENCIA A LA PENETRACIÓN NSPT	COMPACIDAD RELATIVA	RESISTENCIA A LA PENETRACIÓN NSPT	CONSISTENCIA
0 – 4	MUY BAJA (SUELTA)	< 2	MUY BLANDA
4 – 10	BAJA (SUELTA)	2 - 4	BLANDA
10 – 30	MEDIA	4 – 8	MEDIA
30 – 50	COMPACTA	8 – 15	SEMIDURA
> 50	MUY COMPACTO	15 – 30	DURA
		> 30	RIGIDA

FUENTE – MECANICA DE SUELOS DE LAMBE

○ Características geotécnicas

Los suelos naturales encontrados, corresponden a un saprolito conformado por estratos cohesivo friccionantes areno arcillosos con gravas de compacidad media y baja compresibilidad; los cuales presentan variación de su estado físico y propiedades mecánicas inherentes a su contenido de humedad (interacción fluido partícula), por lo que se consideran suelos de regulares características como suelo de soporte; por debajo de estos a una profundidad entre -0.60 y -2.10 metros se encuentra un macizo rocoso



fracturado, poco meteorizado, de buenas características como material de soporte y un espesor confirmado mayor a 3.00 metros; por tanto se recomienda cimentar sobre los suelos residuales encontrados o el macizo rocoso, según sea la profundidad de desplante de la estructura a construir

o Geomorfología y morfodinámica

En este sector la geomorfología corresponde a laderas denudativa de altura media, con pendiente media - alta, de forma cóncavo / convexa e inclinada en sentido (E-W y S-N). Es importante resaltar que el área en estudio no presenta evidencias de procesos geodinámicos superficiales activos severos y/o de socavación, que puedan limitar la obra civil proyectada.

Sin embargo se recomienda que durante la adecuación del terreno, se realice la menor cantidad de cortes, con el fin de minimizar taludes con pendientes y alturas inadecuadas, que puedan iniciar procesos erosivos en grado fuerte o presentar desprendimientos por falla cinemática. Además se recomienda la construcción de las obras de protección y/o contención necesarias para salvaguardar la nueva estructura de las posibles avenidas del río Tejo

o Drenaje superficial

La tendencia del drenaje superficial (aguas lluvias y aguas de uso doméstico), se orientan en sentido (E-W y S-N); este drenaje se realiza de forma rápida debido a la pendiente del terreno y sin arrastre de materiales, debido a la cobertura vegetal actual

o Drenaje subsuperficial

El perfil del suelo explorado corresponde a un suelo bien drenado, con permeabilidad secundaria baja y bajo grado de saturación, **donde no se encontraron aguas libres a una profundidad de exploración**; evidenciando que el drenaje sub-superficial está controlado por la presencia de líneas de flujo capilares dispersas, que no afectan el proceso constructivo de la cimentación y la estabilidad global del área

Tabla 8. Nivel freático e hidrostático

Sondeo	Prof. (m)	Diám (Pul)	LOCALIZACION	Nivel freático	Nivel Hidrostático
SD-3	3.00	2.5	K 0+293 (8,26688° N/ 73,35943° W) LADO DERECHO AGUAS ABAJO	NO SE ENCONTRÓ	NO REGISTRA
SD-4	5.00	2.5	K 0+513 (8,268204° N/ 73,355871° W) LADO DERECHO AGUAS ABAJO	NO SE ENCONTRÓ	NO REGISTRA
SD-5	3.00	2.5	PR 0+647 (8,26688° N/ 73,35943° W) LADO DERECHO AGUAS ABAJO	NO SE ENCONTRÓ	NO REGISTRA
SD-6	2.00	2.5	PR 0+910 (8,270349° N/ 73,357434° W) LADO DERECHO AGUAS ABAJO	NO SE ENCONTRÓ	NO REGISTRA

NOTA - NIVEL FREÁTICO MEDIDO ENTRE EL 30 DE AGOSTO Y EL 02 DE SEPTIEMBRE DE 2025



5.2. Trabajo de Laboratorio.

A partir de las muestras normalizadas e inalteradas recolectadas en cada sondeo se realizaron ensayos de identificación y estado, con el fin de determinar las propiedades físicas de los suelos explorados.

- Humedad (contenido de agua)
- Límites de Atterberg (plasticidad),
- Granulometría (tamaño de grano)
- Pesos unitarios
- Resistencia a la compresión simple

Estos ensayos, se realizaron siguiendo los parámetros establecidos por la NORMA COLOMBIANA SISMO RESISTENTE NSR10 y la NORMA 2022 del INSTITUTO NACIONAL DE VIAS - INVIAS. En las Tablas 9 y 10 se presenta el resumen de los ensayos de laboratorio realizados.

Tabla 9 - Ensayos de Laboratorio - Sector 1 – Rocas sedimentarias

Estrato	Espesor	Wh %	LL %	Ip %	Granulometría			Clasificación		γ g/cm ³
					% Grava	% Arena	% Finos	USCS	AASHTO	
ARENA ARCILLOSA	1.80-2.20 metros	23.43	39,23	15,19	4,04	54,75	41,27	SC	A-6(0)	1.849
ARENA LIMO ARCILLOSA	1.80-1.85 metros	33.12	31,51	6,30	27,67	56,94	15,39	SMd	A-2-4(0)	1.826
ARENA ARCILLOSA CON POCAS GRAVAS	1.95-2.40 metros	13,38	37,91	12,13	8,10	67,29	24,59	SC	A-2-6(1)	1.903

Wh = Humedad natural
LL = límite líquido
Ip = índice de plasticidad

Tabla 10 - Ensayos de Laboratorio - Sector 2 – Rocas ígneas

Estrato	Espesor	Wh %	LL %	Ip %	Granulometría			Clasificación		γ g/cm ³
					% Grava	% Arena	% Finos	USCS	AASHTO	
ARCILLA ARENOSA	1.45 Metros	25.79	43,98	19,55	0,00	41,96	58,04	CL	A-7-6(9)	1.932
ARENA ARCILLO LIMOSA	0.65 Metros	33.50	37,15	13,93	5,60	62,92	31,47	SC	A-2-6(0)	1.704
ARENA ARCILLOSA CON GRAVAS	1.90 Metros	17.81	37,48	13,40	9,26	60,19	30,55	SC	A-2-6(0)	1.838
ARENA ARCILLOSA	0.75 Metros	16.23	33,71	9,10	17,04	63,78	19,18	SC	A-2-4(0)	1.973
ROCA IGNEA METEORIZADA	0.60 Metros	9.53	NL	NIP	67,28	27,19	5,53	GW	A-1α(0)	2.031

Wh = Humedad natural
LL = límite líquido
Ip = índice de plasticidad

5.3. Propiedades físicas – Sector 1 Rocas sedimentarias

- **Humedad Natural.** El contenido de humedad natural a lo largo del perfil de suelo explorado, presenta una tendencia a aumentar hasta profundidades intermedias, con valores superiores al límite plástico y cercanos al límite líquido; luego comienza a disminuir con un rango de descensos entre 3.92 – 6.77% y registros inferiores al límite plástico



- **Materia Orgánica.** Puesto que esta característica modifica de una manera importante las propiedades mecánicas de los suelos se hace la anotación que el contenido de materia orgánica de los suelos encontrados es baja con un contenido de materia orgánica entre un 0.65 y 0.79%.
- **Peso Unitario (γ)** Una de las características básicas de los suelos es el peso unitario, el cual tiene una gran influencia sobre su comportamiento mecánico. El valor de esta propiedad física depende de la densidad de las partículas minerales que forman el suelo (Peso específico de sólidos G_s) y de la proporción en que se reparten estas tres (3) componentes: mineral, agua y aire. El peso unitario húmedo para los estratos encontrados esta entre 1.826 Ton/m³ y 1.903 Ton/m³.
- **Análisis Granulométrico.** Los estratos naturales encontrados en este sector, presentan tamaños de partícula que van desde arenas arcillosas, hasta arenas limo arcillosas con gravas; que según los ensayos granulométricos y de límites de Atterberg, se pueden clasificar de acuerdo a la U.S.C.S. como Arenas arcillosas de baja a moderada plasticidad tipo SC, y como arenas limo arcillosas con gravas de baja plasticidad tipo SMd
- **Consistencia.** El terreno presenta unas condiciones generales de plasticidad moderadas a bajas, con valores de I_p entre 6.30% y 15.19%; dados los resultados de los límites de Atterberg, se puede establecer que la expansibilidad del suelo es moderada a baja y por lo tanto es poco probable que el terreno presente fenómenos de expansión y contracción diferencial
- **Presión de expansión probable** Las presiones de expansión máxima probable varían entre 0.051 – 0.377 kg/cm² equivalente a un porcentaje de expansión libre, PEL, entre de 0.96% – 3.02%, cuyo comportamiento puede describirse como BAJO. Es de aclarar que la presión de expansión no solo depende del índice de plasticidad, sino también de los valores de la humedad natural y de equilibrio del suelo

Tabla 11. Presión de expansión probable.

estrato	Espesor	W_h %	W_{eq} %	I_p %	P_{ex} kg/cm ²	PEL %
Arenita arcillosa con gravillas dispersas, de color cafe con vetas crema y puntos blancos, de moderada plasticidad y expansividad bajo	1.80 - 2.20 metros	23,43	22,04	15,19	0,164	3.02
Arena limo arcillosa con gravas dispersas, de color cafe palido con vetas grises y puntos blancos, de baja plasticidad y expansividad	1.80 - 1.85 metros	33,12	18,41	6,30	0,051	0.96
Arena arcillosa con gravas, de color beis con vetas grises y pardas, de compacidad alta, baja plasticidad y expansividad baja	1.95 - 2.40 metros	13,38	21,42	12,13	0,377	2.31

W_{eq} = Humedad de equilibrio

P_{ex} = Presión de expansión

PEL = Presión de expansión libre



Los valores de humedad de equilibrio W_{eq} , se estimaron de acuerdo con la ecuación contemplada en el Capítulo H de la NSR-10, el cual tiene en cuenta el valor del límite líquido (Humedad Equilibrio $0.47 \cdot LL - 3.6$), asimismo, los porcentajes de expansión probable se determinaron con correlaciones propuestas por Woodward y Lungred

$$\text{Log Pex} = -2.132 + 0.0208(LI) + 0.000665(Yd) * 0.269(W_h)$$

De los valores obtenidos con las anteriores correlaciones, podemos establecer que el suelo identificado presenta contenidos de humedad natural W , inferior a la humedad de equilibrio en la mayoría de la profundidad explorada, con lo que podemos decir que el suelo es susceptible de manera importante a los cambios volumétricos en presencia de agua; por lo tanto se recomienda realizar un adecuado manejo para la recolección y evacuación de aguas lluvias con el fin de mantener las condiciones naturales del suelo.

- ❑ **Compactación.** La capa de relleno encontrada no cumple con las especificaciones mínimas exigidas por la NORMA INVIAS 2022, para ser utilizado como relleno estructural; por lo tanto en caso de rellenos se debe utilizar rellenos granulares que cumplan con el artículo 610 o 220 de la NORMA INVIAS 2022, este material debe ser colocado en capas no superiores a 30 cm de espesor; bajo condiciones de compactación establecidas en laboratorio (Proctor Modificado).
- ❑ **Permeabilidad.** El grado de permeabilidad para el perfil de suelo explorado en general es alta a baja, con valores de (K) entre 7.009×10^{-3} y 4.917×10^{-5} cm/s, por lo tanto, se requieren obras de impermeabilización complementarias en la ejecución del proyecto
- ❑ **Potencial de Colapso.** Las características físico mecánicas de los suelos cohesivo friccionantes encontrados, sin presencia de sales cementantes o con meta estabilidad aparente, permiten indicar que los suelos auscultados no son potencialmente colapsables
- ❑ **Potencial de licuefacción.** La licuefacción es el fenómeno por el cual se generan excesos súbitos de presión de poros en la masa de suelo generalmente cuando este es sometido a cargas cíclicas, presentándose un detrimento de su capacidad portante. Generalmente este fenómeno está relacionado con suelos granulares finos, rellenos de baja compacidad, nivel freático alto, bajo número de golpes del ensayo SPT y zonas de alta sismicidad; parecidas a las encontradas en el área de estudio; por lo que se puede establecer que el potencial de licuefacción de la capa de relleno y el estrato areno limoso es poco probable



5.4. Propiedades Mecánicas - Sector 1 Rocas sedimentarias

- **Cohesión (Cu).** La resistencia al corte no drenada, obtenida por correlación con el Ensayo de Penetración Estándar (SPT); en general es Baja a Moderada con valores que tienden a aumentar con la profundidad, desde 0.033 Kg/cm² en superficie, hasta 0.408 Kg/cm² a profundidades iguales a 6.0 metros. donde se observa una heterogeneidad en los valores medios los cuales son característicos de los suelos sobre consolidados
- **Angulo de fricción (Ø).** El componente friccional, obtenido por correlación con el Ensayo de Penetración Estándar (SPT); en general es bastante variable; con valores entre 15.50° y 33.76°. característicos de los suelos areno arcillosos y areno arcillosos con gravas respectivamente
- **CBR.** Los Valores de CBR obtenidos por correlación con el ensayo PDC muestran que la capacidad de soporte de los suelos de subrasante son susceptibles a la pérdida de la resistencia por efectos de humedad, por lo que se recomienda que para efectos **de diseño de losas y pisos, utilizar el valor promedio de CBR de 2.87 registrado por correlación con el ensayo PDC** como la condición más crítica que se puede presentar en los suelos de subrasante auscultados.
- **Módulo resiliente (Mr).** El módulo resiliente de la subrasante ha sido estimado en función del CBR, mediante la siguiente correlación matemática

$$Mr = 130 \times CBR^{0.714}$$

Para efectos de diseño de losas y/o pavimentos, utilizar el valor promedio de **Mr de 275.95 Kg/cm²** obtenido a partir del CBR

- **Módulo de reacción de la subrasante (k).** El módulo de reacción de la subrasante ha sido estimado en función del CBR, mediante las siguientes correlaciones matemáticas

$$k = 2.55 + 52.5 \times \text{Log CBR} \quad \text{para CBR} < 10\%$$

$$k = 46 + 9.08 \times (\text{Log CBR})^{4.34} \quad \text{para CBR} > 10\%$$

Para efectos de diseño de losas y/o pavimentos, utilizar el valor promedio de **K de 26.49 MPa-m** obtenido a partir del CBR

Sondeo	Profundidad (m)	CBR	Mr	K
		%	Kg/cm ²	Mpa-m
SD-1	0.10 - 0.50	3,19	297,66	29,00
SD-2	0.10 - 0.50	2,56	254,24	23,97
PROMEDIO		2,87	275,95	26,49



5.5. Propiedades físicas – Sector 2 Rocas ígneas

- **Humedad Natural.** El contenido de humedad natural a lo largo del perfil de suelo explorado, presenta una tendencia a disminuir con la profundidad, con un rango de descensos entre 4.12% a 2.83% y registros inferiores al límite plástico
- **Materia Orgánica.** Puesto que esta característica modifica de una manera importante las propiedades mecánicas de los suelos; se hace la anotación que el contenido de materia orgánica de los suelos encontrados es baja con valores entre 0.37 y 0.51% de Materia Orgánica.
- **Peso Unitario (γ)** Una de las características básicas de los suelos es el peso unitario, el cual tiene una gran influencia sobre su comportamiento mecánico. El valor de esta propiedad física depende de la densidad de las partículas minerales que forman el suelo (Peso específico de sólidos G_s) y de la proporción en que se reparten las tres (3) componentes que forman el suelo: mineral, agua y aire. El peso unitario húmedo para los suelos encontrados esta entre 1.704 y 2.031 Ton/m³.
- **Análisis Granulométrico.** Según los ensayos granulométricos y de límites de Atterberg, los suelos encontrados se pueden clasificar de acuerdo a la U.S.C.S; como arcillas arenosas de moderada compresibilidad tipo CL, como arenas arcillosas con gravas de baja compresibilidad tipo SC y gravas arenosas de baja compresibilidad tipo GW
- **Presión de expansión probable** Las presiones de expansión máxima probable varían entre 0.001 – 0.188 kg/cm² equivalente a un porcentaje de expansión libre, PEL, entre de 0.50% – 4.04%, cuyo comportamiento puede describirse como BAJO a MODERADO. Es de aclarar que la presión de expansión no solo depende del índice de plasticidad de material, sino también de los valores de la humedad natural y de equilibrio del suelo

Tabla 12. Presión de expansión probable.

Estrato	Espesor	W _n %	W _{eq} %	I _p %	P _{ex} kg/cm ²	PEL %
Arcilla arenosa, de color café amarillento con vetas grises y ocre, de moderada compresibilidad, consistencia blanda y expansividad moderada	1.45 Metros	25,79	24,27	19,55	0,188	4,04
Arena arcillosa con gravas, de color café verdoso con vetas naranja, de consistencia blanda, baja plasticidad e índice de expansividad bajo	0.65 Metros	33,50	21,06	13,94	0,057	2,73
Saprolito - Arena arcillosas de color café amarillento con vetas grises y ocre, de compacidad media - alta, de baja plasticidad e índice de expansividad bajo	0.75 Metros	16,23	19,45	9,10	0,133	1,61
Roca ígnea meteorizada y fracturada, de color gris con vetas ocre, de compacidad alta a muy alta, de plasticidad nula e índice de expansividad bajo	0.60 Metros	14,60	3,60	0,00%	0,001	0,50

W_{eq} = Humedad de equilibrio

P_{ex} = Presión de expansión

PEL = Presión de expansión libre



Los valores de humedad de equilibrio W_{eq} , se estimaron de acuerdo con la ecuación contemplada en el Capítulo H de la NSR-10, el cual tiene en cuenta el valor del límite líquido (Humedad Equilibrio $0.47 \cdot LL - 3.6$), asimismo, los porcentajes de expansión probable se determinaron con correlaciones propuestas por Woodward y Lungred

$$\text{Log Pex} = -2.132 + 0.0208(LI) + 0.000665(Yd) * 0.269(WH)$$

De los valores obtenidos con las anteriores correlaciones, podemos establecer que el suelo identificado presenta contenidos de humedad natural W , inferiores a la humedad de equilibrio en la mayoría de la profundidad explorada, con lo que podemos decir que el suelo es susceptible a los cambios volumétricos en presencia de agua; por lo tanto se recomienda realizar un adecuado manejo para la recolección y evacuación de aguas lluvias, con el fin de mantener las condiciones de humedad natural del suelo.

- ❑ **Permeabilidad.** El grado de permeabilidad para los suelos encontrados en el área auscultada; en general es moderada a baja, con valores de (K) entre 1.176×10^{-2} y 4.933×10^{-4} cm/s, por lo tanto, se requieren obras de drenaje e complementarias en la ejecución del proyecto
- ❑ **Compactación.** Las condiciones de compactación de la capas de suelo encontradas son aceptables; por lo tanto en caso de rellenos se pueden utilizar estos materiales o recibos granulares bien gradados; que cumplan con el artículo 610 o 220 de la NORMA INVIAS 2022, este material debe ser colocado en capas no superiores a 30 cm de espesor; bajo condiciones de compactación establecidas mediante una muestra compactada en laboratorio.
- ❑ **Potencial de Colapso.** Las características físico mecánicas de los suelos cohesivo friccionantes encontrados, sin presencia de sales cementantes o con meta estabilidad aparente, permiten indicar que el potencial de colapso de los suelos auscultados es bajo
- ❑ **Potencial de licuefacción.** La licuefacción es el fenómeno por el cual se generan excesos súbitos de presión de poros en la masa de suelo generalmente cuando este es sometido a cargas cíclicas, presentándose un detrimento de su capacidad portante. Generalmente este fenómeno está relacionado con suelos granulares finos, rellenos de baja compacidad, nivel freático alto, bajo número de golpes del ensayo SPT y zonas de alta sismicidad; diferentes a las encontradas en el área de estudio; por lo tanto se puede establecer que el potencial de licuefacción de los estratos encontrados es poco probable



5.7. Propiedades Mecánicas - Sector 2 Rocas ígneas

- **Cohesión (Cu).** La resistencia al corte no drenada, obtenida por correlación con el Ensayo de Penetración Estándar (SPT); en general es Baja a media con valores entre 0.077 Kg/cm² y 0.393 Kg/cm². donde se observa una heterogeneidad en los valores medios los cuales son característicos de los suelos sobre consolidados
- **Angulo de fricción (Ø).** El componente friccional, obtenido por correlación con el Ensayo de Penetración Estándar (SPT); en general es bastante variable; con valores entre 11.49° y 31.44°. característicos de los suelos arcillo arenosos y areno gravo arcillosos respectivamente
- **CBR.** Los Valores de CBR obtenidos por correlación con el ensayo PDC muestran que la capacidad de soporte de los suelos de subrasante es susceptible a la pérdida de la resistencia por efectos de humedad, por lo que se recomienda que para efectos **de diseño de losas y pisos, utilizar el valor promedio de CBR de 2.90% registrado por correlación con el ensayo PDC** como la condición más crítica que se puede presentar en los suelos de subrasante auscultados.
- **Módulo resiliente (Mr).** El módulo resiliente de la subrasante ha sido estimado en función del CBR, mediante la siguiente correlación matemática

$$Mr = 130 \times CBR^{0.714}$$

Para efectos de diseño de losas y/o pavimentos, utilizar el valor promedio de **Mr de 278.08 Kg/cm²** obtenido a partir del CBR

- **Módulo de reacción de la subrasante (k).** El módulo de reacción de la subrasante ha sido estimado en función del CBR, mediante las siguientes correlaciones matemáticas

$$k = 2.55 + 52.5 \times \text{Log CBR} \quad \text{para CBR} < 10\%$$

$$k = 46 + 9.08 \times (\text{Log CBR})^{4.34} \quad \text{para CBR} > 10\%$$

Para efectos de diseño de losas y/o pavimentos, utilizar el valor promedio de **K de 26.78 MPa-m** obtenido a partir del CBR

Sondeo	Profundidad (m)	CBR	Mr	K
		%	Kg/cm ²	Mpa-m
SD-1	0.00 - 0.50	2,67	262,34	24,97
SD-2	0.00 - 0.50	3,13	293,83	28,59
PROMEDIO		2,90	278,08	26,78

6. CARACTERIZACION DEL MACIZO ROCOSO

La caracterización apropiada de los macizos rocosos, además de ser la base para el diseño de las obras, contribuye a la optimización del método constructivo, además permite la programación de todas las etapas del desarrollo del proyecto, desde el diseño hasta su construcción y operación.

Esta es una tarea de observación, mediciones y ensayos para obtener parámetros cuantitativos útiles al diseño ingenieril.

A partir de los testigos de roca recuperados en los sondeos se obtienen los parámetros necesarios para estimar de manera aproximada el comportamiento geotécnico del macizo rocoso, en este caso se utilizara la metodología propuesta por Bieniawsky

6.1 Obtención del índice RMR

El índice que define la clasificación del macizo rocoso es denominado RMR (Rock Mass Rating), que evalúa la calidad del macizo rocoso a partir de los siguientes parámetros:

- Resistencia a la compresión simple de la roca intacta
- RQD – Índice de calidad de la roca
- Espaciamiento de las juntas
- Naturaleza de las juntas
- Presencia de agua
- Orientación de las discontinuidades

6.1.1 Peso unitario de la roca intacta

Tabla 13. Peso unitario de la roca intacta

Sondeo	Nucleo	Profundidad. (m)	Diám (mm)	Material	γ (gr/cm ³)
SD3	1	2.10 – 2.50	49.0	Cuarzo monzonita	2,260
	2	2.50 – 3.00	49.0	Cuarzo monzonita	2,204
SD4	1	3.70 – 4.20	49.0	Cuarzo monzonita	2,221
	2	4.50 – 5.00	49.0	Cuarzo monzonita	2,234
SD5	1	1.40 – 2.00	49.0	Cuarzo monzonita	2,340
	2	2.00 – 2.40	49.0	Cuarzo monzonita	2,350
SD6	1	0.60 – 1.00	49.0	Cuarzo monzonita	2,242
	2	1.50 – 2.00	49.0	Cuarzo monzonita	2,230
PROMEDIO					2.261

6.1.2 Resistencia a la compresión simple de la roca intacta

Se tomó el valor promedio de los resultados de los ensayos de resistencia a la compresión simple realizados a los núcleos de roca extraídos en cada uno de los sondeos

Tabla 14. Resistencia a la compresión simple de núcleos de roca intacta

Sondeo	Núcleo	Profundidad. (m)	Diám (mm)	Material	RCU (MPa)
SD3	1	2.10 – 2.50	49.0	Cuarzo monzonita	85,15
	2	2.50 – 3.00	49.0	Cuarzo monzonita	88,57
SD4	1	3.70 – 4.20	49.0	Cuarzo monzonita	73,04
	2	4.50 – 5.00	49.0	Cuarzo monzonita	76,01
SD5	1	1.40 – 2.00	49.0	Cuarzo monzonita	75,56
	2	2.00 – 2.40	49.0	Cuarzo monzonita	82,00
SD6	1	0.60 – 1.00	49.0	Cuarzo monzonita	60,65
	2	1.50 – 2.00	49.0	Cuarzo monzonita	52,15
PROMEDIO					74,14

6.1.3 RQD

El RQD, fue diseñado como una herramienta para estimar cuantitativamente la calidad del macizo rocoso a partir de testigos de sondaje.

Para este caso el valor del RQD para el macizo rocoso, se tomó como el valor promedio de los valores de RQD (Índice de Calidad de Roca) estimados a partir de los testigos de roca extraídos en cada uno de los sondeos

Tabla 15. RQD de testigos de roca

Sondeo	Profundidad (m)	Diám (mm)	Material	Long del taladro (cm)	Σ Testigos ≥ 10 cm	RQD %	Calidad de la roca
SD3	2.10 – 3.00	49.0	Cuarzo monzonita	90.0	16+12+15+18 = 61	68	Buena
SD4	3.70 – 5.00	49.0	Cuarzo monzonita	130.0	18+22+17+25 = 82	63	Buena
SD5	1.35 – 2.40	49.0	Cuarzo monzonita	105.0	18+21+26 = 65	62	Buena
SD6	0.60 -2.00	49.00	Cuarzo monzonita	140.0	24+29+16+13+11 = 93	66	Buena
PROMEDIO						65	Buena

6.1.4 Espaciamiento de las juntas

El término junta se refiere a las discontinuidades estructurales: fallas, diaclasas, planos de estratificación etc, y el espaciamiento es la distancia medida entre Dos planos de discontinuidad y define el tamaño de bloques de matriz rocosa. La resistencia del macizo rocoso se va reduciendo al aumentar el número de juntas

En este caso el espaciamiento se midió en los afloramientos encontrados en el área de estudio y a lo largo de los sondajes, aclarando que su orientación está definida independientemente de la orientación de las discontinuidades.



Afloramiento del macizo rocoso presente en el área de estudio – Fuente propia

Tabla 16. Clasificación del macizo rocoso en función del espaciamiento de las juntas

Descripción	Espaciado de las juntas	Tipo de macizo rocoso
Muy ancho	>3 m	Sólido
Ancho	1-3 m	Masivo
Moderadamente cerrado	0,3-1 m	En bloques
Cerrado	50-300 mm	Fracturado
Muy cerrado	<50 mm	Machacado

Deere (1967)

6.1.5 Naturaleza de las juntas

Para describir el estado de las juntas se utilizan los siguientes parámetros

- Apertura entre los labios de la discontinuidad
- Continuidad o persistencia
- Rugosidad
- Resistencia de la roca en los labios de la discontinuidad
- Relleno de la junta

6.1.6 Presencia de agua

Mide las filtraciones de agua en el macizo, el flujo de agua y la humedad presente en las discontinuidades



6.2 Clasificación RMR del macizo rocoso según Bieniawsky

SECTOR SONDEO 3 – PR 0+293

Tabla 17. Parámetros de clasificación y sus valores

PARAMETROS			ESCALA DE VALORES						
1	Resistencia de la roca intacta	Bajo carga puntual	>10 MPa	4-10 MPa	2-4 MPa	1-2 MPa	Para estos valores es preferible la resistencia a compresión simple		
		A compresión simple	>250 MPa	100-250 MPa	50-100 MPa	25-50 MPa	5-25 MPa	1-5 MPa	<1 MPa
	VALOR		15	12	7	4	2	1	0
2	R.Q.D.		90%-100%	75%-90%	50%-75%	25%-50%	<25%		
	VALOR		20	17	13	8	3		
3	ESPACIADO DE LAS JUNTAS		>2 m	0,6-2 m	200-600 mm	60-200 mm	<60 mm		
	VALOR		20	15	10	8	5		
4	CONDICION DE LAS JUNTAS		Muy rugosas, sin continuidad, cerradas, roca labios sana.	Ligeramente rugosa separación <1 mm, roca labios ligeramente meteorizada.	Ligeramente rugosa separación <1 mm, roca labios muy meteorizada.	Espejo o falla o relleno de espesor <5 mm, o juntas abiertas 1-5 mm, juntas continuas.	Relleno blando de espesor >5 mm, o juntas abiertas >5 mm, juntas continuas.		
	VALOR		30	25	20	10	0		
5	AGUA	FLUJO EN CADA 10 m DE TUNEL, o bien	Ninguno	<10 l/min	10-25 l/min	25-125 l/min	>125 l/min		
		Relación presión del agua en la junta/tensión principal máxima.	0	<0,1	0,1-0,2	0,2-0,5	>0,5		
		CONDICIONES GENERALES	Completamente seco	Manchas de humedad	Muy húmedo.	Goteo.	Flujo de agua.		
		VALOR	15	10	7	4	0		

Tabla 18. Ajuste por orientación de las discontinuidades

ORIENTACION DEL RUMBO Y BUZAMIENTO DE LAS DISCONTINUIDADES		MUY FAVORABLE	FAVORABLE	REGULAR	DESFAVORABLE	MUY DESFAVORABLE
VALORES	TUNELES Y MINAS	0	-2	-5	-10	-12
	CIMENTACIONES	0	-2	-7	-15	-25
	TALUDES	0	-5	-25	-50	-60

$$\text{VALORACIÓN RMR} = 7 + 13 + 10 + 25 + 15 - 7 = 63$$

Tabla 19. Clasificación del macizo rocoso

Valor total del RMR	81 - 100	61 - 80	41 - 60	21 - 40	< 20
Clase N°	I	II	III	IV	V
Cohesión (KPa)	> 400	300 - 400	200 - 300	100 - 200	< 100
Angulo de fricción (Grados)	> 45°	35° - 45°	25° - 35°	15° - 25°	< 15°
Descripción	Muy bueno	Bueno	Regular	Malo	Muy Malo

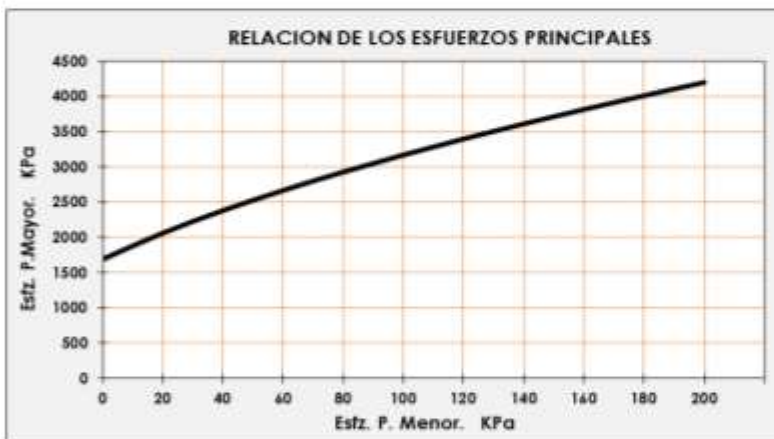


TIPO DE ROCA	ROCA IGNEA "CUARZO MONZONITA" CON GRADO DE METEORIZACION ISRM II, DE COLOR GRIS CON VETILLAS BLANCAS				ESPOSOR > 0,90 m
ESTRUCTURAS	PLIEGUES	FALLAS	DIACLASAS	JUNTAS	ESTRATIFICACION
RESISTENCIA RCU	> 250 Mpa EXTREMADAMENTE DURA	100 - 250 Mpa MUY DURA	50 - 100 Mpa DURA	25 - 50 Mpa MODERADAMENTE DURA	< 25 Mpa BLANDA
RQD	90 - 100 EXCELENTE	75 - 90 BUENA	50 - 75 REGULAR	25 - 50 MALA	< 25 MUY MALA
ESPACIAMIENTO DE LAS JUNTAS	> 2,0 m SOLIDO	0,40 - 2,00 m MASIVAS	200 - 400 mm EN BLOQUES	40 - 200 mm FRACTURADO	< 40 mm MUY FRACTURADO
METEORIZACION	ROCA SANA	POCO METEORIZADA	MEDIANAMENTE METEORIZADA	MUY METEORIZADA	SUELO RESIDUAL
PRESENCIA DE AGUA	Q = 0,00 l/min SECO	Q < 10,0 l/min LIGERAMENTE HUMEDO	10,0 > Q < 25,0 l/min HUMEDO	25,0 > Q < 125,0 l/min GOTEANDO	Q > 125,0 l/min FLUYENDO

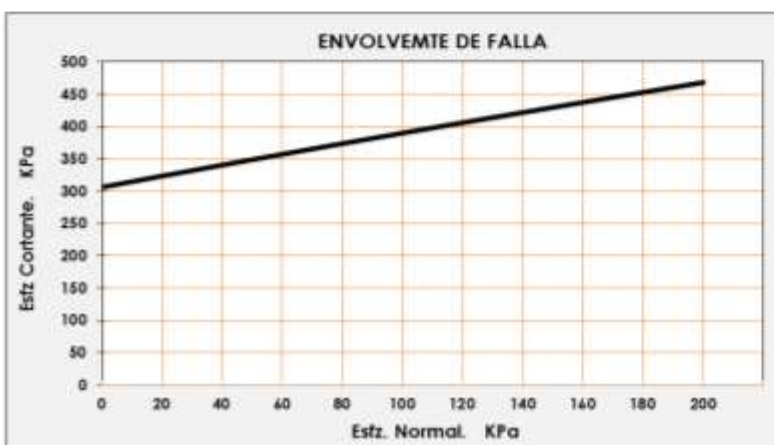
CLASIFICACION RMR DE BIRNIAWSKY				
RMR	63	CLASE	II	DESCRIPCION
COHESION	300 - 400 Kpa	MACIZO ROCOSO DE BUENA CALIDAD		
Ø DE FRICCION	35° - 45°			

CLASIFICACION GSI DE HOEK Y BROWN				
INDICE DE RESISTENCIA GEOLOGICA GSI				
GSI	mi	m	s	α
71	22	7,930	0,04181	0,50

PARAMETROS RESISTENTES DEL MACIZO ROCOSO - CRITERIO HOEK Y BROWN				
COHESION	306,07	KPa	0,306	MPa
RESISTENCIA A LA TENSION UNIAxIAL	43,638	KPa	0,044	MPa
RESISTENCIA A LA COMPRESION UNIAxIAL	8282,0	KPa	82,8	MPa
ANGULO DE FRICCION INTERNA	38,8	Grados	38,8	Grados
MODULO DE DEFORMACION	26,000	GPa	26000	MPa



RELACION DE ESFUERZOS PRINCIPALES	
Esfuerzo P Menor KPa	Esfuerzo P Mayor KPa
-43,64	0,00
0,00	1693,48
20	2064,84
40	2384,11
60	2669,28
80	2929,89
100	3171,70
120	3398,55
140	3613,09
160	3817,30
180	4012,67
200	4200,36



ENVOLVENTE DE MOHR	
Esfuerzo Normal KPa	Esfuerzo Cortante KPa
-346,28	0,00
0,00	306,07
20,00	323,37
40,00	340,38
60,00	357,12
80,00	373,62
100,00	389,88
120,00	405,93
140,00	421,78
160,00	437,43
180,00	452,91
200,00	468,23



6.3 Clasificación RMR del macizo rocoso según Bieniawsky SECTOR SONDEO 4 – PR 0+513

Tabla 20. Parámetros de clasificación y sus valores

PARAMETROS		ESCALA DE VALORES						
1	Resistencia de la roca intacta	Bajo carga puntual	>10 MPa	4-10 MPa	2-4 MPa	1-2 MPa	Para estos valores es preferible la resistencia a compresión simple	
		A compresión simple	>250 MPa	100-250 MPa	50-100 MPa	25-50 MPa	5-25 MPa	<1 MPa
	VALOR		15	12	7	4	2	1
2	R.Q.D.		90%-100%	75%-90%	50%-75%	25%-50%	<25%	
	VALOR		20	17	13	8	3	
3	ESPACIADO DE LAS JUNTAS		>2 m	0.6-2 m	200-600 mm	60-200 mm	<60 mm	
	VALOR		20	15	10	8	5	
4	CONDICION DE LAS JUNTAS		Muy rugosas, sin continuidad, cerradas, roca labios sana.	Ligeramente rugosa separación <1 mm, roca labios ligeramente meteorizada.	Ligeramente rugosa separación <1 mm, roca labios muy meteorizada.	Espejo o falla o relleno de espesor <5 mm, o juntas abiertas 1-5 mm, juntas continuas.	Relleno blando de espesor >5 mm, o juntas abiertas >5 mm, juntas continuas.	
	VALOR		30	25	20	10	0	
5	AGUA	FLUJO EN CADA 10 m DE TUNEL, o bien	Ninguno	<10 l/min	10-25 l/min	25-125 l/min	>125 l/min	
		Relación presión del agua en la junta/tensión principal máxima.	0	<0.1	0.1-0.2	0.2-0.5	>0.5	
		CONDICIONES GENERALES	Completamente seco	Manchas de humedad	Muy húmedo.	Goteo.	Flujo de agua.	
		VALOR	15	10	7	4	0	

Tabla 21. Ajuste por orientación de las discontinuidades

ORIENTACION DEL RUMBO Y BUZAMIENTO DE LAS DISCONTINUIDADES		MUY FAVORABLE	FAVORABLE	REGULAR	DESFAVORABLE	MUY DESFAVORABLE
VALORES	TUNELES Y MINAS	0	-2	-5	-10	-12
	CIMENTACIONES	0	-2	-7	-15	-25
	TALUDES	0	-5	-25	-50	-60

$$\text{VALORACIÓN RMR} = 7 + 13 + 10 + 15 + 15 - 7 = 53$$

Tabla 22. Clasificación del macizo rocoso

Valor total del RMR	81 - 100	61 - 80	41 - 60	21 - 40	< 20
Clase N°	I	II	III	IV	V
Cohesión (KPa)	> 400	300 - 400	200 - 300	100 - 200	< 100
Angulo de fricción (Grados)	> 45°	35° - 45°	25° - 35°	15° - 25°	< 15°
Descripción	Muy bueno	Bueno	Regular	Malo	Muy Malo



TIPO DE ROCA	ROCA IGNEA "CUARZO MONZONITA" CON GRADO DE METEORIZACION ISRM II, DE COLOR GRIS CON VETILLAS BLANCAS				ESPESOR > 1,30 m
ESTRUCTURAS	PLIEGUES	FALLAS	DIACLASAS	JUNTAS	ESTRATIFICACION
RESISTENCIA RCU	> 250 Mpa EXTREMADAMENTE DURA	100 - 250 Mpa MUY DURA	50 - 100 Mpa DURA	25 - 50 Mpa MODERADAMENTE DURA	< 25 Mpa BLANDA
RQD	90 - 100 EXCELENTE	75 - 90 BUENA	50 - 75 REGULAR	25 - 50 MALA	< 25 MUY MALA
ESPACIAMIENTO DE LAS JUNTAS	> 2,0 m SOLIDO	0,60 - 2,00 m MASIVAS	200 - 400 mm EN BLOQUES	40 - 200 mm FRACTURADO	< 40 mm MUY FRACTURADO
METEORIZACION	ROCA SANA	POCO METEORIZADA	MEDIANAMENTE METEORIZADA	MUY METEORIZADA	SUELO RESIDUAL
PRESENCIA DE AGUA	Q = 0,00 l/min SECO	Q = 10,0 l/min LIGERAMENTE HUMEDO	10,0 > Q < 25,0 l/min HUMEDO	25,0 > Q < 125,0 l/min GOTEANDO	Q > 125,0 l/min FLUYENDO

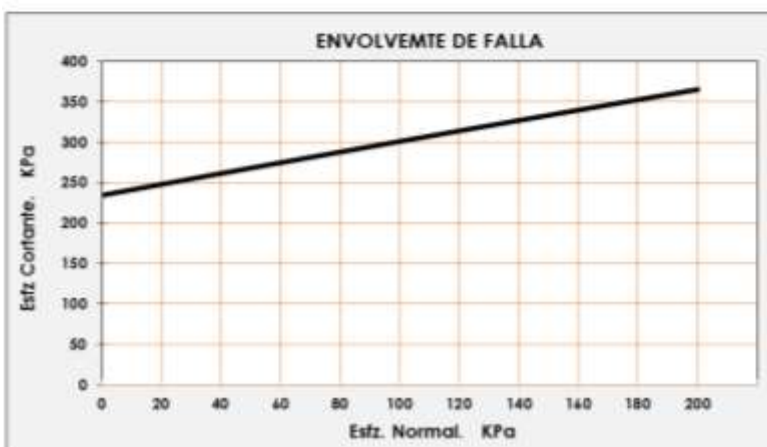
CLASIFICACION RMR DE BIENIAWSKY				
RMR	53	CLASE	III	DESCRIPCION
COHESION	200 - 300 Kpa	MACIZO ROCOSO DE CALIDAD MEDIA		
Ø DE FRICCION	25° - 35°			

CLASIFICACION GSI DE HOEK Y BROWN				
INDICE DE RESISTENCIA GEOLOGICA GSI				
GSI	mi	m	s	α
48	22	3,388	0,00297	0,50

PARAMETROS RESISTENTES DEL MACIZO ROCOSO - CRITERIO HOEK Y BROWN				
COHESION	234,54	KPa	0,235	MPa
RESISTENCIA A LA TENSION UNIAxIAL	6,525	KPa	0,007	MPa
RESISTENCIA A LA COMPRESION UNIAxIAL	7452,0	KPa	74,5	MPa
ANGULO DE FRICCION INTERNA	33,2	Grados	33,2	Grados
MODULO DE DEFORMACION	6,000	GPa	6000	MPa



RELACION DE ESFUERZOS PRINCIPALES	
Esfuerzo P Menor KPa	Esfuerzo P Mayor KPa
-6,52	0,00
0,00	405,93
20	838,39
40	1123,85
60	1356,03
80	1558,07
100	1740,02
120	1907,35
140	2063,44
160	2210,51
180	2350,15
200	2483,53



ENVOLVENTE DE MOHR	
Esfuerzo Normal KPa	Esfuerzo Cortante KPa
-22,11	0,00
0,00	234,54
20,00	248,10
40,00	261,53
60,00	274,85
80,00	288,07
100,00	301,18
120,00	314,19
140,00	327,12
160,00	339,96
180,00	352,72
200,00	365,40



6.4 Clasificación RMR del macizo rocoso según Bieniawsky

SECTOR SONDEO 5 – PR 0+614

Tabla 23. Parámetros de clasificación y sus valores

PARAMETROS		ESCALA DE VALORES						
1	Resistencia de la roca intacta	Bajo carga puntual	>10 MPa	4-10 MPa	2-4 MPa	1-2 MPa	Para estos valores es preferible la resistencia a compresión simple	
		A compresión simple	>250 MPa	100-250 MPa	50-100 MPa	25-50 MPa	5-25 MPa	<1 MPa
	VALOR		15	12	7	4	2	0
2	R.Q.D.		90%-100%	75%-90%	50%-75%	25%-50%	<25%	
	VALOR		20	17	13	8	3	
3	ESPACIADO DE LAS JUNTAS		>2 m	0.6-2 m	200-600 mm	60-200 mm	<60 mm	
	VALOR		20	15	10	8	5	
4	CONDICION DE LAS JUNTAS		Muy rugosas, sin continuidad, cerradas, roca labios sana.	Ligeramente rugosa separación <1 mm, roca labios ligeramente meteorizada.	Ligeramente rugosa separación <1 mm, roca labios muy meteorizada.	Espejo o falla o relleno de espesor <5 mm, o juntas abiertas 1-5 mm, juntas continuas.	Relleno blando de espesor >5 mm, o juntas abiertas >5 mm, juntas continuas.	
	VALOR		30	25	20	10	0	
5	AGUA	FLUJO EN CADA 10 m DE TUNEL, o bien	Ninguno	<10 l/min	10-25 l/min	25-125 l/min	>125 l/min	
		Relación presión del agua en la junta/tensión principal máxima.	0	<0.1	0.1-0.2	0.2-0.5	>0.5	
		CONDICIONES GENERALES	Completamente seco	Manchas de humedad	Muy húmedo.	Goteo.	Flujo de agua.	
		VALOR	15	10	7	4	0	

Tabla 24. Ajuste por orientación de las discontinuidades

ORIENTACION DEL RUMBO Y BUZAMIENTO DE LAS DISCONTINUIDADES		MUY FAVORABLE	FAVORABLE	REGULAR	DESFAVORABLE	MUY DESFAVORABLE
VALORES	TUNELES Y MINAS	0	-2	-5	-10	-12
	CIMENTACIONES	0	-2	-7	-15	-25
	TALUDES	0	-5	-25	-50	-60

$$\text{VALORACIÓN RMR} = 7 + 13 + 10 + 22 + 15 - 25 = 42$$

Tabla 25. Clasificación del macizo rocoso

Valor total del RMR	81 - 100	61 - 80	41 - 60	21 - 40	< 20
Clase N°	I	II	III	IV	V
Cohesión (KPa)	> 400	300 - 400	200 - 300	100 - 200	< 100
Angulo de fricción (Grados)	> 45°	35° - 45°	25° - 35°	15° - 25°	< 15°
Descripción	Muy bueno	Bueno	Regular	Malo	Muy Malo



DEPARTAMENTO DE GEOTECNIA Y LABORATORIO DE MATERIALES

ESTUDIO GEOTÉCNICO

CONTINUACION INTERCEPTOR RIO TEJO DESDE LA
DESCARGA ACTUAL PLAZA DE FERIAS HASTA 850 METROS
AGUAS ABAJO SOBRE EL CORREDOR RIO TEJO, DE LA
CIUDAD DE OCAÑA - NORTE DE SANTANDER

TIPO DE ROCA	ROCA IGNEA "CUARZO MONZONITA" CON GRADO DE METEORIZACION ISRM II, DE COLOR GRIS CON VETILLAS BLANCAS				ESPESOR > 1,05 m
ESTRUCTURAS	PLIEGUES	FALLAS	DIACLASAS	JUNTAS	ESTRATIFICACION
RESISTENCIA RCU	> 250 Mpa EXTREMADAMENTE DURA	100 - 250 Mpa MUY DURA	50 - 100 Mpa DURA	25 - 50 Mpa MODERADAMENTE DURA	< 25 Mpa BLANDA
RQD	90 - 100 EXCELENTE	75 - 90 BUENA	50 - 75 REGULAR	25 - 50 MALA	< 25 MUY MALA
ESPACIAMIENTO DE LAS JUNTAS	> 2,0 m SOLIDO	0,60 - 2,00 m MASIVAS	200 - 600 mm EN BLOQUES	60 - 200 mm FRACTURADO	< 60 mm MUY FRACTURADO
METEORIZACION	ROCA SANA	POCO METEORIZADA	MEDIANAMENTE METEORIZADA	MUY METEORIZADA	SUELO RESIDUAL
PRESENCIA DE AGUA	Q = 0,00 l/min SECO	Q = 10,0 l/min LIGERAMENTE HUMEDO	10,0 > Q = 25,0 l/min HUMEDO	25,0 > Q = 125,0 l/min GOTEANDO	Q > 125,0 l/min FUYYENDO

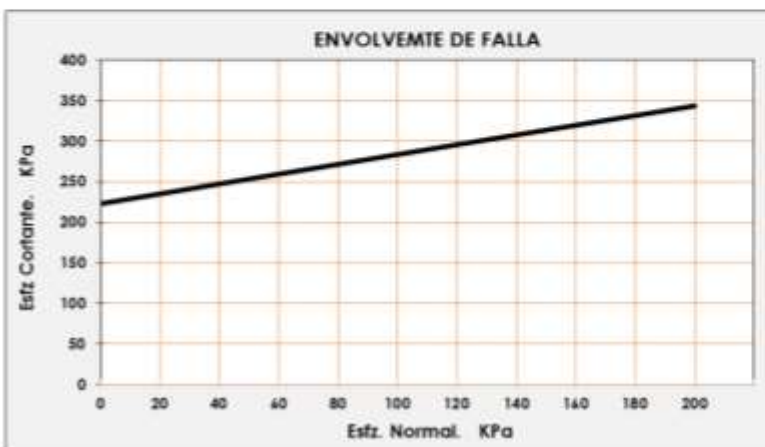
CLASIFICACION RMR DE BIENTIAWSKY				
RMR	42	CLASE	III	DESCRIPCION
COHESION	200 - 300 Kpa	MACIZO ROCOSO DE CALIDAD MEDIA		
Ø DE FRICCION	25° - 35°			

CLASIFICACION GSI DE HOEK Y BROWN				
INDICE DE RESISTENCIA GEOLOGICA GSI				
GSI	mi	m	s	α
21	22	1,330	0,00001	0,54

PARAMETROS RESISTENTES DEL MACIZO ROCOSO - CRITERIO HOEK Y BROWN				
COHESION	223,06	KPa	0,223	MPa
RESISTENCIA A LA TENSION UNIAxIAL.	0,059	KPa	0,000	MPa
RESISTENCIA A LA COMPRESION UNIAxIAL.	7878,0	KPa	78,8	MPa
ANGULO DE FRICCION INTERNA	31,1	Grados	31,1	Grados
MODULO DE DEFORMACION	6,310	GPa	6310	MPa



RELACION DE ESFUERZOS PRINCIPALES	
Esfuerzo P Menor KPa	Esfuerzo P Mayor KPa
-0,06	0,00
0,00	24,91
20	478,39
40	687,78
60	853,17
80	995,76
100	1123,78
120	1241,44
140	1351,25
160	1454,85
180	1553,36
200	1647,63



ENVOLVENTE DE MOHR	
Esfuerzo Normal KPa	Esfuerzo Cortante KPa
-0,08	0,00
0,00	223,06
20,00	235,28
40,00	247,45
60,00	259,59
80,00	271,70
100,00	283,77
120,00	295,82
140,00	307,83
160,00	319,81
180,00	331,77
200,00	343,70



6.5 Clasificación RMR del macizo rocoso según Bieniawsky

SECTOR SONDEO 6 – PR 0+910

Tabla 26. Parámetros de clasificación y sus valores

PARAMETROS			ESCALA DE VALORES						
1	Resistencia de la roca intacta	Bajo carga puntual	>10 MPa	4-10 MPa	2-4 MPa	1-2 MPa	Para estos valores es preferible la resistencia a compresión simple		
		A compresión simple	>250 MPa	100-250 MPa	50-100 MPa	25-50 MPa	5-25 MPa	1-5 MPa	<1 MPa
	VALOR		15	12	7	4	2	1	0
2	R.Q.D.		90%-100%	75%-90%	50%-75%	25%-50%	<25%		
	VALOR		20	17	13	8	3		
3	ESPACIADO DE LAS JUNTAS		>2 m	0,6-2 m	200-600 mm	60-200 mm	<60 mm		
	VALOR		20	15	10	8	5		
4	CONDICION DE LAS JUNTAS		Muy rugosas, sin continuidad, cerradas, roca labios sana.	Ligeramente rugosa separación <1 mm, roca labios ligeramente meteorizada.	Ligeramente rugosa separación <1 mm, roca labios muy meteorizada.	Espejo o falla o relleno de espesor <5 mm, o juntas abiertas 1-5 mm, juntas continuas.	Relleno blando de espesor >5 mm, o juntas abiertas >5 mm, juntas continuas.		
	VALOR		30	25	20	10	0		
5	AGUA	FLUJO EN CADA 10 m DE TUNEL, o bien	Ninguno	<10 l/min	10-25 l/min	25-125 l/min	>125 l/min		
		Relación presión del agua en la junta/tensión principal máxima.	0	<0,1	0,1-0,2	0,2-0,5	>0,5		
		CONDICIONES GENERALES	Completamente seco	Manchas de humedad	Muy húmedo.	Goteo.	Flujo de agua.		
		VALOR	15	10	7	4	0		

Tabla 27. Ajuste por orientación de las discontinuidades

ORIENTACION DEL RUMBO Y BUZAMIENTO DE LAS DISCONTINUIDADES		MUY FAVORABLE	FAVORABLE	REGULAR	DESFAVORABLE	MUY DESFAVORABLE
VALORES	TUNELES Y MINAS	0	-2	-5	-10	-12
	CIMENTACIONES	0	-2	-7	-15	-25
	TALUDES	0	-5	-25	-50	-60

$$\text{VALORACIÓN RMR} = 7 + 13 + 10 + 20 + 15 - 5 = 60$$

Tabla 28. Clasificación del macizo rocoso

Valor total del RMR	81 - 100	61 - 80	41 - 60	21 - 40	< 20
Clase N°	I	II	III	IV	V
Cohesión (KPa)	> 400	300 - 400	200 - 300	100 - 200	< 100
Angulo de fricción (Grados)	> 45°	35° - 45°	25° - 35°	15° - 25°	< 15°
Descripción	Muy bueno	Bueno	Regular	Malo	Muy Malo

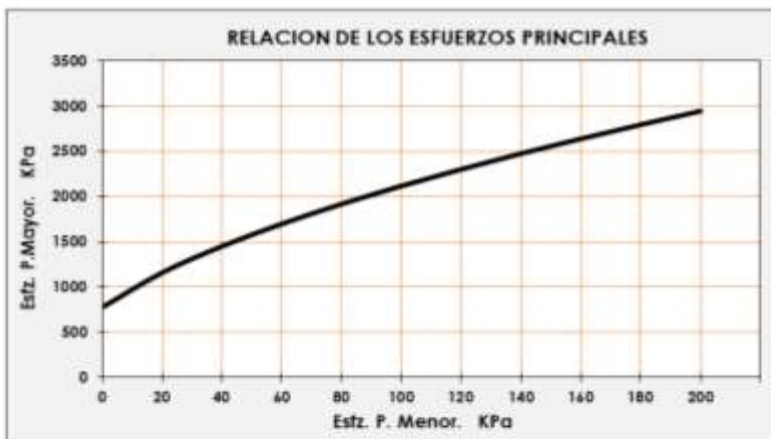


TIPO DE ROCA	ROCA IGNEA "CUARZO MONZONITA" CON GRADO DE METEORIZACION ISRM II, DE COLOR GRIS CON VETILLAS BLANCAS				ESPESOR > 1,40 m
ESTRUCTURAS	PLIEGUES	FALLAS	DIACLASAS	JUNTAS	ESTRATIFICACION
RESISTENCIA RCU	> 250 Mpa EXTRAMADAMENTE DURA	100 - 250 Mpa MUY DURA	50 - 100 Mpa DURA	25 - 50 Mpa MODERADAMENTE DURA	< 25 Mpa BLANDA
RQD	90 - 100 EXCELENTE	75 - 90 BUENA	50 - 75 REGULAR	25 - 50 MALA	< 25 MUY MALA
ESPACIAMIENTO DE LAS JUNTAS	> 2,0 m SOLIDO	0,40 - 2,00 m MASIVAS	200 - 400 mm EN BLOQUES	40 - 200 mm FRACTURADO	< 40 mm MUY FRACTURADO
METEORIZACION	ROCA SANA	POCO METEORIZADA	MEDIANAMENTE METEORIZADA	MUY METEORIZADA	SUELO RESIDUAL
PRESENCIA DE AGUA	Q= 0,00 lt/min SECO	Q < 10,0 lt/min LIGERAMENTE HUMEDO	10,0 > Q < 25,0 lt/min HUMEDO	25,0 > Q < 125,0 lt/min GOTEANDO	Q > 125,0 lt/min FLUYENDO

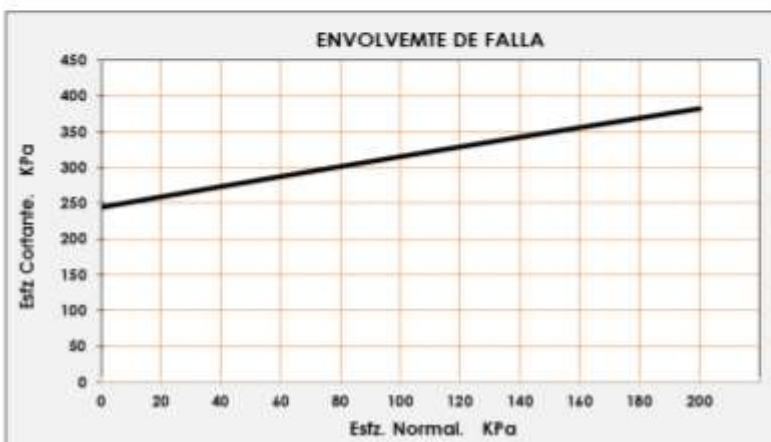
CLASIFICACION RMR DE BIENIAWSKY				
RMR	60	CLASE	III	DESCRIPCION
COHESION	200 - 300 Kpa	MACIZO ROCOSO DE CALIDAD MEDIA		
Ø DE FRICCION	25° - 35°			

CLASIFICACION GSI DE HOEK Y BROWN				
INDICE DE RESISTENCIA GEOLOGICA GSI				
GSI	mi	m	s	ā
64	22	6,144	0,01891	0,50

PARAMETROS RESISTENTES DEL MACIZO ROCOSO - CRITERIO HOEK Y BROWN				
COHESION	244,65	KPa	0,245	MPa
RESISTENCIA A LA TENSION UNIAxIAL	17,346	KPa	0,017	MPa
RESISTENCIA A LA COMPRESION UNIAxIAL	5640,0	KPa	56,4	MPa
ANGULO DE FRICCION INTERNA	34,6	Grados	34,6	Grados
MODULO DE DEFORMACION	20,000	GPa	20000	MPa



RELACION DE ESFUERZOS PRINCIPALES	
Esfuerzo P Menor KPa	Esfuerzo P Mayor KPa
-17,35	0,00
0,00	775,50
20	1157,76
40	1449,81
60	1697,27
80	1916,77
100	2116,63
120	2301,72
140	2475,16
160	2639,13
180	2795,18
200	2944,49



ENVOLVENTE DE MOHR	
Esfuerzo Normal KPa	Esfuerzo Cortante KPa
-106,63	0,00
0,00	244,65
20,00	259,16
40,00	273,48
60,00	287,62
80,00	301,59
100,00	315,41
120,00	329,07
140,00	342,60
160,00	356,00
180,00	369,28
200,00	382,44

6.6 Módulo de deformación del macizo rocoso

Ante la dificultad de obtener el módulo de deformación del macizo rocoso directamente a partir de ensayos de laboratorio; ya que este parámetro viene más marcado por la estructura del macizo que por las propiedades de la roca que lo forma, por lo tanto se ha intentado estimar mediante fórmulas empíricas que lo relacionan con la calidad geotécnica de los macizos rocosos.

En este caso se utilizaron las ecuaciones más clásicas expuestas por Bieniawski (1978) y Serafin – Pereira (1983) que se expresan a continuación

$$E_m \text{ (GPa)} = 2 * RMR - 100$$

Macizos rocosos con RMR entre 50 - 100

$$E_m \text{ (GPa)} = 10 (RMR - 10)/40$$

Macizos rocosos con RMR entre 10 - 50

Tabla 29. E_m Módulo de deformación del macizo rocoso

Sondeo	Material	RMR	E_m GPa
SD3	Cuarzo monzonita	63	26.00
SD4	Cuarzo monzonita	53	6.00
SD5	Cuarzo monzonita	42	6.31
SD6	Cuarzo monzonita	60	20.00

RMR = Clasificación geomecánica de Bieniawsky
 E_m = Módulo de deformación del macizo rocoso

6.7 Parámetros resistentes de la roca intacta

Tabla 30. Parámetros resistentes de la roca intacta

Sondeo	Material	Grado de meteorización ISRM	γ KN/m ³	σ_i MPa	σ_t MPa
SD3	Cuarzo monzonita	II	2,232	86,86	0.044
SD4	Cuarzo monzonita	II	2,227	74,52	0.007
SD5	Cuarzo monzonita	II	2,345	78,78	0.001
SD6	Cuarzo monzonita	II	2,236	56,40	0.017

σ_i = Resistencia a la compresión uniaxial de la roca intacta

σ_t = Resistencia a la tensión uniaxial de la roca intacta

γ = Peso unitario de la roca intacta



6.8 Parámetros resistentes del macizo rocoso

Tabla 30. Parámetros resistentes del macizo rocoso

Sondeo	Macizo rocoso	C MPa	ϕ	Em GPa	RMR	SGI
SD3	Cuarzo monzonita fracturada, poco meteorizada, con ISRM II	0.306	38.8	26.00	63	71
SD4	Cuarzo monzonita fracturada, poco meteorizada, con ISRM II	0.235	33.2	6.00	53	48
SD5	Cuarzo monzonita fracturada, poco meteorizada, con ISRM II	0.223	31.1	6.31	42	21
SD6	Cuarzo monzonita fracturada, poco meteorizada, con ISRM II	0.245	34.6	20.00	60	64

C = Cohesión

ϕ = Angulo de fricción

Em = Modulo de deformación del macizo rocoso

RMR = Clasificación geomecanica de Bieniawsky

SGI = Índice de resistencia geológica

6. ANALISIS GEOMECÁNICO – SECTOR 1

Con base en las características del proyecto y las propiedades geotécnicas encontradas en el subsuelo; a continuación, se describen los análisis realizados para definir el tipo y profundidad de cimentación, la capacidad portante del suelo de fundación y la magnitud de los asentamientos esperados para el tipo de estructura desarrollada

6.1 Tipo de cimentación

De acuerdo con el tipo de perfil estratigráfico encontrado, el tipo de estructuras a construir y la magnitud de las cargas máximas generadas sobre el suelo portante que se estiman entre 50 KN/m^2 y 230 KN/m^2 ; se recomienda una cimentación superficial conformada por Zapatas corridas (Muros de contención) y losas de cimentación (camaras de inspección); desplantadas a una profundidad D_f .

El Ingeniero Estructural, será el encargado de determinar la geometría final de la cimentación para cada una de las estructuras a construir, de acuerdo con sus solicitudes de carga y los asentamientos permitidos por la norma

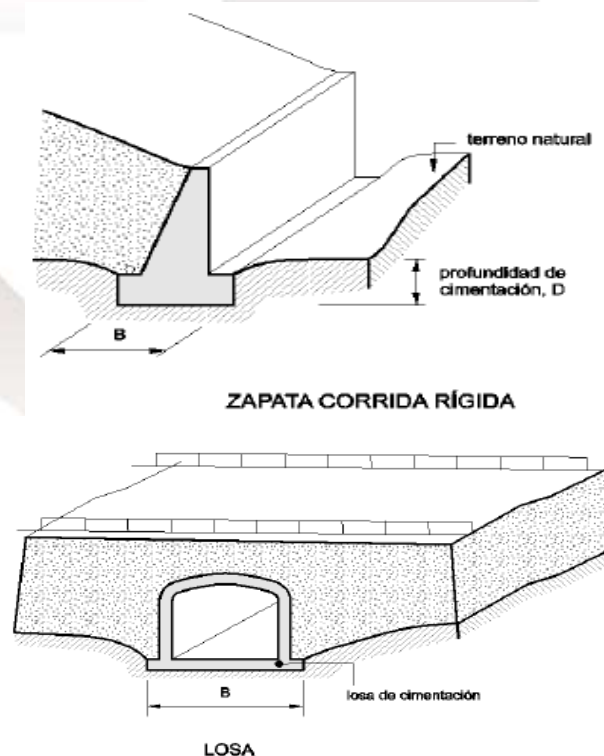


Figura 9 – TIPOS DE CIMENTACIÓN PROPUESTOS



6.2 Calculo de capacidad de soporte o presión admisible

Para calcular la presión admisible del conjunto suelo cimentación se utilizó el **MODELO DE MEYERHOF** para un modo general de falla en la que se consideran los efectos de carga horizontales como sismos, los factores de forma y de profundidad; con los factores de seguridad mínimos exigidos por la norma NSR - 2010.

$$\text{CONDICION DE DISEÑO: } Q_{ad} = (Q_u / F_s) \geq P$$

DÓNDE:

Q_{ad}= Capacidad de admisible de carga

Q_u= Capacidad de Carga ultima

P= Axil de trabajo

F_s= Coeficiente de seguridad parcial

$$Q_u = C N_c S_c d_c l_c + q N_q S_q d_q l_q + 0,5 \gamma B N_\gamma S_\gamma d_\gamma l_\gamma$$

$$Q_{ad} = Q_u / F_s$$

DÓNDE:

- **Q_o** = Capacidad de soporte del suelo
- **C** = Cohesión
- **q** = Presión efectiva al nivel de fundación
- **B** = Lado de menor dimensión
- **γ** = Peso unitario del suelo

- **N_c, N_q, N_γ** = Factores de carga
- **S_c, S_q, S_γ** = Factores de forma
- **d_c, d_q, d_γ** = Factores de profundidad
- **Q_{ad}** = Capacidad de admisible del suelo de soporte
- **F_s** = Factores de seguridad

6.2.1 Muro de contención PR 0+021 A PR 0+34.5

SECCION

PR 0+030 - AREA DE INFLUENCIA SONDEO 1

TIPO DE CIMENTACION

Zapata corrida

PARAMETROS GEOMETRICOS

Profundidad de excavación Dex = 4.0 metros

Profundidad de desplante Df = 1.0 metros

Ancho de cimiento corrido B = 2.0 metros

Longitud de cimiento corrido L = 1.0 metros

SUELO - Arena arcillosa con algunas gravillas, de color beis con vetas grises y pardas, de compacidad alta, baja plasticidad y expansividad baja

PARAMETROS GEOTECNICOS

Cohesión c = 0.347 Kg/cm²

Angulo de fricción Ø = 30,09°

Peso unitario húmedo γ = 1.903 Kg/cm³

Tabla 31. Capacidad Admisible de Carga del conjunto suelo cimentación
Muro de contención PR 0+021 A PR 0+34.5 - Zapata corrida B= 2.00 m y L= 1.00 m

ESTRATATO	DEX (m)	Df (m)	yh1	yh2	N SPT	Nc	Cohesion	Φ de Fricción	Modulo Es	Capacidad admisible
			g/cm ³	g/cm ³			kg/cm ²	Grados		Kg/cm ²
ARENA ARCILLOSA CON GRAVILLAS	5.00	1.00	1,838	1,903	53,0	39,8	0,347	30,09	673,73	3,788

- F_s= 3 Para carga muerta más carga viva normal



6.2.2 Muro de contención PR 0+073 A PR 0+094.5

SECCION

PR 0+095 - AREA DE INFLUENCIA SONDEO 2

TIPO DE CIMENTACION

Zapata corrida

PARAMETROS GEOMETRICOS

Profundidad de excavación Dex = 3.0 metros

Profundidad de desplante Df = 1.0 metros

Ancho de cimiento corrido B = 2.0 metros

Longitud de cimiento corrido L = 1.0 metros

SUELO - Arena arcillosa con algunas gravillas, de color beis con vetas grises y pardas, de compacidad alta, baja plasticidad y expansividad baja

PARAMETROS GEOTECNICOS

Cohesión $c = 0.222 \text{ Kg/cm}^2$

Angulo de fricción $\phi = 26.99^\circ$

Peso unitario húmedo $\gamma = 1.903 \text{ Kg/cm}^3$

Tabla 32. Capacidad Admisible de Carga del conjunto suelo cimentación
Muro de contención PR 0+073 A PR 0+094.5 - Zapata corrida B= 2.00 m y L= 1.00 m

ESTRATO	Dex (m)	Df (m)	yh1	yh2	N SPT	Nc	Cohesion	ϕ de Fricción	Modulo Es	Capacidad admisible
			g/cm ³	g/cm ³			kg/cm ²	Grados		Kg/cm ²
ARENA ARCILLOSA CON GRAVILLAS	3.00	1.00	1,838	1,903	34,0	25,5	0,222	26,99	417,76	2,369

- $F_s = 3$ Para carga muerta más carga viva normal

6.2.3 estructura de protección en L PR 0+094.5 A PR 0+277.78

SECCION

PR 0+114 - AREA DE INFLUENCIA SONDEO 2

TIPO DE CIMENTACION

Losa corrida

PARAMETROS GEOMETRICOS

Profundidad de excavación Dex = 1.5 metros

Profundidad de desplante Df = 1.5 metros

Ancho de cimiento corrido B = 2.0 metros

Longitud de cimiento corrido L = 1.0 metros

SUELO - Arenita arcillosa con gravillas dispersas, de color café con vetas crema y puntos blancos, de moderada plasticidad y expansividad baja

PARAMETROS GEOTECNICOS

Cohesión $c = 0.079 \text{ Kg/cm}^2$

Angulo de fricción $\phi = 15.48^\circ$

Peso unitario húmedo $\gamma = 1.849 \text{ Kg/cm}^3$

Tabla 33. Capacidad Admisible de Carga del conjunto suelo cimentación
Estructura de protección en L, PR 0+094.5 A PR 0+277.78 - Losa corrida B= 2.00 m y L= 1.00 m

ESTRATO	Dex (m)	Df (m)	yh1	yh2	N SPT	Nc	Cohesion	ϕ de Fricción	Modulo Es	Capacidad admisible
			g/cm ³	g/cm ³			kg/cm ²	Grados		Kg/cm ²
ARENA ARCILLOSA	1.50	1.50	1,849	1,849	7,0	5,4	0,079	15,48	104,36	0,792

- $F_s = 3$ Para carga muerta más carga viva normal



6.2.4 Cámara de inspección N° 1 - PR 0+039.39

SECCION

PR 0+039.39 - AREA DE INFLUENCIA SONDEO 1

TIPO DE CIMENTACION

Losa corrida

PARAMETROS GEOMETRICOS

Profundidad de excavación Dex = 3.0 metros
Profundidad de desplante Df = 3.0 metros
Ancho de cimiento corrido B = 2.6 metros
Longitud de cimiento corrido L = 3.5 metros

SUELO - Arena limo arcillosa con gravas dispersas, de color café pálido con vetas grises y puntos blancos, de baja plasticidad y expansividad baja

PARAMETROS GEOTECNICOS

Cohesión $c = 0.044 \text{ Kg/cm}^2$
Angulo de fricción $\phi = 21.41^\circ$
Peso unitario húmedo $\gamma = 1.826 \text{ Kg/cm}^3$

**Tabla 34. Capacidad Admisible de Carga del conjunto suelo cimentación
Cámara de inspección N° 1 - PR 0+039.39 – Losa corrida B= 2.60 m y L= 3.50 m**

ESTRATO	Dex (m)	Df (m)	yh1	yh2	N SPT	Nc	Cohesion	ϕ de Fricción	Modulo Es	Capacidad admisible
			g/cm ³	g/cm ³			kg/cm ²	Grados		
ARENA LIMO ARCILLOSA	3.00	3.00	1,843	1,826	11,0	8,4	0,044	21,41	149,19	1,995

- $F_s = 3$ Para carga muerta más carga viva normal

6.2.5 Cámara de inspección N° 2 - PR 0+082.43

SECCION

PR 0+082.43 - AREA DE INFLUENCIA SONDEO 2

TIPO DE CIMENTACION

Losa corrida

PARAMETROS GEOMETRICOS

Profundidad de excavación Dex = 3.0 metros
Profundidad de desplante Df = 3.0 metros
Ancho de cimiento corrido B = 2.6 metros
Longitud de cimiento corrido L = 3.5 metros

SUELO - Arena limo arcillosa con gravas dispersas, de color café pálido con vetas grises y puntos blancos, de baja plasticidad y expansividad baja

PARAMETROS GEOTECNICOS

Cohesión $c = 0.036 \text{ Kg/cm}^2$
Angulo de fricción $\phi = 20.57^\circ$
Peso unitario húmedo $\gamma = 1.826 \text{ Kg/cm}^3$

**Tabla 35. Capacidad Admisible de Carga del conjunto suelo cimentación
Cámara de inspección N° 2 - PR 0+082.43 – Losa corrida B= 2.60 m y L= 3.50 m**

ESTRATO	Dex (m)	Df (m)	yh1	yh2	N SPT	Nc	Cohesion	ϕ de Fricción	Modulo Es	Capacidad admisible
			g/cm ³	g/cm ³			kg/cm ²	Grados		
ARENA LIMO ARCILLOSA	3.00	3.00	1,847	1,826	9,0	6,9	0,036	20,57	127,34	1,806

- $F_s = 3$ Para carga muerta más carga viva normal

NOTA - Los valores de la capacidad de soporte del conjunto suelo cimentación puede variar, en función del tipo de cimentación, su geometría y la profundidad de desplante Df.



6.3 Asentamientos esperados

Teniendo en cuenta el tipo de suelo y estructura a construir, se calcularon los asentamientos totales para una distorsión angular de 1/500; mediante el **Software SteinN Pro v3.0** el cual determina los asentamientos, debajo de una base rectangular, de acuerdo con el procedimiento DIN 4019 y teoría elástica propuesta Timoshenko y Gudier,

6.3.1 Muros de contención

Tabla 36. Asentamientos esperados - Zapata corrida B= 2.00 m

TRAMO	ESTRATO	Df m	CARGA KN/m ²	GRADIENTE HIDRAULICO CRITICO	BALASTO Ksv Kg/cm ³	MODULO Ed Kg/cm ²	ASENTAMIENTO mm
PR 0+021 A PR 0+34.5	ARENA ARCILLOSA CON GRAVILLAS	1.00	50	1,05	7,237	466,1	0,46
PR 0+073 A PR 0+094.5	ARENA ARCILLOSA CON GRAVILLAS	1.00	50	1,05	4,643	477,1	0,74

De acuerdo a las características geotécnicas del terreno y presiones de contacto que se estiman iguales o menores a 50 KN/m², **el Asentamiento máximo esperado para una Zapata corrida de ancho B=2.00 metros, esta aproximadamente entre 0.46 y 0.74 mm**; dadas las condiciones de humedad, granulometría y plasticidad encontradas, estos asentamientos serán de tipo elástico y se darán en gran parte durante la construcción del proyecto.

6.3.2 Estructura de protección en L

Tabla 37. Asentamientos esperados - Losa corrida B= 2.00 m

TRAMO	ESTRATO	Df m	CARGA KN/m ²	GRADIENTE HIDRAULICO CRITICO	BALASTO Ksv Kg/cm ³	MODULO Ed Kg/cm ²	ASENTAMIENTO mm
PR 0+94.5 A PR 0+277.8	ARENA ARCILLOSA	1.50	50	0,93	0,977	243,9	2,96

De acuerdo a las características geotécnicas del terreno y presiones de contacto que se estiman iguales o menores a 50 KN/m², **el Asentamiento máximo esperado para una Losa corrida de ancho B=2.00 metros, es aproximadamente de 2.96 mm**; dadas las condiciones de humedad, granulometría y plasticidad encontradas, estos asentamientos serán de tipo elástico y se darán en gran parte durante la construcción del proyecto.

6.3.3 Cámaras de inspección

Tabla 38. Asentamientos esperados - Losa corrida B= 2.60 m y L= 3.50 m

SECTOR	ESTRATO	Df m	CARGA KN/m ²	GRADIENTE HIDRAULICO CRITICO	BALASTO Ksv Kg/cm ³	MODULO Ed Kg/cm ²	ASENTAMIENTO mm
CAMARA N° 1 PR 0+039.39	ARENA LIMO ARCILLOSA	3.00	234	0,86	1,524	223,2	4,34
CAMARA N° 2 PR 0+082.43	ARENA LIMO ARCILLOSA	3.00	234	0,86	1,256	183,3	5,17



De acuerdo a las características geotécnicas del terreno y presiones de contacto que se estiman iguales o menores a 234 KN/m^2 , **el Asentamiento máximo esperado para una Losa corrida de ancho $B=2.60$ y largo $L=3.50$ metros, esta aproximadamente entre 4.34 y 5.17 mm** ; dadas las condiciones de humedad, granulometría y plasticidad encontradas, estos asentamientos serán de tipo elástico y se darán en gran parte durante la construcción del proyecto.

NOTA: Analizando los valores de asentamiento obtenidos, se consideran los niveles de asentamiento adecuados para el tipo y forma de la cimentación propuesta, y para las cargas estimadas que serán aplicadas al suelo. De igual manera, se puede decir que el material de soporte se comportará de manera adecuada frente a las cargas de la que será objeto debido al proyecto a desarrollarse, siempre y cuando se mantengan las condiciones de diseño establecidas en el presente estudio

6.4. Coeficientes de presión de tierras

Para calcular coeficiente de presión de tierras se obtuvo el valor de ángulo de fricción interna, de acuerdo al criterio de debilitamiento del suelo. Los valores de K_a y K_p se calcularon de acuerdo al criterio de Rankine, como lo establece la Norma Colombiana de diseño de puentes CCP-14.

Tabla 39. Coeficientes de presión de tierras

SONDEO 1					
PROF (m)	K_a	K_p	K_o	P_a KN/m	P_p KN/m
1.00	0,56	1,79	0,72	5,06	16,25
2.00	0,52	1,91	0,69	4,74	17,33
3.00	0,47	2,15	0,63	4,16	19,25
4.00	0,36	2,77	0,53	3,23	24,78
5.00	0,33	3,01	0,50	3,10	28,09
6.00	0,29	3,50	0,44	2,67	32,67

SONDEO 2					
PROF (m)	K_a	K_p	K_o	P_a KN/m	P_p KN/m
1.00	0,58	1,73	0,73	5,24	15,68
2.00	0,48	2,08	0,65	4,30	18,66
3.00	0,43	2,31	0,60	3,87	20,71
4.00	0,40	2,51	0,57	3,72	23,42
5.00	0,38	2,66	0,55	3,51	24,84
6.00	0,32	3,13	0,48	2,99	29,16

6.5 Módulo de reacción Vertical K_{v30} y módulo de reacción Horizontal K_{H30}

El módulo de reacción vertical (K_{sv}) y el módulo de reacción horizontal (K_{sh}) del suelo de fundación, se determinó mediante la teoría de Versic 1961 y Chadeisson para diferentes profundidades así:

Tabla 40. Módulos de reacción del suelo.

PROFD (m)	SONDEO 1		SONDEO 2	
	K_{v30} kg/cm ³	K_{H30} kg/cm ³	K_{v30} kg/cm ³	K_{H30} kg/cm ³
0.50	1,980	1,320	0,424	0,283
1.00	1,265	0,843	0,984	0,656
2.00	1,814	1,209	0,837	0,558
3.00	1,023	0,682	1,533	1,022
4.00	4,878	3,252	3,250	2,166
5.00	7,237	4,825	4,643	3,095
6.00	8,676	5,784	6,507	4,338

6.6 Velocidad de ondas de corte (V_s)

A velocidad de onda de corte se obtiene por correlación con el ensayo de penetración estándar (N_{SPT}) para diferentes profundidades mediante la siguiente ecuación: $V_s = 102.98 \times (N_{SPT})^{0.3438}$

Tabla 41. Velocidad de onda de corte

PROFD (m)	SONDEO 1	SONDEO 2
	V_s m/sg	V_s m/sg
0.50	234,04	137,81
1.00	200,62	184,01
2.00	227,10	200,13
3.00	213,89	243,30
4.00	323,77	297,76
5.00	365,44	313,71
6.00	388,94	352,31
PROMEDIO	279,11	247,00



6.7. Requerimientos sísmicos

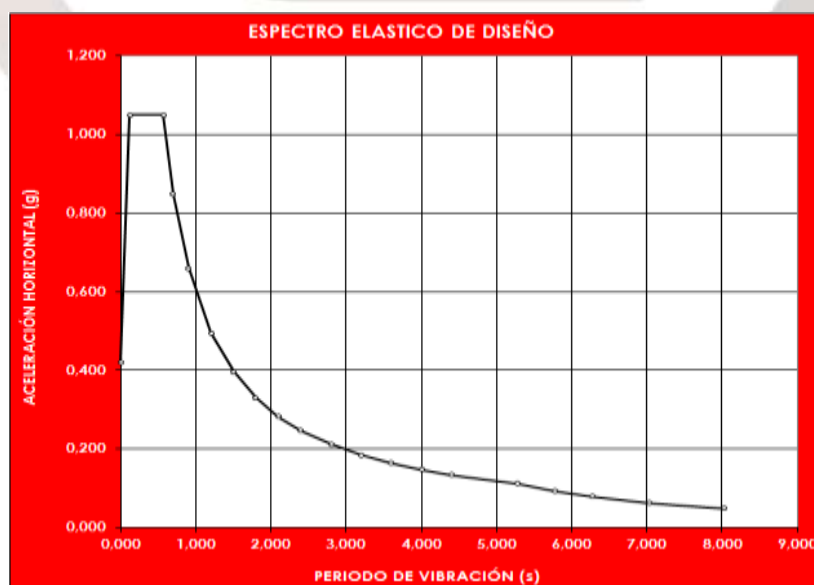
De acuerdo a la asociación Colombiana de ingeniería sísmica (*Normas Colombianas de diseño y construcción sismo resistente NSR - 2010*), complementado por la norma AIS 100-94. Se debe determinar de acuerdo al tipo de perfil de suelo los siguientes parámetros para su utilización en el diseño y construcción de la estructura:

- Perfil del suelo: D
- Coeficiente del sitio: $S_3 = 1.3$
- Coeficiente de aceleración para diseño: $A_a = 0.30$
- Coeficiente que representa la velocidad horizontal pico efectiva; $A_v = 0.20$
- Coeficiente que representa la aceleración pico efectiva reducida; $A_e = 0.07$
- Coeficiente de aceleración para el umbral de diseño: $A_d = 0.04$
- Coeficiente de amplificación para periodos cortos: $F_a = 1.20$
- Coeficiente de amplificación para periodos largos: $F_v = 2.00$
- Grupo de Uso = I
- Coeficiente de Importancia: $I_V = 1.50$
- Velocidad máxima de onda sísmica: $V = 247.00 - 279.11$ m/s
- Capacidad de disipación de energía: (DMO) Moderada

6.7.1 Espectro elástico de diseño

Este espectro está definido para un coeficiente de amortiguamiento igual al 5% del crítico según lo contempla el NSR - 2010.

- Periodo de vibración para la zona de velocidades constantes: $T_o = 0.118$ seg.
- Periodo de vibración para periodos cortos: $T_c = 0.566$ seg.
- Periodo de vibración para periodos largos: $T_L = 5.280$ seg.
- Valor del espectro de aceleraciones de diseño: $S_a(T_o) = 0.420$ (m/s²)
 $S_a(T_c) = 1.050$ (m/s²)
 $S_a(T_L) = 0.113$ (m/s²)





6.8 Parámetros físico mecánicos para diseño de cimentación

MURO DE CONTENCIÓN - SECCION PR 0+030

MATERIAL	Arena arcillosa con algunos gravillos, de color beige con vetas grises y pardas, de compactación alta, baja plasticidad y expansividad baja	PROFUNDIDAD DE EXCAVACION	4,00 m	NIVEL DE REFERENCIA	COTA 1146,3
-----------------	---	----------------------------------	--------	----------------------------	-------------

PARAMETROS MECANICOS

COHESION	34,00	KPa	0,347	Kg/cm ²
RESISTENCIA A LA TENSION UNIAxIAL.	2,80	KPa	0,03	Kg/cm ²
RESISTENCIA A LA COMPRESION UNIAxIAL.	67,16	KPa	0,685	Kg/cm ²
ANGULO DE FRICCION INTERNA	30,09	Grados	30,09	Grados
CAPACIDAD ULTIMA DE CARGA	1114,32	KPa	11,363	Kg/cm ²
CAPACIDAD ADMISIBLE DE CARGA	371,44	KPa	3,788	Kg/cm ²
MODULO DE DEFORMACION	66072,86	KPa	673,73	Kg/cm ²
MODULO ESFUERZO - DEFORMACION DINAMICO	45710,9	KPa	466,1	Kg/cm ²
VELOCIDAD DE ONDA SISMICA	365,44	m/seg	365,44	m/seg
COEFICIENTE DE BALASTO VERTICAL Kv	7,237	Kg/cm ³	7,237	Kg/cm ³
COEFICIENTE DE BALASTO HORIZONTAL Kh	4,825	Kg/cm ³	4,825	Kg/cm ³
PESO UNITARIO HUMEDO	18,66	KN/m ³	1,903	g/cm ³
GRADIENTE HIDRAULICO CRITICO	1,05		1,05	

COEFICIENTES DE PRESION DE TIERRAS

COEFICIENTE DE PRESION ACTIVA	Ka	0,33
COEFICIENTE DE PRESION PASIVA	Kp	3,01
COEFICIENTE DE PRESION EN REPOSO	Ko	0,50

PRESION DE TIERRAS

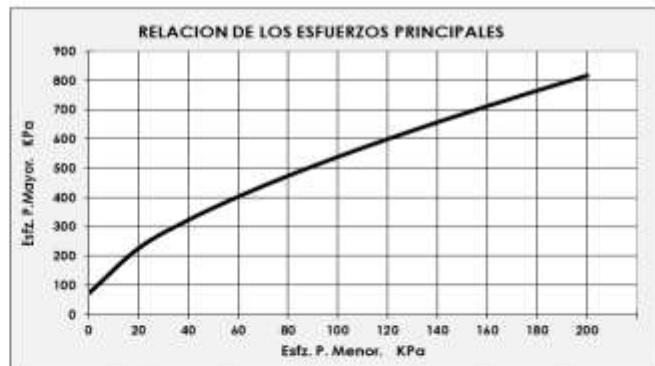
PRESION ACTIVA DE TIERRA	Pa=	3,100
PRESION PASIVA DE TIERRA	Pa=	28,093
COEFICIENTE DE POISSON	u=	0,275

ASENTAMIENTO ELASTICO DEL SUELO

$\Delta H = qB/w (1 - U^2) / E_s$	0,00046	metros
-----------------------------------	---------	--------

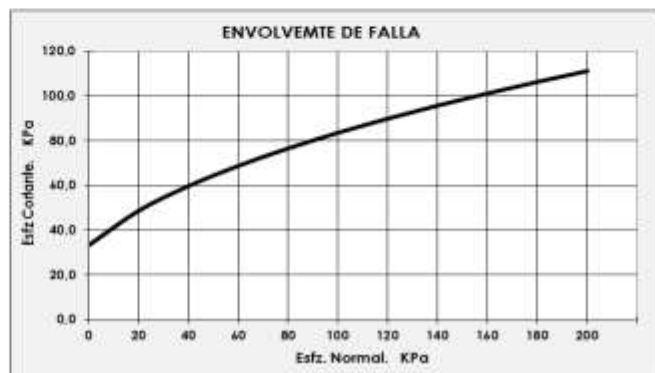
RELACION DE ESFUERZOS PRINCIPALES

Esfsz. P. Menor KPa	Esfsz. P. Mayor KPa
-2,80	0,00
0,00	72,64
20	227,09
40	323,71
60	403,66
80	474,60
100	539,68
120	600,55
140	658,20
160	713,30
180	766,30
200	817,54



ENVOLVENTE DE MOHR

Esfsz. Normal KPa	Esfsz. Cortante KPa
-78,57	0,00
0,00	33,21
20	48,59
40	59,64
60	68,67
80	76,48
100	83,45
120	89,78
140	95,63
160	101,08
180	106,20
200	111,05





MURO DE CONTENCION - SECCION PR 0+095

MATERIAL	Areña arcillosa con algunas gravillas, de color beige con vetas grises y pardas, de compactación alta, baja plasticidad y expansividad baja	PROFUNDIDAD DE EXCAVACION	3,00 m	NIVEL DE REFERENCIA	COTA 1143,0
-----------------	---	----------------------------------	--------	----------------------------	-------------

PARAMETROS MECANICOS

COHESION	21,81	KPa	0,222	Kg/cm2
RESISTENCIA A LA TENSION UNIAxIAL	1,80	KPa	0,02	Kg/cm2
RESISTENCIA A LA COMPRESION UNIAxIAL	43,08	KPa	0,439	Kg/cm2
ANGULO DE FRICCION INTERNA	26,99	Grados	26,99	Grados
CAPACIDAD ULTIMA DE CARGA	697,04	KPa	7,108	Kg/cm2
CAPACIDAD ADMISIBLE DE CARGA	232,35	KPa	2,369	Kg/cm2
MODULO DE DEFORMACION	40969,95	KPa	417,76	Kg/cm2
MODULO ESFUERZO - DEFORMACION DINAMICO	46785,5	KPa	477,1	Kg/cm2
VELOCIDAD DE ONDA SISMICA	313,71	m/seg	313,71	m/seg
COEFICIENTE DE BALASTO VERTICAL Kv	4,643	Kg/cm3	4,643	Kg/cm3
COEFICIENTE DE BALASTO HORIZONTAL Kh	3,095	Kg/cm3	3,095	Kg/cm3
PESO UNITARIO HUMEDO	18,66	KN/m3	1,903	g/cm3
GRADIENTE HIDRAULICO CRITICO	1,05		1,05	

COEFICIENTES DE PRESION DE TIERRAS

COEFICIENTE DE PRESION ACTIVA	Ka	0,38
COEFICIENTE DE PRESION PASIVA	Kp	2,66
COEFICIENTE DE PRESION EN REPOSO	Ko	0,55

PRESION DE TIERRAS

PRESION ACTIVA DE TIERRA	Pa=	3,506
PRESION PASIVA DE TIERRA	Pa=	24,838
COEFICIENTE DE POISSON	u=	0,275

ASENTAMIENTO ELASTICO DEL SUELO

$\Delta H = \frac{qBw}{(1 - U^2) Es}$	0,00074	metros
---------------------------------------	---------	--------

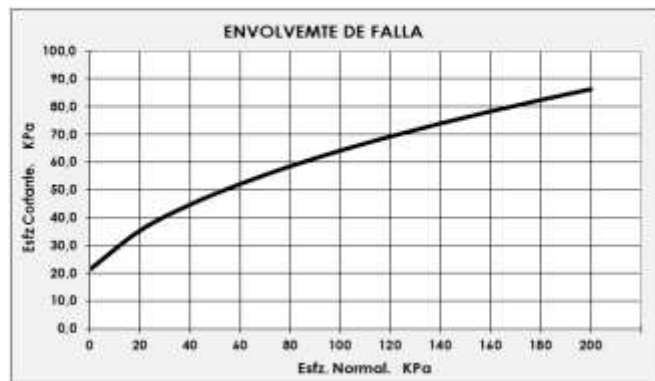
RELACION DE ESFUERZOS PRINCIPALES

Esfz. P. Menor KPa	Esfz. P. Mayor KPa
-1,80	0,00
0,00	46,60
20	182,17
40	264,55
60	333,04
80	394,13
100	450,43
120	503,31
140	553,59
160	601,79
180	648,30
200	693,39



ENVOLVENTE DE MOHR

Esfz. Normal KPa	Esfz. Cortante KPa
-50,41	0,00
0,00	21,31
20	35,34
40	44,68
60	52,14
80	58,50
100	64,14
120	69,24
140	73,94
160	78,30
180	82,40
200	86,26





ESTRUCTURA DE PROTECCION EN L - SECCION PR 0+114

MATERIAL	arenita arcillosa con gravillas dispersas, de color café con vetas crema y puntos blancos, de moderada plasticidad y esponjidad baja	PROFUNDIDAD DE EXCAVACION	1,50 m	NIVEL DE REFERENCIA	COTA 1144,6
-----------------	--	----------------------------------	--------	----------------------------	-------------

PARAMETROS MECANICOS

COHESION	7,71	KPa	0,079	Kg/cm2
RESISTENCIA A LA TENSION UNIAxIAL	0,64	KPa	0,01	Kg/cm2
RESISTENCIA A LA COMPRESION UNIAxIAL	15,23	KPa	0,155	Kg/cm2
ANGULO DE FRICCION INTERNA	15,48	Grados	15,48	Grados
CAPACIDAD ULTIMA DE CARGA	233,03	KPa	2,376	Kg/cm2
CAPACIDAD ADMISIBLE DE CARGA	77,68	KPa	0,792	Kg/cm2
MODULO DE DEFORMACION	10235,01	KPa	104,36	Kg/cm2
MODULO ESFUERZO - DEFORMACION DINAMICO	23915,7	KPa	243,9	Kg/cm2
VELOCIDAD DE ONDA SISMICA	183,56	m/seg	183,56	m/seg
COEFICIENTE DE BALASTO VERTICAL Kv	0,977	Kg/cm3	0,977	Kg/cm3
COEFICIENTE DE BALASTO HORIZONTAL Kh	0,651	Kg/cm3	0,651	Kg/cm3
PESO UNITARIO HUMEDO	18,13	KN/m3	1,849	g/cm3
GRADIENTE HIDRAULICO CRITICO	0,93		0,93	

COEFICIENTES DE PRESION DE TIERRAS

COEFICIENTE DE PRESION ACTIVA	Ka	0,58
COEFICIENTE DE PRESION PASIVA	Kp	1,73
COEFICIENTE DE PRESION EN REPOSO	Ko	0,73

PRESION DE TIERRAS

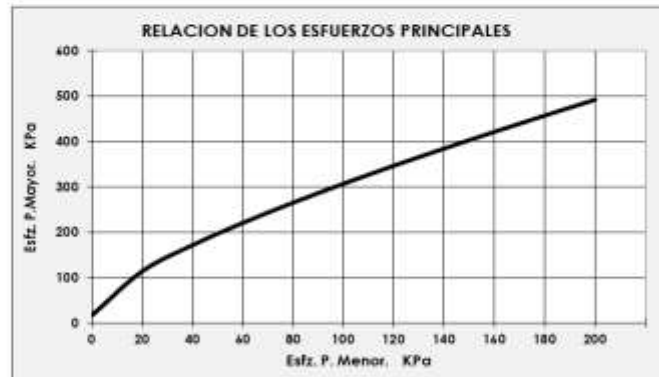
PRESION ACTIVA DE TIERRA	Pa=	5,247
PRESION PASIVA DE TIERRA	Pa=	15,667
COEFICIENTE DE POISSON	u=	0,275

ASENTAMIENTO ELASTICO DEL SUELO

$\Delta H = qB/w (1 - U^2) / E_s$	0,00296	metros
-----------------------------------	---------	--------

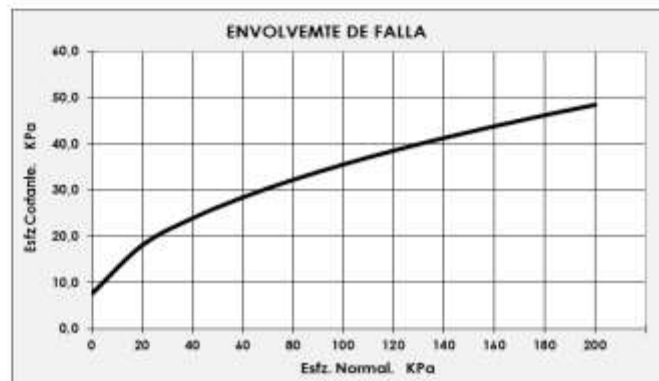
RELACION DE ESFUERZOS PRINCIPALES

Esfz. P. Menor KPa	Esfz. P. Mayor KPa
-0,64	0,00
0,00	16,47
20	113,80
40	171,63
60	220,79
80	265,42
100	307,14
120	346,79
140	384,87
160	421,71
180	457,52
200	492,48



ENVOLVENTE DE MOHR

Esfz. Normal KPa	Esfz. Cortante KPa
-17,82	0,00
0,00	7,53
20	18,01
40	23,88
60	28,39
80	32,19
100	35,51
120	38,50
140	41,24
160	43,78
180	46,16
200	48,40





CAMARA N° 1 - SECCION PR 0+039,39

MATERIAL	Arena fino arcillosa con grava dispersa, de color café pálido con vetas grises y puntos blancos, de baja plasticidad y expansión baja	PROFUNDIDAD DE EXCAVACION	3,00 m	NIVEL DE REFERENCIA	COTA 1146,7
-----------------	---	----------------------------------	--------	----------------------------	-------------

PARAMETROS MECANICOS

COHESION	4,30	KPa	0,044	Kg/cm2
RESISTENCIA A LA TENSION UNIAxIAL	0,35	KPa	0,00	Kg/cm2
RESISTENCIA A LA COMPRESION UNIAxIAL	8,48	KPa	0,087	Kg/cm2
ANGULO DE FRICCION INTERNA	21,41	Grados	21,41	Grados
CAPACIDAD ULTIMA DE CARGA	586,87	KPa	5,984	Kg/cm2
CAPACIDAD ADMISIBLE DE CARGA	195,62	KPa	1,995	Kg/cm2
MODULO DE DEFORMACION	14631,23	KPa	149,19	Kg/cm2
MODULO ESFUERZO - DEFORMACION DINAMICO	21884,5	KPa	223,2	Kg/cm2
VELOCIDAD DE ONDA SISMICA	213,89	m/seg	213,89	m/seg
COEFICIENTE DE BALASTO VERTICAL Kv	1,524	Kg/cm3	1,524	Kg/cm3
COEFICIENTE DE BALASTO HORIZONTAL Kh	1,016	Kg/cm3	1,016	Kg/cm3
PESO UNITARIO HUMEDO	17,90	KN/m3	1,826	g/cm3
GRADIENTE HIDRAULICO CRITICO	0,86		0,86	

COEFICIENTES DE PRESION DE TIERRAS

COEFICIENTE DE PRESION ACTIVA	Ka	0,47
COEFICIENTE DE PRESION PASIVA	Kp	2,15
COEFICIENTE DE PRESION EN REPOSO	Ko	0,63

PRESION DE TIERRAS

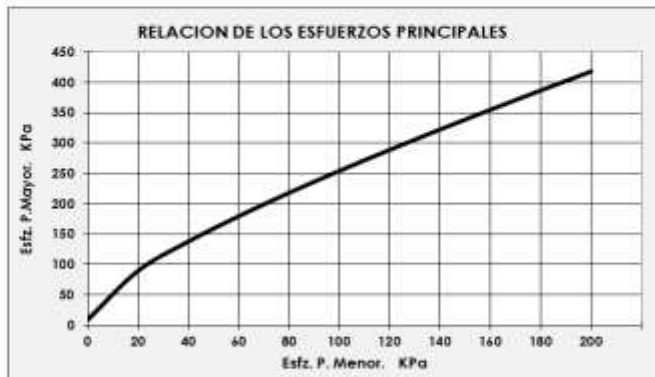
PRESION ACTIVA DE TIERRA	Pa=	4,163
PRESION PASIVA DE TIERRA	Pa=	19,249
COEFICIENTE DE POISSON	u=	0,275

ASENTAMIENTO ELASTICO DEL SUELO

$\Delta H = qB/w (1 - U^3) / E_s$	0,00434	metros
-----------------------------------	---------	--------

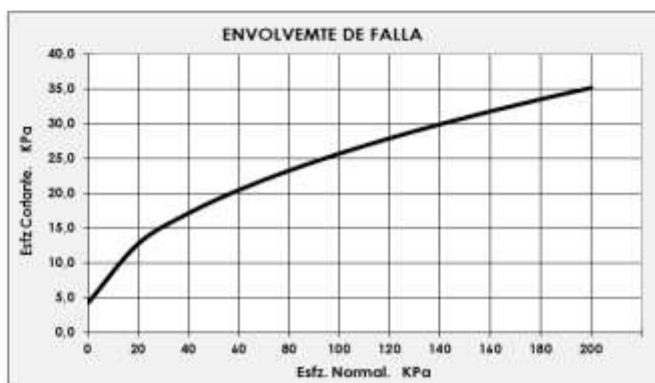
RELACION DE ESFUERZOS PRINCIPALES

Esfz. P. Menor KPa	Esfz. P. Mayor KPa
-0,35	0,00
0,00	9,18
20	89,54
40	137,92
60	179,75
80	218,17
100	254,41
120	289,10
140	322,61
160	355,18
180	387,00
200	418,17



ENVOLVENTE DE MOHR

Esfz. Normal KPa	Esfz. Cortante KPa
-9,93	0,00
0,00	4,20
20	12,71
40	17,10
60	20,45
80	23,24
100	25,69
120	27,88
140	29,89
160	31,75
180	33,49
200	35,13





CAMARA N° 2 - SECCION PR 0+082,43

MATERIAL	Arena limo arcillosa con gravas dispersas, de color café palido con vetas grises y puntos blancos, de baja plasticidad y e=ponividad baja	PROFUNDIDAD DE EXCAVACION	3,00 m	NIVEL DE REFERENCIA	COTA 1146,3
-----------------	---	----------------------------------	--------	----------------------------	-------------

PARAMETROS MECANICOS

COHESION	3,54	KPa	0,036	Kg/cm2
RESISTENCIA A LA TENSION UNIAxIAL	0,29	KPa	0,00	Kg/cm2
RESISTENCIA A LA COMPRESION UNIAxIAL	6,99	KPa	0,071	Kg/cm2
ANGULO DE FRICCION INTERNA	20,57	Grados	20,57	Grados
CAPACIDAD ULTIMA DE CARGA	531,26	KPa	5,417	Kg/cm2
CAPACIDAD ADMISIBLE DE CARGA	177,09	KPa	1,806	Kg/cm2
MODULO DE DEFORMACION	12488,06	KPa	127,34	Kg/cm2
MODULO ESFUERZO - DEFORMACION DINAMICO	17976,1	KPa	183,3	Kg/cm2
VELOCIDAD DE ONDA SISMICA	200,13	m/seg	200,13	m/seg
COEFICIENTE DE BALASTO VERTICAL Kv	1,256	Kg/cm3	1,256	Kg/cm3
COEFICIENTE DE BALASTO HORIZONTAL Kh	0,837	Kg/cm3	0,837	Kg/cm3
PESO UNITARIO HUMEDO	17,90	KN/m3	1,826	g/cm3
GRADIENTE HIDRAULICO CRITICO	0,86		0,86	

COEFICIENTES DE PRESION DE TIERRAS

COEFICIENTE DE PRESION ACTIVA	Ka	0,48
COEFICIENTE DE PRESION PASIVA	Kp	2,08
COEFICIENTE DE PRESION EN REPOSO	Ko	0,65

PRESION DE TIERRAS

PRESION ACTIVA DE TIERRA	Pa=	4,296
PRESION PASIVA DE TIERRA	Pa=	18,653
COEFICIENTE DE POISSON	u=	0,275

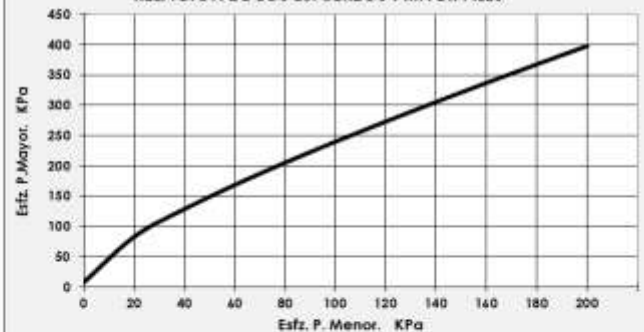
ASENTAMIENTO ELASTICO DEL SUELO

$\Delta H = qBlw (1 - U^3) / Es$	0,00517	metros
----------------------------------	---------	--------

RELACION DE ESFUERZOS PRINCIPALES

Esfs. P. Menor KPa	Esfs. P. Mayor KPa
-0,29	0,00
0,00	7,56
20	83,03
40	128,82
60	168,65
80	205,38
100	240,13
120	273,46
140	305,73
160	337,15
180	367,88
200	398,02

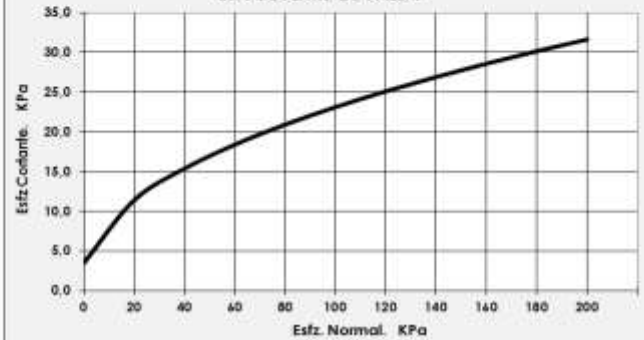
RELACION DE LOS ESFUERZOS PRINCIPALES



ENVOLVENTE DE MOHR

Esfs. Normal KPa	Esfs. Cortante KPa
-8,18	0,00
0,00	3,46
20	11,37
40	15,34
60	18,36
80	20,89
100	23,09
120	25,07
140	26,89
160	28,56
180	30,13
200	31,61

ENVOLVENTE DE FALLA



7. ANALISIS GEOMECÁNICO – SECTOR 2

Con base en las características del proyecto y las propiedades geotécnicas encontradas en el subsuelo; a continuación, se describen los análisis realizados para definir el tipo y profundidad de cimentación, la capacidad portante del suelo de fundación y la magnitud de los asentamientos esperados para el tipo de estructura desarrollada

7.1 Tipo de cimentación

De acuerdo con el tipo de perfil estratigráfico encontrado, el tipo de estructuras a construir y la magnitud de las cargas máximas generadas sobre el suelo portante que se estiman entre 50 KN/m^2 y 230 KN/m^2 ; se recomienda una cimentación superficial conformada por Zapatas corridas (Muros de contención) y losas de cimentación (camaras de inspección); desplantadas a una profundidad D_f .

El Ingeniero Estructural, será el encargado de determinar la geometría final de la cimentación para cada una de las estructuras a construir, de acuerdo con sus solicitaciones de carga y los asentamientos permitidos por la norma

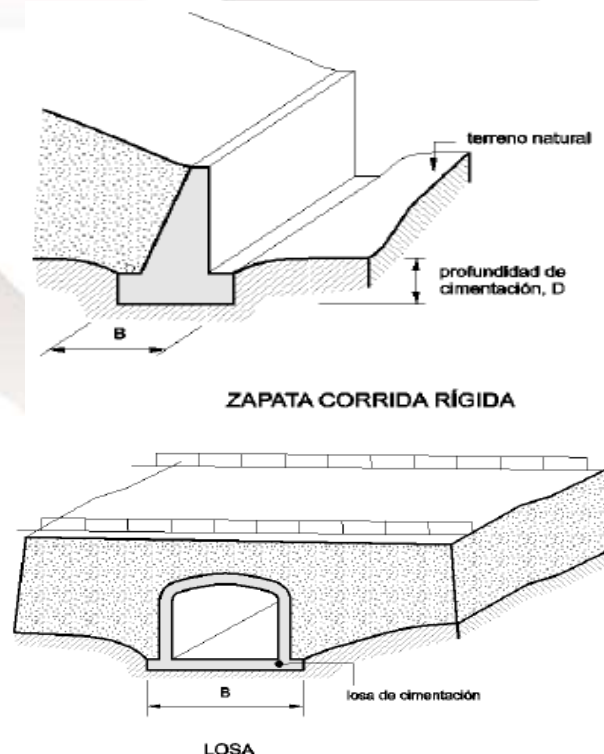


Figura 10 – TIPOS DE CIMENTACIÓN PROPUESTOS



7.2 Calculo de capacidad de soporte o presión admisible

Para la estimación de la presión admisible del macizo rocoso se utilizó la metodología propuesta en el **Manual de Ingeniería de Fundaciones de Canadá (CGS,1992)** en el que se consideran parámetros como la resistencia a la compresión de la roca sana, los efectos de las discontinuidades y un factor de profundidad.

$$Q_{ad} = K_{sp} \cdot q_u \cdot d$$

DÓNDE:

Q_{ad} = Capacidad de admisible de carga

q_u = Resistencia a la compresión simple de los núcleos de roca

K_{ps} = Coeficiente empírico que contiene un factor de seguridad F_s= 3.0

D = Factor de profundidad

$$K_{sp} = (3 + C_d/B) / 10 (1 + 300 a_d/C_d)^{0.5}$$

$$d = 1 + 0.4 L_s/B_s \leq 3.4$$

DÓNDE:

- **C_d** = Capacidad de soporte del suelo

- **a_d** = Cohesión

- **B** = Ancho de la cimentación

- **B_s** = Ancho de empotramiento en la roca

- **L_s** = Profundidad de empotramiento en la roca

7.2.1 Muro de contención PR 0+277.78 A PR 0+305.74

SECCION

PR 0+290 - AREA DE INFLUENCIA SONDEO 3

TIPO DE CIMENTACION

Zapata corrida

PARAMETROS GEOMETRICOS

Profundidad de excavación Dex = 2.0 metros

Profundidad de desplante Df = 2.0 metros

Ancho de cimientto corrido B = 2.0 metros

Longitud de cimientto corrido L = 1.0 metros

Ancho de empotramiento en la roca Bs = 2.0 metros

Longitud de empotramiento en la roca Ls = 0.0 metros

ROCA - Macizo rocoso fracturado, conformado por cuarzo monzonitas de grano medio a fino, con bajo grado de meteorización ISRM II, de color gris con vetillas blancas y crema, de alta dureza y buenas características geotécnicas como estrato de soporte

PARAMETROS GEOTECNICOS

Resistencia a la compresión núcleos de roca $\sigma_i = 885.4 \text{ Kg/cm}^2$

Espaciamiento entre discontinuidades Cd = 0.26 metros

Apertura de las discontinuidades ad = 1.40 mm

**Tabla 41. Capacidad Admisible de Carga del conjunto macizo rocoso cimentación
Muro de contención PR 0+277.78 A PR 0+305.74 - Zapata corrida B= 2.00 m y L= 1.00 m**

ESTRATO	Dex (m)	Df (m)	Ls (m)	Qu (MPa)	Qad (MPa)
CUARZO MONZONITA FRACTURADA Y POCO METEORIZADA	2.00	2.00	0.00	86,85	16.81



7.2.2 Cámara de inspección N° 7 - PR 0+294,44

SECCION

PR 0+294.44 - AREA DE INFLUENCIA SONDEO 3

TIPO DE CIMENTACION

Losa corrida

PARAMETROS GEOMETRICOS

Profundidad de excavación Dex = 2.0 metros
Profundidad de desplante Df = 2.0 metros
Ancho de cimiento corrido B = 2.6 metros
Longitud de cimiento corrido L = 3.5 metros

SUELO - Arena arcillo limosa, de color café verdoso con vetas naranja, de consistencia blanda, baja plasticidad e índice de expansividad bajo

PARAMETROS GEOTECNICOS

Cohesión $c = 0.066 \text{ Kg/cm}^2$
Angulo de fricción $\phi = 17.461^\circ$
Peso unitario húmedo $\gamma = 1.704 \text{ Kg/cm}^3$

**Tabla 42. Capacidad Admisible de Carga del conjunto suelo cimentación
Cámara de inspección N° 7 - PR 0+294.44 – Losa corrida B= 2.60 m y L= 3.50 m**

ESTRATO	Dex (m)	Df (m)	yh1	yh2	N SPT	Nc	Cohesion	ϕ de Fricción	Modulo Es	Capacidad admisible
			g/cm ³	g/cm ³			kg/cm ²	Grados		
ARENA ARCILLO LIMOSA	2.00	2.00	1,869	1,704	8,0	6,1	0,066	17,46	115,90	1,083

- $F_s = 3$ Para carga muerta más carga viva normal

7.2.3 Cámara de inspección N° 15 - PR 0+517.39

SECCION

PR 0+517.39 - AREA DE INFLUENCIA SONDEO 4

TIPO DE CIMENTACION

Losa corrida

PARAMETROS GEOMETRICOS

Profundidad de excavación Dex = 1.8 metros
Profundidad de desplante Df = 1.8 metros
Ancho de cimiento corrido B = 2.6 metros
Longitud de cimiento corrido L = 3.5 metros

SUELO - Arena arcillosa con gravas localizados de forma dispersa, de color café amarillento con vetas café y ocre, de compacidad baja a media

PARAMETROS GEOTECNICOS

Cohesión $c = 0.129 \text{ Kg/cm}^2$
Angulo de fricción $\phi = 19.46^\circ$
Peso unitario húmedo $\gamma = 1.838 \text{ Kg/cm}^3$

**Tabla 43. Capacidad Admisible de Carga del conjunto suelo cimentación
Cámara de inspección N° 15 - PR 0+517.39 – Losa corrida B= 2.60 m y L= 3.50 m**

ESTRATO	Dex (m)	Df (m)	yh1	yh2	N SPT	Nc	Cohesion	ϕ de Fricción	Modulo Es	Capacidad admisible
			g/cm ³	g/cm ³			kg/cm ²	Grados		
ARENA ARCILLOSA CON GRAVAS	1.80	1.80	1,838	1,838	12,0	9,3	0,129	19,46	162,41	1,261

- $F_s = 3$ Para carga muerta más carga viva normal



7.2.4 Cámara de inspección N° 16 - PR 0+547.04

SECCION

PR 0+547.04 - AREA DE INFLUENCIA SONDEO 4

TIPO DE CIMENTACION

Losa corrida

PARAMETROS GEOMETRICOS

Profundidad de excavación Dex = 1.0 metros
Profundidad de desplante Df = 1.0 metros
Ancho de cimiento corrido B = 2.6 metros
Longitud de cimiento corrido L = 3.5 metros

SUELO - Arena arcillosa con gravas localizados de forma dispersa, de color cafe amarillento con vetas cafe y ocre, de compacidad baja a media

PARAMETROS GEOTECNICOS

Cohesión $c = 0.108 \text{ Kg/cm}^2$
Angulo de fricción $\phi = 18.59^\circ$
Peso unitario húmedo $\gamma = 1.838 \text{ Kg/cm}^3$

Tabla 44. Capacidad Admisible de Carga del conjunto suelo cimentación
Cámara de inspección N° 16 - PR 0+547.04 - Losa corrida B= 2.60 m y L= 3.50 m

ESTRATO	Dex (m)	Df (m)	yh1	yh2	N SPT	Nc	Cohesion	ϕ de Fricción	Modulo Es	Capacidad admisible
			g/cm ³	g/cm ³			kg/cm ²	Grados		Kg/cm ²
ARENA ARCILLOSA CON GRAVAS	1.00	1.00	1,838	1,838	10,0	7,7	0,108	18,59	139,53	0,670

- $F_s = 3$ Para carga muerta más carga viva normal

7.2.5 Cámaras de inspección N° 18 - PR 0+608.68 y N° 19 - PR 0+617.25

SECCION

PR 0+608.68 y PR 0+617.25 - AREA DE INFLUENCIA SONDEO 5

TIPO DE CIMENTACION

Losa corrida

PARAMETROS GEOMETRICOS

Profundidad de excavación Dex = 1.5 metros
Profundidad de desplante Df = 1.5 metros
Ancho de cimiento corrido B = 2.6 metros
Longitud de cimiento corrido L = 3.5 metros
Ancho de empotramiento en la roca Bs = 2.6 metros
Longitud de empotramiento en la roca Ls = 0.0 metros

ROCA - Macizo rocoso fracturado, conformado por cuarzo monzonitas de grano medio a fino, con bajo grado de meteorización ISRM II, de color gris con vetillas blancas y crema, de alta dureza y buenas características geotécnicas como estrato de soporte

PARAMETROS GEOTECNICOS

Resistencia a la compresión núcleos de roca $\sigma_i = 803.0 \text{ Kg/cm}^2$
Espaciamiento entre discontinuidades Cd = 0.33 metros
Apertura de las discontinuidades ad = 1.60 mm

Tabla 45. Capacidad Admisible de Carga del conjunto macizo rocoso cimentación
Cámaras de inspección N° 18 - PR 0+547.04 y N° 19 - PR 0+617.25 - Losa corrida B= 2.60 m y L= 3.50 m

ESTRATO	Dex (m)	Df (m)	Ls (m)	Qu (MPa)	Qad (MPa)
CUARZO MONZONITA FRACTURADA Y POCO METEORIZADA	1.50	1.50	0.00	78.78	15.72



7.2.5 Cámara de inspección N° 25 - PR 0+825.81

SECCION

PR 0+825.81 - AREA DE INFLUENCIA SONDEO 6

TIPO DE CIMENTACION

Losa corrida

PARAMETROS GEOMETRICOS

Profundidad de excavación Dex = 1.6 metros
Profundidad de desplante Df = 1.6 metros
Ancho de cimiento corrido B = 2.6 metros
Longitud de cimiento corrido L = 3.5 metros
Ancho de empotramiento en la roca Bs = 2.6 metros
Longitud de empotramiento en la roca Ls = 0.0 metros

ROCA - Macizo rocoso fracturado, conformado por cuarzo monzonitas de grano medio a fino, con bajo grado de meteorización ISRM II, de color gris con vetillas blancas y crema, de alta dureza y buenas características geotécnicas como estrato de soporte

PARAMETROS GEOTECNICOS

Resistencia a la compresión núcleos de roca $\sigma_i = 574.9 \text{ Kg/cm}^2$
Espaciamiento entre discontinuidades Cd = 0.29 metros
Apertura de las discontinuidades ad = 1.20 mm

**Tabla 46. Capacidad Admisible de Carga del conjunto macizo rocoso cimentación
Cámaras de inspección N° 25 - PR 0+825.81 - Losa corrida B= 2.60 m y L= 3.50 m**

ESTRATO	DEX (m)	Df (m)	Ls (m)	Qu (MPa)	Qad (MPa)
CUARZO MONZONITA FRACTURADA Y POCO METEORIZADA	1.60	1.60	0.00	56.40	11.72

7.3 Asentamientos esperados

Teniendo en cuenta el tipo de suelo y estructura a construir, se calcularon los asentamientos totales para una distorsión angular de 1/500; mediante el **Software SteinN Pro v3.0** el cual determina los asentamientos, debajo de una base rectangular, de acuerdo con el procedimiento DIN 4019 y teoría elástica propuesta Timoshenko y Gudier,

7.3.1 Cámaras de inspección

Tabla 47. Asentamientos esperados - Losa corrida B= 2.60 m y L= 3.50 m

SECTOR	ESTRATO	Df m	CARGA KN/m ²	GRADIENTE HIDRAULICO CRITICO	BALASTO Ksv Kg/cm ³	MODULO Ed Kg/cm ²	ASENTAMIENTO mm
CAMARA N° 7 PR 0+294.44	ARENA ARCILLO LIMOSA	2.00	234	0,80	1,116	145,4	5,68
CAMARA N° 15 PR 0+517.39	ARENA ARCILLOSA CON GRAVAS	1.80	234	0,97	1,686	185,7	4,06
CAMARA N° 16 PR 0+547.04	ARENA ARCILLOSA CON GRAVAS	1.00	234	0,97	1,405	186,8	4,72

De acuerdo a las características geotécnicas del terreno y presiones de contacto que se estiman iguales o menores a 234 KN/m², **el Asentamiento máximo esperado para una Losa corrida de ancho B=2.60 y largo L =3.50 metros, esta aproximadamente entre 4.06 y 5.68 mm**; dadas las condiciones de humedad, granulometría y plasticidad encontradas, estos asentamientos

serán de tipo elástico y se darán en gran parte durante la construcción del proyecto.

NOTA: Analizando los valores de asentamiento obtenidos, se consideran los niveles de asentamiento adecuados para el tipo y forma de la cimentación propuesta, y para las cargas estimadas que serán aplicadas al suelo. De igual manera, se puede decir que el material de soporte se comportará de manera adecuada frente a las cargas de la que será objeto debido al proyecto a desarrollarse, siempre y cuando se mantengan las condiciones de diseño establecidas en el presente estudio

7.4 Coeficientes de presión de tierras

Para calcular coeficiente de presión de tierras se obtuvo el valor de ángulo de fricción interna, de acuerdo al criterio de debilitamiento del suelo. Los valores de K_a y K_p se calcularon de acuerdo al criterio de Rankine, como lo establece la Norma Colombiana de diseño de puentes CCP-14.

Tabla 48. Coeficientes de presión de tierras

SONDEO 3					
PROF (m)	K_a	K_p	K_o	P_o KN/m	P_p KN/m
1.00	0,66	1,53	0,79	6,21	14,45
2.00	0,32	3,10	0,49	2,70	25,87
3.00					

SONDEO 4					
PROF (m)	K_a	K_p	K_o	P_o KN/m	P_p KN/m
1.00	0,52	1,94	0,68	4,67	17,50
2.00	0,44	2,27	0,61	3,99	20,65
3.00	0,40	2,52	0,57	3,61	22,86
4.00	0,31	3,22	0,47	2,82	29,28
5.00					

SONDEO 5					
PROF (m)	K_a	K_p	K_o	P_o KN/m	P_p KN/m
1.00	0,34	2,92	0,51	3,41	29,10
2.00	0,31	3,18	0,48	3,13	31,68
3.00					

SONDEO 6					
PROF (m)	K_a	K_p	K_o	P_o KN/m	P_p KN/m
1.00	0,31	3,20	0,48	2,82	28,78
2.00					



7.5 Módulo de reacción Vertical K_v y módulo de reacción Horizontal K_h

El módulo de reacción vertical (K_{sv}) y el módulo de reacción horizontal (K_{sh}) del suelo de fundación, se determinó mediante la teoría de Versic 1961 y Chadeisson para diferentes profundidades así:

Tabla 49. Módulos de reacción del suelo. $BXL = 1.00 \text{ m}^2$

PROFD (m)	SONDEO 3		SONDEO 4		SONDEO 5		SONDEO 6	
	K_v kg/cm ³	K_v kg/cm ³	K_v kg/cm ³	K_v kg/cm ³	K_v kg/cm ³	K_v kg/cm ³		
0.50	0,707	0,471	0,424	0,283	1,839	1,839	5,092	3,394
1.00	0,843	0,562	1,405	0,937	6,043	6,043	7,027	4,685
2.00	9,486	6,324	2,930	1,954	6,977	6,977		
3.00			4,018	2,679				
4.00			6,878	4,585				
5.00								

7.6 Velocidad de ondas de corte (V_s)

A velocidad de onda de corte se obtiene por correlación con el ensayo de penetración estándar (N_{SPT}) para diferentes profundidades mediante la siguiente ecuación: $V_s = 102.98 \times (N_{SPT})^{0.3438}$

Tabla 50. Velocidad de onda de corte

PROFD (m)	SONDEO 3	SONDEO 4	SONDEO 5	SONDEO 6
	V_s m/sg	V_s m/sg	V_s m/sg	V_s m/sg
0.50	164,27	137,81	228,15	323,82
1.00	174,51	208,02	343,47	361,75
2.00	360,86	267,80	360,86	
3.00		298,50		
4.00		359,09		
5.00				
PROMEDIO	233.22	254.24	310.83	342.78



7.7 Requerimientos sísmicos

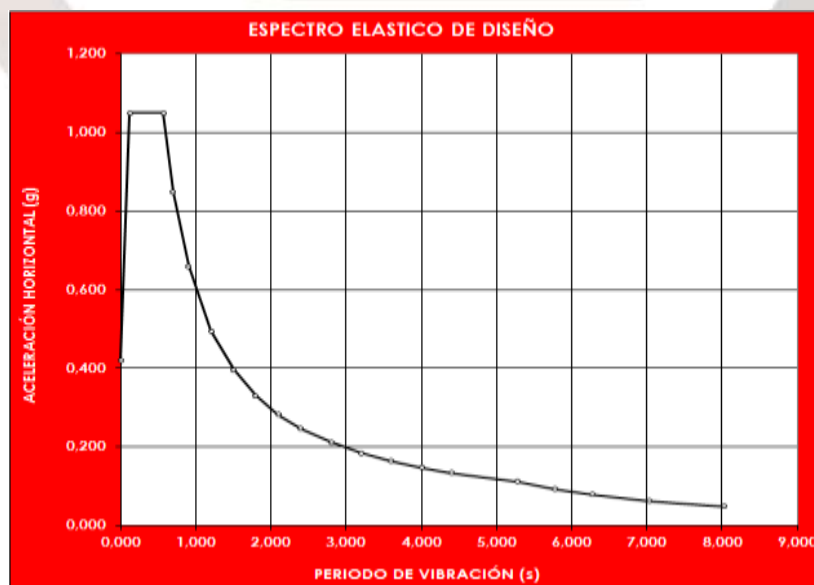
De acuerdo a la asociación Colombiana de ingeniería sísmica (*Normas Colombianas de diseño y construcción sismo resistente NSR - 2010*), complementado por la norma AIS 100-94. Se debe determinar de acuerdo al tipo de perfil de suelo los siguientes parámetros para su utilización en el diseño y construcción de la estructura:

- Perfil del suelo: C
- Coeficiente del sitio: $S_3 = 1.3$
- Coeficiente de aceleración para diseño: $A_a = 0.30$
- Coeficiente que representa la velocidad horizontal pico efectiva; $A_v = 0.20$
- Coeficiente que representa la aceleración pico efectiva reducida; $A_e = 0.07$
- Coeficiente de aceleración para el umbral de diseño: $A_d = 0.04$
- Coeficiente de amplificación para periodos cortos: $F_a = 1.20$
- Coeficiente de amplificación para periodos largos: $F_v = 2.00$
- Grupo de Uso = I
- Coeficiente de Importancia: $I_V = 1.50$
- Velocidad máxima de onda sísmica: $V = 233.22 - 310.83 \text{ m/s}$
- Capacidad de disipación de energía: (DMO) Moderada

7.7.1 Espectro elástico de diseño

Este espectro está definido para un coeficiente de amortiguamiento igual al 5% del crítico según lo contempla el NSR - 2010.

- Periodo de vibración para la zona de velocidades constantes: $T_o = 0.118 \text{ seg.}$
- Periodo de vibración para periodos cortos: $T_c = 0.566 \text{ seg.}$
- Periodo de vibración para periodos largos: $T_L = 5.280 \text{ seg.}$
- Valor del espectro de aceleraciones de diseño: $S_a(T_o) = 0.420 \text{ (m/s}^2\text{)}$
 $S_a(T_c) = 1.050 \text{ (m/s}^2\text{)}$
 $S_a(T_L) = 0.113 \text{ (m/s}^2\text{)}$





7.8 Parámetros físico mecánicos para diseño de cimentación

CAMARA N° 7 - SECCION PR 0+294,44

MATERIAL	Arena arcillo limosa, de color café verdoso con vetas naranjo, de consistencia blanda, baja plasticidad e índice de expansión bajo	PROFUNDIDAD DE EXCAVACION	2,00 m	NIVEL DE REFERENCIA	COTA 1144,4
----------	--	---------------------------	--------	---------------------	-------------

PARAMETROS MECANICOS

COHESION	6,50	KPa	0,066	Kg/cm2
RESISTENCIA A LA TENSION UNIAxIAL	0,54	KPa	0,01	Kg/cm2
RESISTENCIA A LA COMPRESION UNIAxIAL	12,84	KPa	0,131	Kg/cm2
ANGULO DE FRICCION INTERNA	17,46	Grados	17,46	Grados
CAPACIDAD ULTIMA DE CARGA	318,66	KPa	3,249	Kg/cm2
CAPACIDAD ADMISIBLE DE CARGA	106,22	KPa	1,083	Kg/cm2
MODULO DE DEFORMACION	11366,21	KPa	115,90	Kg/cm2
MODULO ESFUERZO - DEFORMACION DINAMICO	14260,0	KPa	145,4	Kg/cm2
VELOCIDAD DE ONDA SISMICA	192,19	m/seg	192,19	m/seg
COEFICIENTE DE BALASTO VERTICAL Kv	1,116	Kg/cm3	1,116	Kg/cm3
COEFICIENTE DE BALASTO HORIZONTAL Kh	0,744	Kg/cm3	0,744	Kg/cm3
PESO UNITARIO HUMEDO	16,71	KN/m3	1,704	g/cm3
GRADIENTE HIDRAULICO CRITICO	0,80		0,80	

COEFICIENTES DE PRESION DE TIERRAS

COEFICIENTE DE PRESION ACTIVA	Ka	0,54
COEFICIENTE DE PRESION PASIVA	Kp	1,86
COEFICIENTE DE PRESION EN REPOSO	Ko	0,70

PRESION DE TIERRAS

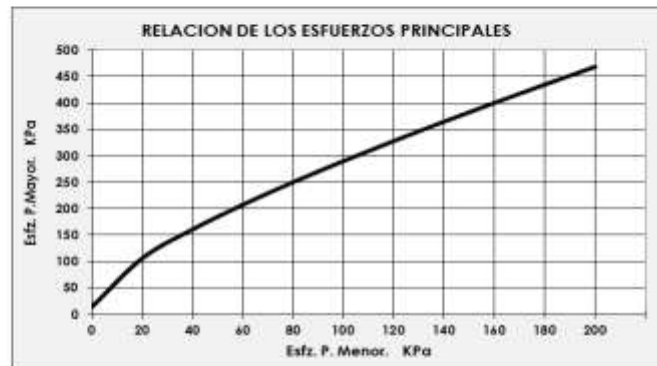
PRESION ACTIVA DE TIERRA	Pa=	4,499
PRESION PASIVA DE TIERRA	Pa=	15,521
COEFICIENTE DE POISSON	u=	0,275

ASENTAMIENTO ELASTICO DEL SUELO

$\Delta H = qBlw (1 - U^2) / Es$	0,00568	metros
----------------------------------	---------	--------

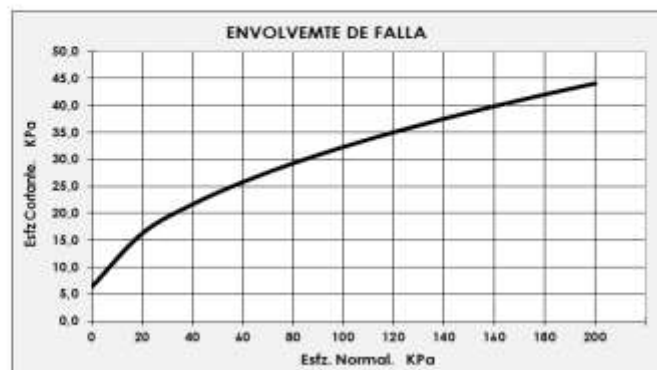
RELACION DE ESFUERZOS PRINCIPALES

Esfz. P. Menor KPa	Esfz. P. Mayor KPa
-0,54	0,00
0,00	13,89
20	105,94
40	160,74
60	207,55
80	250,19
100	290,15
120	328,21
140	364,82
160	400,29
180	434,82
200	468,56



ENVOLVENTE DE MOHR

Esfz. Normal KPa	Esfz. Cortante KPa
-15,03	0,00
0,00	6,35
20	16,25
40	21,65
60	25,79
80	29,26
100	32,30
120	35,04
140	37,55
160	39,87
180	42,04
200	44,08





CAMARA Nº 15 - SECCION PR 0+517,39

MATERIAL	arena arcillosa con gravas localizadas de forma dispersa, de color café amarillento con vetas café y ace, de compactación baja a media	PROFUNDIDAD DE EXCAVACION	1,80 m	NIVEL DE REFERENCIA	COTA 1143,3
-----------------	--	----------------------------------	--------	----------------------------	-------------

PARAMETROS MECANICOS

COHESION	12,68	KPa	0,129	Kg/cm2
RESISTENCIA A LA TENSION UNIAXIAL	1,04	KPa	0,01	Kg/cm2
RESISTENCIA A LA COMPRESION UNIAXIAL	25,04	KPa	0,255	Kg/cm2
ANGULO DE FRICCION INTERNA	19,46	Grados	19,46	Grados
CAPACIDAD ULTIMA DE CARGA	370,97	KPa	3,783	Kg/cm2
CAPACIDAD ADMISIBLE DE CARGA	123,66	KPa	1,261	Kg/cm2
MODULO DE DEFORMACION	15927,95	KPa	162,41	Kg/cm2
MODULO ESFUERZO - DEFORMACION DINAMICO	18211,3	KPa	185,7	Kg/cm2
VELOCIDAD DE ONDA SISMICA	221,47	m/seg	221,47	m/seg
COEFICIENTE DE BALASTO VERTICAL Kv	1,686	Kg/cm3	1,686	Kg/cm3
COEFICIENTE DE BALASTO HORIZONTAL Kh	1,124	Kg/cm3	1,124	Kg/cm3
PESO UNITARIO HUMEDO	18,03	KN/m3	1,838	g/cm3
GRADIENTE HIDRAULICO CRITICO	0,97		0,97	

COEFICIENTES DE PRESION DE TIERRAS

COEFICIENTE DE PRESION ACTIVA	Ka	0,50
COEFICIENTE DE PRESION PASIVA	Kp	2,00
COEFICIENTE DE PRESION EN REPOSO	Ko	0,67

PRESION DE TIERRAS

PRESION ACTIVA DE TIERRA	Pa=	4,509
PRESION PASIVA DE TIERRA	Pa=	18,025
COEFICIENTE DE POISSON	u=	0,275

ASENTAMIENTO ELASTICO DEL SUELO

$\Delta H = qBlw (1 - U^2) / Es$	0,00406	metros
----------------------------------	---------	--------

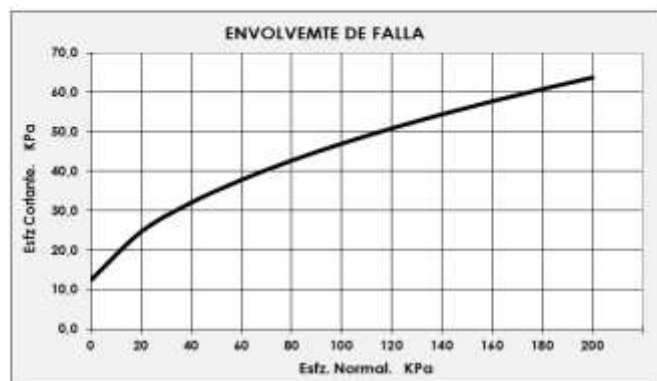
RELACION DE ESFUERZOS PRINCIPALES

Esfz. P. Menor KPa	Esfz. P. Mayor KPa
-1,04	0,00
0,00	27,08
20	141,47
40	209,64
60	266,88
80	318,37
100	366,16
120	411,31
140	454,46
160	496,01
180	536,27
200	575,43



ENVOLVENTE DE MOHR

Esfz. Normal KPa	Esfz. Cortante KPa
-29,29	0,00
0,00	12,38
20	24,59
40	32,00
60	37,78
80	42,66
100	46,96
120	50,84
140	54,39
160	57,69
180	60,78
200	63,70





CAMARA N° 16 - SECCION PR 0+547,04

MATERIAL	Arena arcillosa con gravas localizadas de forma dispersa, de color café amarillento con vetas café y ace, de compactación bajo a media	PROFUNDIDAD DE EXCAVACION	1,00 m	NIVEL DE REFERENCIA	COTA 1141,8
-----------------	--	----------------------------------	--------	----------------------------	-------------

PARAMETROS MECANICOS

COHESION	10,56	KPa	0,108	Kg/cm2
RESISTENCIA A LA TENSION UNIAXIAL	0,87	KPa	0,01	Kg/cm2
RESISTENCIA A LA COMPRESION UNIAXIAL	20,87	KPa	0,213	Kg/cm2
ANGULO DE FRICCION INTERNA	18,59	Grados	18,59	Grados
CAPACIDAD ULTIMA DE CARGA	197,27	KPa	2,011	Kg/cm2
CAPACIDAD ADMISIBLE DE CARGA	65,76	KPa	0,670	Kg/cm2
MODULO DE DEFORMACION	13684,07	KPa	139,53	Kg/cm2
MODULO ESFUERZO - DEFORMACION DINAMICO	18323,6	KPa	186,8	Kg/cm2
VELOCIDAD DE ONDA SISMICA	208,02	m/seg	208,02	m/seg
COEFICIENTE DE BALASTO VERTICAL Kv	1,405	Kg/cm3	1,405	Kg/cm3
COEFICIENTE DE BALASTO HORIZONTAL Kh	0,937	Kg/cm3	0,937	Kg/cm3
PESO UNITARIO HUMEDO	18,03	KN/m3	1,838	g/cm3
GRADIENTE HIDRAULICO CRITICO	0,97		0,97	

COEFICIENTES DE PRESION DE TIERRAS

COEFICIENTE DE PRESION ACTIVA	Ka	0,52
COEFICIENTE DE PRESION PASIVA	Kp	1,94
COEFICIENTE DE PRESION EN REPOSO	Ko	0,68

PRESION DE TIERRAS

PRESION ACTIVA DE TIERRA	Pa=	4,657
PRESION PASIVA DE TIERRA	Pa=	17,452
COEFICIENTE DE POISSON	u=	0,275

ASENTAMIENTO ELASTICO DEL SUELO

$\Delta H = qBlw (1 - U^2) / Es$	0,00472	metros
----------------------------------	---------	--------

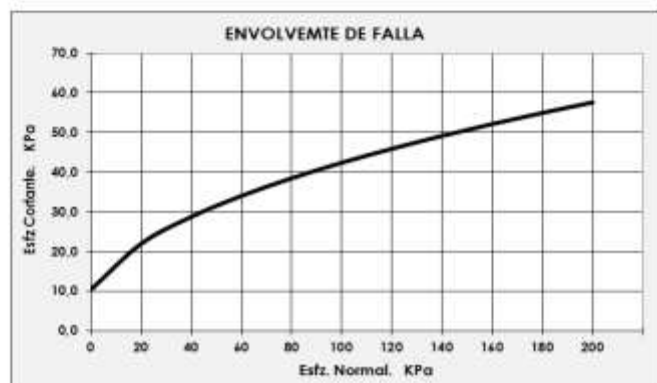
RELACION DE ESFUERZOS PRINCIPALES

Estz. P. Menor KPa	Estz. P. Mayor KPa
-0,87	0,00
0,00	22,57
20	130,43
40	194,53
60	248,58
80	297,36
100	342,76
120	385,74
140	426,88
160	466,57
180	505,07
200	542,57



ENVOLVENTE DE MOHR

Estz. Normal KPa	Estz. Cortante KPa
-24,41	0,00
0,00	10,32
20	21,89
40	28,70
60	33,99
80	38,45
100	42,36
120	45,89
140	49,13
160	52,12
180	54,93
200	57,58





SONDEO 3

MURO DE CONTENCION – PR 0+277.78 A PR 0+305.74

PARAMETROS PARA CALCULO DE LA CAPACIDAD DE SOPORTE					
σ_1 = Resistencia a la compresion de nucleos de roca	885,4			Kg/cm ²	
	86,9			MPa	
Cd = Espaciamiento entre discontinuidades	0,26			m	
ad = Apertura de las discontinuidades	1,4			mm	
B = Ancho de la cimentacion	2,00			m	
Ls = Profundidad de empotramiento en la roca	0,00			m	
Bs = Ancho de empotramiento en la roca	2,00			m	
Cd/B	0,130	CUMPLE	ad/Cd	0,0054	CUMPLE
Ksp = Coeficiente empirico	0,19				
d = Factor de profundidad	1,00				
CAPACIDAD ADMISIBLE DE CARGA			16,81	MPa	
			171,37	Kg/cm²	

SONDEO 5

CAMARAS DE INSPECCION

PARAMETROS PARA CALCULO DE LA CAPACIDAD DE SOPORTE					
σ_1 = Resistencia a la compresion de nucleos de roca	803,0			Kg/cm ²	
	78,8			MPa	
Cd = Espaciamiento entre discontinuidades	0,33			m	
ad = Apertura de las discontinuidades	1,6			mm	
B = Ancho de la cimentacion	2,60			m	
Ls = Profundidad de empotramiento en la roca	0,00			m	
Bs = Ancho de empotramiento en la roca	2,60			m	
Cd/B	0,127	CUMPLE	ad/Cd	0,0048	CUMPLE
Ksp = Coeficiente empirico	0,20				
d = Factor de profundidad	1,00				
CAPACIDAD ADMISIBLE DE CARGA			15,72	MPa	
			160,28	Kg/cm²	

SONDEO 6

CAMARAS DE INSPECCION

PARAMETROS PARA CALCULO DE LA CAPACIDAD DE SOPORTE					
σ_1 = Resistencia a la compresion de nucleos de roca	574,9			Kg/cm ²	
	56,4			MPa	
Cd = Espaciamiento entre discontinuidades	0,29			m	
ad = Apertura de las discontinuidades	1,2			mm	
B = Ancho de la cimentacion	2,60			m	
Ls = Profundidad de empotramiento en la roca	0,00			m	
Bs = Ancho de empotramiento en la roca	2,60			m	
Cd/B	0,112	CUMPLE	ad/Cd	0,0041	CUMPLE
Ksp = Coeficiente empirico	0,21				
d = Factor de profundidad	1,00				
CAPACIDAD ADMISIBLE DE CARGA			11,72	MPa	
			119,49	Kg/cm²	

8. ANALISIS DE TALUDES

En los capítulos anteriores se ha determinado la información geotécnica necesaria para realizar el análisis de estabilidad de los futuros taludes de corte requeridos para la adecuación del lote. El terreno en estudio presenta unas condiciones geométricas y morfológicas favorables, haciéndolo poco vulnerable a procesos de remociones en masa.

Además de las variables geométricas y geotécnicas, estos taludes se verán afectados por sobrecargas, cambio en el uso del suelo y aguas superficiales

TALUDES DE CORTE RECOMENDADOS SECTOR ROCAS IGNEAS	TALUDES DE CORTE RECOMENDADOS SECTOR ROCAS SEDIMENTARIAS
ALTURA MAXIMA 4.50 m	MAXIMA 3.50 m
ANGULO DE TALUD 70.0°	ANGULO DE TALUD 60.0°
TIPO DE MATERIAL SAPROLITOS ARENO ARCILLOSOS, DE COMPACIDAD BAJA A MEDIA, DISPUESTOS SOBRE Roca IGNEA METEORIZADA DE COMPACIDAD ALTA	TIPO DE MATERIAL ARENAS ARCILLOSAS CON GRAVAS DE COMPACIDAD BAJA A MEDIA Y ARENAS GRAVO ARCILLOSAS DE COMPACIDAD MEDIA - ALTA

De acuerdo a lo anterior, se realizara un análisis de estabilidad para unas condiciones estáticas y pseudoestáticas.

8.1 Análisis estático y pseudoestático de estabilidad de los taludes actuales

El análisis de la estabilidad de un talud es un proceso de tanteos, con suposiciones de las condiciones más críticas que en un momento dado se pueden presentar. Para este caso en particular se evalúa el factor de seguridad mediante un programa de cálculo basado en el método equilibrio estático de **BISHOP SIMPLIFICADO** y el método original de equilibrio dinámico de **JAMBU**, con el propósito de conocer la probabilidad de falla del talud y así poder brindar una solución óptima.

$$Fsd = \frac{\sum [w \tan \phi + c_d l \cos \alpha] + [\cos^2 \alpha (1 + \tan \alpha \times \tan \phi + F_d)]}{\sum \left[w \tan \alpha + \frac{a_{max}}{g} w \right]}$$

Para las condiciones de análisis de los taludes, suponemos dos condiciones a evaluar; una condición actual que corresponde a un talud parcialmente saturado con una aceleración de 0.20g y una condición probable, con un talud totalmente saturado con sobrecargas y una aceleración de 0.20 g



8.2 TALUD DE CORTE PROPUESTO – SECTOR ROCAS IGNEAS

Tabla 51 – Parámetros resistentes del suelo

ESTRATO	DENSIDAD gr/cm ³	COHESION Kg/cm ²	ANGULO DE FRICCION
SAPROLITO - ARENA ARCILLOSA CON GRAVAS DISPERSAS, DE COLOR CAFE AMARILLENTO CON VETAS NARANJA, DE BAJA COMPRESIBILIDAD Y COMPACIDAD BAJA A MEDIA	1.838	0.517	23.64°
ROCA IGNEA METEORIZADA ISRM III, DE COLOR GRIS CON VETAS OCRE Y PUNTOS PERLADOS, DE BAJA COMPRESIBILIDAD, COMPACIDAD ALTA	2.031	0.976	31.72°

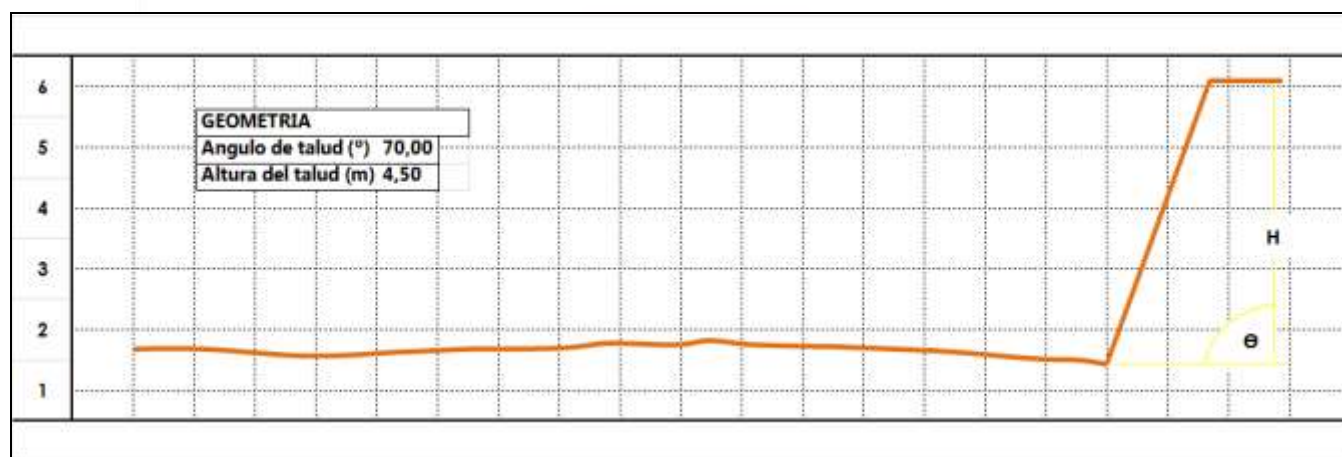


FIGURA 11 – GEOMETRÍA RECOMENDADA PARA TALUDES DE CORTE – SECTOR ROCAS IGNEAS

8.3 TALUD DE CORTE PROPUESTO – SECTOR ROCAS SEDIMENTARIAS

Tabla 52 – Parámetros resistentes del suelo

ESTRATO	DENSIDAD gr/cm ³	COHESION Kg/cm ²	ANGULO DE FRICCION
ARENA ARCILLOSA CON GRAVILLAS, DE COLOR CAFE CON VETAS CREMA Y PUNTOS BLANCOS, DE MODERADA COMPRESIBILIDAD Y CONSISTENCIA MEDIA A SEMIDURA	1.849	0.163	19.34°
ARENA LIMOSA CON GRAVAS, DE COLOR CAFE PALIDO CON VETAS GRISES Y PUNTOS BLANCOS, DE BAJA COMPRESIBILIDAD Y COMPACIDAD MEDIA	1.826	0.076	23.96°

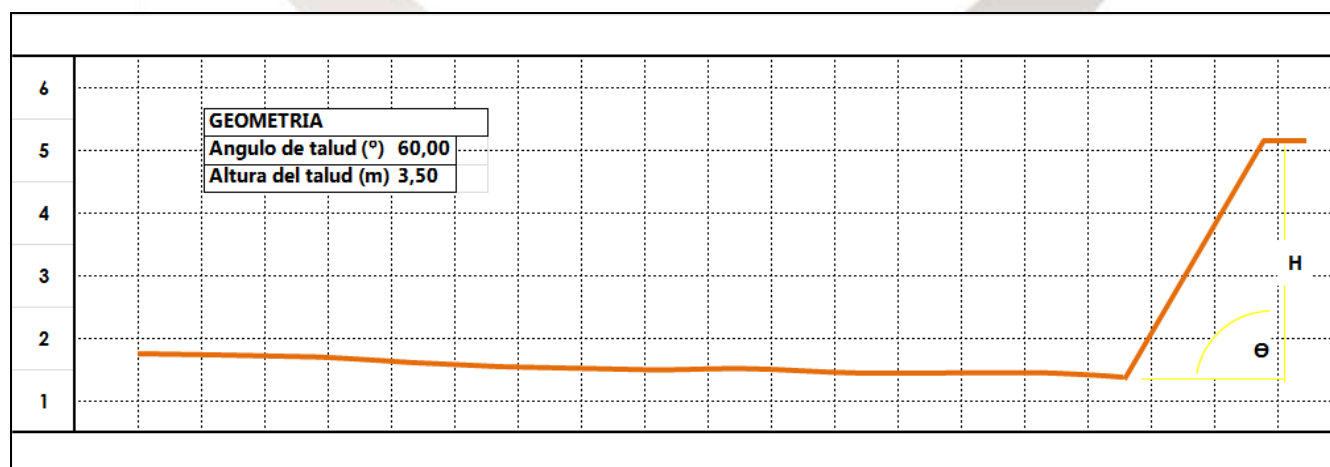


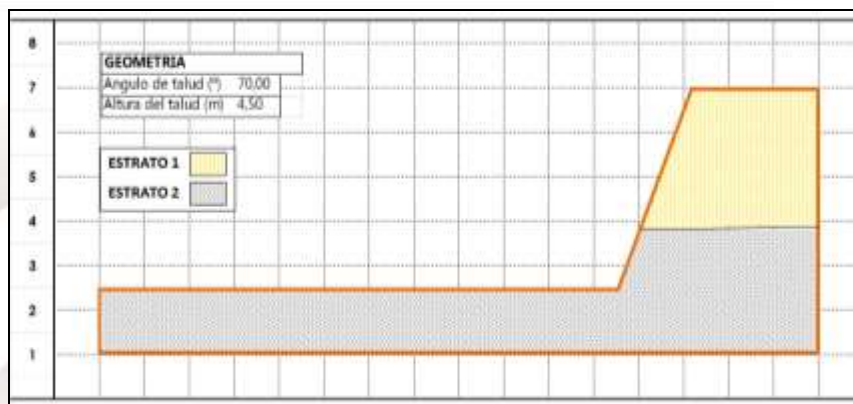
FIGURA 12 – GEOMETRÍA RECOMENDADA PARA TALUDES DE CORTE – SECTOR ROCAS SEDIMENTARIAS



8.4 Análisis determinístico para condiciones estáticas

Talud de corte propuesto – sector rocas igneas

DATOS	
GEOMETRIA	
Ángulo de talud (°)	70,00
Altura del talud (m)	4,50
PARAMETROS GEOLOGICO - GEOTECNICOS	
Estrato (E1) Arena arcillosa	
Espesor (m)	3,25
Ángulo de fricción (°)	23,64
Cohesion (kPa)	50,70
Peso unitario (kN/m³)	18,00
Estrato (E2) Roca ignea meteorizada	
Espesor (m)	2,10
Ángulo de fricción (°)	31,72
Cohesion (kPa)	95,72
Peso unitario (kN/m³)	20,07
CARGA EN TALUD	
Carga distribuida (kN/m)	0,0
Distancia del borde (m)	0,0
Anchura de la carga (m)	0,0
AGUA EN EL TALUD	
Nivel @ lado izqdo. (x=0) (m)	0,0
Nivel @ lado dcho. (m)	0,0
SISMICA	
ix (ax/g)	0,00
ky (ay/g)	0,00



RESULTADOS	
FACTOR DE SEGURIDAD	2,11
SUPERFICIE DE DESLIZAMIENTO	
Centro (m;m)	0,70 ; 2,32
Radio (m)	2,41

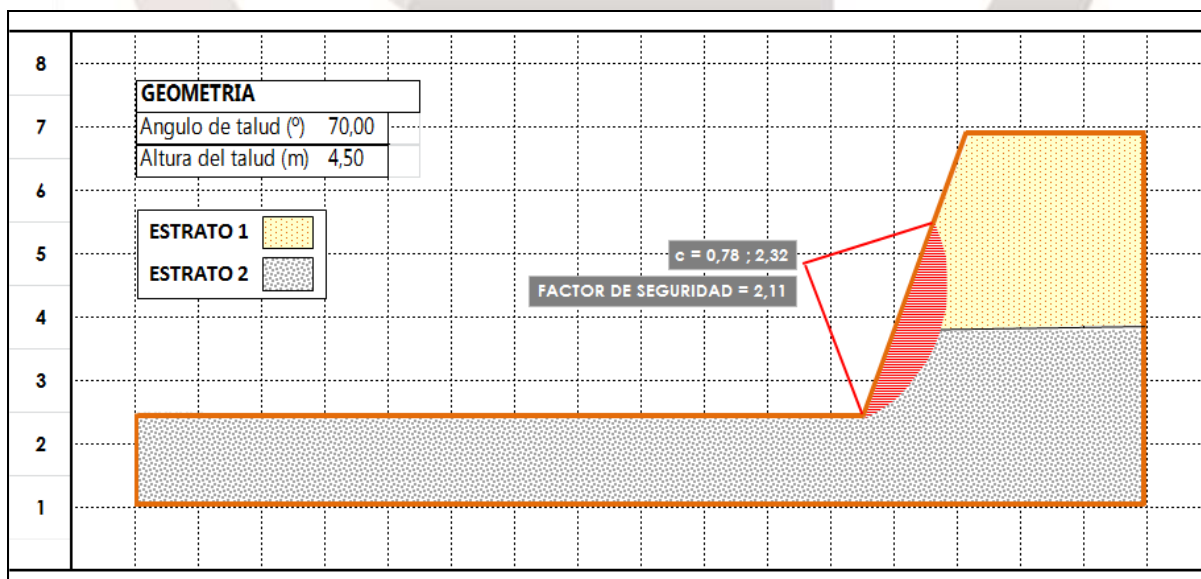


FIGURA 13 – TALUD DE CORTE – SECTOR ROCAS IGNEAS



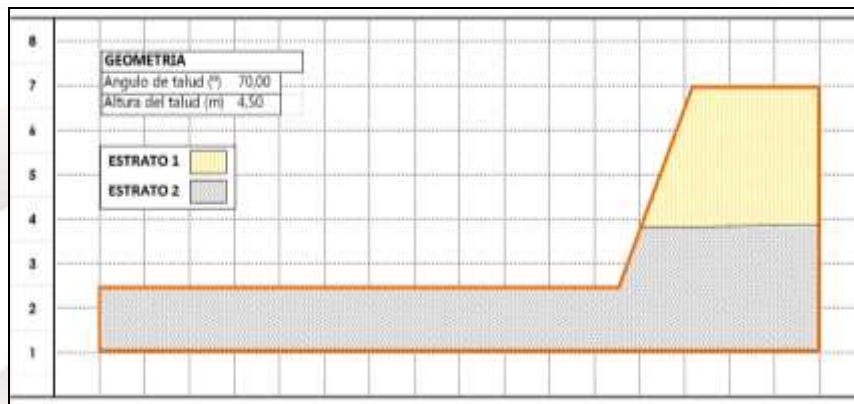
Rebanada N° (>)	Superficie (m ²)	Peso incl Carga, Sísmica (kN)	Incl. Base (°)	Empujando Fuerza (Kn)	Resistiendo Fuerza (Kn)	Sustentacion Agua Fuerza (Kn)
Rebanada # 1	0.2598	5.3	-13.41	-1229	351295	0.0
Rebanada # 2	27029	55139	-11.03	-10554	539479	0.0
Rebanada # 3	64924	132445	-8.25	-19012	594554	0.0
Rebanada # 4	100565	205154	-5.49	-19633	645254	0.0
Rebanada # 5	133993	273346	-2.74	-13079	692.2	0.0
Rebanada # 6	16523	337069	0.0	0.0	735894	0.0
Rebanada # 7	194283	396338	2.74	18965	776757	0.0
Rebanada # 8	221146	451137	5.49	43173	815136	0.0
Rebanada # 9	245794	501.42	8.25	71978	851326	0.0
Rebanada # 10	268189	547107	11.03	104716	885576	0.0
Rebanada # 11	288275	588081	13.84	140699	918097	0.0
Rebanada # 12	305974	624187	16.68	179206	949073	0.0
Rebanada # 13	321187	655222	19.57	219472	978658	0.0
Rebanada # 14	333787	680926	22.51	260668	1006986	0.0
Rebanada # 15	343614	700973	25.51	301889	1034166	0.0
Rebanada # 16	350464	714947	28.59	342126	1060.29	0.0
Rebanada # 17	49356	100687	30.37	50912	150606	0.0
Rebanada # 18	316333	645.32	32.12	343123	995036	0.0
Rebanada # 19	289371	590317	35.23	340.49	968838	0.0
Rebanada # 20	259048	528457	38.45	328637	939274	0.0
Rebanada # 21	224902	458.8	41.83	306.01	905364	0.0
Rebanada # 22	186307	380066	45.41	270641	865673	0.0
Rebanada # 23	142372	290439	49.22	219928	817974	0.0
Rebanada # 24	91761	187193	53.36	150203	758554	0.0
Rebanada # 25	32292	65876	57.96	55839	680572	0.0
SUMA		10115947		3685168	19916637	



8.5 Análisis determinístico para condiciones pseudoestáticas

Talud de corte propuesto – sector rocas igneas

DATOS	
GEOMETRIA	
Ángulo de talud (°)	70,00
Altura del talud (m)	4,50
PARAMETROS GEOLOGICO - GEOTECNICOS	
Estrato (E1)	Arcilla limo arenosa
Espesor (m)	3,25
Ángulo de fricción (°)	23,64
Cohesion (kPa)	50,70
Peso unitario (kN/m ³)	18,00
Estrato (E2)	Arena arcillo limosa
Espesor (m)	2,10
Ángulo de fricción (°)	31,72
Cohesion (kPa)	95,72
Peso unitario (kN/m ³)	20,07
CARGA EN TALUD	
Carga distribuida (kN/m)	0,0
Distancia del borde (m)	0,0
Anchura de la carga (m)	0,0
AGUA EN EL TALUD	
Nivel @ lado izqdo. (x=0) (m)	0,0
Nivel @ lado dcho. (m)	0,0
SISMICA	
kx (ax/g)	0,30
ky (ay/g)	0,20



RESULTADOS	
FACTOR DE SEGURIDAD	1,58
SUPERFICIE DE DESLIZAMIENTO	
Centro (m;m)	0,69 ; 2,71
Radio (m)	2,52

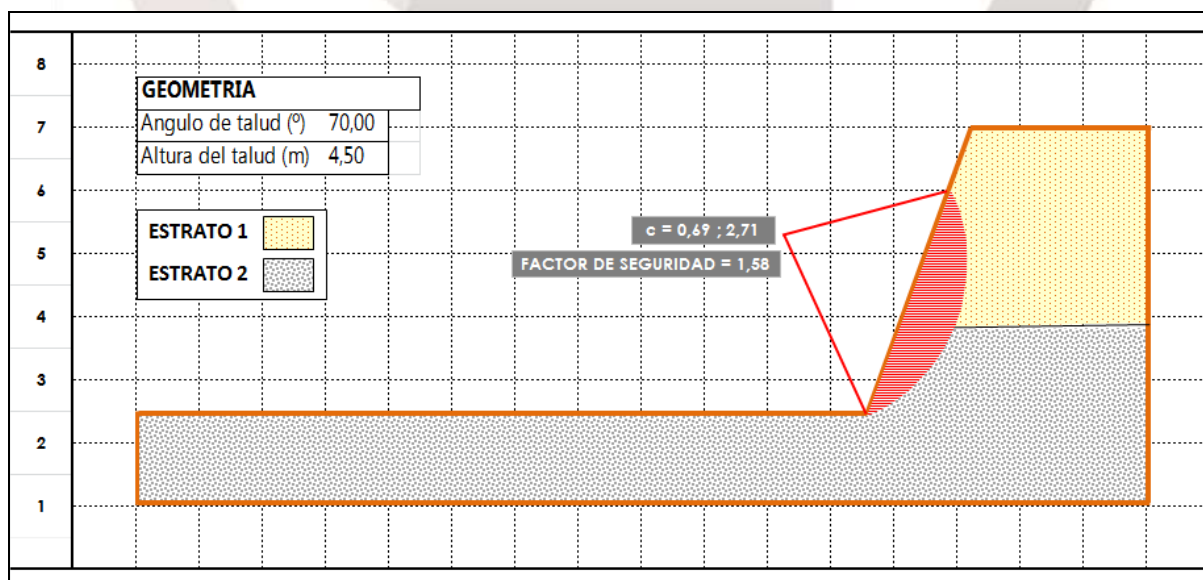


FIGURA 14 – TALUD DE CORTE – SECTOR ROCAS IGNEAS



Rebanada N° (>)	Superficie (m ²)	Peso incl Carga, Sísmica (kN)	Incl. Base (°)	Empujando Fuerza (Kn)	Resistiendo Fuerza (Kn)	Sustentacion Agua Fuerza (Kn)
Rebanada # 1	13192	26568	-25.37	-11383	558342	0.0
Rebanada # 2	38097	76727	-25.37	-32875	630.26	0.0
Rebanada # 3	60277	121399	-25.37	-52015	694.31	0.0
Rebanada # 4	8013	161382	-25.37	-69146	751638	0.0
Rebanada # 5	97941	197253	-25.37	-84515	803069	0.0
Rebanada # 6	113923	229442	-25.37	-98307	849222	0.0
Rebanada # 7	128241	258276	-23.67	-103676	841286	0.0
Rebanada # 8	141018	284011	-20.58	-99844	798001	0.0
Rebanada # 9	152355	306844	-17.56	-92571	761725	0.0
Rebanada # 10	162329	326.93	-14.59	-82329	730511	0.0
Rebanada # 11	170999	344393	-11.65	-69556	703062	0.0
Rebanada # 12	178413	359323	-8.75	-54656	678475	0.0
Rebanada # 13	184603	371791	-5.87	-38016	656097	0.0
Rebanada # 14	189594	381843	-3.0	-20006	635441	0.0
Rebanada # 15	16151	325282	-0.38	-2154	515925	0.681
Rebanada # 16	163481	329.25	2.01	11543	502263	1705
Rebanada # 17	16476	331827	4.4	25464	489678	2051
Rebanada # 18	165344	333003	6.8	39434	478.02	1715
Rebanada # 19	165223	332.76	9.21	53275	467168	0.688
Rebanada # 20	194431	391585	11.87	80522	538854	0.0
Rebanada # 21	192034	386756	14.77	98616	523108	0.0
Rebanada # 22	188369	379376	17.72	115457	507466	0.0
Rebanada # 23	179261	361032	20.69	127562	482727	0.0
Rebanada # 24	170074	342528	23.7	137684	463338	0.0
Rebanada # 25	159456	7340345	26.78	3307602	5057372	0.0
Rebanada # 26	137478	12520798	29.84	6229479	8370495	0.0
Rebanada # 27	125601	12496878	32.87	6783.14	8304271	0.0
Rebanada # 28	112229	12469947	36.02	7332935	8259439	0.0
Rebanada # 29	97182	12439642	39.3	7878247	8237905	0.0
Rebanada # 30	80218	12405477	42.73	8418327	8242771	0.0
Rebanada # 31	61006	12366784	46.38	8952239	8278964	0.0
Rebanada # 32	39068	12322602	50.28	9478733	8354422	0.0
Rebanada # 33	13674	12271457	54.55	9996.1	8482571	0.0
SUMA		113593.5		68155.31	86648195	



8.6 Análisis determinístico para condiciones estáticas

Talud de corte propuesto – sector rocas sedimentarias

DATOS

GEOMETRIA

Ángulo de talud (°)	60,00
Altura del talud (m)	3,50

PARAMETROS GEOLOGICO - GEOTECNICOS

Estrato (E1)	Arena arcillosa con gravas
Espesor (m)	2,25
Ángulo de fricción (°)	19,34
Cohesion (kPa)	15,99
Peso unitario (kN/m ³)	18,13
Estrato (E2)	Arena limosa con gravas
Espesor (m)	1,40
Ángulo de fricción (°)	23,96
Cohesion (kPa)	7,45
Peso unitario (kN/m ³)	17,91

CARGA EN TALUD

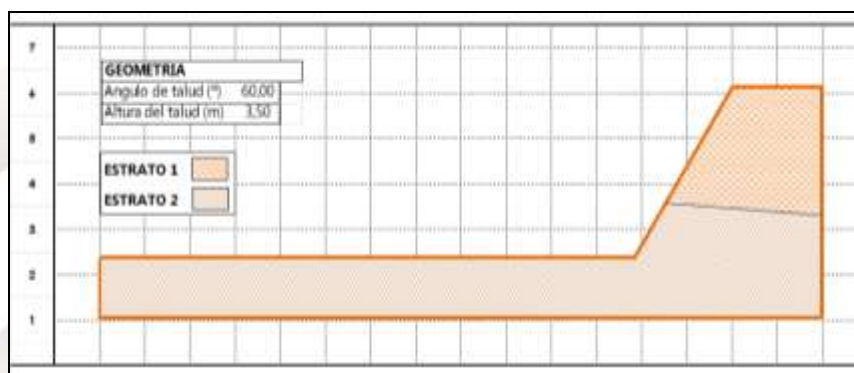
Carga distribuida (kN/m)	0,0
Distancia del borde (m)	0,0
Anchura de la carga (m)	0,0

AGUA EN EL TALUD

Nivel @ lado izqdo. (x=0) (m)	0,0
Nivel @ lado dcho. (m)	0,0

SISMICA

kx (ax/g)	0,00
ky (ay/g)	0,00



RESULTADOS

FACTOR DE SEGURIDAD	2,39
----------------------------	-------------

SUPERFICIE DE DESLIZAMIENTO

Centro (m;m)	1,12 ; 2,53
Radio (m)	2,75

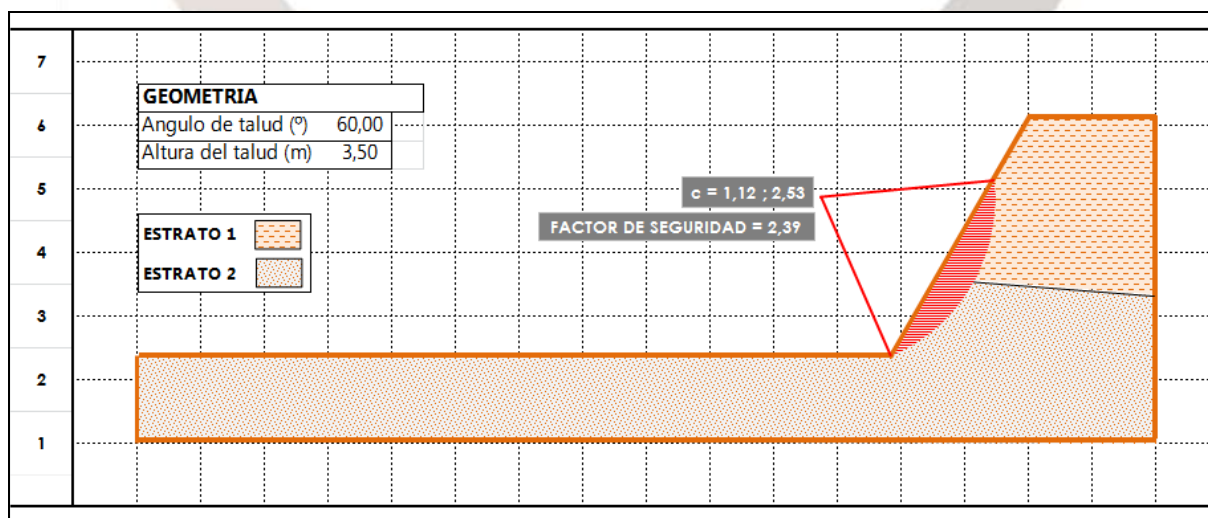


FIGURA 15 – TALUD DE CORTE – SECTOR ROCAS SEDIMENTARIAS



Rebanada N° (->)	Superficie (m ²)	Peso incl Carga, Sísmica (kN)	Incl. Base (°)	Empujando Fuerza (Kn)	Resistiendo Fuerza (Kn)	Sustentación Agua Fuerza (Kn)
Rebanada # 1	2.68	54.7	-14.39	-13592	677868	0.0
Rebanada # 2	78752	160732	-11.4	-31762	756207	0.0
Rebanada # 3	127455	260136	-8.44	-38169	827057	0.0
Rebanada # 4	172998	353089	-5.5	-33843	891.61	0.0
Rebanada # 5	21544	439713	-2.58	-19773	950809	0.0
Rebanada # 6	254814	520076	0.34	3074	1005414	0.0
Rebanada # 7	29113	594196	3.26	33744	1056038	0.0
Rebanada # 8	324372	662044	6.18	71281	1103188	0.0
Rebanada # 9	354502	723539	9.12	114715	1147281	0.0
Rebanada # 10	381454	778548	12.09	163049	1188661	0.0
Rebanada # 11	405133	826877	15.09	215243	1227617	0.0
Rebanada # 12	425413	868267	18.13	270198	1264387	0.0
Rebanada # 13	442125	902377	21.23	326.73	1299163	0.0
Rebanada # 14	455056	928769	24.39	383549	1332098	0.0
Rebanada # 15	46393	946881	27.64	439218	1363303	0.0
Rebanada # 16	468392	955989	30.98	492099	1392847	0.0
Rebanada # 17	467981	955.15	34.45	540.29	1420739	0.0
Rebanada # 18	462085	943116	38.07	581501	1446918	0.0
Rebanada # 19	55659	113601	40.15	73.25	178482	0.0
Rebanada # 20	387928	791762	42.17	531553	1301.26	0.0
Rebanada # 21	339903	693741	45.86	497868	1256028	0.0
Rebanada # 22	284977	581638	49.82	444363	1202313	0.0
Rebanada # 23	221309	451691	54.13	366032	1135983	0.0
Rebanada # 24	145792	297561	58.96	254957	1049202	0.0
Rebanada # 25	52288	106.72	64.62	96423	924148	0.0
SUMA		14910913		5761999	27398617	



8.7 Análisis determinístico para condiciones pseudoestáticas

Talud de corte propuesto – sector rocas sedimentarias

DATOS

GEOMETRIA

Angulo de talud (°)	60,00
Altura del talud (m)	3,50

PARAMETROS GEOLOGICO - GEOTECNICOS

Estrato (E1)	Arena arcillosa con gravas
Espesor (m)	2,25
Angulo de fricción (°)	19,34
Cohesion (kPa)	15,99
Peso unitario (kN/m ³)	18,13
Estrato (E2)	Arena limosa con gravas
Espesor (m)	1,40
Angulo de fricción (°)	23,96
Cohesion (kPa)	7,45
Peso unitario (kN/m ³)	17,91

CARGA EN TALUD

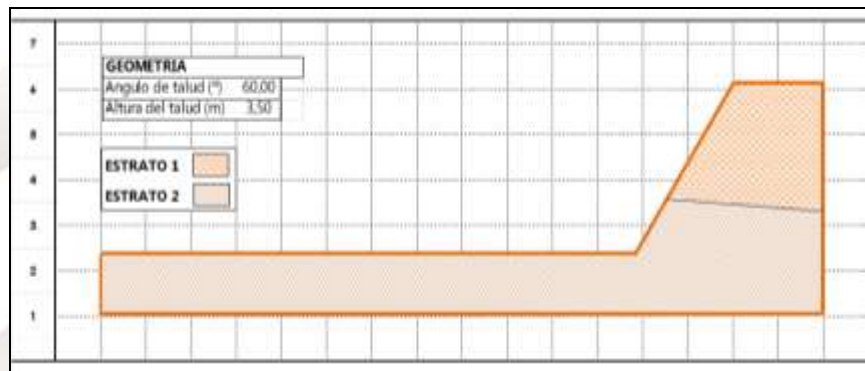
Carga distribuida (kN/m)	0,0
Distancia del borde (m)	0,0
Anchura de la carga (m)	0,0

AGUA EN EL TALUD

Nivel @ lado izqdo. (x=0) (m)	0,0
Nivel @ lado dcho. (m)	0,0

SISMICA

kx (ax/g)	0,30
ky (ay/g)	0,20



RESULTADOS

FACTOR DE SEGURIDAD 1,71

SUPERFICIE DE DESLIZAMIENTO

Centro (m;m)	1,18 ; 2,67
Radio (m)	2,91

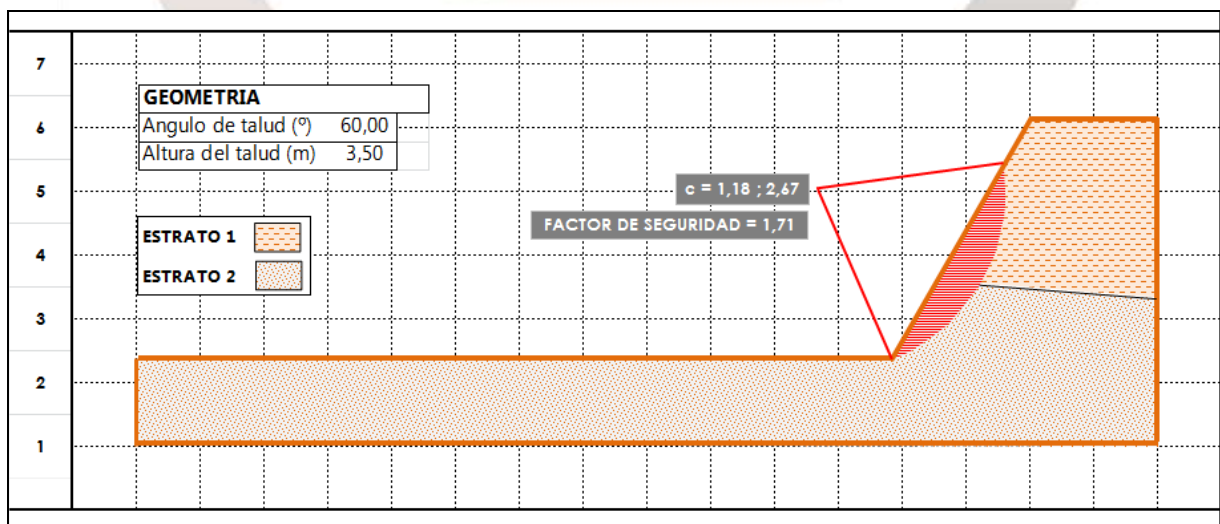


FIGURA 16 – TALUD DE CORTE – SECTOR ROCAS SEDIMENTARIAS



Rebanada N° (>)	Superficie (m ²)	Peso incl Carga, Sísmica (kN)	Incl. Base (°)	Empujando Fuerza (Kn)	Resistiendo Fuerza (Kn)	Sustentacion Agua Fuerza (Kn)
Rebanada # 1	11846	23906	-25.42	-10262	500737	0.0
Rebanada # 2	34272	69.16	-25.42	-29687	563699	0.0
Rebanada # 3	54364	109707	-25.42	-47092	620111	0.0
Rebanada # 4	72468	146241	-25.42	-62774	670939	0.0
Rebanada # 5	88832	179263	-25.42	-76949	716881	0.0
Rebanada # 6	103641	209147	-25.42	-89776	758458	0.0
Rebanada # 7	117036	236179	-24.94	-99581	783719	0.0
Rebanada # 8	12913	260584	-21.93	-97302	746109	0.0
Rebanada # 9	140007	282534	-18.98	-91873	714643	0.0
Rebanada # 10	149737	302169	-16.08	-83686	687641	0.0
Rebanada # 11	158374	319598	-13.22	-73101	663982	0.0
Rebanada # 12	16596	334906	-10.4	-60453	642882	0.0
Rebanada # 13	172526	348158	-7.6	-46056	623772	0.0
Rebanada # 14	178098	359402	-4.82	-30213	606232	0.0
Rebanada # 15	18269	368668	-2.05	-13215	589936	0.0
Rebanada # 16	186311	375975	0.71	4653	574.63	0.0
Rebanada # 17	188962	381325	3.47	23106	560.11	0.0
Rebanada # 18	190638	384708	6.25	41862	546203	0.0
Rebanada # 19	191328	386101	9.03	60632	532765	0.0
Rebanada # 20	191012	385462	11.84	79119	519669	0.0
Rebanada # 21	189661	382736	14.68	97016	506798	0.0
Rebanada # 22	187239	377848	17.56	113998	494042	0.0
Rebanada # 23	183697	370701	20.48	129719	481292	0.0
Rebanada # 24	141511	285.57	23.15	112269	371603	0.0
Rebanada # 25	13578	274003	25.56	118212	360.54	0.0
Rebanada # 26	129386	261102	28.02	122643	349.36	0.0
Rebanada # 27	122287	246776	30.53	125362	337988	0.0
Rebanada # 28	145302	293.22	33.49	161805	416686	0.0
Rebanada # 29	130558	8122.03	36.94	4881362	5540564	0.0
Rebanada # 30	113789	10656009	40.56	6928494	7216953	0.0
Rebanada # 31	94657	10617399	44.38	7425876	7241844	0.0
Rebanada # 32	72673	10573035	48.47	7915444	7303172	0.0
Rebanada # 33	47087	10521404	52.93	8395349	7413156	0.0
Rebanada # 34	1664	10459962	57.92	8862.85	7594.53	0.0



8.8. Resultados del análisis de Taludes

Para las condiciones geotecnicas, hidrogeológicas, de sobrecarga y geométricas propuestas, para los taludes recomendados para el proyecto conjunto campestre Villa Juliana; los resultados del análisis estatico y pseudoestatico realizado, método de Bishop y Jambu (Capítulo 8.4 – 8.5 – 8.6 – 8.7), se obtienen factores de seguridad mayores a 1.50 para condiciones estáticas y mayores a 1.10 para condiciones pseudoestaticas probables, cumpliendo con el factor de seguridad mínimo requerido por la Norma Colombiana Sismo Resistente NCSR 2010

Tabla 53. Resultados del análisis de estabilidad de los taludes de corte propuestos

FACTOR DE SEGURIDAD						
SECTOR	CONDICIONES ESTATICAS			CONDICIONES PSEUDOESTATICAS		
	FS	NORMA NCSR 2010	VERIFICACION	FS	NORMA NCSR 2010	VERIFICACION
ROCAS IGNEAS	2.39	> 1.50	CUMPLE	1.71	> 1.10	CUMPLE
ROCAS SEDIMENTARIAS	2.11	> 1.50	CUMPLE	1.58	> 1.10	CUMPLE
PROMEDIO	2.25	ESTABLE		1.65	ESTABLE	

- De acuerdo a lo anterior se recomienda que los taludes de corte requeridos, sean cortados con la geometría propuesta en las figuras 11 y 12, de modo que se garantice la estabilidad global del área.
- En los sectores donde la orientación de las discontinuidades sea desfavorable con respecto a la orientación del talud; se recomienda que la cara expuesta del talud, sea estabilizada de manera idónea, y su diseño obedecerá a las condiciones de cada sitio en particular



9. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

9.1 Características geológico geotécnicas

De acuerdo a los registros estratigráficos obtenidos en los sondeos y al levantamiento geológico realizado en campo, el tramo en estudio se dividió en Dos (2) sectores geológicamente homogéneos, tal como se describe a continuación:

9.1.1 SECTOR 1 (PR 0+000 A PR 0+280) – Rocas Sedimentarias. se confirman la presencia de un depósito aluvial no consolidado de hasta 4.00 metros de espesor, perteneciente a la terraza aluvial del Rio Tejo (Qal); conformado por secuencia de arenas arcillosas y arenas limo arcillosas con gravas de compacidad baja a media; de pobres a regulares características como suelo de soporte. Este depósito está dispuesto sobre Rocas sedimentarias "blandas" pertenecientes a la Formación Algodonal (Tpa), constituidas por una alternancia de arenitas arcillosas y conglomerados, de baja compresibilidad, compacidad media a alta y de buenas características como suelo de soporte, debido a su bajo contenido de humedad y estado no plástico

9.1.2 SECTOR 2 (PR 0+280 A PR 0+850) – Rocas Ígneas. De acuerdo a los registros estratigráficos obtenidos en los sondeos y al levantamiento geológico realizado en campo, se confirma que en este sector, la presencia de suelos residuales cohesivo friccionantes de origen ígneo típicos de la Formación Complejo Ígneo Intrusivo Extrusivo (Jci), conformado por saprolitos areno arcillosas con gravillas de baja compresibilidad y compacidad media; los cuales están dispuestos sobre un sustrato rocoso de alta resistencia a la penetración, el cual no permitió la realización de ensayos SPT; por consiguiente el avance se realizó a rotación con recuperación de testigos continuos de roca, con los cuales se pudo identificar un macizo rocoso conformado por cuarzo monzonitas fracturadas, poco meteorizadas (ISRM II) y con un RQD promedio de 65% atributos que permiten definir un macizo rocoso con permeabilidad secundaria baja y de buena condición geomecánica según la clasificación Deere.

En general las capas que componen el perfil de suelos del tramo en estudio, presentan buena continuidad lateral, es decir, es fácil identificar un mismo estrato en diferentes perforaciones, por lo tanto se pueden establecer condiciones de uniformidad en gran parte del área de estudio.



9.2 Procesos geomorfológicos y remoción de masas

En general el tramo en estudio **NO PRESENTA AMENAZAS DE TIPO GEOLOGICO - GEMORFOLOGICO E HIDROGEOLOGICO** que puedan limitar su uso para el desarrollo de la obra civil proyectada.

De acuerdo con la inspección del área en estudio, en algunos sectores se observaron procesos erosivos superficiales leves a moderados, tipo erosión laminar producto de las aguas de escorrentía; mientras que en la mayor parte del tramo, en los sectores con presencia de sustrato rocoso, de pendiente moderada a fuerte y que presentan cobertura vegetal, no se evidenciaron este tipo de procesos, puesto que las características intrínsecas de los materiales encontrados son factores que determinan una adecuada estabilidad

El tramo en estudio, en general presenta una pendiente moderada a fuerte, con formas escarpadas y sinuosas, con poca probabilidad de ocurrencia de movimientos en masa, por lo que está consultoría recomienda realizar una adecuada intervención del terreno, procurando minimizar los cortes y estabilizando de manera idónea los taludes que se puedan formar, con el fin de mantener baja la posibilidad de eventos de remoción en masa.

De acuerdo con las necesidades del proyecto, la conveniencia del lugar cumple ampliamente con los requisitos geotécnicos, para la ejecución de este

9.3. Actividad tecnogénica.

No existen evidencias de actividad tecnogénica por acción de aguas infiltradas residuales, que ocasionen cambios en el estado de esfuerzos y las condiciones hidrogeológicas del terreno en estudio.

9.4. Análisis regresivo

Este análisis no fue necesario pues no se observaron cicatrices de deslizamiento y hundimientos, así como amenazas de tipo geológico en el área de estudio.

No se reportan para el sector analizado fallas geológicas que puedan afectar o tener incidencia en el proyecto a realizar.



9.5 Capacidad de soporte

9.5.1 Sector 1 (PR 0+000 A PR 0+280) – Rocas Sedimentarias

Tabla 51. Capacidad Admisible de Carga del conjunto suelo cimentación
Muro de contención PR 0+073 A PR 0+094.5 - Zapata corrida B= 2.00 m y L= 1.00 m

ESTRATATO	D _{EX} (m)	D _f (m)	yh1	yh2	N SPT	N _c	Cohesion	Φ de Fricción	Modulo Es	Capacidad admisible
			g/cm ³	g/cm ³			kg/cm ²	Grados		
ARENA ARCILLOSA CON GRAVILLAS	3.00	1.00	1,838	1,903	34,0	25,5	0,222	26,99	417,76	2,369

- F_s= 3 Para carga muerta más carga viva normal

Tabla 52. Capacidad Admisible de Carga del conjunto suelo cimentación
Estructura de protección en L, PR 0+094.5 A PR 0+277.78 – Losa corrida B= 2.00 m y L= 1.00 m

ESTRATATO	D _{EX} (m)	D _f (m)	yh1	yh2	N SPT	N _c	Cohesion	Φ de Fricción	Modulo Es	Capacidad admisible
			g/cm ³	g/cm ³			kg/cm ²	Grados		
ARENA ARCILLOSA	1.50	1.50	1,849	1,849	7,0	5,4	0,079	15,48	104,36	0,792

- F_s= 3 Para carga muerta más carga viva normal

Tabla 53. Capacidad Admisible de Carga del conjunto suelo cimentación
Cámara de inspección N° 1 - PR 0+039.39 – Losa corrida B= 2.60 m y L= 3.50 m

ESTRATATO	D _{EX} (m)	D _f (m)	yh1	yh2	N SPT	N _c	Cohesion	Φ de Fricción	Modulo Es	Capacidad admisible
			g/cm ³	g/cm ³			kg/cm ²	Grados		
ARENA LIMO ARCILLOSA	3.00	3.00	1,843	1,826	11,0	8,4	0,044	21,41	149,19	1,995

- F_s= 3 Para carga muerta más carga viva normal

Tabla 54. Capacidad Admisible de Carga del conjunto suelo cimentación
Cámara de inspección N° 2 - PR 0+082.43 – Losa corrida B= 2.60 m y L= 3.50 m

ESTRATATO	D _{EX} (m)	D _f (m)	yh1	yh2	N SPT	N _c	Cohesion	Φ de Fricción	Modulo Es	Capacidad admisible
			g/cm ³	g/cm ³			kg/cm ²	Grados		
ARENA LIMO ARCILLOSA	3.00	3.00	1,847	1,826	9,0	6,9	0,036	20,57	127,34	1,806

- F_s= 3 Para carga muerta más carga viva normal

9.5.2 Sector 2 (PR 0+280 A PR 0+850) – Rocas Ígneas

Tabla 55. Capacidad Admisible de Carga del conjunto macizo rocoso cimentación
Muro de contención PR 0+277.78 A PR 0+305.74 - Zapata corrida B= 2.00 m y L= 1.00 m

ESTRATATO	D _{EX} (m)	D _f (m)	L _s (m)	Q _u (MPa)	Q _{ad} (MPa)
CUARZO MONZONITA FRACTURADA Y POCO METEORIZADA	2.00	2.00	0.00	86,85	16.81

Tabla 56. Capacidad Admisible de Carga del conjunto suelo cimentación
Cámara de inspección N° 7 - PR 0+294.44 – Losa corrida B= 2.60 m y L= 3.50 m

ESTRATATO	D _{EX} (m)	D _f (m)	yh1	yh2	N SPT	N _c	Cohesion	Φ de Fricción	Modulo Es	Capacidad admisible
			g/cm ³	g/cm ³			kg/cm ²	Grados		
ARENA ARCILLO LIMOSA	2.00	2.00	1,869	1,704	8,0	6,1	0,066	17,46	115,90	1,083

- F_s= 3 Para carga muerta más carga viva normal



Tabla 57. Capacidad Admisible de Carga del conjunto suelo cimentación
Cámara de inspección N° 15 - PR 0+517.39 – Losa corrida B= 2.60 m y L= 3.50 m

ESTRATO	DEX (m)	Df (m)	yh1	yh2	N SPT	Nc	Cohesion	Φ de Fricción	Modulo Es	Capacidad admisible
			g/cm ³	g/cm ³			kg/cm ²	Grados		
ARENA ARCILLOSA CON GRAVAS	1.80	1.80	1,838	1,838	12,0	9,3	0,129	19,46	162,41	1,261

- Fs.= 3 Para carga muerta más carga viva normal

Tabla 58. Capacidad Admisible de Carga del conjunto suelo cimentación
Cámara de inspección N° 16 - PR 0+547.04 – Losa corrida B= 2.60 m y L= 3.50 m

ESTRATO	DEX (m)	Df (m)	yh1	yh2	N SPT	Nc	Cohesion	Φ de Fricción	Modulo Es	Capacidad admisible
			g/cm ³	g/cm ³			kg/cm ²	Grados		
ARENA ARCILLOSA CON GRAVAS	1.00	1.00	1,838	1,838	10,0	7,7	0,108	18,59	139,53	0,670

- Fs.= 3 Para carga muerta más carga viva normal

Tabla 59. Capacidad Admisible de Carga del conjunto macizo rocoso cimentación
Cámaras de inspección N° 18 - PR 0+547.04 y N° 19 – PR0+617.25 - Losa corrida B= 2.60 m y L= 3.50 m

ESTRATO	DEX (m)	Df (m)	Ls (m)	Qu (MPa)	Qad (MPa)
CUARZO MONZONITA FRACTURADA Y POCO METEORIZADA	1.50	1.50	0.00	78.78	15.72

Tabla 60. Capacidad Admisible de Carga del conjunto macizo rocoso cimentación
Cámaras de inspección N° 25 - PR 0+825.81 - Losa corrida B= 2.60 m y L= 3.50 m

ESTRATO	DEX (m)	Df (m)	Ls (m)	Qu (MPa)	Qad (MPa)
CUARZO MONZONITA FRACTURADA Y POCO METEORIZADA	1.60	1.60	0.00	56.40	11.72

NOTA - Los valores de la capacidad de soporte del conjunto suelo cimentación pueden variar, en función del tipo de cimentación a construir, su geometría y la profundidad de desplante Df

- Los resultados de los análisis de capacidad de soporte y asentamientos se consideran admisibles para las estructuras a construir, sin embargo. conocidas las características de resistencia del suelo de fundación; el ingeniero estructural es quien definirá el tipo y geometría de la cimentación, de acuerdo con sus solicitudes de carga y teniendo en cuenta la capacidad de soporte presentada y los asentamientos calculados.
- La cimentación de la construcción, debe contar con rigidez suficiente para soportar efectos sísmicos, posibles excentricidades y asentamientos diferenciales.
- Por efecto de cargas de intensidad variable y corta duración, como son las originadas en los movimientos sísmicos no producirán asentamientos significativos, pero puede provocar falla por rotura de la base si se excede la capacidad de soporte del suelo.



- Si el suelo propuesto para desplantar las fundaciones de estructuras como las cámaras de inspección, no se encuentra en el nivel especificado, las excavaciones deben continuarse hasta encontrarlo y las sobre excavaciones se reemplazarán por pedraplenes de modo que toda la cimentación quede a un mismo nivel

9.6 Recomendaciones para el diseño y construcción

Antes de iniciar la construcción se deberá realizar un inventario de todas las construcciones actuales colindantes, incluyendo las redes de servicios y vías, con el fin de verificar su estado actual. Este aspecto debe dar lugar a un acta y debe incluir, ilustraciones fotográficas con grietas, desplomes y cualquier anomalía que se detecte.

□ Taludes y pendientes.

- Llegado el caso de requerir excavaciones que impliquen taludes y pendientes de corte, se recomienda construirlos con la geometría del diseño propuesto en el capítulo 8.2 y 8.3 - figuras 11 y 12
- Para los taludes de corte con altura mayores a 4.50 metros, se recomienda la construcción de muros de contención en concreto reforzado, de modo que se garantice la estabilidad global del área
- Las dimensiones, geometría y características de estos muros estará dado por calculista estructural.
- Se debe contar con la infraestructura y equipos adecuados para la contención temporal de las paredes y vaciado de los muros de contención que se requieran

□ Rellenos.

- Los materiales de escombros y orgánicos provenientes de las zonas superiores de las excavaciones no podrán utilizarse en los rellenos compactos y terraplenes estructurales
- Se recomienda que al llegar a la cota de fundación se debe compactar el terreno durante 30 min con equipo de compactación adecuado el área de cimentación, para darle mayor consolidación al terreno
- Las capas suelo encontradas no cumplen la norma para ser utilizados como material de préstamo; por lo tanto en caso de rellenos se debe utilizar recibos granulares que cumplan con el artículo 610 o 220 de la NORMA INVIAS 2022



- Cuando se coloque relleno sobre cualquier tipo de suelo existente, este debe escarificarse lo suficientemente para obtener una adherencia perfecta entre el suelo y el relleno. Se debe tomar las precauciones necesarias para que el método de construcción adoptado no cause esfuerzos indebidos a ninguna estructura y para evitar deslizamientos del relleno sobre el terreno donde se coloquen.
- Al colocar la capa de mejoramiento con piedras o rajón, estas deben distribuirse cuidadosamente y los intersticios entre ellos deben llenarse con material más fino, tendiendo a formar una capa densa y compacta, donde en los últimos centímetros no deben colocarse ni piedras, ni terrones que se rompan fácilmente.

▣ **Excavaciones.**

- Para el manejo de la excavaciones, se recomienda seguir la GUIA DE TRABAJO SEGURO EN EXCAVACIONES DEL MINISTERIO DEL TRABAJO
- La altura máxima o crítica posible del terreno sin contención, que es también la máxima profundidad posible de la grietas, se encuentra dada por la expresión $H_{critica} = 2C_u/Yt$, por lo que se recomienda no exceder altura mayores a 1.06 metros sin entibación con el fin de evitar inestabilidad en el terreno.
- Las excavaciones de las cimentaciones pueden realizarse manualmente y no se prevé la necesidad de recurrir a entibados hasta una profundidad de **$H_{critica} = 1.06$ metros**. sin embargo, se recomienda el entibado en toda la profundidad de la excavación, si se observa algún tipo de falla en el perfil estratigráfico, de la misma forma se recomienda una vez realizada la excavación simultáneamente se debe construir la cimentación con el fin de evitar el fenómeno de rebote en el fondo de la excavación, asimismo, es importante que el tiempo de exposición al medio ambiente sea mínimo para garantizar que no cambian las condiciones de resistencia porque de lo contrario se reducen de forma apreciable estos parámetros y se pueden generar desprendimientos.
- Asimismo, recomendamos que los materiales excavados deberán evacuarse rápidamente y no se permitirá su almacenamiento temporal a una distancia menor de **0.5H** con respecto a obras cerca de las excavaciones, donde se deberá dejar previstos drenajes en la parte superior con el fin de evitar futuras inestabilidades.

- En caso que las excavaciones para la cimentación, alcancen profundidades por debajo del nivel de cimentación de las estructuras vecinas; a la cimentación de las mismas, se deberá realizar una submuración, consistente en columnetas de concreto con su respectiva base, de modo que el cimientado de las estructuras vecinas quede transmitiendo las cargas a nivel del plano de excavación de la edificación a construir.
- Del volumen total de excavación se recomienda utilizar los porcentajes de tipo de material definidos en el estudio de suelos, derivados de la inspección directa y los sondeos realizados, como base para el cálculo de las cantidades de excavación y disposición final de material.

Tipo de material	% Recomendado para definir cantidades de excavación en el tramo del proyecto.
Tramos distintos a la Roca	
Material común	75%
Conglomerado	20%
Excavación bajo agua	5%

El diseñador establecerá los porcentajes para tener en cuenta en el proceso constructivo donde se establezca la actividad manual y/o mecánica considerando la dificultad que presenta el trazado en algunos tramos, dado el relieve y los difíciles accesos.

Tipo de material	% Recomendado para definir cantidades de excavación en el tramo del proyecto.
Tramos en Roca	
Roca	100%

El diseñador establecerá los porcentajes de uso dentro del proceso constructivo que se requiera (uso de explosivo, cemento expansivo, equipos mecánicos especializados entre otros).

En estos casos se recomienda que el constructor cuente con el acompañamiento de un profesional especializado en geotecnia.



- Es previsible que las estructuras vecinas sufran asentamientos inducidos por el proyecto a construir, razón por la cual debe realizarse un seguimiento durante la etapa de construcción de la edificación, lo anterior con el fin de poder subsanar cualquier daño
- La excavación requerida para la fundación del box y del canal, se realizará sobre suelos areno limosos de consistencia suelta y fluidificada; por lo tanto los taludes de las excavaciones temporales requeridas deberán ser sostenidos con entibación metálica tipo escudos.
- Durante el avance en las excavaciones y cuando se llegue a los niveles de cimentación, se debe chequear el fondo de las mismas con el objeto de comprobar las condiciones del subsuelo y analizar si se requiere algún ajuste en la profundidad. De particular importancia, dado el origen de la formación, verificar que no existan bolsas de material compresible dentro del material de cimentación y en caso de presentarse deben ser reemplazadas por pedraplenes de por lo menos 0.60 metros de espesor
- Se recomienda que en la construcción, de los muros, se realice en tramos alternos de máximo 6.0 metros, con el fin de evitar falla o rebote de fondo, debido al alivio que se genera sobre el suelo por la excavación
- Se deberá garantizar una buena continuidad entre las etapas de excavación y construcción, debiendo transcurrir el mínimo tiempo posible entre la apertura de la excavación y la construcción del mejoramiento.
- En caso de lluvias durante las excavaciones se deberá comprobar la idoneidad del piso de la misma y verificar nuevamente su capacidad de soporte.

□ **Drenaje superficial.**

- El constructor deberá ejecutar todas las obras provisionales y trabajos que sean necesarios para desaguar y proteger contra inundaciones la zona de construcción.
- Se recomienda implementar un sistema obras de drenaje complementarias, con el fin garantizar el drenaje aguas lluvias y servidas a sistemas de disposición final, el cual deberá quedar alejado de las zonas de terraza y pendientes fuertes; esto con el fin de evitar filtraciones que



produzcan reducción de la capacidad portante del terreno y se generen asentamientos considerables o deslizamientos por la saturación

- Para la construcción de las obras proyectadas, deben garantizar que no se presenten infiltraciones en el suelo, para evitar problemas con la saturación del mismo o acumulación de aguas que pueden generar la inestabilidad del suelo del sitio.
- También se recomienda la impermeabilización temporal de los taludes o zanjas, mediante telas plásticas o materiales similares como medida para disminuir el potencial de erosión e infiltración del agua.

□ **Drenaje subsuperficial.**

- Si el nivel freático se encuentra por encima del fondo de la excavación, el nivel del agua debe reducirse por lo menos hasta el fondo de la misma, pero preferiblemente hasta 0,20 m por debajo de esta. Para esto pueden usarse diferentes técnicas dependiendo de la naturaleza del material.
- Para suelos arenosos o limosos, se recomienda utilizar un Sistema de Predrenaje; este sistema provoca el descenso de potencial hidráulico hasta una cota que permita la ejecución de la excavación bajo condiciones practicables y en condiciones de estabilidad y seguridad, tanto para la obra como para las estructuras colindantes. Para ello deberá ser diseñado e implementado un sistema de bombeo, generalmente basado en una red de pozos de drenaje, conectados a una tubería y una bomba, el espaciamiento de dichos pozos y la profundidad a la cual deben ser instalados dependen del nivel freático y la permeabilidad del suelo. Con este método se pretende que la excavación se realice en seco.
- Para excavaciones en suelos arcillosos o en roca, se recomienda un Sistema de bombeo abierto superficial; Este sistema recoge el agua cuyo flujo es permitido hacia la excavación, por medio de zanjas más o menos efectivas, se conduce a puntos de recogida. Estos puntos de recogida, debidamente diseñados, habitualmente son ubicados en una cota sensiblemente inferior a la que es el objetivo de la excavación. En su interior será colocada una bomba de achique, encargada de elevar el agua hasta el punto de vertido.
- No se permite la descarga de estas aguas a las vías, conexiones de aguas lluvias y de infiltración a los alcantarillados sanitarios, ni el descargue de aguas residuales dentro de los alcantarillados de aguas lluvias.



- Cuando el agua no pueda mantenerse por debajo del fondo de la zanja se deben realizar sub-drenes, cuya profundidad depende de la cantidad de agua en la zanja, con agregado de un solo tamaño ($\frac{3}{4}$ " (19 mm) – 1" (25 mm)) totalmente cubiertos en geotextil. Si aun así el agua no puede mantenerse por debajo del fondo de la zanja se debe usar un geotextil alrededor del lecho, y si es necesario en el área de la tubería, para evitar que se contamine con el material nativo. Se debe utilizar grava o piedra triturada para el lecho y el relleno.
- Los sistemas de drenaje implementados, no debe ser retirados hasta que la tubería haya sido cubierta lo suficiente para evitar su flotación

9.7 Especificaciones de Construcción

Las especificaciones para todos los ítems de construcción en el proyecto, ya sea la construcción de la estructura, la construcción de las losas de concreto o de cualquier obra civil, deberán cumplir con las normas y especificaciones generales de construcción del Instituto Nacional de Vías (NORMA INVIAS 2022).

9.7.1 Materiales de cantera.

Los materiales a utilizar en el proyecto, tanto para la construcción de las capas que conforman la estructura para el pavimento o las obras civiles necesarias que se ejecuten, serán obtenidos de las canteras más cercanas a la obra; estos agregados deberán cumplir con las especificaciones técnicas de construcción, así:

- **Material para rellenos estructurales.** Para los afirmados y terraplenes que sean necesarios construir, se usara preferencialmente el material de cantera clasificado pasa 3". Este material debe cumplir con las siguientes especificaciones:

Granulometría	Gradación según Tabla 220-1 Norma INVIAS 2013
Límite líquido	< 30%
Índice de Plasticidad	< 10 %
CBR	< 10 %
Desgaste	Despreciable al pasar del estado seco al húmedo
Contenido de materia orgánica	0.0 %
Compactación	Dm = 95% núcleos y 100% corona
Expansión en CBR	0.0 %

Se programarán densidades de campo cada 50 metros de tramo y un Proctor Modificado por cada 500 m³ instalados.



- **Materiales de base granular y sub base granular.**

Los materiales deben cumplir con las especificaciones establecidas en la norma INVIAS Artículo 320/2022 sub base granular y Artículo 330/2022 base granular; adelantando chequeos de materiales y controles de compactación como lo establece esta misma norma

9.7.2 Material de mezcla hidráulicas.

Para las mezclas de concreto hidráulicos, deberá usarse gravilla triturada o gravilla seleccionada de Río o de Peña, estos materiales deberán cumplir con las especificaciones INVIAS Artículo 430/2022; la resistencia a la compresión será la que garantice el M_r de diseño, previa comprobación mediante diseño de concreto hidráulico y permanente control con rotura de cilindros.

Las anteriores recomendaciones están basadas en las condiciones de suelos halladas en la presente investigación. Sin embargo, es de frecuente ocurrencia en trabajos de este tipo el encontrar durante la etapa de cimentación, variaciones locales ó circunstancias no previstas que hagan necesario adoptar decisiones alternas. Por lo tanto, cualquier cambio con relación a lo encontrado y consignado en el presente estudio, deberá informarse oportunamente al ingeniero responsable del mismo, a fin de introducir las modificaciones que sean del caso.

Lo expuesto anteriormente se debe a que se está caracterizando un material que, por su naturaleza, es un medio discontinuo. multifase, particulado y de calidad no controlada.

Observación: Los datos, conclusiones y/o recomendaciones aquí reportadas corresponden únicamente a la(s) muestra(s) analizada(s) y no deben ser reproducidas en forma parcial sin la debida autorización de GEOTEC

Atentamente

ALDEMAR SALCEDO TORRES

Msc EN GEOTECNIA Y CIMENTACIONES
ESP EN INGENIERIA DE PAVIMENTOS
M.P. 15217-091719 de Boyacá



DEPARTAMENTO DE GEOTECNIA
Y LABORATORIO DE MATERIALES

ESTUDIO GEOTÉCNICO

CONTINUACION INTERCEPTOR RIO TEJO DESDE LA
DESCARGA ACTUAL PLAZA DE FERIAS HASTA 850 METROS
AGUAS ABAJO SOBRE EL CORREDOR RIO TEJO, DE LA
CIUDAD DE OCAÑA - NORTE DE SANTANDER

ESTUDIO GEOTECNICO

CONTINUACION INTERCEPTOR RIO TEJO DESDE LA
DESCARGA ACTUAL PLAZA DE FERIAS HASTA 850
METROS AGUAS ABAJO SOBRE EL CORREDOR RIO TEJO,
DE LA CIUDAD DE OCAÑA - NORTE DE SANTANDER

PERFIL ESTRATIGRAFICO



DEPARTAMENTO DE GEOTECNIA
Y LABORATORIO DE MATERIALES

ESTUDIO GEOTÉCNICO

CONTINUACION INTERCEPTOR RIO TEJO DESDE LA
DESCARGA ACTUAL PLAZA DE FERIAS HASTA 850 METROS
AGUAS ABAJO SOBRE EL CORREDOR RIO TEJO, DE LA
CIUDAD DE OCAÑA - NORTE DE SANTANDER

SONDEO SD - 1		CODIGO GEOTEC - P069		PROFUNDIDAD : 6,00 m		LOCALIZACION : K 6+010 (8.2653° N/ 73.35966° W) LADO DERECHO AGUAS ABAJO				SOLICITO : INGENIERO WILIAN RELEÑO				FECHA : AGOSTO 28/2025				
PERFIL	CAPA	ESPESOR mts.	DESCRIPCION	PROPIEDADES FISICAS				CLASIFICACIÓN		PROPIEDADES MECANICAS						PENETRACIÓN ESTANDAR		
				FINOS %	γ_s gr/cm³	P_{max} Kg/cm²	IP %	USC	ASCHO	E_s Kg/cm²	K_{sv} Kg/cm²	K_{sh} Kg/cm²	Cohesion Kg/cm²	Fricción Grados	RCU Kg/cm²	NUMERO DE GOLPES		
1.00	1	2.20	Arenita arcillosa con algunas gravillas dispersas, de color café con vetas crema y puntos blancos, consistencia media a semidura, de moderada plasticidad e índice de expansividad bajo; de regulares características como suelo de soporte, debido a su contenido de humedad y estado plástico (interacción fluido-partícula)	41.27	1.849	0.164	15.19	SC	A-6(0)	186.39	1.980	1.320	0.156	18.74	0.308	5	8	6
										128.07	1.265	0.843	0.100	16.48	0.197	6	5	4
										172.82	1.814	1.209	0.143	18.24	0.283	4	6	7
3.00	2	1.85	Arena limosa con gravas dispersas, de color café palido con vetas grises y puntos blancos, de compactidad media, de baja plasticidad e índice de expansividad bajo. De regulares características como suelo de soporte debido a su baja deformabilidad y granulometría	15.39	1.826	0.051	6.30	SMD	A-2-4(0)	149.19	1.023	0.682	0.043	21.41	0.085	6	6	5
										459.63	4.878	3.252	0.143	27.98	0.283	12	17	20
5.00	3	1.95	Arenita arcillosa con algunas gravillas, de color beis con vetas grises y pardas, de alta compactidad, baja deformabilidad, baja plasticidad e índice de expansividad bajo, de buenas características como suelo de soporte debido a su bajo contenido de humedad y estado no plástico	24.59	1.903	0.377	12.13	SC	A-2-6(1)	673.73	7.237	4.825	0.340	30.09	0.671	23	25	28
										828.28	8.676	5.784	0.408	33.76	0.804	30	31	33

NIVEL FREATICO

SE ENCONTRO A -3,90 METROS

CONDICIONES ESPECIALES DE SUELO

Arenas arcillosas con gravas de baja compactidad, dispuestas sobre arenas arcillosas de baja compresibilidad y compactidad media - alta

TIPO DE PERFORACION

MECANICO CON ENSAYOS SPT

OBSERVACIONES

Geológicamente el área corresponde a una terraza aluvial reciente (Qa), dispuesta sobre suelos cohesivos tacionales, pertenecientes a la Formación Algodonal (Pa)



DEPARTAMENTO DE GEOTECNIA
Y LABORATORIO DE MATERIALES

PERFIL ESTRATIGRAFICO Y REGISTRO DE PERFORACION
CONTINUACION INTERCEPTOR RIO TEJO DESDE LA DESCARGA ACTUAL PLAZA DE FERIAS HASTA 850 METROS AGUAS ABAJO
SOBRE EL CORREDOR RIO TEJO, DE LA CIUDAD DE OCAÑA - NORTE DE SANTANDER

Barrio Villa Paraíso Ocaña - Norte de Santander / Colombia
Tel: 3144927433 - 3024107818 - 3177269240
geotecminas@hotmail.com

Barrio Villa Paraíso Ocaña - Norte de Santander / Colombia

Tel: 3144527622 - 3024107818 - 3177269240

geotecminas@hotmail.com



DEPARTAMENTO DE GEOTECNIA
Y LABORATORIO DE MATERIALES

ESTUDIO GEOTÉCNICO

CONTINUACION INTERCEPTOR RIO TEJO DESDE LA
DESCARGA ACTUAL PLAZA DE FERIAS HASTA 850 METROS
AGUAS ABAJO SOBRE EL CORREDOR RIO TEJO, DE LA
CIUDAD DE OCAÑA - NORTE DE SANTANDER

SONDEO		SD - 2	CODIGO GEOTEC - P069		PROFUNDIDAD : 6,00 m	LOCALIZACION : K 0+114 (B.26428° N/ 73.35973° W) LADO DERECHO AGUAS ABAJO				SOLICITO : INGENIERO WILIAN BELEÑO				FECHA : AGOSTO 26/2025					
PERFIL	CAPA	ESPESOR mts.	DESCRIPCION	PROPIEDADES FISICAS						PROPIEDADES MECANICAS						PENETRACIÓN ESTANDAR			
				FINOS %	γ_s gr/cm ³	P_{em} kg/cm ²	LP %	CLASIFICACIÓN		E_s kg/cm ²	K_{sv} kg/cm ²	K_{sh} kg/cm ²	Cohesion kg/cm ²	Fricción Grados	σ_{cu} kg/cm ²	NUMERO DE GOLPES			
									USC	ASCHO							6"	12"	18"
1.00	1	1.80	Arenita arcillosa con algunas gravillas dispersas, de color café con vetas crema y puntos blancos, consistencia blanda a media, de moderada plasticidad e indice de expansividad bajo; de pobres a regulares caracteristicas como suelo de soporte, debido a su contenido de humedad y estado plastico (interaccion fluido-particula)	41.27	1.849	0.164	15.19	SC	A-6(0)	55.16	0.424	0.283	0.033	13.22	0.066	1	1	2	
										104.94	0.984	0.656	0.078	15.50	0.153	2	4	3	
										127.34	0.837	0.558	0.035	20.57	0.070	4	4	5	
2.00	NF																		
3.00	2	1.80	Arena limosa con gravas dispersas, de color café palido con vetas grises y puntos blancos, de compactad media, de baja plasticidad e indice de expansividad bajo. De regulares caracteristicas como suelo de soporte debido a su baja deformabilidad y granulometria	15.39	1.826	0.051	6.30	SMd	A-2-4(0)	205.85	1.533	1.022	0.062	23.34	0.123	6	7	9	
										358.10	3.250	2.166	0.187	25.48	0.370	12	13	16	
4.00	3	2.40	Arenita arcillosa con algunas gravillas, de color beis con vetas grises y pardas, de alta compactad, baja deformabilidad, baja plasticidad e indice de expansividad bajo, de buenas caracteristicas como suelo de soporte debido a su bajo contenido de humedad, y estado no plastico	24.59	1.903	0.377	12.13	SC	A-2-6(1)	417.76	4.643	3.095	0.218	26.99	0.430	17	16	18	
										598.61	6.507	4.338	0.306	31.01	0.603	20	23	25	
5.00																			
6.00																			
NIVEL FREATICO		SE ENCONTRA A -2,10 METROS		CONDICIONES ESPECIALES DE SUELO: Arenas arcillosas con gravas de baja compactad, dispuestas sobre arenas arcillosas de baja compresibilidad y compactad media - alta															
TIPO DE PERFORACION		MECANICO CON ENSAYOS SPT		OBSERVACIONES: Geológicamente el area corresponde a una terraza aluvial reciente (Qal), dispuesta sobre suelas cohesivas frías, pertenecientes a la Formación Algodora (Pa)															



DEPARTAMENTO DE GEOTECNIA
Y LABORATORIO DE MATERIALES

PERFIL ESTRATIGRAFICO Y REGISTRO DE PERFORACION
CONTINUACION INTERCEPTOR RIO TEJO DESDE LA DESCARGA ACTUAL PLAZA DE FERIAS HASTA 850 METROS AGUAS ABAJO
SOBRE EL CORREDOR RIO TEJO, DE LA CIUDAD DE OCAÑA - NORTE DE SANTANDER

Barrio Villa Paraíso Ocaña - Norte de Santander / Colombia
Tel: 3164527622 - 3024107818 - 3177269240
geotecminas@hotmail.com

Barrio Villa Paraíso Ocaña - Norte de Santander / Colombia

Tel: 3164527622 - 3024107818 - 3177269240

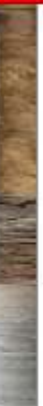
geotecminas@hotmail.com



DEPARTAMENTO DE GEOTECNIA
Y LABORATORIO DE MATERIALES

ESTUDIO GEOTÉCNICO

CONTINUACION INTERCEPTOR RIO TEJO DESDE LA
DESCARGA ACTUAL PLAZA DE FERIAS HASTA 850 METROS
AGUAS ABAJO SOBRE EL CORREDOR RIO TEJO, DE LA
CIUDAD DE OCAÑA - NORTE DE SANTANDER

SONDEO SD - 3		CODIGO GEOTEC - P069		PROFUNDIDAD : 3,00 m		LOCALIZACION : K 0+293 (L 26488° N/ 73.3594° W) LADO DERECHO AGUAS ABAJO				SOLICITO : INGENIERO WILIAN BELEÑO				FECHA : AGOSTO 30/2023				
PERFIL	CAPA	ESPESOR mts.	DESCRIPCION	PROPIEDADES FISICAS						PROPIEDADES MECANICAS						PENETRACION ESTANDAR		
				FINOS %	γ_s gr/cm ³	P_{em} kg/cm ²	I P %	CLASIFICACION		E_s kg/cm ²	K_{sv} kg/cm ²	Cohesion kg/cm ²	ϕ Fricción Grados	σ_{cu} kg/cm ²	σ_{qd} %	NUMERO DE GOLPES		
								USC	ASCHO							4"	12"	18"
	1	1.45	Arcilla arenosa, de color cafe amarillento con vetas grises y ocre, de moderada compresibilidad, consistencia blanda a media, de moderada plasticidad e indice de expansividad medio; de pobres caracteristicas como suelo de soporte, debido a su alto contenido de humedad y estado plastico (interaccion fluido-particula)	58.04	1.932	0.188	19.55	CL	A-7-6(9)	74.32	0.707	0.077	11.49	0.152		2	2	3
1.00										84.64	0.843	0.092	12.00	0.181		2	4	2
	2	0.65	Arena arcilla limosa de color cafe verdoso con vetas grises y puntos blancos, de consistencia blanda, alta compresibilidad, de baja plasticidad e indice de expansividad bajo. De pobres caracteristicas como suelo de soporte debido a su alta relacion de vacios y estado fluidificado	31.47	1.704	0.057	13.93	SC	A-2-6(0)	646.69	9.486	0.406	27.33	0.776		50	R	
2.00																		
	3	> 0.90	Macizo rocoso fracturado, conformado por cuarzo monzonitas de grano medio a fino, con bajo grado de meteorizacion ISRM II, de color gris con vetillas blancas y crema, de alta dureza y buenas caracteristicas geotecnicas como estrato de soporte	-	2.232	-	-	-	-	-	-	-	-	885.42	68			
3.00																		
4.00																		
5.00																		
6.00																		
NIVEL FREATICO		SE ENCONTRO A -1.70 METROS		CONDICIONES ESPECIALES DE SUELO Suelos aluviales consistencia blanda, dispuestos sobre rocas igneas fracturadas, poco meteorizadas de alta resistencia a la penetracion.														
TIPO DE PERFORACION		MECANICO CON ENSAYOS SPT		OBSERVACIONES Geologicamente este sector se caracteriza por presentar suelos de origen aluvial, dispuestos sobre rocas igneas pertenecientes a complejo igneo intrusivo extrusivo (Jcl)														



DEPARTAMENTO DE GEOTECNIA
Y LABORATORIO DE MATERIALES

PERFIL ESTRATIGRAFICO Y REGISTRO DE PERFORACION
CONTINUACION INTERCEPTOR RIO TEJO DESDE LA DESCARGA ACTUAL PLAZA DE FERIAS HASTA 850 METROS AGUAS ABAJO
SOBRE EL CORREDOR RIO TEJO, DE LA CIUDAD DE OCAÑA - NORTE DE SANTANDER

Barrio Villa Paraíso Ocaña - Norte de Santander / Colombia
Tel: 3164527622 - 3024107818 - 3177269240
geotecminas@hotmail.com

Barrio Villa Paraíso Ocaña - Norte de Santander / Colombia

Tel: 3164527622 - 3024107818 - 3177269240

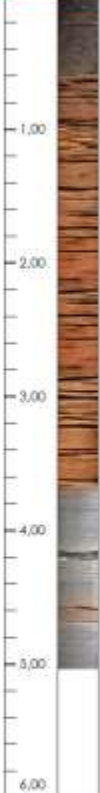
geotecminas@hotmail.com



DEPARTAMENTO DE GEOTECNIA
Y LABORATORIO DE MATERIALES

ESTUDIO GEOTÉCNICO

CONTINUACION INTERCEPTOR RIO TEJO DESDE LA
DESCARGA ACTUAL PLAZA DE FERIAS HASTA 850 METROS
AGUAS ABAJO SOBRE EL CORREDOR RIO TEJO, DE LA
CIUDAD DE OCAÑA - NORTE DE SANTANDER

SONDEO SD - 4		CODIGO GEOTEC - P069		PROFUNDIDAD : 5,00 m		LOCALIZACION : K 0+510 (8,268204° N/ 73,335871° W) LADO DERECHO AGUAS ABAJO				SOLICITO : INGENIERO WILLIAN BELERO				FECHA : SEPTIEMBRE 01/2023						
PERFIL	CAPA	ESPESOR m/s	DESCRIPCION	PROPIEDADES FISICAS						PROPIEDADES MECANICAS						PENETRACION ESTANDAR				
				FINOS %	γ_s gr/cm ³	P_{200} kg/cm ²	IP %	CLASIFICACION		E_s kg/cm ²	K_{sv} kg/cm ²	Cohesion kg/cm ²	Fricción Grados	RCU kg/cm ²	RQP %	NUMERO DE GOLPES				
										USC	ASCHO							6"	12"	18"
	1	0,60	Arcilla arenosa, de color gris oscuro a negro con vetas ocre, naranja y pardas, de consistencia blanda, moderada plasticidad e índice de expansividad medio, de pobres características como suelo de soporte debido a su contenido de humedad y estado plástico (interacción fluido partícula)	66,30	1,924	0,502	18,96		CL		A-7-6(4)	51,65	0,424	0,080	10,64	0,157		1	1	2
	2	1,90	Arena arcillosa con gravas localizados de forma dispersa, de color café amarillento con vetas naranja, café y ocre, de compactación baja a media, de baja plasticidad e índice de expansividad bajo; de pobres a buenas características como suelo de soporte, dependiendo de su contenido de humedad y estado plástico (interacción fluido partícula)	30,55	1,838	0,235	13,40	SC		A-2-6(0)	139,53	1,405	0,106	18,59	0,208		3	4	6	
											265,61	2,930	0,220	22,90	0,435		8	9	12	
											360,70	4,018	0,302	25,55	0,596		10	13	16	
											636,43	6,878	0,517	31,77	1,020		50			
3	> 1,30	Macizo rocoso fracturado, conformado por cuarzita monzonitas de grano medio a fino, con bajo grado de meteorización ISRM II, de color gris con vetillas blancas y crema, de alta dureza y buenas características geotécnicas como estrato de soporte	-	2,227	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	759,67	63				
NIVEL FREATICO		NO SE ENCONTRO		CONDICIONES ESPECIALES DE SUELO: Suelos residuales de compactación media, dispuestos sobre rocas ígneas fracturadas, poco meteorizadas de alta resistencia a la penetración																
TIPO DE PERFORACION		MECANICO CON ENSAYOS SPT		OBSERVACIONES: Geológicamente este sector se caracteriza por presentar suelos de origen residual, dispuestos sobre rocas ígneas pertenecientes a complejo ígneo intrusivo extrusivo (Jc)																



DEPARTAMENTO DE GEOTECNIA
Y LABORATORIO DE MATERIALES

PERFIL ESTRATIGRAFICO Y REGISTRO DE PERFORACION
CONTINUACION INTERCEPTOR RIO TEJO DESDE LA DESCARGA ACTUAL PLAZA DE FERIAS HASTA 850 METROS AGUAS ABAJO
SOBRE EL CORREDOR RIO TEJO, DE LA CIUDAD DE OCAÑA - NORTE DE SANTANDER

Barrio Villa Paraíso Ocaña - Norte de Santander / Colombia
Tel: 3164527622 - 3024107818 - 3177269240
geotecminas@hotmail.com

Barrio Villa Paraíso Ocaña - Norte de Santander / Colombia

Tel: 3164527622 - 3024107818 - 3177269240

geotecminas@hotmail.com



DEPARTAMENTO DE GEOTECNIA
Y LABORATORIO DE MATERIALES

ESTUDIO GEOTÉCNICO

CONTINUACION INTERCEPTOR RIO TEJO DESDE LA
DESCARGA ACTUAL PLAZA DE FERIAS HASTA 850 METROS
AGUAS ABAJO SOBRE EL CORREDOR RIO TEJO, DE LA
CIUDAD DE OCAÑA - NORTE DE SANTANDER

SONDEO SD - 5		CODIGO GEOTEC - P069		PROFUNDIDAD : 2,40 m	LOCALIZACION : K 0+447 (11.2688° N/ 73.3294° W) LADO DERECHO AGUAS ABAJO					SOLICITO : INGENIERO WILIAN BELERO					FECHA : SEPTIEMBRE 01/2023			
PERFIL	CAPA	ESPESOR mts.	DESCRIPCION	PROPIEDADES FISICAS						PROPIEDADES MECANICAS						PENETRACION ESTANDAR		
				FINOS %	γ_t gr/cm ³	P_{un} kg/cm ²	IP %	CLASIFICACION		E_s kg/cm ²	E_{sv} kg/cm ²	Cohesion kg/cm ²	Fricción Grados	σ_{CU} kg/cm ²	σ_{QD} %	NUMERO DE GOLPES		
								USC	ASCHO							6"	12"	18"
1.00	1	0,75	SAPROLITO - arena arcillosa con algunas gravillas, de color café amarillento con vetas grises y crema, de baja deformabilidad, compactidad media, baja plasticidad e índice de expansividad bajo, de potes a regulares características como suelo de soporte dependiendo de su contenido de humedad y estado plástico (interacción fluido partícula)	19,18	1,973	0,133	9,10	SC	A-2-4(0)	174,82	1,839	0,173	20,24	0,341		3	5	8
	2	0,60	Roca ignea con grado de meteorización ISRM III, fracturada, de color gris con vetas ocre y puntos perlados, de compactidad alta a muy alta, de plasticidad nula e índice de expansividad bajo. De buenas características como material de soporte y material de préstamo, debido a su baja deformabilidad y alta resistencia a la penetración	5,53	2,031	0,001	NIP	GW	A-1a(0)	552,14	6,043	0,341	29,34	0,672		13	16	27
											646,7	6,977	0,393	31,44	0,776		50	R
2.00	3	> 1,05	Macizo rocoso fracturado, conformado por cuarzo monzonitas de grano medio a fino, con bajo grado de meteorización ISRM II, de color gris con vetillas blancas y crema, de alta dureza y buenas características geotécnicas como estrato de soporte	-	2,345	-	-	-	-	-	-	-	-	803,04	62			
3.00																		
4.00																		
5.00																		
6.00																		
NIVEL FREATICO		NO SE ENCONTRO		CONDICIONES ESPECIALES DE SUELO: Suelos residuales de compactidad media, dispuestos sobre rocas igneas fracturadas, poco meteorizadas de alta resistencia a la penetración														
TIPO DE PERFORACION		MECANICO CON ENSAYOS SPT		OBSERVACIONES: Geológicamente este sector se caracteriza por presentar suelos de origen residual, dispuestos sobre rocas igneas pertenecientes a complejos igneo intrusivo extrusivo (JC)														



DEPARTAMENTO DE GEOTECNIA
Y LABORATORIO DE MATERIALES

PERFIL ESTRATIGRAFICO Y REGISTRO DE PERFORACION
CONTINUACION INTERCEPTOR RIO TEJO DESDE LA DESCARGA ACTUAL PLAZA DE FERIAS HASTA 850 METROS AGUAS ABAJO
SOBRE EL CORREDOR RIO TEJO, DE LA CIUDAD DE OCAÑA - NORTE DE SANTANDER

Barrio Villa Paraíso Ocaña - Norte de Santander / Colombia
Tel: 3164527622 - 3024107818 - 3177269240
geotecminas@hotmail.com

Barrio Villa Paraíso Ocaña - Norte de Santander / Colombia

Tel: 3164527622 - 3024107818 - 3177269240

geotecminas@hotmail.com



DEPARTAMENTO DE GEOTECNIA
Y LABORATORIO DE MATERIALES

ESTUDIO GEOTÉCNICO

CONTINUACION INTERCEPTOR RIO TEJO DESDE LA
DESCARGA ACTUAL PLAZA DE FERIAS HASTA 850 METROS
AGUAS ABAJO SOBRE EL CORREDOR RIO TEJO, DE LA
CIUDAD DE OCAÑA - NORTE DE SANTANDER

SONDEO SD - 6		CODIGO GEOTEC - P069		PROFUNDIDAD : 2,00 m		LOCALIZACION : K 0+910 (B,27034° N/ 73,35740° W) LADO DERECHO AGUAS ABAJO				SOLICITO : INGENIERO WILIAN BELERO				FECHA : SEPTIEMBRE 02/2025				
PERFIL	CAPA	ESPESOR mts.	DESCRIPCION	PROPIEDADES FISICAS						PROPIEDADES MECANICAS						PENETRACIÓN ESTANDAR		
				FINOS %	Y _L gr/cm ³	P _{max} Kg/cm ²	I _P %	CLASIFICACIÓN		E _s Kg/cm ²	K _{sv} Kg/cm ²	Cohesion Kg/cm ²	Fricción Grados	RCU Kg/cm ²	RQD %	NUMERO DE GOLPES		
								USC	ASCHO							6"	12"	18"
	1	0,60	Roca ignea con grado de meteorización ISRM III, fracturada, de color gris con vetas ocre y puntas pedregosas, de compactación alta a muy alta, de plasticidad nula e índice de expansibilidad bajo. De buenas características como material de soporte y material de préstamo, debido a su baja deformabilidad y alta resistencia a la penetración.	5,53	2,031	0,027	NIP	GW	A-1α[0]	459,84	5,092	0,287	28,20	0,566		8	15	21
										651,84	7,027	0,396	31,55	0,782		50	R	
	2	> 1,40	Mazote rocoso fracturado, conformado por cuarzo monzonitas de grano medio a fino, con bajo grado de meteorización ISRM II, de color gris con vetas blancas y crema, de alta dureza y buenas características geotécnicas como estrato de soporte.	-	2,237	-	-	-	-	-	-	-	-	-	574,93	66		
1,00																		
2,00																		
3,00																		
4,00																		
5,00																		
6,00																		
NIVEL FREATICO		NO SE ENCONTRO		CONDICIONES ESPECIALES DE SUELO		Suelos residuales de compactación media, dispuestos sobre rocas igneas fracturadas, poco meteorizadas de alta resistencia a la penetración.												
TIPO DE PERFORACION		MECANICO CON ENSAYOS SPT		OBSERVACIONES		Geológicamente este sector se caracteriza por presentar suelos de origen residual, dispuestos sobre rocas igneas pertenecientes a complejo igneo intrusivo andesítico (Jc1).												



DEPARTAMENTO DE GEOTECNIA
Y LABORATORIO DE MATERIALES

PERFIL ESTRATIGRAFICO Y REGISTRO DE PERFORACION
CONTINUACION INTERCEPTOR RIO TEJO DESDE LA DESCARGA ACTUAL PLAZA DE FERIAS HASTA 850 METROS AGUAS ABAJO
SOBRE EL CORREDOR RIO TEJO, DE LA CIUDAD DE OCAÑA - NORTE DE SANTANDER.

Barrio Villa Paraíso Ocaña - Norte de Santander / Colombia
Tel: 3164527622 - 3024107818 - 3177269240
geotecminas@hotmail.com

Barrio Villa Paraíso Ocaña - Norte de Santander / Colombia

Tel: 3164527622 - 3024107818 - 3177269240

geotecminas@hotmail.com



DEPARTAMENTO DE GEOTECNIA
Y LABORATORIO DE MATERIALES

ESTUDIO GEOTÉCNICO

CONTINUACION INTERCEPTOR RIO TEJO DESDE LA
DESCARGA ACTUAL PLAZA DE FERIAS HASTA 850 METROS
AGUAS ABAJO SOBRE EL CORREDOR RIO TEJO, DE LA
CIUDAD DE OCAÑA - NORTE DE SANTANDER

ESTUDIO GEOTECNICO

**CONTINUACION INTERCEPTOR RIO TEJO DESDE LA
DESCARGA ACTUAL PLAZA DE FERIAS HASTA 850
METROS AGUAS ABAJO SOBRE EL CORREDOR RIO TEJO,
DE LA CIUDAD DE OCAÑA - NORTE DE SANTANDER**

RESULTADOS ENSAYOS DE LABORATORIO



DEPARTAMENTO DE GEOTECNIA
Y LABORATORIO DE MATERIALES

ESTUDIO GEOTÉCNICO

CONTINUACION INTERCEPTOR RIO TEJO DESDE LA
DESCARGA ACTUAL PLAZA DE FERIAS HASTA 850 METROS
AGUAS ABAJO SOBRE EL CORREDOR RIO TEJO, DE LA
CIUDAD DE OCAÑA - NORTE DE SANTANDER



DEPARTAMENTO DE GEOTECNIA
Y LABORATORIO DE MATERIALES

ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESION SIMPLE DE NUCLEOS DE ROCA

OBRA

CONTINUACION INTERCEPTOR RIO TEJO DESDE LA DESCARGA ACTUAL PLAZA DE FERIAS HASTA 850 METROS AGUAS ABAJO SOBRE EL CORREDOR
RIO TEJO, DE LA CIUDAD DE OCAÑA - NORTE DE SANTANDER

CLIENTE

INGENIERO WILIAN BELEÑO

FECHA ENSAYO

SEPTIEMBRE 02 DE 2025

MUESTRA

Roca ignea poco metamorfizada ISRM II, de color gris con vetillas blancas

SONDEO

3

EQUIPO DE PRUEBA

PRENSA DOBLE RANGO PC-160

PRUEBA	MUESTRA	FECHA DE ENSAYO	DIMENSIONES		PESO	AREA	VOLUMEN	DENSIDAD	ESBELTEZ	CARGA APLICADA	RESISTENCIA	FACTOR DE CORRECCION	RESISTENCIA CORREGIDA		TIPO DE FALLA
			Longitud L (cm)	Diámetro D (cm)									Kg/cm²	Mpa	
1	NUCLEO N° 1 PROF 2,10 - 2,50 m	SEPTIEMBRE 02 2025	10,15	4,90	432,50	18,86	191,40	2,260	2,07	159,20	860,78	1,008	868,01	85,15	CONO Y HENDEDURA
2	NUCLEO N° 2 PROF 2,50 - 3,00 m	SEPTIEMBRE 02 2025	10,10	4,90	419,70	18,86	190,46	2,204	2,06	165,80	896,46	1,007	902,83	88,57	CONO Y CORTE

FACTOR DE CORRECCION POR ESBELTEZ (L/D)					
(L/D)	2,00	1,75	1,50	1,25	1,00
FACTOR	1,00	0,98	0,96	0,93	0,87



Heber Torres S.
HEBER ORLANDO TORRES
LABORATORISTA
ENSAYO

ING. ALDEMAR SALCEDO TORRES
M.P. 15217-051719 BVC
REVISO



DEPARTAMENTO DE GEOTECNIA
Y LABORATORIO DE MATERIALES

RESISTENCIA A LA COMPRESION SIMPLE DE NUCLEOS DE ROCA
NORMA ASTM C42 - NTC 3658 Y NTC 673

Barrio Villa Paraíso Ocaña - Norte de Santander / Colombia
Tel: 3164527622 - 3024107818 - 3177269240
geotecminas@hotmail.com

Barrio Villa Paraíso Ocaña - Norte de Santander / Colombia

Tel: 3164527622 - 3024107818 - 3177269240

geotecminas@hotmail.com



DEPARTAMENTO DE GEOTECNIA
Y LABORATORIO DE MATERIALES

ESTUDIO GEOTÉCNICO

CONTINUACION INTERCEPTOR RIO TEJO DESDE LA
DESCARGA ACTUAL PLAZA DE FERIAS HASTA 850 METROS
AGUAS ABAJO SOBRE EL CORREDOR RIO TEJO, DE LA
CIUDAD DE OCAÑA - NORTE DE SANTANDER



DEPARTAMENTO DE GEOTECNIA
Y LABORATORIO DE MATERIALES

ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESION SIMPLE DE NUCLEOS DE ROCA

OBRA

CONTINUACION INTERCEPTOR RIO TEJO DESDE LA DESCARGA ACTUAL PLAZA DE FERIAS HASTA 850 METROS AGUAS ABAJO SOBRE EL CORREDOR
RIO TEJO, DE LA CIUDAD DE OCAÑA - NORTE DE SANTANDER

CLIENTE

ARQUITECTO WILTON AVENDAÑO NAVARRO

FECHA ENSAYO

SEPTIEMBRE 02 DE 2025

MUESTRA

Roca ignea poco metecrizada ISRM II, de color gris con vetillas blancas

SONDEO

4

EQUIPO DE PRUEBA

PRENSA DOBLE RANGO PC-160

PRUEBA	MUESTRA	FECHA DE ENSAYO	DIMENSIONES		PESO (gr)	AREA (cm ²)	VOLUMEN (cm ³)	DENSIDAD (gr/cm ³)	ESBELTEZ (L/D)	CARGA APLICADA (KN)	RESISTENCIA (Kg/cm ²)	FACTOR DE CORRECCION	RESISTENCIA CORREGIDA		TIPO DE FALLA
			Longitud L (cm)	Diámetro D (cm)									Kg/cm ²	Mpa	
1	NUCLEO N° 1 PROF 3,70 - 4,20 m	SEPTIEMBRE 02 2025	9,90	4,90	414,70	18,86	186,69	2,221	2,02	137,40	742,91	1,002	744,57	73,04	CORTE
2	NUCLEO N° 2 PROF 4,50 - 5,00 m	SEPTIEMBRE 02 2025	10,15	4,90	427,50	18,86	191,40	2,234	2,07	142,10	768,32	1,008	774,77	76,01	COLUMNAR

FACTOR DE CORRECCION POR ESBELTEZ (L/D)					
(L/D)	2,00	1,75	1,50	1,25	1,00
FACTOR	1,00	0,98	0,96	0,93	0,87



Heber Torres S.
HEBER ORLANDO TORRES
LABORATORISTA
ENSAYO

ING. ALDEMAR SALCEDO TORRES
M.P. 13217-091719-8FC
8EVSQ



DEPARTAMENTO DE GEOTECNIA
Y LABORATORIO DE MATERIALES

RESISTENCIA A LA COMPRESION SIMPLE DE NUCLEOS DE ROCA NORMA ASTM C42 - NTC 3658 Y NTC 673

Barrio Villa Paraíso Ocaña - Norte de Santander / Colombia
Tel: 3164527622 - 3024107818 - 3177269240
geotecminas@hotmail.com

Barrio Villa Paraíso Ocaña - Norte de Santander / Colombia

Tel: 3164527622 - 3024107818 - 3177269240

geotecminas@hotmail.com



DEPARTAMENTO DE GEOTECNIA
Y LABORATORIO DE MATERIALES

ESTUDIO GEOTÉCNICO

CONTINUACION INTERCEPTOR RIO TEJO DESDE LA
DESCARGA ACTUAL PLAZA DE FERIAS HASTA 850 METROS
AGUAS ABAJO SOBRE EL CORREDOR RIO TEJO, DE LA
CIUDAD DE OCAÑA - NORTE DE SANTANDER



DEPARTAMENTO DE GEOTECNIA
Y LABORATORIO DE MATERIALES

ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESION SIMPLE DE NUCLEOS DE ROCA

OBRA

CONTINUACION INTERCEPTOR RIO TEJO DESDE LA DESCARGA ACTUAL PLAZA DE FERIAS HASTA 850 METROS AGUAS ABAJO SOBRE EL CORREDOR
RIO TEJO, DE LA CIUDAD DE OCAÑA - NORTE DE SANTANDER

CLIENTE

ARQUITECTO WILTON AVENDAÑO NAVARRO

FECHA ENSAYO

SEPTIEMBRE 02 DE 2025

MUESTRA

Roca ígnea poco meteorizada ISRM II, de color gris con vetillas blancas

SONDEO

5

EQUIPO DE PRUEBA

PRENSA DOBLE RANGO PC-160

PRUEBA	MUESTRA	FECHA DE ENSAYO	DIMENSIONES		PESO	AREA	VOLUMEN	DENSIDAD	ESBELTEZ	CARGA APLICADA	RESISTENCIA	FACTOR DE CORRECCION	RESISTENCIA CORREGIDA		TIPO DE FALLA
			Longitud L (cm)	Diámetro D (cm)									Kg/cm ²	Mpa	
1	NUCLEO N° 1 PROF 1,40 - 2,00 m	SEPTIEMBRE 02 2025	10,00	4,90	441,20	18,86	188,57	2,340	2,04	141,80	766,70	1,005	770,23	75,56	CORTE
2	NUCLEO N° 2 PROF 2,00 - 2,40 m	SEPTIEMBRE 02 2025	10,10	4,90	447,50	18,86	190,46	2,350	2,06	153,50	829,96	1,007	835,85	82,00	COLUMNAR

FACTOR DE CORRECCION POR ESBELTEZ (L/D)					
(L/D)	2,00	1,75	1,50	1,25	1,00
FACTOR	1,00	0,98	0,96	0,93	0,87



Heber Torres S.
HEBER ORLANDO TORRES
LABORATORISTA
ENSAYO

ING. ALDEMAR SALCEDO TORRES
M.P. 15217-01719 S.V.C.
REVISO



DEPARTAMENTO DE GEOTECNIA
Y LABORATORIO DE MATERIALES

RESISTENCIA A LA COMPRESION SIMPLE DE NUCLEOS DE ROCA
NORMA ASTM C42 - NTC 3658 Y NTC 673

Barrio Villa Paraíso Ocaña - Norte de Santander / Colombia
Tel: 3164527622 - 3024107818 - 3177269240
geotecminas@hotmail.com

Barrio Villa Paraíso Ocaña - Norte de Santander / Colombia

Tel: 3164527622 - 3024107818 - 3177269240

geotecminas@hotmail.com



DEPARTAMENTO DE GEOTECNIA
Y LABORATORIO DE MATERIALES

ESTUDIO GEOTÉCNICO

CONTINUACION INTERCEPTOR RIO TEJO DESDE LA
DESCARGA ACTUAL PLAZA DE FERIAS HASTA 850 METROS
AGUAS ABAJO SOBRE EL CORREDOR RIO TEJO, DE LA
CIUDAD DE OCAÑA - NORTE DE SANTANDER



DEPARTAMENTO DE GEOTECNIA
Y LABORATORIO DE MATERIALES

ENSAYO DE RESISTENCIA A LA COMPRESION SIMPLE DE NUCLEOS DE ROCA

OBRA

CONTINUACION INTERCEPTOR RIO TEJO DESDE LA DESCARGA ACTUAL PLAZA DE FERIAS HASTA 850 METROS AGUAS ABAJO SOBRE EL CORREDOR
RIO TEJO, DE LA CIUDAD DE OCAÑA - NORTE DE SANTANDER

CLIENTE

ARQUITECTO WILTON AVENDAÑO NAVARRO

FECHA ENSAYO

SEPTIEMBRE 03 DE 2025

MUESTRA

Roca ignea poco meteorizada ISRM II, de color gris con vetillas blancas

SONDEO

6

EQUIPO DE PRUEBA

PRENSA DOBLE RANGO PC-160

PRUEBA	MUESTRA	FECHA DE ENSAYO	DIMENSIONES		PESO	AREA	VOLUMEN	DENSIDAD	ESBELTEZ	CARGA APLICADA	RESISTENCIA	FACTOR DE CORRECCION	RESISTENCIA CORREGIDA		TIPO DE FALLA
			Longitud L (cm)	Diametro D (cm)									Kg/cm ²	Mpa	
1	NUCLEO N° 1 PROF 0,60 - 1,00 m	SEPTIEMBRE 03 2025	10,20	4,90	431,30	18,86	192,35	2,242	2,08	113,24	612,28	1,010	618,24	60,65	CORTE
2	NUCLEO N° 2 PROF 1,50 - 2,00 m	SEPTIEMBRE 03 2025	10,10	4,90	424,80	18,86	190,46	2,230	2,06	97,63	527,87	1,007	531,62	52,15	COLUMNAR

FACTOR DE CORRECCION POR ESBELTEZ (L/D)					
(L/D)	2,00	1,75	1,50	1,25	1,00
FACTOR	1,00	0,98	0,96	0,93	0,87



Heber Torres S.
HEBER ORLANDO TORRES
LABORATORISTA
ENSAYO

ING. ALDEMAR SALCEDO TORRES
I.A.P. 13217-091719 BVC
REVISO



DEPARTAMENTO DE GEOTECNIA
Y LABORATORIO DE MATERIALES

RESISTENCIA A LA COMPRESION SIMPLE DE NUCLEOS DE ROCA
NORMA ASTM C42 - NTC 3658 Y NTC 673

Barrio Villa Paraíso Ocaña - Norte de Santander / Colombia
Tel: 3164527622 - 3024107818 - 3177269240
geotecminas@hotmail.com

Barrio Villa Paraíso Ocaña - Norte de Santander / Colombia

Tel: 3164527622 - 3024107818 - 3177269240

geotecminas@hotmail.com



DEPARTAMENTO DE GEOTECNIA Y LABORATORIO DE MATERIALES

ESTUDIO GEOTÉCNICO

CONTINUACION INTERCEPTOR RIO TEJO DESDE LA DESCARGA ACTUAL PLAZA DE FERIAS HASTA 850 METROS AGUAS ABAJO SOBRE EL CORREDOR RIO TEJO, DE LA CIUDAD DE OCAÑA - NORTE DE SANTANDER

SONDEO 1

CAPA 1 Arena arcillosa con gravillas dispersas de color café con vetas oscuras y puntos blancos, de moderada plasticidad e índice de expansión bajo.

VOLUMEN TOTAL DE SUELO	V_t	22.02	cm ³
PESO DE SUELO HUMEDO	W_h	40.7	gr
PESO DE SUELO SECO	W_s	33.0	gr
GRAVEDAD ESPECIFICA	G_s	2.660	
VOLUMEN DE SUELO	V_s	12.4	cm ³
VOLUMEN DE VACIOS	V_v	9.6	cm ³
PESO DEL AGUA	W_w	7.7	gr
HUMEDAD	W_h	23.43	%
CONDICION SECA	C_u	16.85	%
CONDICION HUMEDA	C_L	20.44	%
POROSIDAD	n	43.68	%
RELACION DE VACIOS	e	0.776	
GRADO DE SATURACION	S	80.36	%

PERFIL  **ESPESOR** 2.20 m **U.S.C.** ASCHO **SC** A-2-4(0)

PESO UNITARIO SECO	γ_d	1.498	gr/cm ³
PESO UNITARIO HUMEDO	γ_h	1.849	gr/cm ³
PESO UNITARIO SATURADO	γ_s	1.935	gr/cm ³
PESO UNITARIO CRITICO	γ_{dcril}	1.302	gr/cm ³
INDICE DE PLASTICIDAD	Ip	15.19%	Moderado
INDICE DE CONSISTENCIA	Ic	1.04	Firme
INDICE DE LIQUIDEZ	I_L	-0.04	Estado no Plastico
RAZON DE COMPACTACION	RC	0.95	
HUMEDAD DE EQUILIBRIO	W_{eq}	22.04	%
PRESION DE EXPANSION PROBABLE	P_{ex}	0.164	Kgf/cm ²
POTENCIAL DE CAMBIO VOLUMETRICO	PVC	2.87	%
PORCENTAJE DE EXPANSION LIBRE		3.02%	Moderado
GRADO DE COLAPSIBILIDAD		1.151	Sin Problema

SONDEO 1

CAPA 2 Arena fino arcillosa con gravas dispersas, de color café pálido con vetas grises y puntos blancos, de baja plasticidad e índice de expansión bajo.

VOLUMEN TOTAL DE SUELO	V_t	38.73	cm ³
PESO DE SUELO HUMEDO	W_h	70.7	gr
PESO DE SUELO SECO	W_s	53.1	gr
GRAVEDAD ESPECIFICA	G_s	2.660	
VOLUMEN DE SUELO	V_s	20.0	cm ³
VOLUMEN DE VACIOS	V_v	18.8	cm ³
PESO DEL AGUA	W_w	17.6	gr
HUMEDAD	W_h	33.12	%
CONDICION SECA	C_u	15.30	%
CONDICION HUMEDA	C_L	16.81	%
POROSIDAD	n	48.44	%
RELACION DE VACIOS	e	0.940	
GRADO DE SATURACION	S	93.77	%

PERFIL  **ESPESOR** 1.85 m **U.S.C.** ASCHO **SMd** A-2-4(0)

PESO UNITARIO SECO	γ_d	1.371	gr/cm ³
PESO UNITARIO HUMEDO	γ_h	1.826	gr/cm ³
PESO UNITARIO SATURADO	γ_s	1.856	gr/cm ³
PESO UNITARIO CRITICO	γ_{dcril}	1.447	gr/cm ³
INDICE DE PLASTICIDAD	Ip	6.30%	Bajo
INDICE DE CONSISTENCIA	Ic	-0.26	Media
INDICE DE LIQUIDEZ	I_L	1.26	Estado Liquido
RAZON DE COMPACTACION	Ip	1.03	
HUMEDAD DE EQUILIBRIO	Ic	18.41	%
PRESION DE EXPANSION PROBABLE	I_L	0.051	Kgf/cm ²
POTENCIAL DE CAMBIO VOLUMETRICO	PVC	2.89	%
PORCENTAJE DE EXPANSION LIBRE		0.96%	Bajo
GRADO DE COLAPSIBILIDAD		0.948	Colapsable



DEPARTAMENTO DE GEOTECNIA Y LABORATORIO DE MATERIALES

ESTUDIO GEOTÉCNICO

CONTINUACION INTERCEPTOR RIO TEJO DESDE LA DESCARGA ACTUAL PLAZA DE FERIAS HASTA 850 METROS AGUAS ABAJO SOBRE EL CORREDOR RIO TEJO, DE LA CIUDAD DE OCAÑA - NORTE DE SANTANDER

SONDEO 1

CAPA 3 Arena arcillosa con algunas gravillas, de color beige con vetas grises y pardas, de compacidad alta, baja plasticidad y expansividad baja

VOLUMEN TOTAL DE SUELO	V_t	21.06	cm ³
PESO DE SUELO HUMEDO	W_t	40.1	gr
PESO DE SUELO SECO	W_s	35.4	gr
GRAVEDAD ESPECIFICA	G_s	2.664	
VOLUMEN DE SUELO	V_s	13.3	cm ³
VOLUMEN DE VACIOS	V_v	7.8	cm ³
PESO DEL AGUA	W_w	4.7	gr
HUMEDAD	W_h	13.38	%
CONDICION SECA	C_u	16.58	%
CONDICION HUMEDA	C_h	19.82	%
POROSIDAD	n	36.99	%
RELACION DE VACIOS	e	0.587	
GRADO DE SATURACION	S	60.70	%

PERFIL		ESPESOR	1,95 m	U.S.C. ASCHO	SC A-2-6(1)
PESO UNITARIO SECO	Yd	1,678	gr/cm³		
PESO UNITARIO HUMEDO	Yh	1,903	gr/cm³		
PESO UNITARIO SATURADO	Ys	2,048	gr/cm³		
PESO UNITARIO CRITICO	Ydcrit	1,325	gr/cm³		
INDICE DE PLASTICIDAD	Ip	12,13%	Moderado		
INDICE DE CONSISTENCIA	Ic	2,02	Firme		
INDICE DE LIQUIDEZ	Ik	-1,02	Estado no Plástico		
RAZON DE COMPACTACION	RC	1,04			
HUMEDAD DE EQUILIBRIO	Weq	21,42	%		
PRESION DE EXPANSIÓN PROBABLE	Pex	0,377	Kgf/cm²		
POTENCIAL DE CAMBIO VOLUMETRICO	PVC	2,87	%		
PORCENTAJE DE EXPANSION LIBRE		2,31%	Bajo		
GRADO DE COLAPSIBILIDAD		2,026	Sin Problema		

SONDEO 3

CAPA 1 Arcilla arenosa, de color café amarillento con vetas grises y ocres, de moderada compresibilidad, consistencia blanda y expansividad moderada

VOLUMEN TOTAL DE SUELO	V_t	46.64	cm ³
PESO DE SUELO HUMEDO	W_t	90.1	gr
PESO DE SUELO SECO	W_s	71.6	gr
GRAVEDAD ESPECIFICA	G_s	2.700	
VOLUMEN DE SUELO	V_s	26.5	cm ³
VOLUMEN DE VACIOS	V_v	20.1	cm ³
PESO DEL AGUA	W_w	18.5	gr
HUMEDAD	W_h	25.79	%
CONDICION SECA	C_u	17.80	%
CONDICION HUMEDA	C_h	22.67	%
POROSIDAD	n	43.12	%
RELACION DE VACIOS	e	0.758	
GRADO DE SATURACION	S	91.83	%

PERFIL		ESPESOR	1,45 m	U.S.C. ASCHO	CL A-7-6(P)
PESO UNITARIO SECO	Y _d	1,536	gr/cm ³		
PESO UNITARIO HUMEDO	Y _h	1,932	gr/cm ³		
PESO UNITARIO SATURADO	Y _s	1,967	gr/cm ³		
PESO UNITARIO CRITICO	Y _{dcrf}	1,234	gr/cm ³		
INDICE DE PLASTICIDAD	I _p	19,55%	Moderado		
INDICE DE CONSISTENCIA	I _c	0,93	Media		
INDICE DE LIQUIDEZ	I _L	0,07	Estado Plástico		
RAZON DE COMPACTACION	RC	0,92			
HUMEDAD DE EQUILIBRIO	W _{eq}	24,27	%		
PRESION DE EXPANSION PROBABLE	P _{ex}	0,188	Kgf/cm ²		
POTENCIAL DE CAMBIO VOLUMETRICO	PVC	2,86	%		
PORCENTAJE DE EXPANSION LIBRE		4,04%	Moderado		
GRADO DE COLAPSIBILIDAD		1,244	Sin Problema		



DEPARTAMENTO DE GEOTECNIA Y LABORATORIO DE MATERIALES

ESTUDIO GEOTÉCNICO

CONTINUACION INTERCEPTOR RIO TEJO DESDE LA DESCARGA ACTUAL PLAZA DE FERIAS HASTA 850 METROS AGUAS ABAJO SOBRE EL CORREDOR RIO TEJO, DE LA CIUDAD DE OCAÑA - NORTE DE SANTANDER

SONDEO 3

CAPA 2 Arena arcillosa con gravas, de color café verdoso con vetas naranjas, de consistencia blanda, baja plasticidad e índice de expansión bajo

VOLUMEN TOTAL DE SUELO	V_t	41.49	cm ³
PESO DE SUELO HUMEDO	W_t	70.7	gr
PESO DE SUELO SECO	W_s	53.0	gr
GRAVEDAD ESPECIFICA	G_s	2.660	
VOLUMEN DE SUELO	V_s	19.9	cm ³
VOLUMEN DE VACIOS	V_v	21.6	cm ³
PESO DEL AGUA	W_w	17.7	gr
HUMEDAD	W_h	33.50	%
CONDICION SECA	C_u	16.43	%
CONDICION HUMEDA	C_L	19.46	%
POROSIDAD	n	52.01	%
RELACION DE VACIOS	e	1.084	
GRADO DE SATURACION	S	82.22	%

PERFIL  **ESPESOR** 0,65 m **U.S.C.** ASCHO **SC.** A-2-6(0)

PESO UNITARIO SECO	γ_d	1.277	gr/cm ³
PESO UNITARIO HUMEDO	γ_h	1.704	gr/cm ³
PESO UNITARIO SATURADO	γ_s	1.797	gr/cm ³
PESO UNITARIO CRITICO	γ_{dcrit}	1.338	gr/cm ³
INDICE DE PLASTICIDAD	Ip	13.94%	Moderado
INDICE DE CONSISTENCIA	Ic	0.26	Blanda
INDICE DE LIQUIDEZ	I_L	0.74	Estado Plastico
RAZON DE COMPACTACION	RC	0.95	
HUMEDAD DE EQUILIBRIO	W_{eq}	21.06	%
PRESION DE EXPANSION PROBABLE	P_{ex}	0.057	Kgf/cm ²
POTENCIAL DE CAMBIO VOLUMETRICO	PVC	2.87	%
PORCENTAJE DE EXPANSION LIBRE		2.73%	Moderado
GRADO DE COLAPSIBILIDAD		0.954	Colapsable

SONDEO 4

CAPA 1 Arcilla arenosa, de color gris oscuro a negro con vetas ocre y pardas, de consistencia blanda, moderada plasticidad e índice de expansión medio

VOLUMEN TOTAL DE SUELO	V_t	67.73	cm ³
PESO DE SUELO HUMEDO	W_t	130.3	gr
PESO DE SUELO SECO	W_s	116.7	gr
GRAVEDAD ESPECIFICA	G_s	2.700	
VOLUMEN DE SUELO	V_s	43.2	cm ³
VOLUMEN DE VACIOS	V_v	24.5	cm ³
PESO DEL AGUA	W_w	13.6	gr
HUMEDAD	W_h	11.62	%
CONDICION SECA	C_u	17.86	%
CONDICION HUMEDA	C_L	22.82	%
POROSIDAD	n	36.17	%
RELACION DE VACIOS	e	0.567	
GRADO DE SATURACION	S	55.36	%

PERFIL  **ESPESOR** 0,60 m **U.S.C.** ASCHO **CL.** A-7-6(4)

PESO UNITARIO SECO	γ_d	1.724	gr/cm ³
PESO UNITARIO HUMEDO	γ_h	1.924	gr/cm ³
PESO UNITARIO SATURADO	γ_s	2.085	gr/cm ³
PESO UNITARIO CRITICO	γ_{dcrit}	1.229	gr/cm ³
INDICE DE PLASTICIDAD	Ip	18.96%	Moderado
INDICE DE CONSISTENCIA	Ic	1.72	Media
INDICE DE LIQUIDEZ	I_L	-0.72	Estado no Plastico
RAZON DE COMPACTACION	RC	0.92	
HUMEDAD DE EQUILIBRIO	W_{eq}	24.42	%
PRESION DE EXPANSION PROBABLE	P_{ex}	0.502	Kgf/cm ²
POTENCIAL DE CAMBIO VOLUMETRICO	PVC	2.86	%
PORCENTAJE DE EXPANSION LIBRE		3.90%	Moderado
GRADO DE COLAPSIBILIDAD		1.402	Sin Problema



DEPARTAMENTO DE GEOTECNIA Y LABORATORIO DE MATERIALES

ESTUDIO GEOTÉCNICO

CONTINUACION INTERCEPTOR RIO TEJO DESDE LA DESCARGA ACTUAL PLAZA DE FERIAS HASTA 850 METROS AGUAS ABAJO SOBRE EL CORREDOR RIO TEJO, DE LA CIUDAD DE OCAÑA - NORTE DE SANTANDER

SONDEO 4

CAPA 2 Arena arcillosa con gravas, de color café amarillento, de compactación media, bajo compresibilidad y bajo índice de expansión.

VOLUMEN TOTAL DE SUELO	V_t	66.58	cm ³
PESO DE SUELO HUMEDO	W_h	122.4	gr
PESO DE SUELO SECO	W_s	103.9	gr
GRAVEDAD ESPECIFICA	G_s	2.660	
VOLUMEN DE SUELO	V_s	39.1	cm ³
VOLUMEN DE VACIOS	V_v	27.5	cm ³
PESO DEL AGUA	W_w	18.5	gr
HUMEDAD	W_h	17.81	%
CONDICION SECA	C_s	16.50	%
CONDICION HUMEDA	C_h	19.62	%
POROSIDAD	n	41.33	%
RELACION DE VACIOS	e	0.705	
GRADO DE SATURACION	S	67.23	%

PERFIL  **ESPESOR** 1.90 m **U.S.C.** ASCHO **SC** A-2-6(0)

PESO UNITARIO SECO	γ_d	1.561	gr/cm ³
PESO UNITARIO HUMEDO	γ_h	1.838	gr/cm ³
PESO UNITARIO SATURADO	γ_s	1.974	gr/cm ³
PESO UNITARIO CRITICO	γ_{dcr}	1.332	gr/cm ³
INDICE DE PLASTICIDAD	I_p	13.40%	Moderado
INDICE DE CONSISTENCIA	I_c	1.47	Media
INDICE DE LIQUIDEZ	I_L	-0.47	Estado no Plastico
RAZON DE COMPACTACION	RC	0.96	
HUMEDAD DE EQUILIBRIO	W_{eq}	21.22	%
PRESION DE EXPANSIÓN PROBABLE	P_{ex}	0.235	Kgf/cm ²
POTENCIAL DE CAMBIO VOLUMETRICO	PVC	2.87	%
PORCENTAJE DE EXPANSION LIBRE		2.61%	Moderado
GRADO DE COLAPSIBILIDAD		1.172	Sin Problema

SONDEO 5

CAPA 1 Lapulilla - Arena arcillosa de color café amarillento con vetas grises y ocre, de compactación media - alta, de baja plasticidad e índice de expansión bajo.

VOLUMEN TOTAL DE SUELO	V_t	24.82	cm ³
PESO DE SUELO HUMEDO	W_h	49.0	gr
PESO DE SUELO SECO	W_s	42.1	gr
GRAVEDAD ESPECIFICA	G_s	2.675	
VOLUMEN DE SUELO	V_s	15.8	cm ³
VOLUMEN DE VACIOS	V_v	9.1	cm ³
PESO DEL AGUA	W_w	6.6	gr
HUMEDAD	W_h	16.23	%
CONDICION SECA	C_s	15.74	%
CONDICION HUMEDA	C_h	17.85	%
POROSIDAD	n	36.54	%
RELACION DE VACIOS	e	0.576	
GRADO DE SATURACION	S	72.21	%

PERFIL  **ESPESOR** 0.75 m **U.S.C.** ASCHO **SC** A-2-6(0)

PESO UNITARIO SECO	γ_d	1.698	gr/cm ³
PESO UNITARIO HUMEDO	γ_h	1.973	gr/cm ³
PESO UNITARIO SATURADO	γ_s	2.063	gr/cm ³
PESO UNITARIO CRITICO	γ_{dcr}	1.406	gr/cm ³
INDICE DE PLASTICIDAD	I_p	9.10%	Bajo
INDICE DE CONSISTENCIA	I_c	1.92	Media
INDICE DE LIQUIDEZ	I_L	-0.92	Estado no Plastico
RAZON DE COMPACTACION	RC	1.00	
HUMEDAD DE EQUILIBRIO	W_{eq}	19.45	%
PRESION DE EXPANSIÓN PROBABLE	P_{ex}	0.133	Kgf/cm ²
POTENCIAL DE CAMBIO VOLUMETRICO	PVC	2.88	%
PORCENTAJE DE EXPANSION LIBRE		1.61%	Bajo
GRADO DE COLAPSIBILIDAD		1.207	Sin Problema



SONDEO 5

CAPA 2

Roca ligera meteorizada y fracturada, de color gris con vetas azules, de compacidad alta a muy alta, de plasticidad nula e índice de expansión bajo

VOLUMEN TOTAL DE SUELO	V_t	34,71	cm ³
PESO DE SUELO HUMEDO	W_t	70,5	gr
PESO DE SUELO SECO	W_s	61,5	gr
GRAVEDAD ESPECIFICA	G_s	2,660	
VOLUMEN DE SUELO	V_s	23,1	cm ³
VOLUMEN DE VACIOS	V_v	11,6	cm ³
PESO DEL AGUA	W_w	9,0	gr
HUMEDAD	W_h	14,60	%
CONDICION SECA	C_u	9,00	%
CONDICION HUMEDA	C_L	2,00	%
POROSIDAD	n	33,37	%
RELACION DE VACIOS	e	0,501	
GRADO DE SATURACION	S	77,51	%

PERFIL		ESPESOR	0,60 m	U.S.C.	GW
		ASCHO	A-1-G(0)		
PESO UNITARIO SECO	γ_d	1,772	gr/cm ³		
PESO UNITARIO HUMEDO	γ_h	2,031	gr/cm ³		
PESO UNITARIO SATURADO	γ_s	2,106	gr/cm ³		
PESO UNITARIO CRITICO	γ_{dcrif}	2,660	gr/cm ³		
INDICE DE PLASTICIDAD	Ip	0,00%	Bajo		
INDICE DE CONSISTENCIA	Ic	0,00	Firme		
INDICE DE LIQUIDEZ	I_L	0,00	Estado no Plástico		
RAZON DE COMPACTACION	RC	1,90			
HUMEDAD DE EQUILIBRIO	W_{eq}	3,60	%		
PRESION DE EXPANSION PROBABLE	P_{ex}	0,001	Kgf/cm ²		
POTENCIAL DE CAMBIO VOLUMETRICO	PVC	2,90	%		
PORCENTAJE DE EXPANSION LIBRE		0,50%	Bajo		
GRADO DE COLAPSIBILIDAD		1,666	Sin Problema		



**CONTINUACION INTERCEPTOR RIO TEJO DESDE LA DESCARGA ACTUAL PLAZA DE FERIAS HASTA 850 METROS
AGUAS ABAJO SOBRE EL CORREDOR RIO TEJO, DE LA CIUDAD DE OCAÑA - NORTE DE SANTANDER**

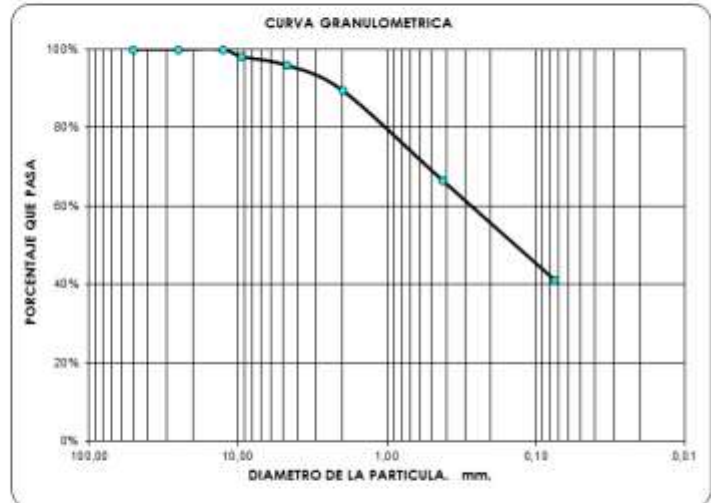
PROYECTO	CONTINUACION INTERCEPTOR RIO TEJO	SONDEO	SD - 1	ABSCISA	PR 0+010	LADO	DERECHO
LOCALIZACION	MUNICIPIO DE OCAÑA - NORTE DE SANTANDER	CAPA	1	ESPESOR	2,20 m	MUESTRA	S1-M1
MATERIAL	PARA CLASIFICACION DE SUELOS	DESCRIPCION	Arena arcillosa de color café con vetas crema y pardas				

GRANULOMETRIA CON LAVADO

PESO DE LA MUESTRA PARA LAVADO (gr)	1011,2
PESO DE LA MUESTRA LAVADA (gr)	393,8
PESO DE LA MUESTRA SECA, Ws (gr)	617,4
PORCENTAJE DE ERROR % e < 2%	0,47

Tamiz N°	Diámetro (mm)	Peso Ret. (gr)	% Ret.	% Pasa
2"	50,80	0,00	0,00%	100,00%
1"	25,40	0,00	0,00%	100,00%
1/2"	12,70	0,00	0,00%	100,00%
3/8"	9,53	18,48	1,83%	98,17%
4	4,750	22,38	2,21%	97,79%
10	2,000	64,48	6,38%	93,62%
40	0,425	232,18	22,96%	77,04%
200	0,075	256,98	25,41%	74,59%
Pasa 200	Bandeja	417,26	41,27%	
		1011,8	100,1%	

GRAVA =	4,04%	CLASIFICACION	
ARENA =	54,75%	U.S.C.S.	SC
FINOS =	41,27%	AASHTO	A-6(D)



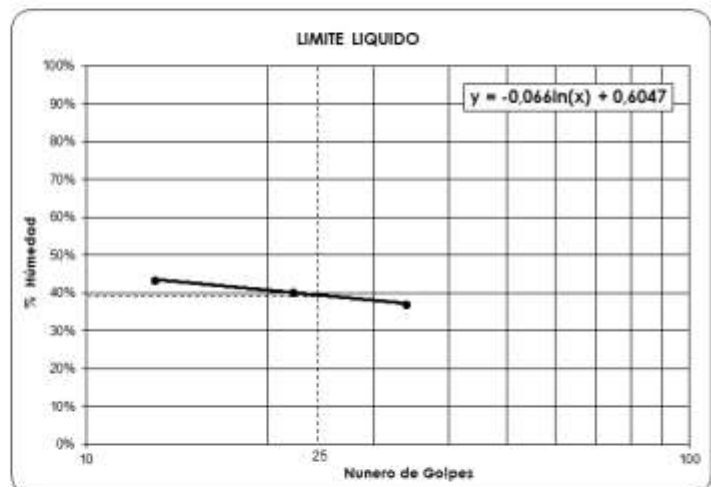
OBSERVACIONES Arena arcillosa con algunas gravillas moderadamente gradada

LIMITES DE CONSISTENCIA

LIMITE LIQUIDO			
Lata	7	8	9
W Suelo Hum. + Lata	60,88	56,22	57,57
W Suelo Seco. + Lata	47,82	44,89	46,97
W Lata	17,77	16,77	18,40
% de Humed.	43,46%	40,3%	37,1%
N° de golpes	13	22	34

LIMITE PLASTICO			
Lata	10	11	12
W Suelo Hum. + Lata	21,78	22,49	22,14
W Suelo Seco. + Lata	21,03	21,47	21,25
W Lata	17,93	17,20	17,57
% de Humed.	24,19%	23,89%	24,02%

LIMITE LIQUIDO	WL =	39,23%
LIMITE PLASTICO	WP =	24,03%
INDICE DE PLASTICIDAD	Ip =	15,19%
INDICE DE FLUJO	If =	15,20



OBSERVACIONES Arena arcillosa, de moderada plasticidad y expansividad media

Ensayo : **Heber Torres S.**
Hebert Orlando Torres
Laboratorista

Reviso: **Ing. Aldemar Salcedo Torres.**
M.P. 15217-091719 BYC.



**CONTINUACION INTERCEPTOR RIO TEJO DESDE LA DESCARGA ACTUAL PLAZA DE FERIAS HASTA 850 METROS
AGUAS ABAJO SOBRE EL CORREDOR RIO TEJO, DE LA CIUDAD DE OCAÑA - NORTE DE SANTANDER**

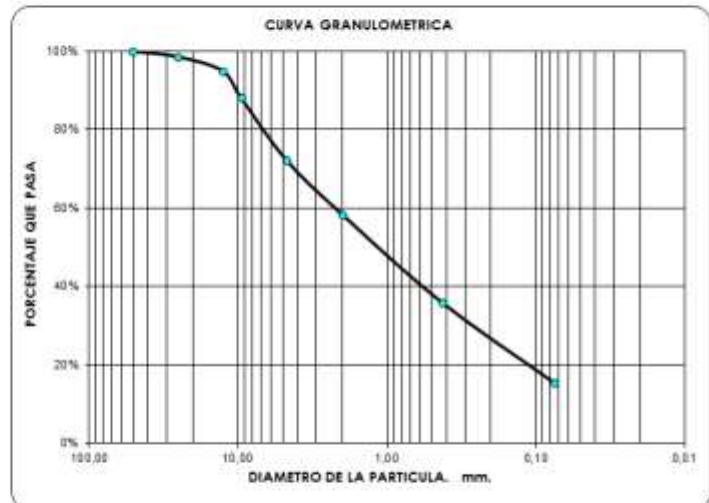
PROYECTO	CONTINUACION INTERCEPTOR RIO TEJO	SONDEO	SD - 1	ABSCISA	PR 0+010	LADO	DERECHO
LOCALIZACION	MUNICIPIO DE OCAÑA - NORTE DE SANTANDER	CAPA	2	ESPESOR	1,85 m	MUESTRA	S1-M2
MATERIAL	PARA CLASIFICACION DE SUELOS	DESCRIPCION	Arena limo arcillosa con gravas dispersas, de color cafe palido				

GRANULOMETRIA CON LAVADO

PESO DE LA MUESTRA PARA LAVADO (gr)	2049,9
PESO DE LA MUESTRA LAVADA (gr)	301,6
PESO DE LA MUESTRA SECA, Ws (gr)	1748,3
PORCENTAJE DE ERROR	% e < 2%

Tamiz N°	Diámetro (mm)	Peso Ret. (gr)	% Ret.	% Pasa
2"	50,80	0,00	0,00%	100,00%
1"	25,40	28,23	1,38%	98,62%
1/2"	12,70	74,43	3,63%	94,99%
3/8"	9,53	140,83	6,87%	88,12%
4	4,750	323,73	15,79%	72,33%
10	2,000	285,83	13,94%	58,39%
40	0,425	461,63	22,52%	35,87%
200	0,075	419,83	20,48%	15,39%
Pasa 200	Bandeja	315,43	15,39%	
		2049,9	100,0%	

GRAVA =	27,67%	CLASIFICACION	
ARENA =	56,94%	U.S.C.S.	SMd
FINOS =	15,39%	AASHTO	A-2-4(0)



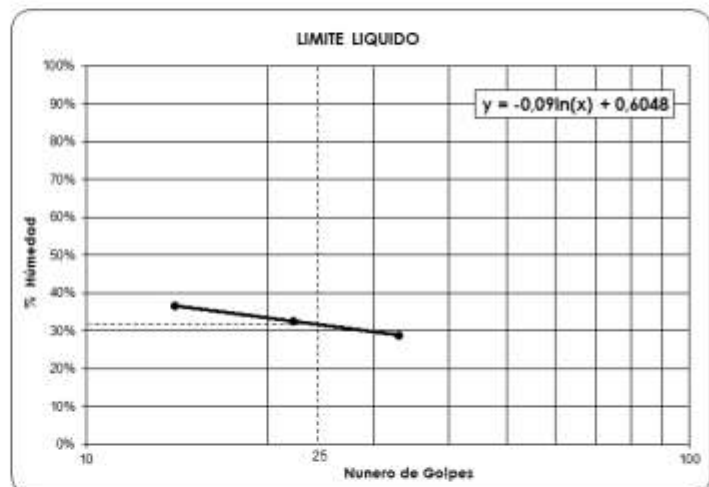
OBSERVACIONES Arena limo arcillosa con gravas, pobremente gradada

LIMITES DE CONSISTENCIA

LIMITE LIQUIDO			
Lata	7	8	9
W Suelo Hum. + Lata	44,28	48,31	49,32
W Suelo Seco. + Lata	37,29	40,67	42,26
W Lata	18,20	17,20	17,80
% de Humed.	36,62%	32,6%	28,9%
N° de golpes	14	22	33

LIMITE PLASTICO			
Lata	10	11	12
W Suelo Hum. + Lata	20,88	20,97	20,93
W Suelo Seco. + Lata	20,19	20,22	20,21
W Lata	17,40	17,30	17,35
% de Humed.	24,73%	25,68%	25,22%

LIMITE LIQUIDO	WL =	31,51%
LIMITE PLASTICO	WP =	25,21%
INDICE DE PLASTICIDAD	Ip =	6,30%
INDICE DE FLUJO	If =	20,72



OBSERVACIONES Arena limo arcillosa con gravas, de baja plasticidad e indice de expansividad bajo

Ensayo : **Heber Orlando Torres**
Laboratorista

Revisó: **Ing. Aldemar Salcedo Torres**
M.P. 15217-091719 BYC.



**CONTINUACION INTERCEPTOR RIO TEJO DESDE LA DESCARGA ACTUAL PLAZA DE FERIAS HASTA 850 METROS
AGUAS ABAJO SOBRE EL CORREDOR RIO TEJO, DE LA CIUDAD DE OCAÑA - NORTE DE SANTANDER**

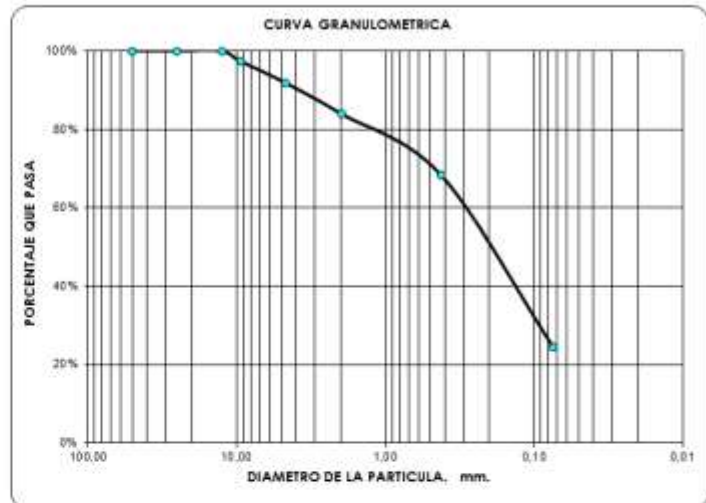
PROYECTO	CONTINUACION INTERCEPTOR RIO TEJO	SONDEO	SD - 1	ABSCISA	PR 0+010	LADO	DERECHO
LOCALIZACION	MUNICIPIO DE OCAÑA - NORTE DE SANTANDER	CAPA	3	ESPESOR	1,95 m	MUESTRA	SI-M3
MATERIAL	PARA CLASIFICACION DE SUELOS	DESCRIPCION	Arenas arcillosas con pocas gravillas, de color beis con vetas grises				

GRANULOMETRIA CON LAVADO

PESO DE LA MUESTRA PARA LAVADO (gr)	445,7
PESO DE LA MUESTRA LAVADA (gr)	93,4
PESO DE LA MUESTRA SECA, Ws (gr)	352,3
PORCENTAJE DE ERROR	% e < 2%

Tamiz N°	Diámetro (mm)	Peso Ret. (gr)	% Ret.	% Pasa
2"	50,80	0,00	0,00%	100,00%
1"	25,40	0,00	0,00%	100,00%
1/2"	12,70	0,00	0,00%	100,00%
3/8"	9,53	11,40	2,56%	97,44%
4	4,750	24,70	5,54%	94,46%
10	2,000	35,10	7,88%	86,58%
40	0,425	69,70	15,54%	68,39%
200	0,075	195,10	43,77%	24,61%
Pasa 200	Bandeja	109,60	24,59%	
		445,6	100,0%	

GRAVA =	8,10%	CLASIFICACION	
ARENA =	67,29%	U.S.C.S.	SC
FINOS =	24,59%	AASHTO	A-2-6(1)



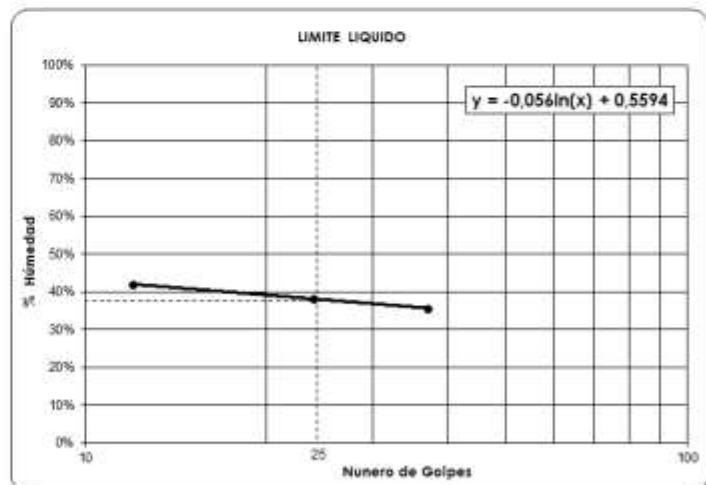
OBSERVACIONES Arena arcillosa con gravas, moderadamente gradada

LIMITES DE CONSISTENCIA

LIMITE LIQUIDO			
Lata	7	8	9
W Suelo Hum. + Lata	35,03	34,52	40,74
W Suelo Seco. + Lata	29,95	30,08	34,44
W Lata	17,85	18,45	16,77
% de Humed.	41,98%	38,2%	35,7%
N° de golpes	12	24	37

LIMITE PLASTICO			
Lata	10	11	12
W Suelo Hum. + Lata	20,66	21,94	21,30
W Suelo Seco. + Lata	19,97	21,01	20,49
W Lata	17,28	17,42	17,35
% de Humed.	25,65%	25,91%	25,80%

LIMITE LIQUIDO	WL =	37,91%
LIMITE PLASTICO	WP =	25,78%
INDICE DE PLASTICIDAD	Ip =	12,13%
INDICE DE FLUJO	If =	12,89



OBSERVACIONES Arena arcillosa con pocas gravillas, de baja plasticidad e índice de expansividad bajo

Ensayo : **Heber Torres S.**
Hebert Orlando Torres
Laboratorista

Revisor: **Ing. Aldemar Salcedo Torres.**
M.P. 15217-091719 BYC.



CONTINUACION INTERCEPTOR RIO TEJO DESDE LA DESCARGA ACTUAL PLAZA DE FERIAS HASTA 850 METROS AGUAS ABAJO SOBRE EL CORREDOR RIO TEJO, DE LA CIUDAD DE OCAÑA - NORTE DE SANTANDER

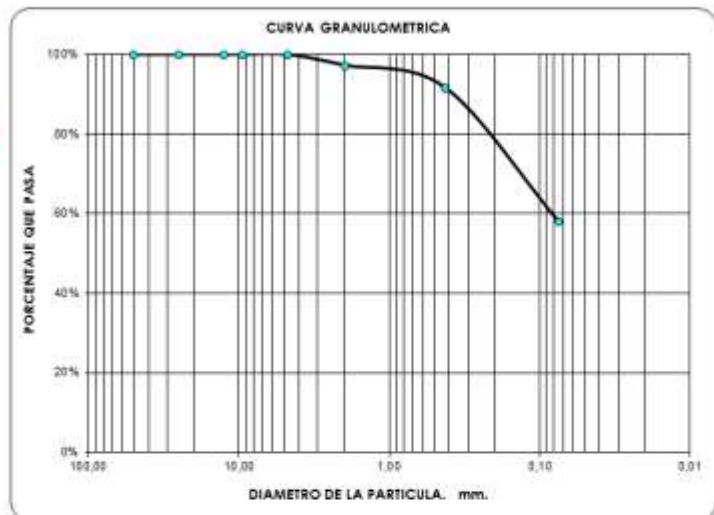
PROYECTO	CONTINUACION INTERCEPTOR RIO TEJO	SONDEO	SD - 3	ABSCISA	PR 0+293	LADO	DERECHO
LOCALIZACION	MUNICIPIO DE OCAÑA - NORTE DE SANTANDER	CAPA	1	ESPEJOR	1,45 m	MUESTRA	S3-M1
MATERIAL	PARA CLASIFICACION DE SUELOS	DESCRIPCION	Arcilla arenosa de color café amarillento con vetas grises y naranjas				

GRANULOMETRIA CON LAVADO

PESO DE LA MUESTRA PARA LAVADO (gr)	637,4
PESO DE LA MUESTRA LAVADA (gr)	353,9
PESO DE LA MUESTRA SECA W_s (gr)	283,5
PORCENTAJE DE ERROR $e < 2\%$	0,78

TAMIZ Nº	DIAMETRO (mm)	PESO (gr) RETENIDO	% RETENIDO	% PASA
2"	50,80	0,00	0,00%	100,00%
1"	25,40	0,00	0,00%	100,00%
1/2"	12,70	0,00	0,00%	100,00%
3/8"	9,53	0,00	0,00%	100,00%
4	4,750	0,00	0,00%	100,00%
10	2,000	17,05	2,67%	97,33%
40	0,425	36,15	5,67%	94,33%
200	0,075	214,25	33,61%	66,39%
Pasa 200	Bandeja	369,95	58,04%	
		637,4	100,0%	

GRAVA =	0,00%	CLASIFICACION	
ARENA =	41,96%	U.S.C.S.	CL
FINOS =	58,04%	AASHTO	A-7-6(9)



OBSERVACIONES Arcilla arenosa, moderadamente gradada

LIMITES DE CONSISTENCIA

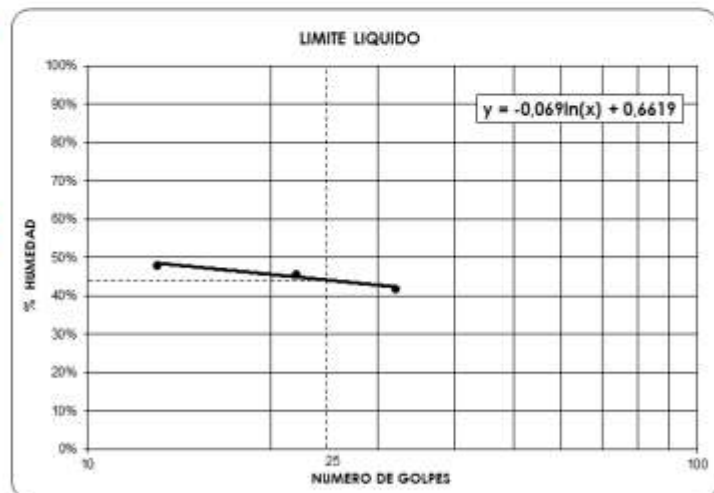
LIMITE LIQUIDO

Lata	7	8	9
W Suelo Hum. + Lata	53,36	53,44	49,05
W Suelo Seco. + Lata	41,76	41,97	39,71
W Lata	17,68	16,89	17,38
% de Humedad	48,17%	45,7%	41,8%
Nº de golpes	13	22	32

LIMITE PLASTICO

Lata	10	11	12
W Suelo Hum. + Lata	22,03	21,13	21,58
W Suelo Seco. + Lata	21,09	20,47	20,78
W Lata	17,29	17,73	17,51
% de Humedad	24,74%	24,09%	24,46%

LIMITE LIQUIDO	WL =	43,98%
LIMITE PLASTICO	WP =	24,43%
INDICE DE PLASTICIDAD	Ip =	19,55%
INDICE DE FLUJO	If =	15,89



OBSERVACIONES Arcilla arenosa de moderada plasticidad e indice de expansividad medio

Ensayo : **Heber Forres S.**
HEBER ORLANDO TORRES
Laboratorista

Revisó : **ING. ALDEMAR SALCEDO TORRES**
M.P. 15217-091719 8YC.



**CONTINUACION INTERCEPTOR RIO TEJO DESDE LA DESCARGA ACTUAL PLAZA DE FERIAS HASTA 850 METROS
AGUAS ABAJO SOBRE EL CORREDOR RIO TEJO, DE LA CIUDAD DE OCAÑA - NORTE DE SANTANDER**

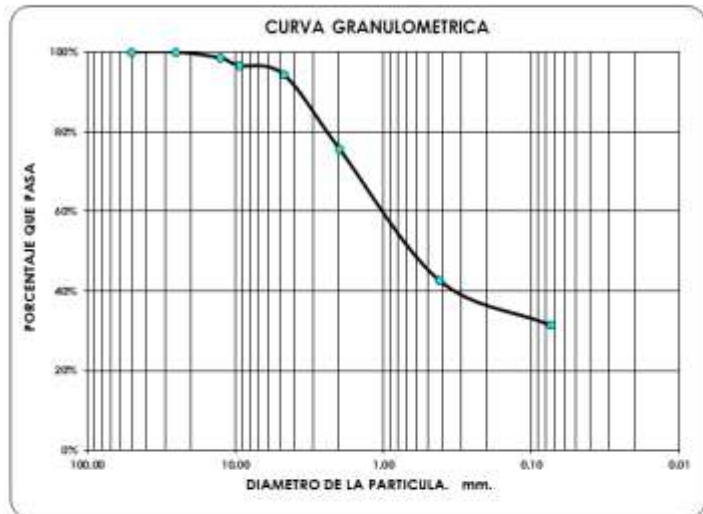
PROYECTO	CONTINUACION INTERCEPTOR RIO TEJO	SONDEO	SD - 3	ABSCISA	PR 0+293	LADO	DERECHO
LOCALIZACION	MUNICIPIO DE OCAÑA - NORTE DE SANTANDER	CAPA	2	ESPEJOR	0,65 m	MUESTRA	S3-M2
MATERIAL	PARA CLASIFICACION DE SUELOS	DESCRIPCION	Areno arcilloso, de color café verdoso con vetas grises				

GRANULOMETRIA CON LAVADO

PESO DE LA MUESTRA PARA LAVADO (gr)	843,9
PESO DE LA MUESTRA LAVADA (gr)	262,7
PESO DE LA MUESTRA SECA, Ws (gr)	581,2
PORCENTAJE DE ERROR % e < 2%	0,84

Tamiz Nº	Diametro (mm)	Peso Ret. (gr)	% Ret.	% Pasa
2"	50,80	0,00	0,00%	100,00%
1"	25,40	0,00	0,00%	100,00%
1/2"	12,70	12,70	1,50%	98,50%
3/8"	9,53	16,00	1,90%	96,60%
4	4,750	18,60	2,20%	94,40%
10	2,000	156,90	18,59%	75,80%
40	0,425	278,10	32,95%	42,85%
200	0,075	96,00	11,38%	31,47%
Pasa 200	Bandeja	265,60	31,47%	
		843,9	100,0%	

GRAVA =	5,60%	CLASIFICACION	
ARENA =	62,92%	U.S.C.S.	SC
FINOS =	31,47%	AASHTO	A-2-6(0)



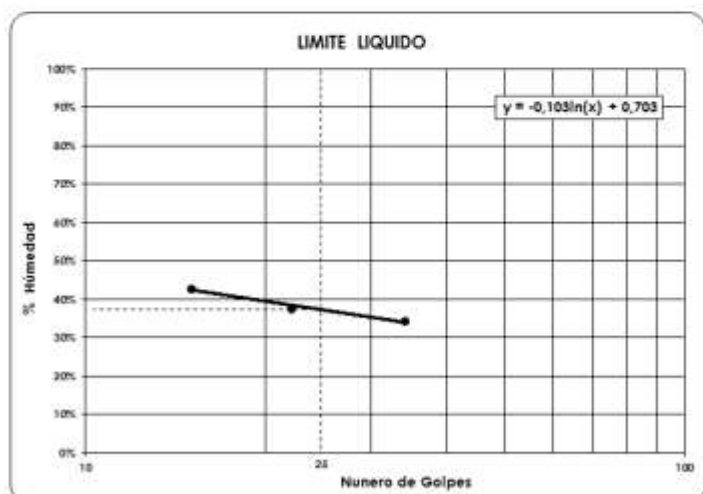
OBSERVACIONES Arena arcilloso con algunas gravillas, moderadamente gradada

LIMITES DE CONSISTENCIA

LIMITE LIQUIDO			
Lata	7	8	9
W Suelo Hum. + Lata	40,03	36,24	48,48
W Suelo Seco. + Lata	33,52	31,02	40,53
W Lata	18,34	17,13	17,42
% de Humed.	42,89%	37,6%	34,4%
Nº de golpes	15	22	34

LIMITE PLASTICO			
Lata	10	11	12
W Suelo Hum. + Lata	21,48	20,69	21,09
W Suelo Seco. + Lata	20,81	20,03	20,42
W Lata	17,91	17,20	17,56
% de Humed.	23,10%	23,32%	23,21%

LIMITE LIQUIDO	WL =	37,15%
LIMITE PLASTICO	WP =	23,21%
INDICE DE PLASTICIDAD	Ip =	13,93%
INDICE DE FLUJO	If =	23,72



OBSERVACIONES Arena arcilloso con algunas gravillas; de baja plasticidad e índice de expansividad bajo

Ensayo : **Heber Torres S.**
Laboratorista

Reviso: **Ing. Aldemar Salcedo Torres.**
M.P. 18217-091719 BIC.



**CONTINUACION INTERCEPTOR RIO TEJO DESDE LA DESCARGA ACTUAL PLAZA DE FERIAS HASTA 850 METROS
AGUAS ABAJO SOBRE EL CORREDOR RIO TEJO, DE LA CIUDAD DE OCAÑA - NORTE DE SANTANDER**

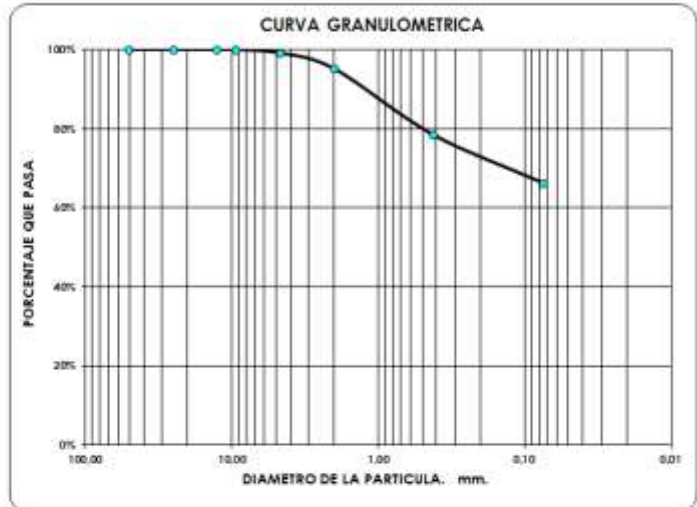
LOCALIZACION	CONTINUACION INTERCEPTOR RIO TEJO	SONDEO	SD - 4	ABSCISA	PR 0+513	LADO	DERECHO
MATERIAL	MUNICIPIO DE OCAÑA - NORTE DE SANTANDER	CAPA	1	ESPEJOR	0,60 m	MUESTRA	S4-M1
SOLICITO	ARQUITECTO WILTON AVENDAÑO NAVARRO	DESCRIPCION	Arcilla arenosa, de color gris oscuro a negro con vetas acre				

GRANULOMETRIA CON LAVADO

PESO DE LA MUESTRA PARA LAVADO (gr)	1129,4
PESO DE LA MUESTRA LAVADA (gr)	741,8
PESO DE LA MUESTRA SECA, Ws (gr)	387,6
PORCENTAJE DE ERROR % e < 2%	0,77

Tamiz N°	Diametro (mm)	Peso Ret. (gr)	% Ret.	% Pasa
2"	50,80	0,00	0,00%	100,00%
1"	25,40	0,00	0,00%	100,00%
1/2"	12,70	0,00	0,00%	100,00%
3/8"	9,53	0,00	0,00%	100,00%
4	4,750	9,50	0,84%	99,16%
10	2,000	45,30	4,01%	95,15%
40	0,425	187,30	16,58%	78,56%
200	0,075	138,50	12,26%	66,30%
Pasa 200	Bandeja	748,80	66,30%	
		1129,4	100,0%	

GRAVA =	0,84%	CLASIFICACION	
ARENA =	32,86%	U.S.C.S.	CL
FINOS =	66,30%	AASHTO	A-7-6(4)



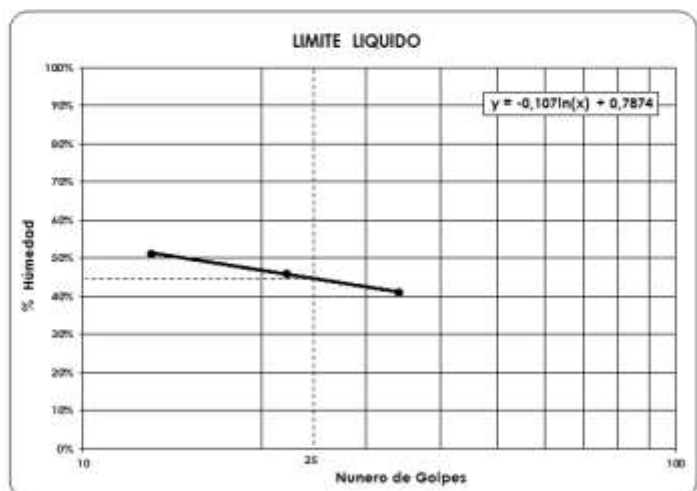
OBSERVACIONES Arcilla arenosa, de moderada compresibilidad, consistencia media a dura, de buen a regular comportamiento.

LIMITES DE CONSISTENCIA

LIMITE LIQUIDO				
Lata	7	8	9	
W suelo Hum. + Lata	62,77	56,94	58,17	
W suelo Seco. + Lata	47,52	44,29	46,61	
W Lata	17,77	16,77	18,40	
% de Humed.	51,26%	46,0%	41,0%	
N° de golpes	13	22	34	

LIMITE PLASTICO				
Lata	10	11	12	
W suelo Hum. + Lata	21,79	22,49	22,14	
W suelo Seco. + Lata	21,01	21,42	21,22	
W Lata	17,93	17,20	17,57	
% de Humed.	25,32%	25,36%	25,34%	

LIMITE LIQUIDO	WL =	44,30%
LIMITE PLASTICO	WP =	25,34%
INDICE DE PLASTICIDAD	Ip =	18,96%
INDICE DE FLUJO	If =	24,64



OBSERVACIONES Arcilla arenosa, de moderada plasticidad e indice de expansividad medio

Ensayo : **Heber Torres**
Hebert Orlando Torres
Laboratorista

Revisó: **Ing. Aldemar Salcedo Torres**
M.P. 15217-091719 BYC.



**CONTINUACION INTERCEPTOR RIO TEJO DESDE LA DESCARGA ACTUAL PLAZA DE FERIAS HASTA 850 METROS
AGUAS ABAJO SOBRE EL CORREDOR RIO TEJO, DE LA CIUDAD DE OCAÑA - NORTE DE SANTANDER**

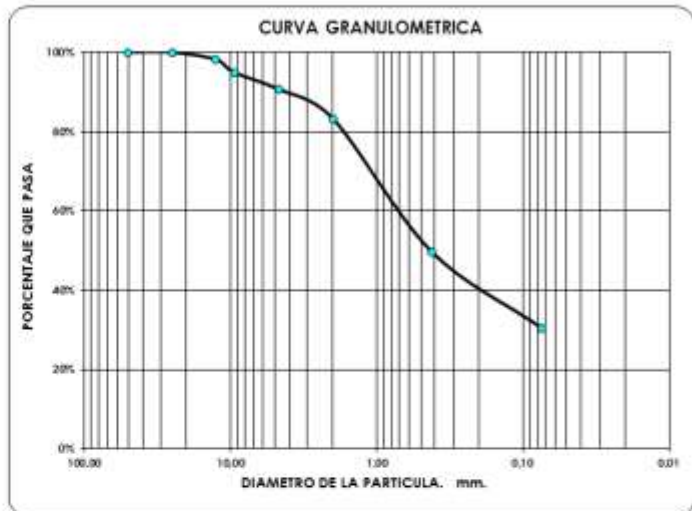
LOCALIZACION	CONTINUACION INTERCEPTOR RIO TEJO	SONDEO	SD - 4	ABSCISA	PR 0+513	LADO	DERECHO
MATERIAL	MUNICIPIO DE OCAÑA - NORTE DE SANTANDER	CAPA	2	ESPEJOR	1,90 m	MUESTRA	S4-M2
SOLICITO	ARQUITECTO WILTON AVENDAÑO NAVARRO	DESCRIPCION	Arena arcillosa con mínimas gravillas, de color café amarillento				

GRANULOMETRIA CON LAVADO

PESO DE LA MUESTRA PARA LAVADO (gr)	857,5
PESO DE LA MUESTRA LAVADA (gr)	252,7
PESO DE LA MUESTRA SECA, Ws (gr)	804,8
PORCENTAJE DE ERROR % e < 2%	0,63

Tamiz Nº	Diametro (mm)	Peso Ret. (gr)	% Ret.	% Pasa
2"	50,80	0,00	0,00%	100,00%
1"	25,40	0,00	0,00%	100,00%
1/2"	12,70	15,44	1,80%	98,20%
3/8"	9,53	27,84	3,25%	94,95%
4	4,750	36,14	4,21%	90,74%
10	2,000	64,04	7,47%	83,27%
40	0,425	286,64	33,43%	49,84%
200	0,075	165,44	19,29%	30,55%
Pasa 200	Bandeja	261,94	30,55%	
		857,5	100,0%	

GRAVA =	9,26%	CLASIFICACION	
ARENA =	60,19%	U.S.C.S.	SC
FINOS =	30,55%	AASHTO	A-2-6(0)



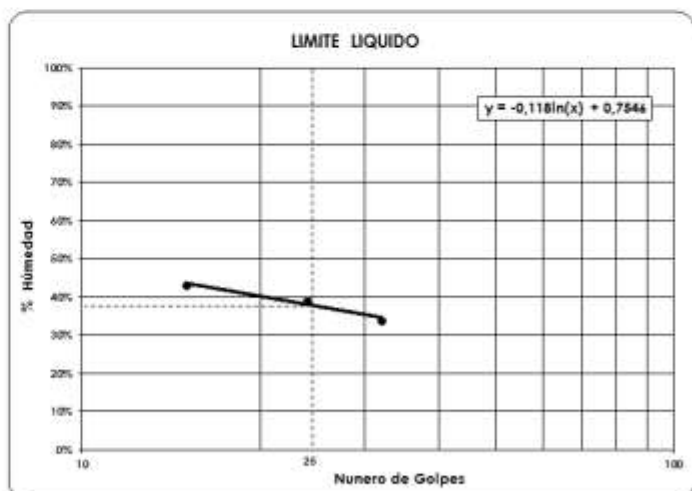
OBSERVACIONES Arena arcillosa con gravas, de compactación media, de regular comportamiento como suelo de

LIMITE DE CONSISTENCIA

LIMITE LIQUIDO			
Lata	7	8	9
W Suelo Hum. + Lata	40,01	36,54	48,48
W Suelo Seco. + Lata	33,57	31,14	40,71
W Lata	18,64	17,33	17,82
% de Humed.	43,13%	39,1%	33,9%
Nº de golpes	15	24	32

LIMITE PLASTICO			
Lata	10	11	12
W Suelo Hum. + Lata	21,48	20,69	21,09
W Suelo Seco. + Lata	20,79	20,01	20,40
W Lata	17,91	17,20	17,56
% de Humed.	23,96%	24,20%	24,08%

LIMITE LIQUIDO	WL =	37,48%
LIMITE PLASTICO	WP =	24,08%
INDICE DE PLASTICIDAD	Ip =	13,40%
INDICE DE FLUJO	If =	27,17



OBSERVACIONES Arena arcillosa con gravas dispersas, de baja plasticidad e índice de expansividad bajo

Ensayo : **Heber Torres S.**
Hebert Orlando Torres
Laboratorista

Revisó : **Ing. Aldemar Salcedo Torres.**
M.P. 15217-091719 BYC.



DEPARTAMENTO DE GEOTECNIA
Y LABORATORIO DE MATERIALES

ANALISIS GRANULOMETRICO - MECANICO
LIMITE DE CONSISTENCIA
NORMA ASTM D149-64 - ASTM433 - 06 Y D434-00





**CONTINUACION INTERCEPTOR RIO TEJO DESDE LA DESCARGA ACTUAL PLAZA DE FERIAS HASTA 850 METROS
AGUAS ABAJO SOBRE EL CORREDOR RIO TEJO, DE LA CIUDAD DE OCAÑA - NORTE DE SANTANDER**

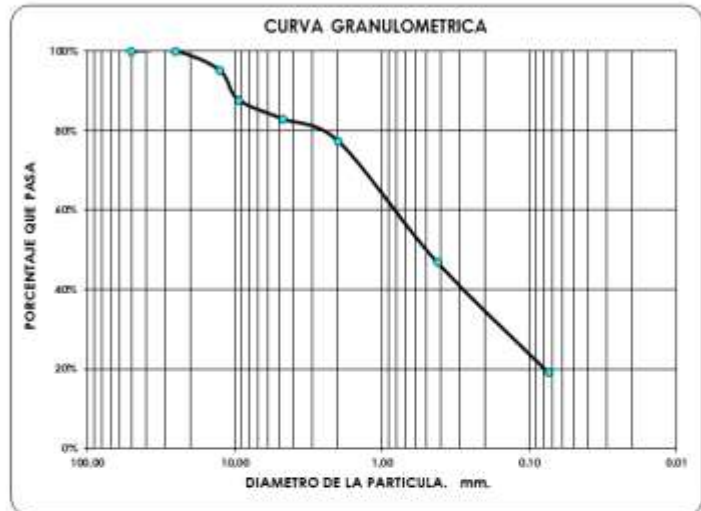
LOCALIZACION	CONTINUACION INTERCEPTOR RIO TEJO	SONDEO	SD - 5	ABSCISA	PR 0+647	LADO	DERECHO
MATERIAL	MUNICIPIO DE OCAÑA - NORTE DE SANTANDER	CAPA	1	ESPEJOR	0,75 m	MUESTRA	S5-M1
SOLICITO	ARQUITECTO WILTON AVENDAÑO NAVARRO	DESCRIPCION	SAPROLITO - Arena arcillosa con gravillas de color café grisacea				

GRANULOMETRIA CON LAVADO

PESO DE LA MUESTRA PARA LAVADO (gr)	979,8
PESO DE LA MUESTRA LAVADA (gr)	170,7
PESO DE LA MUESTRA SECA, Ws (gr)	809,1
PORCENTAJE DE ERROR % e < 2%	0,19

Tamiz N°	Diametro (mm)	Peso Ret. (gr)	% Ret.	% Pasa
2"	50,80	0,00	0,00%	100,00%
1"	25,40	0,00	0,00%	100,00%
1/2"	12,70	47,01	4,80%	95,20%
3/8"	9,53	72,31	7,38%	87,82%
4	4,750	47,61	4,86%	82,96%
10	2,000	54,41	5,55%	77,41%
40	0,425	299,01	30,52%	46,89%
200	0,075	271,51	27,71%	19,18%
Pasa 200	Bandeja	187,91	19,18%	
		979,8	100,0%	

GRAVA =	17,04%	CLASIFICACION	
ARENA =	63,78%	U.S.C.S.	SC
FINOS =	19,18%	AASHTO	A-2-4(0)



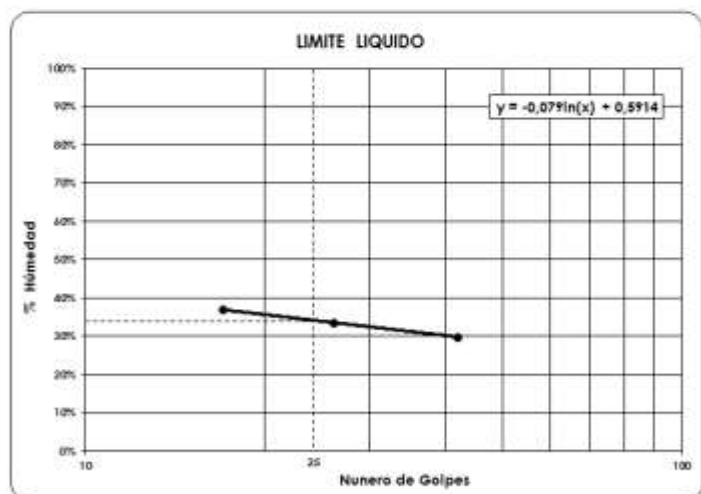
OBSERVACIONES SAPROLITO - Arena arcillosa con gravas, pobremente gradado

LIMITES DE CONSISTENCIA

LIMITE LIQUIDO			
Lata	7	8	9
W Suelo Hum. + Lata	53,09	54,05	43,02
W Suelo Seco. + Lata	43,66	44,67	37,18
W Lata	18,11	16,64	17,58
% de Humed.	36,91%	33,5%	29,8%
N° de golpes	17	26	42

LIMITE PLASTICO			
Lata	10	11	12
W Suelo Hum. + Lata	22,29	21,24	21,77
W Suelo Seco. + Lata	21,32	20,64	20,98
W Lata	17,41	18,18	17,80
% de Humed.	24,81%	24,39%	24,65%

LIMITE LIQUIDO	WL =	33,71%
LIMITE PLASTICO	WP =	24,62%
INDICE DE PLASTICIDAD	Ip =	9,10%
INDICE DE FLUJO	If =	18,19



OBSERVACIONES SAPROLITO - Arena arcillosa con gravas, de baja plasticidad e indice de expansividad bajo

Ensayo : **Heber Orlando Torres**
Laboratorista

Reviso: **Ing. Aldemar Salcedo Torres**
M.P. 15217-091719 BYC.



**CONTINUACION INTERCEPTOR RIO TEJO DESDE LA DESCARGA ACTUAL PLAZA DE FERIAS HASTA 850 METROS
AGUAS ABAJO SOBRE EL CORREDOR RIO TEJO, DE LA CIUDAD DE OCAÑA - NORTE DE SANTANDER**

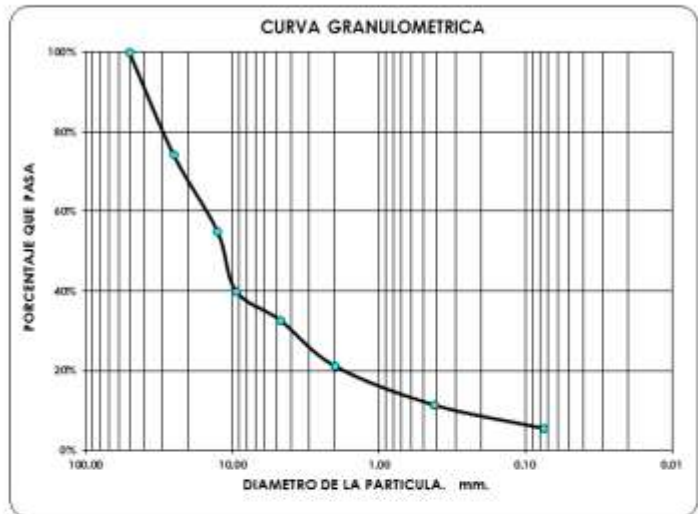
LOCALIZACION	CONTINUACION INTERCEPTOR RIO TEJO	SONDEO	SD - 5	ABSCISA	PR 0+647	LADO	DERECHO
MATERIAL	MUNICIPIO DE OCAÑA - NORTE DE SANTANDER	CAPA	2	ESPESOR	0,60 m	MUESTRA	S5-M2
SOLICITO	ARQUITECTO WILTON AVENDAÑO NAVARRO	DESCRIPCION	Roca ignea, de color gris con vetas ocre y puntos perlados				

GRANULOMETRIA CON LAVADO

PESO DE LA MUESTRA PARA LAVADO (gr)	802,6
PESO DE LA MUESTRA LAVADA (gr)	31,4
PESO DE LA MUESTRA SECA, Ws (gr)	771,2
PORCENTAJE DE ERROR % e < 2%	0,53

Tamiz Nº	Diametro (mm)	Peso Ret. (gr)	% Ret.	% Pasa
2"	50,80	0,00	0,00%	100,00%
1"	25,40	206,11	25,68%	74,32%
1/2"	12,70	154,71	19,28%	55,04%
3/8"	9,53	120,02	14,95%	40,09%
4	4,750	59,11	7,36%	32,72%
10	2,000	92,71	11,55%	21,17%
40	0,425	78,01	9,72%	11,45%
200	0,075	47,51	5,92%	5,53%
Pasa 200	Bandeja	44,41	5,53%	
		802,6	100,0%	

GRAVA =	67,28%	CLASIFICACION	
ARENA =	27,19%	U.S.C.S.	GW
FINOS =	5,53%	AASHTO	A-1a(0)



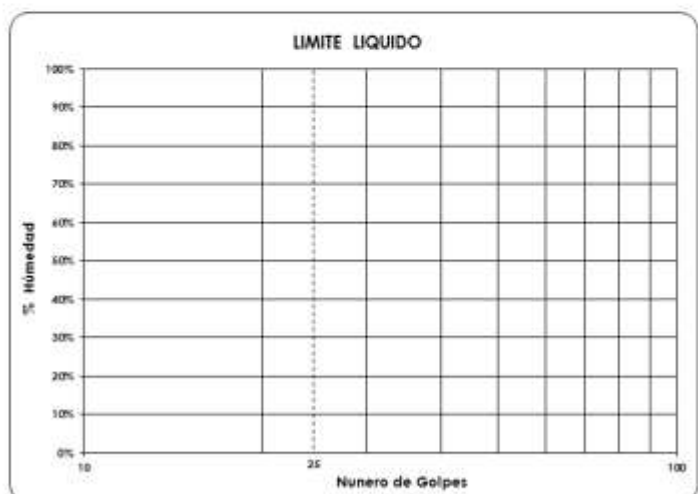
OBSERVACIONES Roca ignea meteorizada, moderadamente gradada

LIMITES DE CONSISTENCIA

LIMITE LIQUIDO			
Lata			
W Suelo Hum. + Lata			
W Suelo Seco. + Lata			
W Lata			
% de Humed.			
Nº de golpes			

LIMITE PLASTICO			
Lata			
W Suelo Hum. + Lata			
W Suelo Seco. + Lata			
W Lata			
% de Humed.			

LIMITE LIQUIDO	WL =	NL
LIMITE PLASTICO	WP =	NP
INDICE DE PLASTICIDAD	Ip =	NIP
INDICE DE FLUJO	If =	0,00



OBSERVACIONES Roca ignea meteorizada: de plasticidad nula e indice de expansividad bajo

Ensayo : **Heber Torres S.**
Heber Orlando Torres
Laboratorista

Reviso: **Ing. Aldemar Salcedo Torres.**
N.L.P. 15217-091719 BYC.