



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES ARAGÓN

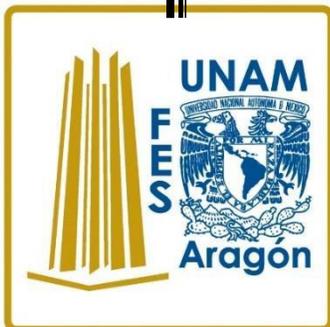
DISEÑO DE CIMENTACIONES SUPERFICIALES, GASODUCTO EL ENCINO – LA LAGUNA.

DESARROLLO DE UN CASO PRÁCTICO

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE
LICENCIADO EN INGENIERÍA CIVIL

P R E S E N T A:

PEDRO HERNÁNDEZ LARA



ASESOR
ING. GABRIEL RUÍZ GONZÁLEZ

CIUDAD NEZAHUALCÓYOLT, ESTADO DE MÉXICO, 2018



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

AGRADECIMIENTOS

Llegar al punto en el que me encuentro en estos momentos de mi vida en todo sentidos, es sin duda alguna un momento de trascendencia, en el camino, he tenido la maravillosa oportunidad de profesar lo aprendido obteniendo una meta deseada pero sin duda sufrida.

A la Universidad Nacional Autónoma de México, mi alma mater, porque además de formar orgullosamente parte de mi corazón, formaste honorable y académicamente a esta persona que, enamorada de su profesión, hoy la ejerce con orgullo y ética en todos aquellos lugares donde he tenido oportunidad de ser quien hoy soy profesionalmente.

A mi facultad, que me brindo la formación académica durante algunos años, gracias a ti FES Aragón y a todos aquellos profesores que me dejaron la lección de aprender y quienes con gusto compartieron parte de su conocimiento en mi formación profesional.

A mi padre Reyes Hernández, que sin saberlo, me acercó a la profesión a la que sin duda debo mucho, su firmeza, constancia en sus metas, su carácter de llegar hasta donde llegó, su ejemplo de trabajar duro por conseguir una mejor vida, me mostro la dificultad de saber dejar huella donde he caminado con entereza y firmeza.

A mi madre Ma. Clemencia, a quien jamás terminaré de agradecer todo aquello que hiciste por mí, de quien estoy más que orgulloso de haber sido tu hijo, me enseñaste la persistencia y el sentido de la responsabilidad, aprendí de ti la virtud de la paciencia y la delicadeza de tus actos con los demás, infinitas gracias por haber sido mi madre.

A mis hijos Erich y Elena, mis compañeros de vida, mucho de lo que soy ha sido sin duda por su compañía en esta travesía, su sola presencia ha sido suficiente para aprender a perseverar, a levantarme las veces que he caído, su rebeldía es tan parecida a la mía que sé que lograran mucho, sus sonrisas son el catalizador para siempre continuar, gracias por estar.

A mis hermanos Felicitas, Teresa, Margarita, Cándida, Román, Marcos y Jesús de quienes obtuve apoyo incondicional, les debo los momentos de risas y locuras además de lecciones que sin duda estuvieron presentes en mi vida, a todos Ustedes, gracias.

A mi familia, quien son el conjunto de seres con los cuales compartí gran parte de esta aventura llamada vida, gracias.

A ti Martha, gracias por haber sido el motor de mucho de lo que debía hacer, llegaste en el momento menos esperado y te fuiste igual, pero ello trajo consigo, el descubrir mi esencia, en el tiempo que estuviste aprendí como no hacer las cosas, aprendí a perseverar pero sin olvidar de las prioridades de la vida, aprendí que las personas que amo siempre estarán por encima de mis deseos, aprendí además que, la vida está llena de posibilidades, por todo ello, gracias por haberte detenido unos momentos en tu vida para amarme.

A mis amigos que sin duda son parte esencial de todo esto que hoy se ve culminado, sus ocurrencias, carcajadas, bromas de mal gusto, desvelos, desencuentros, cómplices de rebeldía y revolución, con ustedes a lado, fue más sencillo culminar siempre un semestre complicado, a todos ustedes que, directa o indirectamente estuvieron presentes en mi vida académica y profesional, gracias.

A ti Ingeniero Gabriel Ruíz González, gracias por el impulso que le diste a mi carrera, tuve la oportunidad de ser tu alumno y hoy me siento agradecido porque estés en esta última etapa de mi vida académica, a ti te doy las gracias por tu tiempo.

A todos ustedes miembros del jurado: Ing. Gabriel Álvarez Bautista, Ing. Ricardo Heras Cruz, Ing. Alejandro Pineda Chávez e Ing. Oniel García Balanzar, a todos Ustedes, les doy mis más sinceras gracias por dedicar su tiempo en la revisión de este proyecto de titulación, a todos, gracias infinitas.

¡¡Goya a todos ustedes!!



DISEÑO DE CIMENTACIONES SUPERFICIALES, GASODUCTO “EL ENCINO - LA LAGUNA”.

PROYECTO GEOTÉCNICO PARA
LAS VÁLVULAS DE SECCIONAMIENTO
MLV's 003 - 012.



INDICE

1.	INTRODUCCIÓN.....	4
1.1.	Descripción del Proyecto.....	5
1.2.	Descripción general de Válvula de Seccionamiento.....	7
	Tabla 1. Ubicación con coordenadas UTM de cada una de las válvulas.....	7
1.3.	Objetivo del estudio geotécnico.....	8
1.3.1.	Objetivos generales.....	8
1.3.2.	Objetivos específicos.....	8
1.4.	Alcances y metodología.....	8
1.5.	Trabajos de exploración y muestreo.....	9
1.6.	Ensayes de laboratorio.....	10
1.7.	Trabajos de gabinete.....	10
2.	ANTECEDENTES.....	12
2.1.	Geología del sitio.....	12
2.1.1.	Geología Regional del Estado de Chihuahua.....	12
2.1.2.	Geología Regional de los municipios del Estado de Durango.....	18
2.1.3.	Orografía Regional de los municipios del Estado de Chihuahua.....	21
2.1.4.	Orografía Regional en los municipios del Estado de Durango.....	22
2.1.5.	Clima Regional en los municipios en el Estado de Chihuahua.....	23
2.1.6.	Clima Regional de los municipios del Estado de Durango.....	24
2.1.7.	Hidrografía Regional de los municipios del Estado de Chihuahua.....	25
2.1.8.	Hidrografía Regional de los municipios del Estado de Durango.....	26
3.	TRABAJOS DE EXPLORACIÓN Y MUESTREO.....	27
3.1.	Objetivos de los trabajos de exploración y muestreo.....	27
3.2.	Descripción de los trabajos de exploración y muestreo.....	27
3.2.1.	Exploración mediante Pozo a Cielo Abierto (PCA).....	27
3.2.2.	Ubicación de la zona de muestreo mediante Pozo a Cielo Abierto (PCA).....	28
3.2.3.	Procedimiento para la obtención de las muestras.....	28
3.3.	Descripción general de las muestras recuperadas en el sitio.....	29
3.3.1.	Pozo a Cielo Abierto PCA-01 para la MLV-203.....	29
3.3.2.	Pozo a Cielo Abierto PCA-02 para la MLV-204.....	29
3.3.3.	Pozo a Cielo Abierto (PCA-03) para MLV-205.....	29
3.3.4.	Pozo a Cielo Abierto (PCA-04, 05) para MLV-206.....	30
3.3.5.	Pozo a Cielo Abierto (PCA-06) para MLV-207.....	30
3.3.6.	Pozo a Cielo Abierto (PCA-07) para MLV-208.....	30
3.3.7.	Pozo a Cielo Abierto (PCA-08) para MLV-209.....	30
3.3.8.	Pozo a Cielo Abierto (PCA-09) para MLV-210.....	30
3.3.9.	Pozo a Cielo Abierto (PCA-10) para MLV-211.....	31
3.3.10.	Pozo a Cielo Abierto (PCA-11) para MLV-212.....	31
3.4.	Fotográfico de Exploración del muestreo en sitio.....	31



4.	TRABAJOS DE LABORATORIO.....	37
4.1.	Descripción de los trabajos de laboratorio para muestras recuperadas en PCAs. ..	37
4.1.1.	<i>Pruebas índice.....</i>	37
4.2.	Resumen de resultados obtenidos del laboratorio.	37
5.	ESTRATIGRAFÍA DE LA ZONA DE ESTUDIO.....	81
5.1.	Descripción general de la estratigrafía del pozo a cielo abierto (PCA).	81
5.2.	Perfiles estratigráficos.....	85
6.	SISMICIDAD DE LA ZONA.....	91
6.1.	Coeficiente Sísmico.	91
6.1.1.	<i>Generalidades.</i>	91
6.1.2.	<i>Objetivo del manual de obras civiles de la C.F.E.</i>	91
7.	ANÁLISIS GEOTÉCNICO.....	98
7.1.	Análisis de capacidad de carga para cimentaciones superficiales.	98
7.1.1.	<i>Criterios generales de análisis de diseño.....</i>	98
7.1.2.	<i>Métodos de análisis.</i>	98
7.2.	Análisis de asentamientos.	100
7.2.1.	<i>Asentamientos elásticos (Programa Settle3D).....</i>	100
7.2.2.	<i>Asentamientos por consolidación (Programa Settle3D).</i>	101
7.3.	Módulos de reacción vertical.....	102
7.4.	Análisis de estabilidad de taludes.	103
7.4.1.	<i>Criterio de análisis.</i>	103
7.4.2.	<i>Métodos de equilibrio límite.</i>	103
7.5.	Presión lateral de tierra.....	111
7.5.1.	<i>Presión activa de tierra de Rankine.</i>	111
7.5.2.	<i>Presión pasiva de tierra de Rankine.</i>	113
8.	RESULTADOS.....	115
9.	CONCLUSIONES.	169
10.	REFERENCIAS.....	170

Acrónimos.

C.F.E.	Comisión Federal de Electricidad.
C.R.E	Comisión Reguladora de Energía.
P.C.A.	Pozo a Cielo Abierto.
U.T.T.	Universal Transverse Marcator (en Inglés).
A.S.T.M	American Society Test Materials.
S.C.T	Secretaria de Comunicaciones y Transportes.
S.U.C.S.	Sistema Unificado de Clasificación de Suelos
N.T.N.	Nivel de Terreno Natural.





1. INTRODUCCIÓN.

En la actualidad, los estudios sobre energía, estiman que para el año 2028, habrá un requerimiento de gas natural de alrededor de 393 millones de metros cúbicos (MMPCD) para las centrales de generación de energía en los estados de Durango y Chihuahua.

Para solventar los requerimientos a largo plazo, el Gobierno Federal Mexicano a través de la Comisión Federal de Electricidad (C.F.E.), ha asignado el proyecto de infraestructura por medio de licitación pública a Contratista con capacidad de generar el diseño, construcción y operación de la misma.

Para lo anterior, la Comisión Reguladora de Energía (CRE), aprobó la ruta de transporte de gas natural entre El Encino – La Laguna.

El proyecto en sí, tiene la finalidad de interconectar con el gasoducto Ojinaga – El Encino y a los sistemas de transporte de gas natural que darán suministro a las regiones centro y occidente del país.

El presente estudio, es el resultado de la investigación geotécnica en los predios designados para la instalación de válvulas de seccionamiento a lo largo de la ruta del gasoducto El Encino - La Laguna, siendo parte de la infraestructura que transportará los gases combustibles.

La traza de proyecto del ducto inicia en el Municipio de Chihuahua, Estado de Chihuahua, y se desarrolla a lo largo de 415 km aproximadamente, finalizando su trayectoria en el Municipio de Lerdo, Estado de Durango (*Ver figuras 1. Localización General del eje del Gasoducto*).

Se presenta a través de este estudio, la evaluación geotécnica del subsuelo en el cual se construirán las válvulas de seccionamiento MLV-203 a la MLV-212 del Gasoducto El Encino - La Laguna, y que recorren los municipios de Valle de Zaragoza, Hidalgo de Parral, López, Jiménez y Coronado en el Estado de Chihuahua y de los municipios de Mapimí y Lerdo en el Estado de Durango.

La investigación geotécnica se realizó en dos etapas. La primera a partir del análisis de investigaciones realizada por la Comisión Federal de Electricidad (C.F.E.) y el Servicio Geológico Mexicano (S.G.M.), así como la compilación de los artículos científicos más relevantes del área de estudio que sirvieron para definir la problemática existente en la zona de estudio.

La segunda etapa fue integrada mediante el análisis de imágenes de satélite a color (Google Earth) para identificar rasgos geotécnicos, lo que finalmente permitió realizar una campaña de exploración que consistió en la ejecución en campo de once (11) Pozos a Cielo Abierto (PCA) ubicadas de manera puntual en el área en la que se proyecta la construcción de cada una de las

válvulas de seccionamiento, las cuales tienen variaciones en la profundidad alcanzada en cada uno de los PCA´s.

1.1. Descripción del Proyecto.

Las válvulas de seccionamiento, ubicadas en la traza principal del gasoducto El Encino - La Laguna tienen ubicación coordinada de acuerdo al proyecto general.

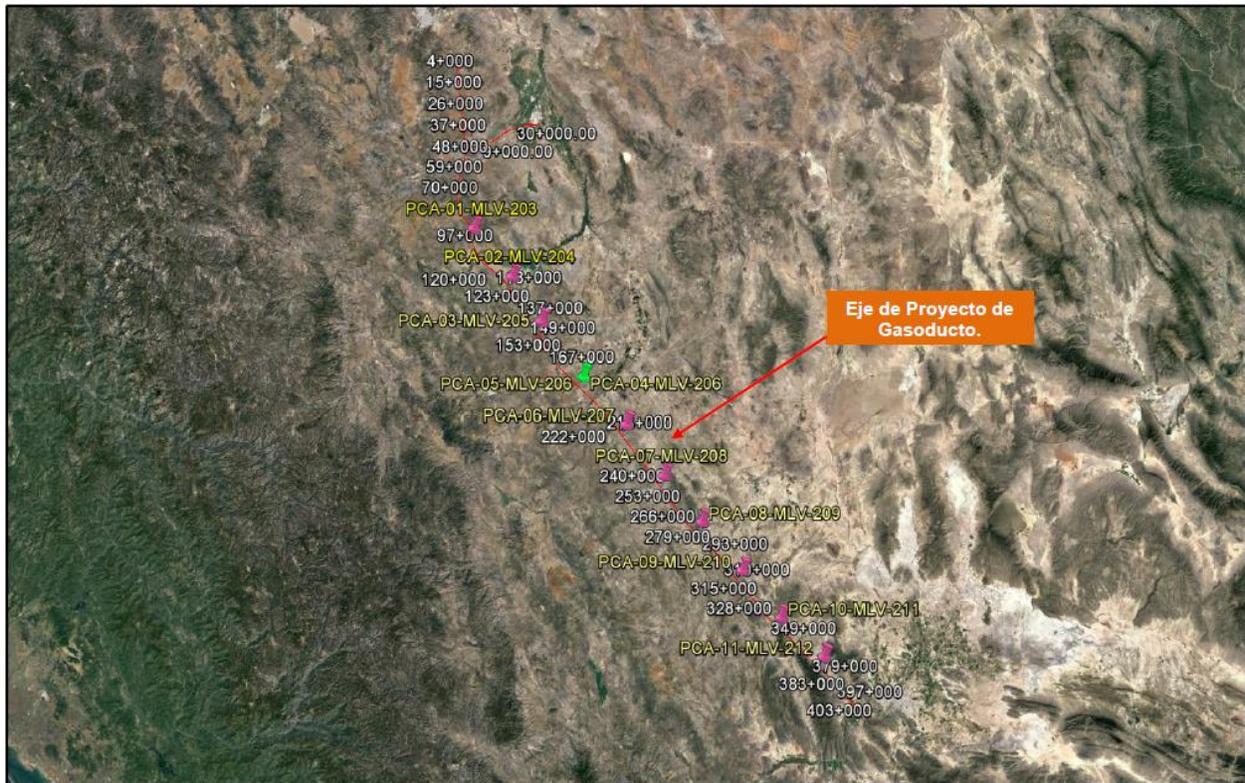


Figura 1. Eje de proyecto y ubicación regional de válvulas.



Figura 2. Eje de proyecto y ubicación regional de válvulas.



Figura 3. Eje de proyecto y ubicación regional de válvulas.

1.2. Descripción general de Válvula de Seccionamiento

Se puede definir que la válvula de seccionamiento es un dispositivo instalado en la tubería para bloquear el flujo de gas hacia cualquier sección del sistema de transporte, la cual consiste básicamente en un cuerpo principal, dentro del cual van alojados el obturador y los asientos, elementos que definen el paso del fluido permitido en cada momento.

Para el gasoducto El Encino - La Laguna se considera la instalación de 10 válvulas, distribuidas a lo largo de la ruta.

De lo anterior, se describen las ubicaciones mediante coordenadas UTM (en inglés Universal Transverse Marcator) para cada una de las válvulas de seccionamiento.

Válvula número	Cadenamiento (KP)	Coordenadas UTM	Tipo de Exploración y nomenclatura
MLV-203	096+600.00	X= 421,046 Y= 3,055,000	PCA-01
MLV-204	129+242.50	X= 442,052 Y= 3.031,123	PCA-02
MLV-205	156+781.00	X= 458,193 Y= 3,008821	PCA-03
MLV-206	192+983.00	X= 481,351 Y= 2,981,388	PCA-04
		X= 481,372 Y= 2,981,369	PCA-05
MLV-207	226+526.00	X= 504,708 Y= 2,957,454	PCA-06
MLV-208	259+120.00	X= 525,431 Y= 2,932,298	PCA-07
MLV-209	290+300.00	X= 546,227 Y= 2,909,324	PCA-08
MLV-210	322+942.00	X= 568,322 Y= 2,885,371	PCA-09
MLV-211	354+585.00	X= 589,565 Y= 2,861,937	PCA-10
MLV-212	385+078.00	X= 612,952 Y= 2,842,685	PCA-11

Tabla 1. Ubicación con coordenadas UTM de cada una de las válvulas.



1.3. Objetivo del estudio geotécnico.

1.3.1. *Objetivos generales.*

- Realizar el estudio geotécnico con lo que se permita desarrollar la ingeniería de detalle de las válvulas de seccionamiento involucradas en el proyecto en general.
- Conocer la composición estratigráfica de las áreas involucradas en el proyecto para definir las mejores alternativas de cimentación y pavimentos.

1.3.2. *Objetivos específicos.*

Los objetivos de este estudio es aportar la Información Geotécnica necesaria para:

- Contar con información geológica y geotécnica de referencia del área de estudio.
- Identificar las profundidades y características de los estratos del suelo en la zona donde se proyecta la construcción para cada una de las válvulas, mediante la exploración geotécnica superficial.
- Analizar la información obtenida mediante los trabajos de campo y laboratorio para identificar los principales problemas geotécnicos en la zona de estudio.
- Determinar el tipo de cimentación más adecuado para cada una de las válvulas.
- Determinar los factores de seguridad mínimos para el análisis de estabilidad de taludes en cortes temporales.
- Recomendar el tratamiento más adecuado para la estabilización de los taludes en caso de requerirse.
- Evaluar las zonas que requerirán de trabajos de mejoramiento de suelos en caso de requerirse.

1.4. Alcances y metodología.

Las actividades que se consideraron para el cumplimiento de los objetivos del Proyecto, son las siguientes:

- Descripción de la información geotécnica existente.
- Descripción de los trabajos geotécnicos de campo.



- Descripción de los trabajos geotécnicos de laboratorio.
- Clasificación de los materiales muestreados mediante sus propiedades índice.
- Definición de la estratigrafía del subsuelo del sitio y las propiedades mecánicas de los materiales que lo constituyen.
- Clasificación del subsuelo del sitio para fines de análisis sísmico.
- Determinación de la capacidad de carga del terreno mediante cimentaciones superficiales.
- Determinación de los asentamientos inmediatos y a largo plazo para el tipo de cimentación más apropiado.
- Análisis de estabilidad de los taludes para terraplenes, en caso de requerirse, y para las excavaciones durante la construcción de las cimentaciones.
- Conclusiones y recomendaciones derivadas de los resultados de los análisis realizados.

1.5. Trabajos de exploración y muestreo.

Para efectuar el estudio geotécnico en el área donde se construirá cada una de las válvulas que conforman el proyecto, se realizó la exploración y muestreo en las áreas proyectadas, ejecutando para ello, hasta dos (2) Pozos a Cielo Abierto (PCA) con profundidad suficiente, con recuperación de muestras alteradas, a las que se les realizó sus ensayos de laboratorio correspondientes.

Simultáneamente a los trabajos de exploración, se realizó el registro de campo, el cual contiene:

- Identificación general de la zona de estudio
- Número de muestras recuperadas
- Estratigrafía del sitio
- Profundidades de cada una de las muestras extraídas.
- Procedimiento de excavación para extracción de las muestras y,
- Clasificación visual geotécnica de las muestras de suelo.



Asimismo, durante los trabajos de exploración se efectuó un reconocimiento del sitio observando y reportando todas aquellas condiciones circunstanciales que puedan afectar el comportamiento y estabilidad de las instalaciones de cada una de las válvulas.

1.6. Ensayes de laboratorio.

De cada una de las muestras recuperadas, se ensayaron en el laboratorio geotécnico. Para cumplir con los objetivos, los ensayes que se programaron fueron de tipo índice.

De acuerdo a la estratigrafía definida a partir del registro de campo de la excavación, cada una de las muestras obtenidas se sometió a diferentes ensayes para determinar sus propiedades índices según las normas ASTM correspondientes. Estas fueron suficientes para caracterizar todos y cada uno de los estratos detectados en cada uno de los Pozos a Cielo Abierto.

1.7. Trabajos de gabinete.

Dándole continuidad a la conformación del diseño, en gabinete se llevaron a cabo las siguientes actividades:

- Análisis de la información recopilada y descripción de las condiciones existentes del sitio.
- Análisis, discusión, descripción y presentación de los trabajos de campo realizados.
- Elaboración de planos en AutoCAD con la localización de la exploración mediante Pozo a Cielo Abierto (PCA) y de la geología del sitio.
- Ensayes de laboratorio y elaboración de anexo con las pruebas realizadas.
- Caracterización y descripción estratigráfica del suelo del sitio.
- Elaboración del perfil estratigráfico, en el que se incluye, espesor de despalle y/o capa vegetal, espesor y profundidad de los estratos, los puntos de obtención de muestras, clasificación de los suelos mediante el Sistema Unificado del suelo (SUCS), descripción del tipo de suelo, límites de consistencia, contenido natural de agua, peso volumétrico natural, porcentajes de grava-arena-finos y localización en coordenadas UTM.
- Determinación de la capacidad de carga del terreno mediante cimentaciones superficiales.



- Análisis de estabilidad de la excavación para la construcción de la cimentación, determinando la máxima profundidad de excavación sin soporte y los taludes recomendados.
- Elaboración del informe final.



2. ANTECEDENTES

2.1. Geología del sitio.

2.1.1. Geología Regional del Estado de Chihuahua.

Los rasgos del relieve presentan una orientación preferencial del noreste hacia el sudeste, con un alargamiento y estrechez de las características de una meseta y sierras que se estructuran en secuencias intercaladas de rocas calcáreas que muestran menos competencia a la deformación. Los valles que se formaron son paralelos a la sierra, formando sinclinales y anticlinales que han desarrollado lomeríos y cuestas de rocas sedimentarias (mármoles), las cuales están en contacto con franjas de rocas jurásicas y rellenos conglomeráticos que tienden a formar lomeríos y mesetas con lagunas intermedias y, en ocasiones, grandes depresiones con cañones profundos, rellenos con materiales aluviales compuestos con gravas, arenas y arcillas.

Esta geología está representada por una secuencia que va de las más antiguas a las más recientes. Durante el Mesozoico las rocas más antiguas son una secuencia de hechos rojos asociados con vulcanismo ácidos que se correlacionan con la formación Nazas del Triásico superior. El Jurásico está representado por rocas sedimentarias e intrusivas batolíticas. Las rocas sedimentarias están representadas por la formación la gloria, que infrayace a los extensos depósitos sedimentarios de la formación mezcalera y de calizas arrecifales de la formación cupido. Para el Aptiano tardío, la mayor parte del área es transgredida por las aguas, originando el amplio depósito de caliza (lutita) de la formación la peña. En el Albiano Cenomaniano se producen las condiciones favorables de arrecifes y calizas de plataformas pertenecientes a la formación aurora.

2.1.1.1. Geología del municipio de Valle de Zaragoza.

El suelo del municipio muestra formaciones geológicas del Cretácico (37.4%), del Neógeno (25.9%), Cuaternario (20.4%), Terciario (11.9%) y Paleógeno (0.5%) representados por depósitos de talud y algunos abanicos aluviales de poca profundidad en la superficie.

En la región norte - noroeste, se muestran características anteriores del suelo, representadas por rocas sedimentaria: caliza-lutita (28.5%), conglomerado (22.1%), caliza (3.9%) y arenisca conglomerado (0.3%), los cuales tienen origen en el Periodo Terciario y del Neógeno.

En la región noreste, suroeste, así como la zona oeste del municipio, se tienen afloramientos de roca ígnea extrusiva: riolita-toba acida, basalto, toba acida, andesita, riolita y brecha volcánica, así como roca ígnea intrusiva; conformada por granodiorita, los cuales van del 12.4% al 1.0% respectivamente.



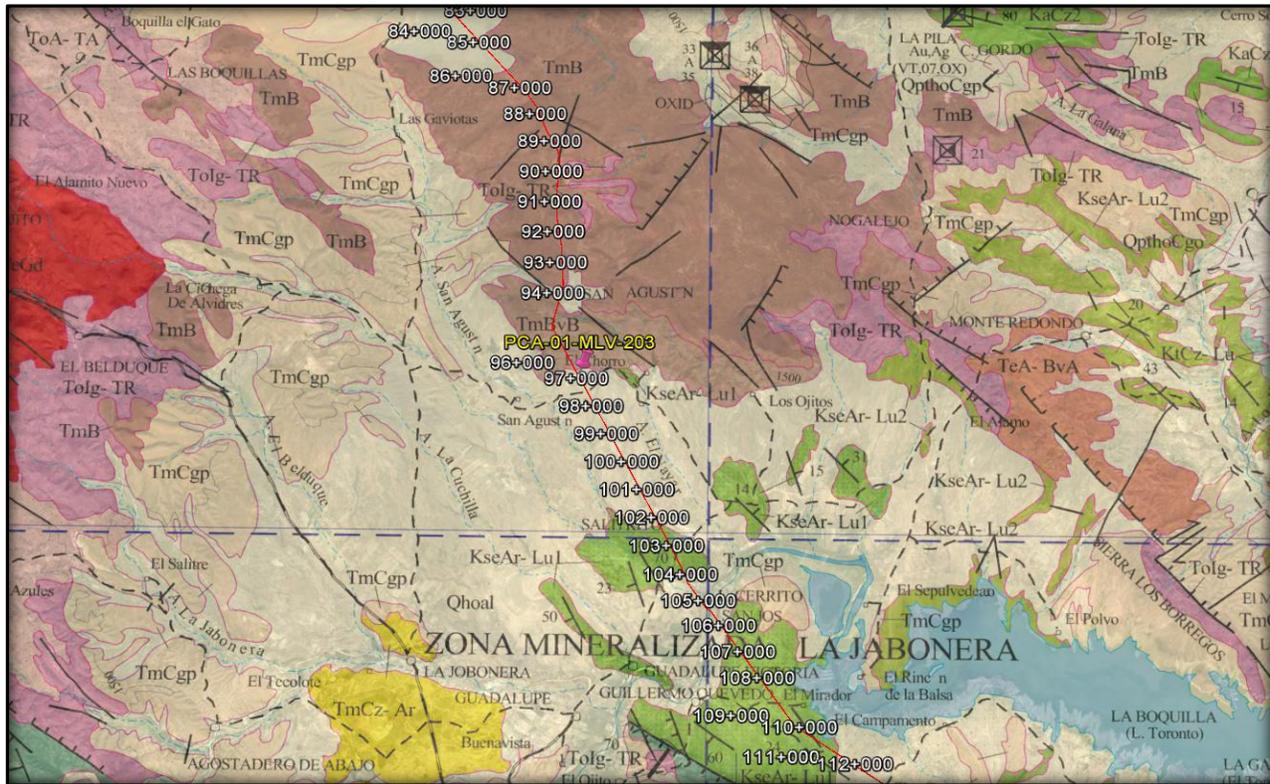


Figura 4. Eje de proyecto y ubicación regional de válvulas.

2.1.1.2. Geología del municipio de Hidalgo del Parral.

El municipio de Hidalgo de Parral, Estado de Chihuahua, se ubica en el mar Mexicano cuyo basamento es de edad paleozoico inferior está constituido por rocas metamórficas, ígneas y tal vez sedimentarias.

El mesozoico está representado por las formaciones depositadas en la cuenca del mar Mexicano, la cual está limitada al noreste por los elementos positivos de la península de Aldama, al este por la isla por la península de Coahuila y hacia el occidente por una tierra positiva constituida por el arco volcánico Tarahumara.

Los depósitos marinos de la cuenca del mar Mexicano presentan espesores de 1,880 metros, abarcando probablemente del Neocomiano al Turoniano representados por una secuencia tipo flysch constituida por una alternancia de caliza arcillosa, marga, arenisca y lutita que pertenece al grupo Mezcalera, y que consisten en una alternancia de caliza, marga y arenisca. Aunque se tiene certeza de la predominación de facies representadas por lutita y caliza (Kapa Lu-Cz).

Litológicamente está conformada por alternancia de lutita y caliza principalmente en estratos delgados, la calizas es gris oscuro en muestras fresca y gris claro al intemperismo, ligeramente

arcillosa y en partes arenosa; lutita gris verdoso al fresco y amarillo ocre al intemperismo. Se observan vetillas de calcita menores a 1 cm., de espesor cortando la roca perpendicularmente al plano de estratificación. Presenta grietas de tensión perpendicular a los planos de estratificación. También presentan la superficie, fuerte peganismo cubierto de manera discordante por: riolita y toba riolítica, conglomerado polimíctico y depósitos no consolidados con grava-arena y limo-arena, está intrusionada por pórfido riolítico.

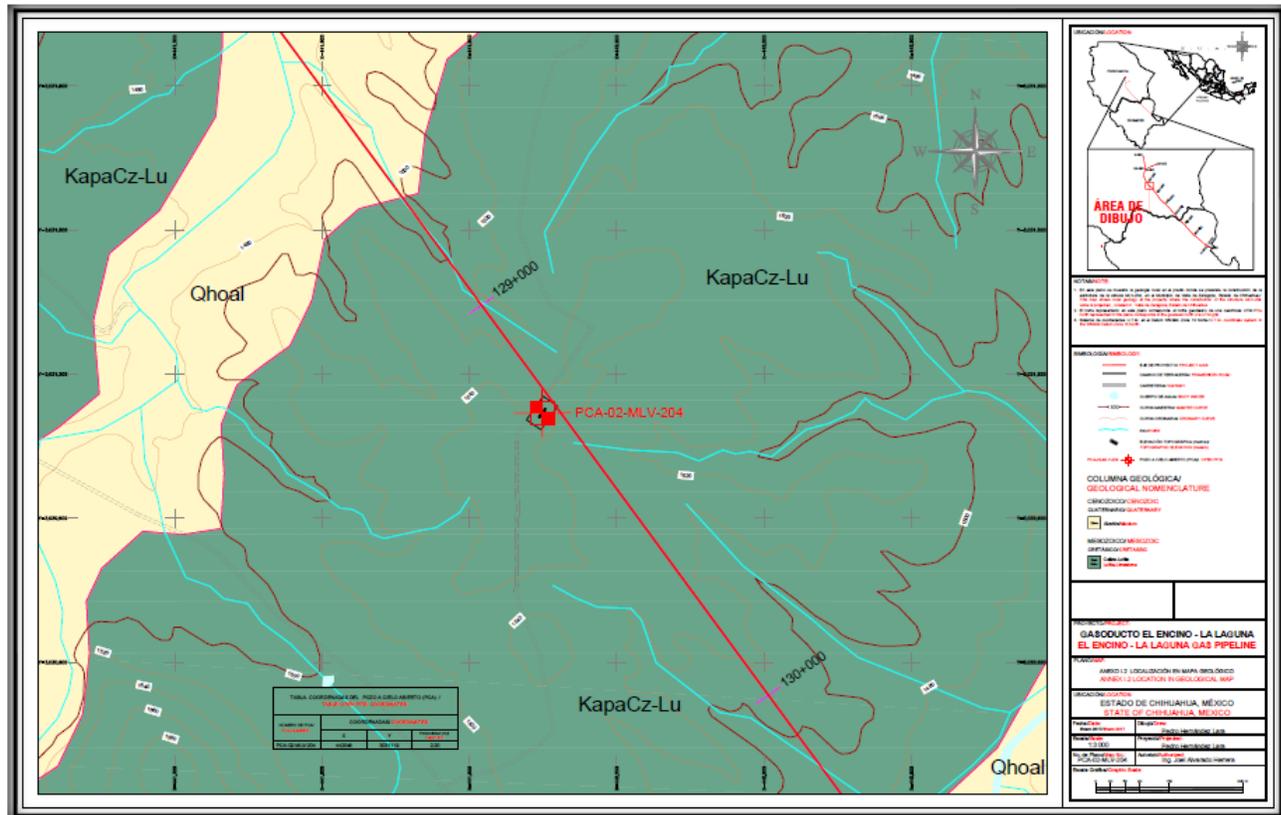


Figura 5. Eje de proyecto y ubicación regional de válvulas.

2.1.1.3. Geología del municipio de López.

El marco geológico regional que involucra al Municipio de López, Estado de Chihuahua, está conformado por rocas antiguas de edad Carbonífero Tardío que consiste en esquisto de moscovita y anfibolita con edad de metamorfismo, el cual aflora en el arroyo El Picacho, cerca de Santa María del Oro, en el Estado de Durango.

Otros afloramientos similares definen que este complejo metamórfico constituido por micaesquisto constituye la base del terreno petrotectónico Santa María e Hidalgo del Parral con afloramientos de moscovita (límite Devónico-Carbonífero) que corresponde a la última fase tectónica y Metamórfica que afectó el protolito de la secuencia metamórfica; fase que corresponde a la orogena Antleriana que afectó al Cratón de Norte América hasta el Devónico y en la que

subyace discordantemente conglomerado polimíctico de fragmentos de roca volcánica y metamórfica, arenisca de granos de cuarzo, derrames de andesita y toba de composición intermedia la cual podría tener origen en el Triásico-Jurásico medio, rocas que son correlacionables con los terrígenos continentales de la Formación Nazas que afloran en Villa Juárez, área San Pedro El Gallo, sierra Santo Domingo y parte suroriental de la sierra de Mapimí Durango.

Discordantemente estos depósitos son cubiertos por caliza, limolita, y arenisca en capas medianas, la caliza corresponde a un Wackstone arcilloso silicificado y la arenisca varía a calcarenita se le asigna una edad Jurásico superior en base a su posición estratigráfica y son afloramientos correlacionados con la Formación La Gloria y entre el camino de Indé a Santa María se reconoció lutita y limolita con bajo grado de metamorfismo y contenido abundante de plantas que se correlacionan con la Formación La Casita de edad Jurásico Superior y que regionalmente ambas unidades quedan expuestas hacia la porción oriental y hacia el margen occidental de la Península de Coahuila; dentro de este marco del Mar Mexicano intrusivos antiguos se han reconocido en el área El Cuarenta Durango, donde aflora una cuarzodiorita del Jurásico Superior.

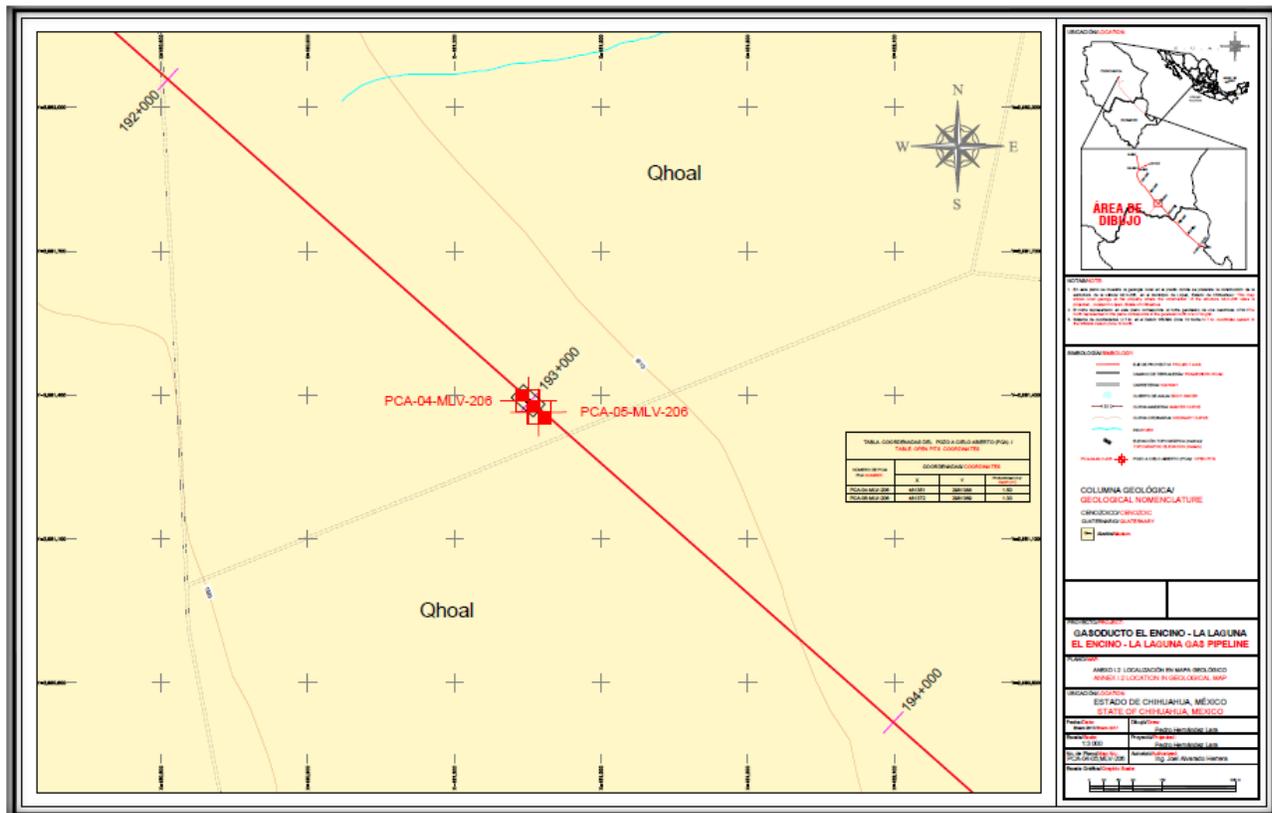


Figura 6. Eje de proyecto y ubicación regional de válvulas.

2.1.1.4. Geología del municipio de Coronado.

El municipio de Coronado, Estado de Chihuahua, se ubica en el mar Mexicano cuyo basamento es de edad paleozoico inferior, el cual está constituido por rocas metamórficas, ígneas y tal vez sedimentarias.

El mesozoico está representado por las formaciones depositadas en la cuenca del mar Mexicano, la cual está limitada al noreste por los elementos positivos de la península de Aldama, al este por la isla por la península de Coahuila y hacia el occidente por una tierra positiva constituida por el arco volcánico Tarahumara.

Los depósitos marinos de la cuenca del mar Mexicano presentan espesores de 1,880 metros, abarcando probablemente del Neocomiano al Turoniano representados por una secuencia tipo flysch constituida por una alternancia de caliza arcillosa, marga, arenisca y lutita que pertenece al grupo Mezcalera, y que consisten en una alternancia de caliza, marga y arenisca. Aunque se tiene certeza de la predominación de facies representadas por lutita y caliza (Kapa Lu-Cz).

Litológicamente está conformada por alternancia de lutita y caliza principalmente en estratos delgados, la calizas es gris oscuro en muestras fresca y gris claro al intemperismo, ligeramente arcillosa y en partes arenosa; lutita gris verdoso al fresco y amarillo ocre al intemperismo. Presenta grietas de tensión perpendicular a los planos de estratificación. También presentan la superficie, fuerte plegamiento cubierto de manera discordante por: riolita y toba riolítica, conglomerado polimíctico y depósitos no consolidados con grava-arena y limo-arena, está intrusionada por pórfido riolítico.

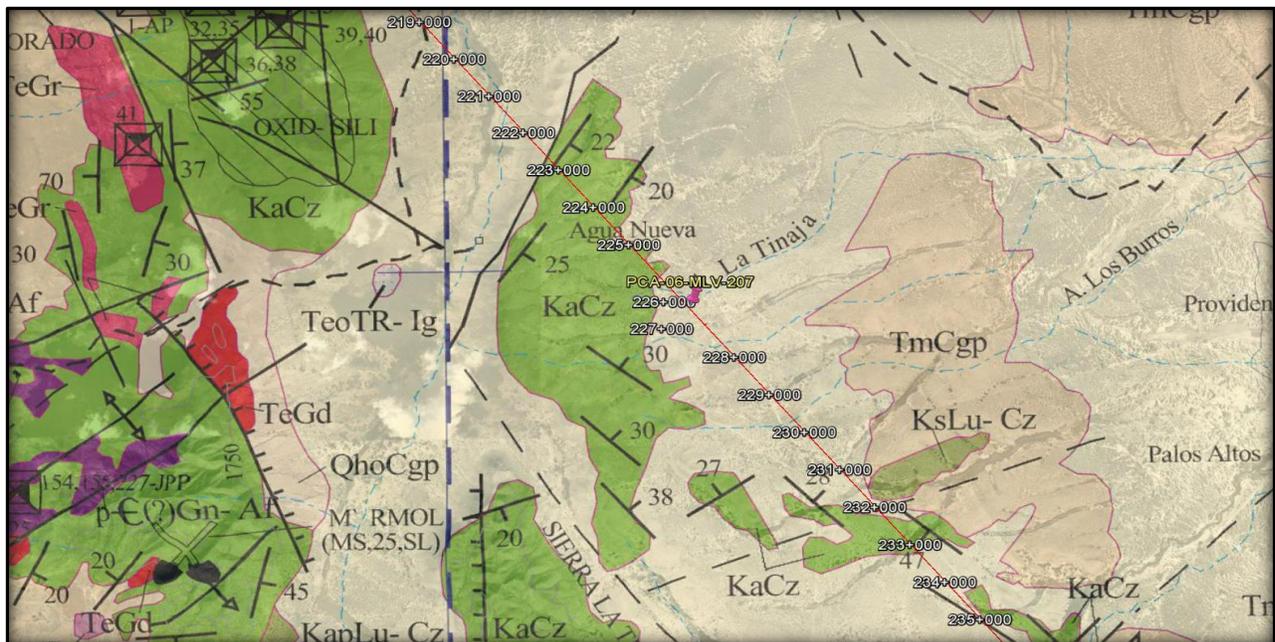


Figura 7. Eje de proyecto y ubicación regional de válvulas.



2.1.1.5. Geología regional del municipio de Jiménez

El municipio de Jiménez, se localiza en la porción centro-sur del Estado de Chihuahua, quedando delimitada por dos grandes provincias fisiográficas: la Sierra Madre Occidental y la provincia de Sierras y Cuencas del Norte.

Se identifican dos unidades litológicas correspondientes al grupo Mezcalera: una constituida por calizas y latitas y la otra compuesta por areniscas de edad Aptiano-Albiano originadas por cambio de facies lateral; este grupo está constituido por sedimentos de aguas marinas relativamente profundas formando rocas de origen turbidíticos, calcáreas, arcillosas y con aporte de terrígenos provenientes posiblemente del Arco Volcánico Tarahumara; continuando con el aporte de sedimentos arcillo-calcáreo limosos y arcillosos que se depositan en una cuenca de aguas más profundas con microfauna del Albiano medio.

Como resultado a la erosión de las rocas cretácicas, se depositaron discordantemente sobre la superficie del municipio, los cuales corresponde a materiales continentales representados por brechas oligomíticas del cretácico superior que aflora en la porción central de la superficie con rumbo Noroeste-Sureste, afloran un conglomerado Oligomítico de Cretácico superior-Terciario Eoceno. Sobreyaciendo discordantemente afloran en la porción sur-central, arenisca y conglomerados y depósitos en facies lacustres de travertino. Sobreyace concordantemente una secuencia de calizas con intercalaciones de arenisca y en menor proporción lutitas. Al final del Mioceno y principios del Plioceno, como último evento volcánico afloran brechas basálticas, y derrames basálticos en carias emisiones. El Cuaternario se caracteriza por una serie de depósitos hacia los valles y cuencas lacustres representado por conglomerados polimítico y oligomíticos, limos y aluvión, así como, depósitos lacustres y eólicos. Las estructuras son pliegues isoclinales y algunas cabalgaduras paralelas a la cabalgadura mayor de contacto entre los terrenos, sin embargo, a medida que nos alejamos del centro, la deformación se hace menos intensa y predominan los pliegues abiertos de Noroeste-Sureste.

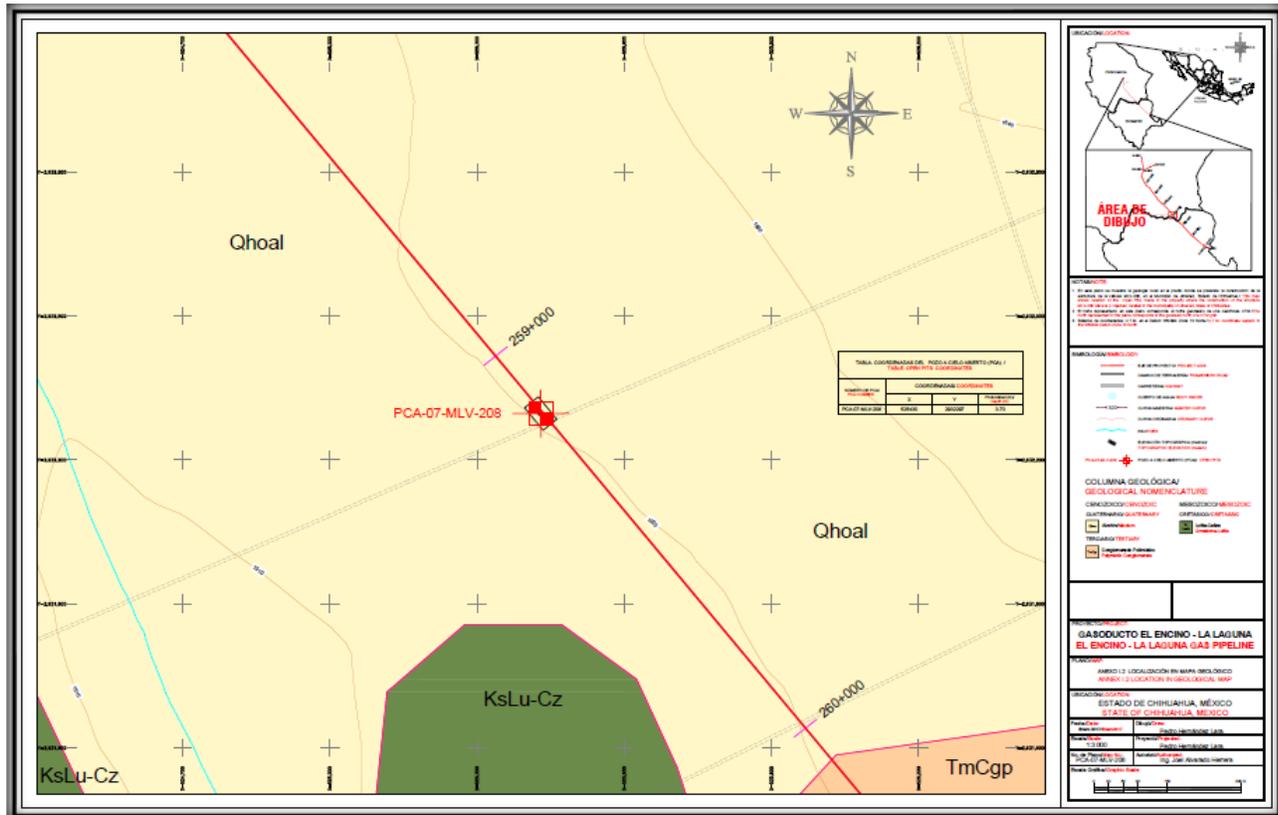


Figura 8. Eje de proyecto y ubicación regional de válvulas.

2.1.2. Geología Regional de los municipios del Estado de Durango.

2.1.2.1. Geología del municipio de Mapimí.

La región del municipio de Mapimi, en el Estado de Durango, corresponde a rellenos de cuencas sedimentarias. Dentro del terreno Sierra Madre, la unidad más antigua está representada por una secuencia calcárea del Albiano que se ha correlacionado con la formación Aurora.

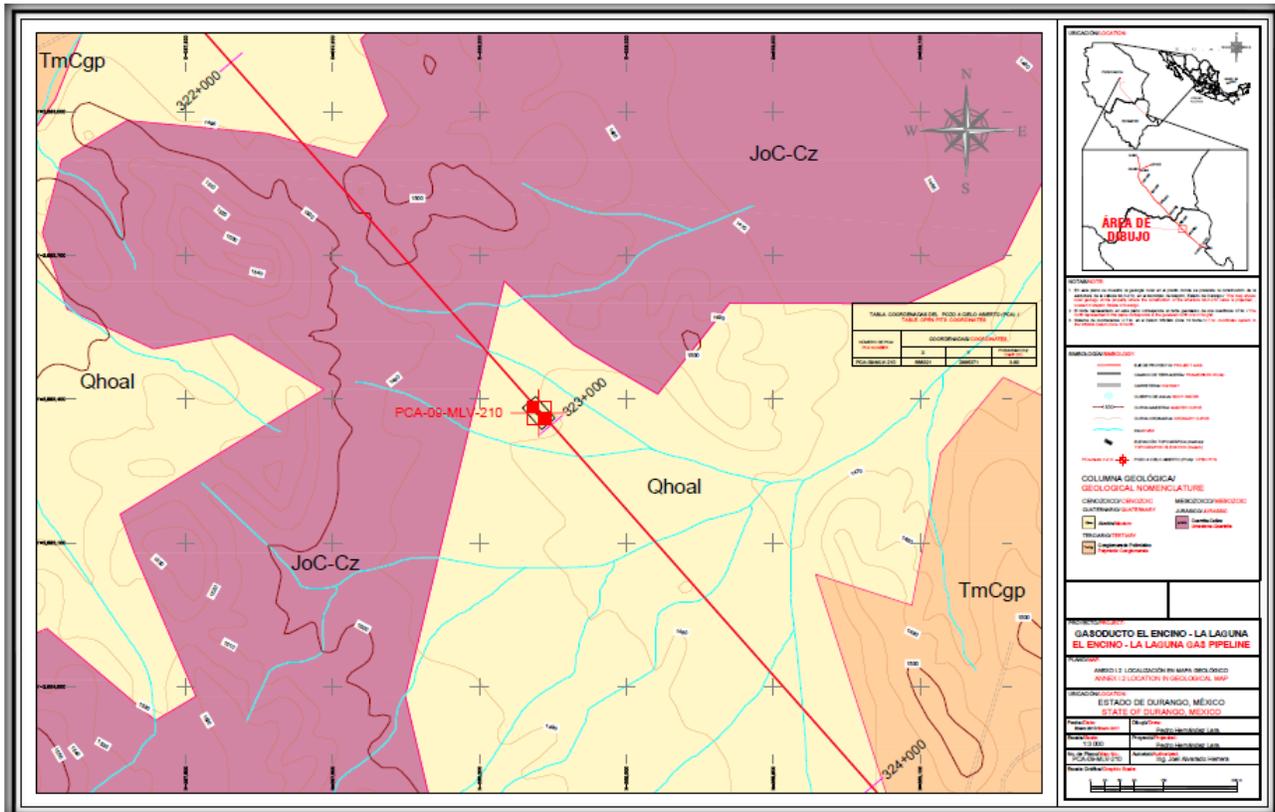
El municipio se ubica en la provincia de Sierras y Valles, y en el Bolsón de Mapimí. La cual se caracteriza por construir sierras y valles orientados al Noroeste – Sureste, en donde las sierras corresponden a bloques levantados (horsts) y valles a depresiones tectónicas (gabens).

La mayor parte del municipio se ubica en una depresión tectónica, que forma parte de la laguna de Mayran. En donde se tienen depósitos clásticos de origen continental, los cuales se han diferenciados conglomerados aledaños, en las partes medias y bajas de las sierras, así como limo y arena depositados en planicies de inundación y considerados como depósitos aluviales, otra diferenciación dada por su forma de transporte y depósitos corresponde a los sedimentos eólicos.

La sierra de Mapimí está compuesta por un apilamiento de pliegues orientados Noroeste – Sureste, asimétricos, recostados e imbricados hacia el noreste en su parte media es un semicírculo de 8 km de diámetro, originado por un Plutón Cenozoico de composición granodiorítica (intrusivo El Sarnoso).

La geología muestra una mega falla en el límite de los terrenos Sierra Madre y Coahuila, en el que se inició una transgresión marina que cubrió a casi todo México durante el Cretácico. El control sedimentario y estructural de los bloques paleotectónicos altos, fue heredado al Cretácico inferior, donde las áreas continentales que existieron, al ser cubiertas por el mar en diferentes tiempos, desarrollaron bancos y plataformas evaporítico-carbonatadas, como la de Coahuila.

Durante el Albiano medio y superior, el mar cubrió totalmente a la isla de Coahuila, depositando hacia la Cuenca del centro de México carbonatos en ambientes de plataforma somera y de mar abierto, con intercalaciones de pequeños arrecifes representados por la Formación Aurora (Ka Cz).





2.1.2.2. Geología del municipio de Lerdo.

Los rasgos del relieve presentan una orientación preferencial del noreste hacia el sudeste, con un alargamiento y estrechez de las características de una meseta y sierras que se estructuran en secuencias intercaladas de rocas calcarías que muestran menos competencia a la deformación. Los valles que se formaron son paralelos a la sierra, formando sinclinales y anticlinales que han desarrollado lomeríos y cuestas de rocas sedimentarias (mármoles), las cuales están en contacto con franjas de rocas jurásicas y rellenos conglomeráticos que tienden a formar lomeríos y mesetas con lagunas intermedias y, en ocasiones, grandes depresiones con cañones profundos, rellenos con materiales aluviales compuestos con gravas, arenas y arcillas.

Esta geología está representada por una secuencia que va de las más antiguas a las más recientes. Durante el Mesozoico las rocas más antiguas son una secuencia de hechos rojos asociados con vulcanismo ácidos que se correlacionan con la formación Nazas del Triásico superior. El Jurásico está representado por rocas sedimentarias e intrusivas batolíticas. Las rocas sedimentarias están representadas por la formación la gloria, que infrayace a los extensos depósitos sedimentarios de la formación mezcalera y de calizas arrecifales de la formación cupido. Para el Aptiano tardío, la mayor parte del área es transgredida por las aguas, originando el amplio depósito de caliza (lutita) de la formación la peña. En el Albiano Cenomaniano se producen las condiciones favorables de arrecifes y calizas de plataformas pertenecientes a la formación aurora. **(Ver plano Geológico del municipio de Lerdo, Durango).**

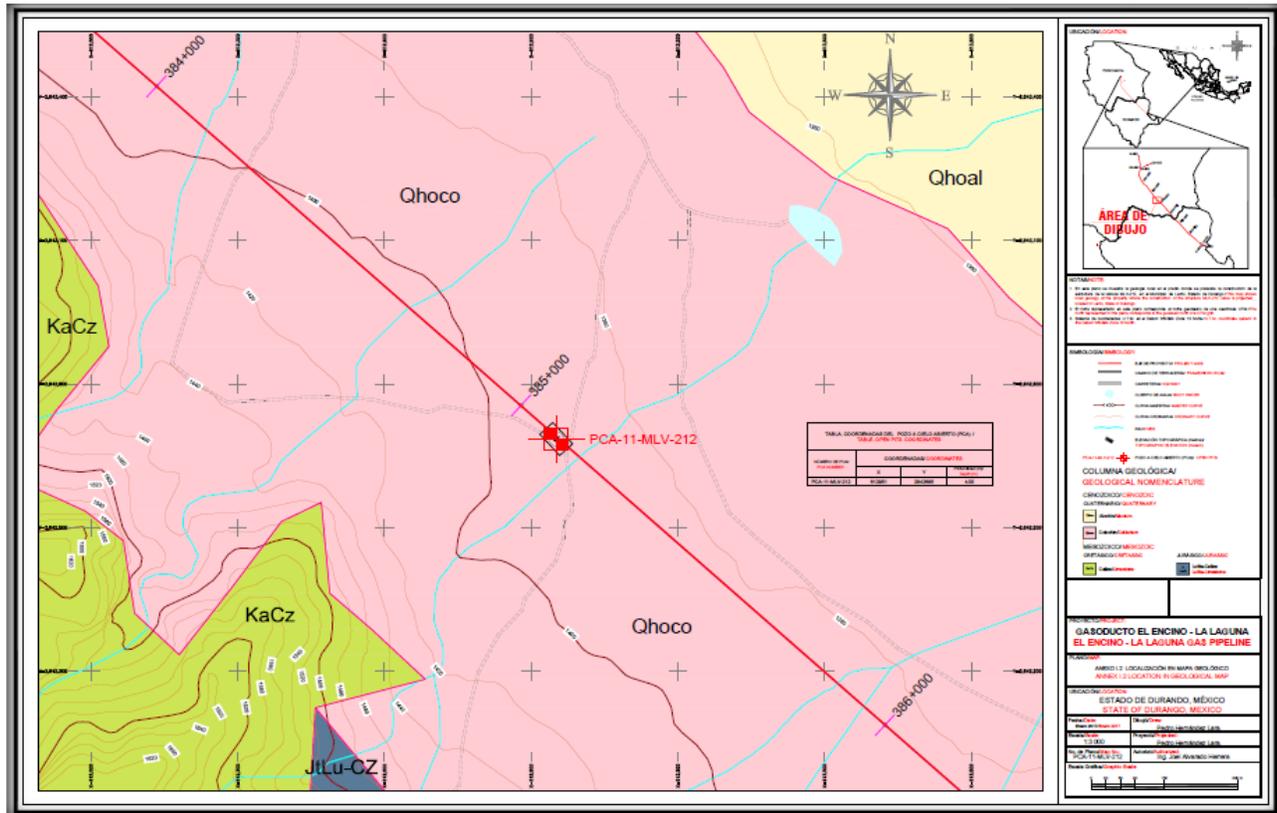


Figura 10. Eje de proyecto y ubicación regional de válvulas.

2.1.3. Orografía Regional de los municipios del Estado de Chihuahua.

2.1.3.1. Orografía municipio de Valle de Zaragoza

El municipio en el que se encuentra el área de estudio se localiza en la Mesa Central del Norte, formado por planicies limitadas por cordilleras paralelas bajas que frecuentemente degeneran en lomeríos de poca altura; las principales serranías son las de: La Venada, La Sanguijuela, Cuchara Mezcalera y El Pajarito.

2.1.3.2. Orografía del municipio de Hidalgo del Parral.

El territorio del municipio de Hidalgo de Parral, Estado de Chihuahua, se localiza en la Mesa Central del Norte del país, cuanta con una superficie de 1,920 km². Aproximadamente, su formación topográfica es accidentado, aunque presenta extensiones planas, con las características de la mesa central y lomeríos continuos y bajas serranías, entre las que se encuentran las de San Patricio, Beta Grande, El Potrero y Boca Grande y algunos cerros aislados,



llamados del Pulpito, La Cruz, La Iguana, El Sombrero y otras más. La orografía que presenta, pertenece en gran parte a Sierras y Llanuras del Bolsón de Mapimí con el 63.69% y Sierras y Llanuras del Durango con el 36.31%.

2.1.3.3. Orografía del municipio de López.

El territorio del Municipio de López, Estado de Chihuahua, se localiza en la Mesa Central del Norte del país, con una superficie de 1,317 km². Aproximadamente, formado por grandes y extensas planicies y que se encuentran situadas sobre la cuenca del río Florido. Sus principales serranías son de Las Adargas, Santa Ana, Corrales, cerro colorado y el cerro del Pueblo.

2.1.3.4. Orografía del municipio de Coronado.

El territorio del municipio de Coronado, Estado de Chihuahua, se localiza en la Mesa Central del Norte del país, cuanta con una superficie de 1,885 km². Aproximadamente, formado por grandes y extensas planicies, en él da inicio el Bolsón de Mapimí y se encuentran las sierras Baos y Peñoles. La orografía que presenta, pertenece en gran parte a Sierras y Llanuras del Norte con el 86.92% y Sierra Madre con el 13.08%, y que por tanto se considera la primera parte como del Bolsón de Mapimí y la segunda de las Llanuras de Durango.

2.1.3.5. Orografía del municipio de Jiménez.

El municipio de Jiménez se localiza en las estribaciones de la Sierra de San Carlos, su superficie es un plano inclinado ligeramente ondulado y con dirección sureste. Al suroeste del territorio se localiza la mesa de Solís.

De territorio generalmente plano, queda comprendido entre la cuenca del Río Florido y el límite con el Estado de Coahuila; existen muchas serranías aisladas entre sí, que se levantan en medio de áridas y extensas llanuras, entre las más notables se encuentran las de Almagre, Carneros, Chupaderos, Olanes, Los Reyes, Los Remedios, El Diablo, San Francisco, San Vicente, Cordereño, Urías, El Berrendo y Sierra Mojada, en el linderero con Coahuila.

2.1.4. Orografía Regional en los municipios del Estado de Durango.

2.1.4.1. Orografía del municipio de Mapimi.

El plano inclinado está en su descenso por las sierras del Pelayo, de la Muerte y de La Cadena. Esta es prolongación de la gran sierra del Rosario del municipio de Lerdo. Ya en el Bolsón y





limitando la llanura por el oeste, se alza la sierra de Mapimí, llamada también del Sarnoso, que en su parte norte da lugar a la formación de la altura llamada cerro de la Bufa.

Igual que el municipio de Lerdo, entre las cordilleras que cruzan el territorio de Mapimí, se abren valles y llanuras en las que se forman arroyos por la gran permeabilidad de su suelo, y la pobre precipitación pluvial anual.

Dentro del área de influencia, la topografía que guara este municipio oscila entre terrenos planos con relieve cóncavo, hasta lomeríos de aspectos suaves y de baja altura con pendientes uniformes que van de 8 al 20%.

2.1.4.2. Orografía del municipio de Lerdo.

La parte occidental del municipio es montañosa y notable por su orografía, ya que cuenta con anticlinales, levantándose en esfera, clestería y sinclinales desarrollados en valles longitudinales de fondo plano, que en algunos lugares se estrechan formando cañones, acantilados, como el Cañón de Fernández, cuyo fondo sirve de cauce al Río Nazas, el Cañón de Huanchi y el del Borrego. Al norte se localiza la Sierra del Rosario.

Las elevaciones más importantes del municipio son: Sierra del Rosario (2820 m.s.n.m.), Sierra de Mapimí (2240 m.s.n.m.), Sierra España (2140 m.s.n.m.), Sierra el Sarnoso (2040 m.s.n.m.), Sierra Patrón (1640 m.s.n.m.), Sierra la Presa (1540 m.s.n.m.) y Sierra los Lobos (1320 m.s.n.m.).

2.1.5. Clima Regional en los municipios en el Estado de Chihuahua.

2.1.5.1. Clima del municipio de Valle de Zaragoza.

El clima predominante es el seco semi-cálido 40 % y seco templado 10.6%. La temperatura media anual es de 21.1 grados centígrados. La temporada de lluvias se da durante los meses de junio, julio y agosto. Su precipitación media anual es de 400 mm.

2.1.5.2. Clima del municipio de Hidalgo de Parral

El clima de la región del municipio de Hidalgo de Parral, Estado de Chihuahua, se clasifica como semi-humedo y templado, con una temperatura máxima de 16°C y una mínima de -12°C. Se consideran varios sub-climas en la región, en los que se consideran: Semiseco-templado (85%), Semiseco-semicálido (11%), seco-semi-cálido (4%).



La precipitación pluvial meda anual es de 489.9.6 mm., y en promedio anual de lluvias de 72 días y una humedad relativa de 48%. Los vientos predominantes de la región provienes del suroeste.

2.1.5.3. Clima del municipio de López

El clima es semiárido extremoso, con una temperatura máxima de 41.7° C y una mínima de -14.1° C. Su media anual es de 18.3° C. Tiene una precipitación pluvial media anual de 363.9 milímetros, con un promedio anual de 61 días de lluvia y una humedad relativa del 48%. Su viento dominante es del suroeste.

2.1.5.4. Clima del municipio de Coronado

El clima de la región del municipio de Coronado, se clasifica de extremoso; con temperaturas máximas de 41.7°C una mínima de -14°C. Se consideran varios sub-climas en la región, en los que se consideran: Semiseco-templado (60%), Seco-templado (22%), seco-semicálido (16%) y, semiseco-semicálido (2%).

La precipitación pluvial meda anual es de 500.6 mm., y en promedio anual de lluvias de 64 diass. Los vientos predominantes de la región provienes del suroeste.

2.1.5.5. Clima del municipio de Jiménez

Se presenta en la mayor extensión del municipio el menos seco de los esteparios, muy cálido con régimen de lluvias en verano y extremoso; al este del territorio, se registran temperaturas menos elevadas. Es semiárido extremoso, con una temperatura media anual de 18.7° C, una temperatura máxima de 42° C y una mínima de -14°C, tiene un promedio anual de 61 días de lluvia; con una humedad relativa del 45% y su precipitación pluvial media anual es de 374.1 milímetros.

2.1.6. Clima Regional de los municipios del Estado de Durango.

2.1.6.1. Clima del municipio de Mapimi

El En la mayor parte del municipio predomina un clima semicálido y semiseco, influyendo en gran forma para ello el Bolsón de Mapimí, la gran parte desértica que predomina en el municipio, con una temperatura máxima de 41° C y una mínima de 9° C.



Los vientos dominantes en esta región son densos y calientes. La temperatura media es de 18° C. La precipitación pluvial es de 263.1 milímetros. El régimen de lluvias comprende los meses de julio a septiembre, con heladas en el mes de enero.

2.1.6.2. *Clima del municipio de Lerdo.*

El clima predominante es el seco o estepario, encontrándose en sus partes altas otros más cálidos y húmedos. La temperatura media anual es de 21.1 grados centígrados. La temporada de lluvias se da durante los meses de junio, julio y agosto. Su precipitación media anual es de 253 mm.

2.1.7. *Hidrografía Regional de los municipios del Estado de Chihuahua.*

2.1.7.1. *Hidrografía del municipio de Valle de Zaragoza.*

El Río Conchos es el principal recurso hidráulico de la región, procede de la Sierra Madre y es detenida por la presa de la Boquilla, que forma el Lago Toronto, cuya mayor parte se encuentra dentro de Valle de Zaragoza. A su paso por este territorio, el río Conchos recibe aguas del río Gallos y de algunos arroyos. Además, el municipio se beneficia del Río Nogalejo y la presa la Boquilla.

2.1.7.2. *Hidrografía del municipio de Hidalgo de Parral*

Para el municipio de Hidalgo de Parral, perteneciente al Estado de Chihuahua, se integra a la vertiente Oriental. El río Parral nace en la sierra del Astillero, se enfila al noroeste pasando a los municipios de Allende y Camargo, uniéndose en este al Río Florido. El Río de Minas Nuevas o San Pedro, nace en las inmediaciones de Villa Escobedo, y vierten sus aguas al Lago de Toronto, en el municipio de San Francisco de Conchos y Río de Gallos que tiene su nacimiento en la Sierra de Tasajera y va a descargar sus aguas al Río Conchos.

2.1.7.3. *Hidrografía del municipio de López*

Para el Municipio de López, perteneciente al Estado de Chihuahua, cruza el río Florido, que penetra del municipio de Coronado y pasa al de Jiménez; el río de La Concepción, que procede de Allende y se une al río Florido y el río de Valles.



2.1.7.4. Hidrografía del municipio de Coronado

Para el municipio de Coronado, perteneciente al Estado de Chihuahua, se integra a la vertiente del Golfo de México. En el río Florido que procede de Durango se le une el arroyo del Torreón; ahí se encuentra la Laguna de la Estancada y el Arroyo de la Parida, que sirve de límite con Durango. La región de Coronado, pertenece a la Región Hidrológica de Bravo – Conchos y Mapimí. Como sub cuencas tiene la del Río Florido – Jiménez, Río florido – Camargo y A. la India – A. Cerro Gordo.

2.1.7.5. Hidrografía del municipio de Jiménez

Los escurrimientos que se forman en el territorio provienen de la Sierra de San Carlos y lo atraviesan en dirección suroeste. El río Florido penetra del municipio de López, recibe las aguas del río Valle y sigue su curso al norte, pasando a Camargo en donde se une al río Conchos. De igual manera, el principal es el arroyo Flechadores, que pasa por la Cabecera Municipal; otros arroyos son: Carretas, El Cazador Azufrosa, El Carrizo y la Serna, todos ellos afluentes del río de Soto la Marina, el cual define las colindancias del municipio de su extremo sur.

2.1.8. Hidrografía Regional de los municipios del Estado de Durango.

2.1.8.1. Hidrografía del municipio de Mapimi

Tienen cauce definido algunos arroyos, entre los que se cuentan dos importantes: el de Cerro Gordo y el de La Cadena que unidos van a verter sus aguas, cuando las lluvias lo hacen posible, a la laguna salinera de Palomas en el estado de Chihuahua. El río más importante que atraviesa el municipio es el de La Cadena juntando su vertiente con el de Yermo y Cerro Gordo. Cuenta además, con 27 pozos profundos y una presa en la localidad de Benjamín Ortega.

2.1.8.2. Hidrografía del municipio de Lerdo

El Río Nazas es el principal recurso hidráulico de la región, ya que a lo largo de su curso se riegan grandes extensiones de tierras de cultivo que hacen posible una gran producción agrícola y frutícola. Además, el municipio se beneficia del Río Aguanaval y las presas Francisco Zarco y La Trementina.



3. TRABAJOS DE EXPLORACIÓN Y MUESTREO.

3.1. Objetivos de los trabajos de exploración y muestreo.

Como se mencionó al inicio de este trabajo, uno de los objetivos de exploración, consistió en evaluar las características estratigráficas del sitio en estudio, mediante la identificación física de la estratigrafía encontrada al momento de realizar los trabajos de exploración.

Para efectuar los estudios en el sitio donde se construirá la infraestructura para cada una de las válvulas, se llevó a cabo la exploración del subsuelo, realizándose un Pozo a Cielo Abierto (PCA) hasta una profundidad máxima de 4.00 metros, conforme a la norma M-MMP-1-01/03 de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes (SCT).

El muestreo consistió en la recuperación de muestras alteradas, mismas que se trasladaron al laboratorio central de mecánica de suelos en la ciudad de México, para la identificación macroscópica de los suelos, definir la estratigrafía y ejecutar las pruebas correspondientes.

3.2. Descripción de los trabajos de exploración y muestreo.

3.2.1. Exploración mediante Pozo a Cielo Abierto (PCA).

Los trabajos de recuperación de muestras en los Pozos a Cielo Abierto (PCA's) se realizaron de acuerdo con la norma vigente de la SCT (M-MMP-1-01/03). Se presenta a continuación, las generalidades de la norma mencionada.

M-MMP-1-01/3

LIBRO: MMP. Métodos de muestreo y prueba de materiales

PARTE: Suelos y materiales para terracerías.

TÍTULO: 01. Muestreo de materiales para terracerías.

A. CONTENIDO

El manual describe los procedimientos para la obtención de muestras de los suelos a que se refiere las Normas N-CMT-1-01, Materiales para Terraplén, Materiales para Subyacente y N-CMT--, Materiales para Subrasante, a fin de determinar las características de esos materiales o verificare que cumplan con los requisitos de calidad en dichas Normas o en las Especificaciones de proyecto.

B. DEFIINICIÓN Y CLASIFICACIÓN.





El muestreo consiste en obtener una porción representativa del material con el que se pretende construir una terracería o bien del material que ya forma parte de la misma. El muestreo incluye además las operaciones de envase, identificación y transporte de las muestras, las que se clasifican como sigue:

B.1. MUESTRAS CÚBICAS INALTERADAS

Son aquellas muestras que se conservan la estructura y el contenido de agua natural del suelo en el lugar donde se toma la muestra, por lo que su obtención, envase y transporte. Requieren cuidados especiales a fin de no alterarlas. Son generalmente cúbicas, de aproximadamente 40 cm. por lado, las cuales se cubren con una membrana impermeable hecha de manta de cielo, parafina y brea para protegerlos y evitar la pérdida de agua durante el transporte y almacenamiento.

B.2. MUESTRAS REPRESENTATIVAS

Son aquellas que están constituidas por material disgregado o fragmentado, en las que se toman precauciones especiales para conservar el contenido de agua, envasándose en bolsas de plástico u otros recipientes impermeables para impedir la pérdida de agua durante el transporte y almacenamiento.

B.3. MUESTRAS INTEGALES

Son aquellas que están constituidas por el material disgregado o fragmentado de diversos estratos, en las que quedan representativos cada uno de los diferentes materiales en la porción en la que participan.

3.2.2. Ubicación de la zona de muestreo mediante Pozo a Cielo Abierto (PCA)

Para realizar las actividades de exploración y muestreo, primeramente se ubicó el punto de exploración con base a coordenadas UTM (en inglés, Universal Transverse Mercator), indicadas en la información obtenida mediante información contenida en biblioteca virtual; posteriormente se verificó que se contara con los permisos necesarios de cada uno de los predios, para la ejecución de estos trabajos.

3.2.3. Procedimiento para la obtención de las muestras.

Una vez resuelto lo anterior y verificadas las condiciones de seguridad, se procedió a realizar la excavación del PCA, con las dimensiones mínimas necesarias para que el personal técnico se introdujera en él y examinar los diferentes estratos del suelo en su estado natural, además, de extraer las muestras representativas del suelo.



Las muestras se clasificaron en campo mediante sencillos métodos de clasificación visual y al tacto, se protegieron contra la pérdida de agua, y se enviaron al laboratorio para corroborar la clasificación de campo mediante la determinación de sus propiedades índice.

Los resultados del ensayo se registraron en un formato de exploración con los detalles más importantes incluyendo la clasificación visual y se utilizaron para correlacionar y determinar las propiedades geotécnicas que sirvieron para el análisis geotécnico.

Las muestras obtenidas se protegieron adecuadamente contra la pérdida de humedad y contaminación de otros materiales, se etiquetaron para su identificación y fueron llevadas posteriormente al laboratorio central.

3.3. Descripción general de las muestras recuperadas en el sitio.

3.3.1. Pozo a Cielo Abierto PCA-01 para la MLV-203

En cuanto a las muestras que se obtuvieron en la exploración, no se obtuvieron muestras inalteradas, debido a que el tipo de material del sitio en el que se realizó el Pozo a Cielo Abierto (PCA-01), está constituido por gravas arcillosas (GC) mal graduadas con fragmentos chicos (Fc) de roca de forma sub-redondeada, ya que debido a la constitución, se disgrega el material. Por lo que únicamente fue posible la recuperación de muestras representativas.

3.3.2. Pozo a Cielo Abierto PCA-02 para la MLV-204

No se obtuvieron muestras inalteradas, ya que se presenta material del sitio en el que se realizó el Pozo a Cielo Abierto (PCA-02) constituido por Gravas Arcillosas (GC) color café claro con fragmentos de medianos a chicos de roca aislada (Fmc), lo que no impide de acuerdo a la normativa aplicable SCT, la recuperación de muestras cúbicas. Por lo que únicamente fue posible la recuperación de muestras representativas.

3.3.3. Pozo a Cielo Abierto (PCA-03) para MLV-205

Debido a que el material del sitio del Pozo a Cielo Abierto (PCA-03) está constituido por Gravas Arcillosas color café y tonalidad clara (GC) y presencia de Fragmentos de chicos a medianos de roca de forma sub-angulosa (Fcm), presentándose disgregación del material, lo que dificultó e impidió la recuperación de muestras cúbicas. Por lo que únicamente fue posible la recuperación de muestras representativas.



3.3.4. Pozo a Cielo Abierto (PCA-04, 05) para MLV-206

No se obtuvieron muestras inalteradas en ambos Pozos a Cielo Abierto (PCA-04, 05) ya que el material se encuentra constituido por Gravas Arcillosas (GC) de color café y tonalidad clara, presencia de arena y fragmentos chicos de roca aislada de forma sub-redondeada (Fc), lo que no permitió la recuperación de muestras cúbicas. Por lo que únicamente fue posible la recuperación de muestras representativas.

3.3.5. Pozo a Cielo Abierto (PCA-06) para MLV-207

En el sitio en el que se llevó a cabo la recuperación de muestras, mediante el Pozo a Cielo Abierto (PCA-06), la estratigrafía refiere Gravas arcillosas (GC) de color café y tonalidad clara, y fragmentos de medianos a chicos de Roca aislados de forma angulosa (Fmc), con lo que impide la recuperación de muestras labradas, ya que el material se disgrega por tratarse de material granular. Por lo que únicamente fue posible la recuperación de muestras representativas.

3.3.6. Pozo a Cielo Abierto (PCA-07) para MLV-208

Resultado de la exploración del suelo, mediante el Pozo a Cielo Abierto (PCA-07), enmarcado por la norma M-MMP-1-01/03 de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes (SCT) se obtuvo muestra inalterada (cúbica), en la que se obtuvo material constituido por Arcilla de baja plasticidad (CL) color café y tonalidad clara y bajo contenido de humedad, lo que impide la recuperación de muestras inalteradas, ya que se disgregó el material. Por lo que únicamente fue posible la recuperación de muestras representativas.

3.3.7. Pozo a Cielo Abierto (PCA-08) para MLV-209

Al realizar la excavación del Pozo a Cielo Abierto (PCA) no se obtuvieron muestras inalteradas, debido a que el tipo de material refiere una estratigrafía conformada por Fragmentos de medianos a chicos de Roca lajeada, textura lisa y grado alterado, empacados en Gravas arcillosas (Fmc-GC) de color café y tonalidad clara, lo que impide la recuperación de muestras labradas, ya que el material se disgrega por tratarse de material granular. Por lo que únicamente fue posible la recuperación de muestras representativas.

3.3.8. Pozo a Cielo Abierto (PCA-09) para MLV-210

No se obtuvieron muestras inalteradas, debido a que el tipo de material del sitio en el que se realizó el Pozo a Cielo Abierto (PCA-09), refiere una estratigrafía conformada para el primer





estrato, con Arena arcillosas (SC) color café y tonalidad clara y, un segundo estrato conformado por Grava arcillosa (GC) color café y tonalidad clara con presencia de arena de gruesa a fina y fragmentos de Roca aislados de forma angulosa, textura lisa y de grado alterado, lo que impide en ambos casos la recuperación de muestras labradas. Por lo que únicamente fue posible la recuperación de muestras representativas.

3.3.9. Pozo a Cielo Abierto (PCA-10) para MLV-211

Durante la recuperación de muestras en el Pozo a Cielo Abierto (PCA-10) la estratigrafía que se presenta, está constituida en un primer estrato, por Gravas Arcillosas mal graduadas (GP-GC) con Fragmentos chicos de Roca de forma sub-redondeada y, un segundo estrato conformado por Gravas Arcillosas (GC) con fragmentos chicos de Roca, lo que no permitió la recuperación de muestras inalteradas. Por lo que únicamente fue posible la recuperación de muestras representativas.

3.3.10. Pozo a Cielo Abierto (PCA-11) para MLV-212

No se obtuvieron muestras inalteradas, debido a que el tipo de material del sitio en el que se realizó el Pozo a Cielo Abierto (PCA-11), refiere una estratigrafía conformada para el primer estrato por Gravas Arcillosa mal graduadas (GP-GC) con Fragmentos chicos de Roca aislados, un segundo estrato, conformado por Gravas Arcillosas mal graduadas (GP-GC) con Fragmentos chicos de Roca aislados y un tercer estrato conformado por Gravas Arcillosa (GC) y presencia de Fragmentos medianos de Roca aislados y grado alterado, lo que impide que se pueda llevar a cabo la recuperación de muestras labradas. Por lo que únicamente fue posible la recuperación de muestras representativas

3.4. Fotográfico de Exploración del muestreo en sitio.

Se presenta a continuación, el reporte de exploración de campo de las actividades de muestreo realizado en cada uno de las zonas en las que se ubicarán las válvulas de seccionamiento.



Fotografía 1. Panorámica de la zona donde se realizó el Pozo a Cielo Abierto (PCA-01) para la válvula MLV-203, en el municipio de Valle de Zaragoza, estado de Chihuahua. De acuerdo a la información de proyecto, a este punto le corresponde el KP 96+600. Se observan extensas llanuras y serranías cercanas a la zona de exploración del suelo.



Fotografía 2. Personal de la brigada de campo durante la excavación del PCA por medios manuales. Se aprecian las gravas y fragmentos de roca al interior del Pozo a Cielo Abierto (PCA-01) para la válvula MLV-203. El material de cada estrato fue muestreado, protegido contra pérdida de humedad y etiquetado para su traslado al laboratorio.



Fotografía 3. Material producto de la excavación del Pozo a Cielo Abierto (PCA-02) para la válvula MLV-204, el cual es depositado al pie del mismo para su eventual muestreo. El material de sitio, se clasifica como Grava Arcillosa con Fragmentos de medianos a chicos de Roca de forma subredondeada y lajeada de textura rugosa y poca arena gruesa.



Fotografía 4. Vista del área de trabajo debidamente acordonada, la brigada con su respectivo equipo de seguridad, inicia con los trabajos de muestreo considerando que el material sea representado, esto es para el Pozo a Cielo Abierto (PCA-02).



Fotografía 5. Se observa el proceso de excavación del Pozo a Cielo Abierto (PCA-03) del MLV-205, el cual se lleva a cabo por medios mecánicos, se observa la presencia de fragmentos medianos de roca con presencia de Gravas y pocos finos, derivado de la desfragmentación del macizo rocoso.



Fotografía 6. Se visualiza Fragmentos medianos de roca (lutita) resultado del proceso de excavación del Pozo a Cielo Abierto (PCA-03) para la MLV-205. Se observa el tamaño de los fragmentos de hasta 8" de Diámetro.



Fotografía 7. Se observa el proceso de excavación para el Pozo a Cielo Abierto (PCA-06) para la válvula MLV-207 ubicada en el KP 226+526, en el que se aprecia material compuesto por Grava Arcillosa de compacidad de media a densa.



Fotografía 8. Se realiza la clasificación visual y al tacto del material producto de la excavación del Pozo a Cielo Abierto (PCA-06) para la válvula MLV-207, el cual consiste en fragmentos medianos y chicos de roca, envueltos en una matriz de gravas y finos de color café claro.



Fotografía 9. Se muestra material producto de la excavación del Pozo a Cielo Abierto (PCA-04) para la MLV-206, compuesto por Grava Arcillosa con Fragmentos chicos de roca, los cuales, tiene tamaños de hasta 20.00 cm, la muestra fue recuperada a profundidad entre 0.15 – 1.50 metros.



Fotografía 10. Material producto de la excavación, en el cual se puede apreciar los fragmentos chicos de roca con poco carbonato de calcio, la presencia de gravas y el material arcilloso del Pozo a Cielo Abierto (PCA-04) para la MLV-206 fue muestreado, etiquetado y marcado para su traslado a laboratorio.



Fotografía 11. Se aprecia el momento en el cual arriba la maquinaria para la ejecución del Pozo a Cielo Abierto (PCA-08) para la válvula MLV-208, ubicada en el municipio de Jiménez, Estado de Chihuahua, con KP 259+120.



Fotografía 12. Material producto de la excavación, alojado al costado del Pozo a Cielo Abierto (PCA-07) para la válvula MLV-208, el cual consiste en arcilla de baja plasticidad con grumos de la misma, fue clasificado en campo y muestreado para su traslado a laboratorio central.



Fotografía 13. Panorámica de la zona en la que se realizó el Pozo a Cielo Abierto (PCA-08) para la MLV-209, con ubicación en el municipio de Mapimí, estado de Durango, con KP 290+300, en la que se tiene, serranías y zonas de transición cercanas al punto de ejecución de la exploración.



Fotografía 14. Se observa el material constituido por Fragmentos de medianos a chicos de Roca de forma lajeada del Pozo a Cielo Abierto (PCA) para la MLV-209. El material fue recuperado a profundidades entre 0.30 – 3.10 metros; es muestreado, etiquetado y marcado para su traslado a laboratorio.



Fotografía 15. Se observa el punto de referencia ubicado vía GPS por parte de la Brigada de exploración, a fin dar inicio a los trabajos de excavación para el Pozo a Cielo Abierto (PCA-09) para la válvula MLV-210.



Fotografía 16. Material producto de la excavación, alojado al costado del Pozo a Cielo Abierto (PCA-09), clasificándose en el primer estrato como material constituido por Arena arcillosa mal graduada con gravas finas. Dicho material se depositan en el hombro del PCA para su eventual muestreo.



Fotografía 17. Panorámica de la zona en la que se realizó el Pozo a Cielo Abierto (PCA-10) para la MLV-211, con ubicación en el municipio de Mapimí, estado de Durango, con KP 354+585, en la que se ubica una parte de la sierra madre occidental.



Fotografía 18. Se observa la remoción de material producto de la excavación hacia el costado de la excavación en la que se aloja el ducto, a fin de contar con una superficie firme para iniciar con la excavación del Pozo a cielo Abierto (PCA-10) para la válvula MLV-211.



Fotografía 19. Vista panorámica de la zona donde se realizó el Pozo a Cielo Abierto (PCA-11) para la válvula MLV-212, ubicada en el Municipio de Lerdo, Estado de Durango. Dicha válvula se encuentra en el KP 385+078, se aprecian extensas llanuras hacia el nororiente de la zona así como serranías y sus transiciones hacia el sureste.



Fotografía 20. Se aprecia el material producto de la excavación del Pozo a cielo Abierto (PCA-11) para la MLV-212, conformado por gravas arcillosas y fragmentos medianos de roca y presencia de carbonatos de calcio. Se muestra el proceso de excavación y su deposición al costado de la misma, considerando la separación por estratigrafía para su muestreo y traslado al laboratorio.



4. TRABAJOS DE LABORATORIO.

4.1. Descripción de los trabajos de laboratorio para muestras recuperadas en PCAs.

Dependiendo del tipo de material muestreado, este fue sometido a diferentes ensayos para determinar sus propiedades índices, los cuales, se desarrollaron de conformidad con las normas ASTM correspondientes.

Cada una de las muestras de suelo obtenidas fue clasificada de manera visual y al tacto en campo, y en el laboratorio mediante los resultados de las pruebas índices en base al Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS).

Los ensayos programados para la realización de este proyecto fueron de tipo índice, el soporte de los resultados de los ensayos de laboratorio y los reportes fotográficos de laboratorio se encuentran en los anexos correspondientes.

Las muestras de suelo que se obtuvieron en los trabajos de campo, fueron protegidas adecuadamente para evitar la pérdida de humedad y posteriormente fueron trasladadas al laboratorio central con la finalidad de efectuar los ensayos correspondientes.

Los ensayos programados para la realización de este proyecto fueron los que a continuación se enuncian:

4.1.1. Pruebas índice.

- Clasificación visual y al tacto (ASTM D2488).
- Determinación del contenido natural de agua (ASTM D2216).
- Peso específico de los sólidos.
- Límites de consistencia, Límite Líquido y Límite Plástico de acuerdo (ASTM D4318).
- Análisis granulométrico por mallas (ASTM D422 y ASTM D6913).
- Determinación de finos por lavado (ASTM D1140).

4.2. Resumen de resultados obtenidos del laboratorio.

Los resultados obtenidos de las pruebas de laboratorio realizadas a las muestras obtenidas de los trabajos de exploración y muestreo se incluyen en el siguiente apartado.





Fotografía 21. Se muestra el procedimiento en laboratorio, para determinar el contenido de humedad de la muestra 2, recuperada del Pozo a Cielo Abierto (PCA-01) para la válvula MLV-203, con profundidad entre 0.80 y 2.45 metros.



Fotografía 22. Copa de Casagrande empleada para la determinación del límite líquido de la muestra número dos, recuperada entre 0.80 – 2.45 metros de profundidad del Pozo a Cielo Abierto (PCA-01) para la válvula MLV-203.



Fotografía 23. Se aprecia el proceso para determinar el límite plástico a través del moldeado de tres cilindros de diámetro aproximado de 2.5 – 3.00 mm, se dice que se alcanza el límite plástico una vez que alcanzando estos diámetros el material presenta algunas fisuras. Se observan los testigos para medición de humedades obtenidos durante el ensaye de límite líquido.



Fotografía 24. Muestra para la determinación de contenido de humedad natural de la muestra número 1 del Pozo a Cielo Abierto (PCA-02) para la válvula MLV-204, obtenida a profundidad entre 0.00 – 2.20 metros.



Fotografía 25. Se observa Fragmentos chicos de roca obtenidos de la prueba de granulometría por medio de mallas, realizada a la muestra número 1 del Pozo a Cielo abierto (PCA-02) para la válvula MLV-204, recuperada a profundidades entre 0.00 – 2.20 metros.



Fotografía 26. Obtención del límite plástico a través del moldeado de cilindros de aproximadamente 2.50 – 3.00 mm de diámetro, con material fino, recuperado mediante Pozo a Cielo Abierto (PCA-02) para la válvula MLV-204.



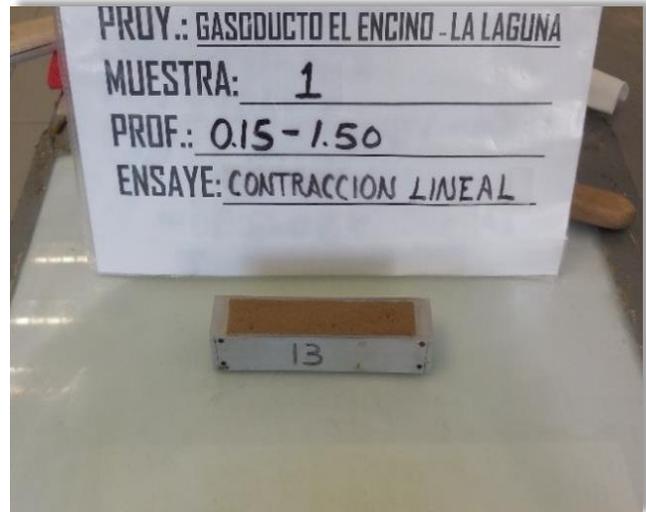
Fotografía 27. Se observa el procedimiento mediante el cual se determina la granulometría del material recuperado, el cual pasa por el cribado mediante mallas, para la muestra número 2 del Pozo a Cielo Abierto (PCA-203) para la válvula MLV-205.



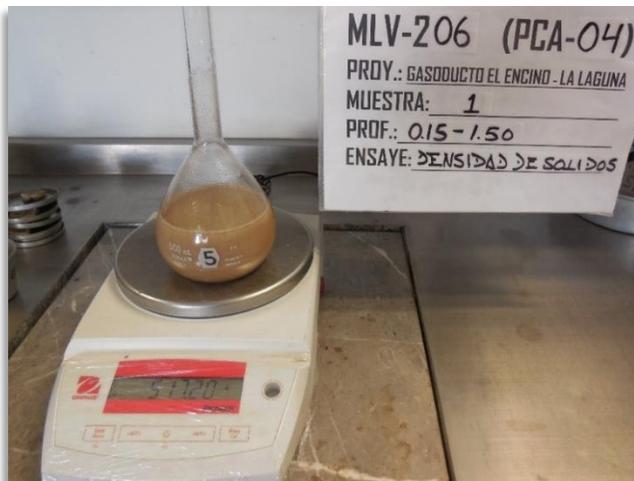
Fotografía 28. Obtención del límite líquido, mediante el empleo de la copa casagrande, de la muestra número uno del Pozo a Cielo Abierto (PCA-03) recuperada entre 0.10 a 0.35 metros de profundidad para la válvula MLV-205.



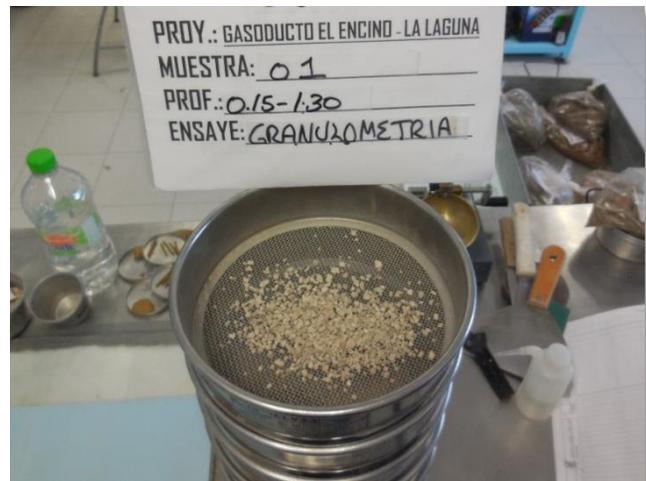
Fotografía 29. Se observa el procedimiento mediante el cual se logra la Determinación de los Pesos Volumétricos Seco Suelto y Seco Varillado, de la muestra número uno, del Pozo a Cielo Abierto (PCA-03), para la válvula MLV-205.



Fotografía 30. Determinación de contracción lineal aplicada a la muestra número 1 del material recuperado del Pozo a Cielo Abierto (PCA-04) para la válvula MLV-206.



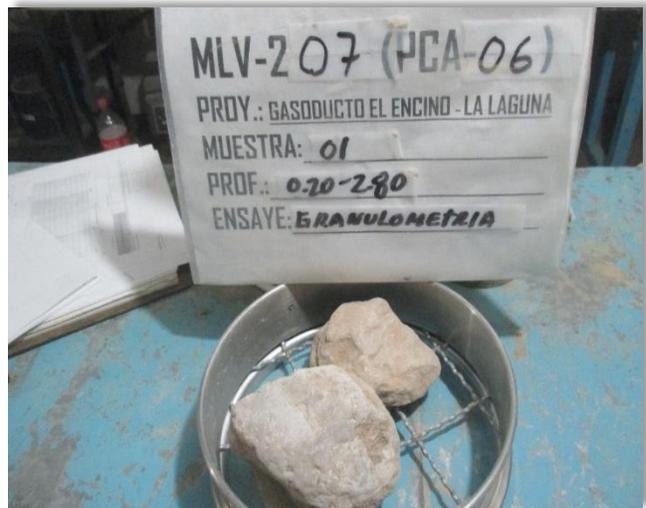
Fotografía 31. Determinación de la densidad de sólidos (Ss) de la muestra número 1, recuperada entre 0.15 – 1.50 metros de profundidad del Pozo a Cielo Abierto (PCA-04) para la válvula MLV-206.



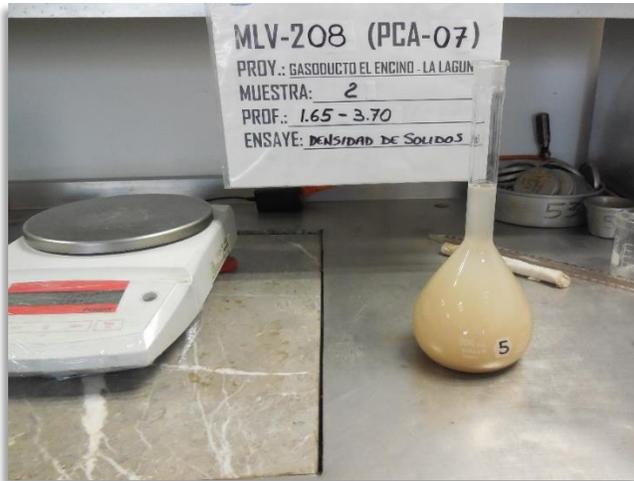
Fotografía 32. Determinación de Granulometría mediante mallas para la muestra número 1 recuperada del Pozo a Cielo Abierto (PCA-05) para la Válvula MLV-206, la cual fue recuperada entre 0.15 y 1.30 metros de profundidad.



Fotografía 33. Se muestra el procedimiento para la Obtención de los límites de Atterberg de la muestra recuperada del (PCA-05) para la Válvula MLV-206, material recuperado entre 0.15 – 1.30 metros de profundidad.



Fotografía 34. Se aprecia el procedimiento de la prueba índice para la determinación de granulometría, observándose Fragmentos chicos de roca de la muestra número 1, del Pozo a Cielo Abierto (PCA-06) para la válvula MLV-207, material recuperado entre 0.20 – 2.80 metros de profundidad.



Fotografía 35. Preparación de la muestra número dos (2) para la obtención de su densidad de sólidos, del material recuperado del muestreo del Pozo a Cielo Abierto (PCA-07) para la válvula MLV-208, a profundidad entre 1.65 – 3.70 metros.



Fotografía 36. Determinación del Peso Volumétrico Seco Máximo, mediante la prueba AASHTO ESTANDAR, de la muestra número dos (2), recuperada a profundidad entre 0.30 – 3.70 mediante el Pozo a Cielo Abierto (PCA-07) para la válvula MLV-208.



Fotografía 37. Proceso para determinar los límites de Atterberg de la muestra recuperada mediante el Pozo a Cielo Abierto (PCA-08) para la válvula MLV-209, de la muestra recuperada a una profundidad entre 0.00 – 3.10 metros.



Fotografía 38. Se observa Gravas retenidas mediante granulometría por medio de mallas de la muestra obtenida del Pozo a Cielo Abierto (PCA-08) para la válvula MLV-209.



Fotografía 39. Copa de Casagrande empleada para la determinación del límite líquido de la muestra número 2, del Pozo a Cielo Abierto (PCA-11) para la válvula MLV-212, recuperada entre 2.00-2.60 metros de profundidad.



Fotografía 40. Se muestra el proceso de obtención de granulometría del material recuperado del Pozo a Cielo Abierto (PCA-11) para la Válvula MLV-212.

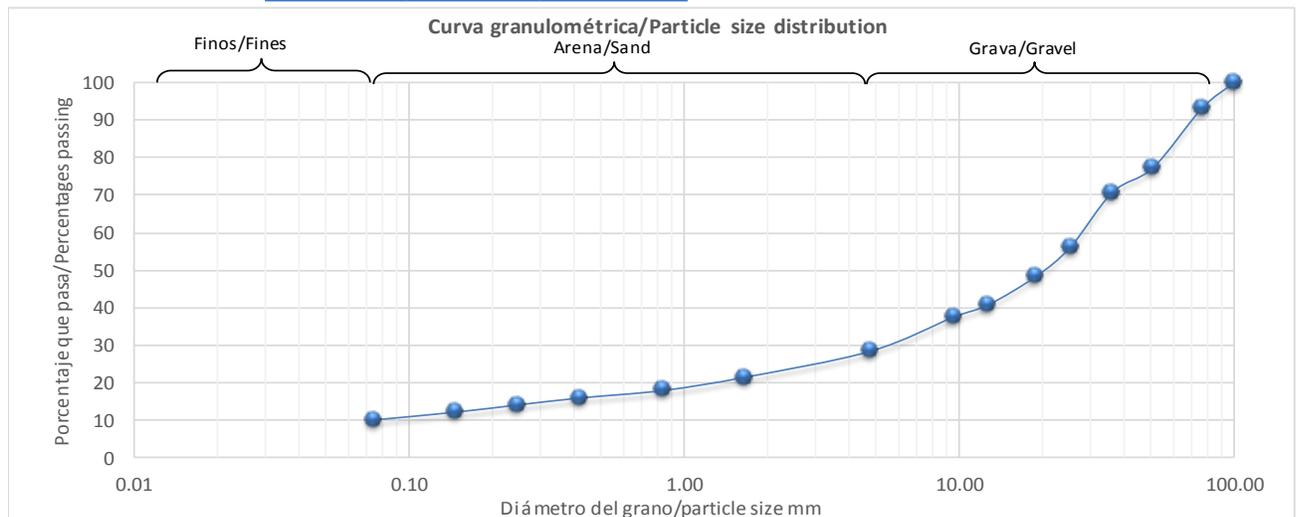


RESULTADOS DE LABROATORIO PCA-01; MLV-203

Análisis granulométrico

Proyecto/Project:		Gasoducto El Encino - La Laguna.			PCA No./PCA No.:		PCA-01; MLV-203	
Tipo de muestra/Sample type:		Alterada/Altered			Localización/Location:		Valle de Zaragoza, Chihuahua.	
		Muestra/Sample:			1	Profundidad		0.35 - 0.80 m
GRAVA / GRAVEL	Malla no./ Sieve number	Abertura/ Sieve opening size mm	Peso retenido/Mass retained g	% parcial retenido/partial retained	% parcial que pasa/Partial passing	Observaciones/Observations		
					100.00	Charola no./ Pan No.	4	
	3"	76.2	734.10	6.95	93.05	Análisis efectuado con muestra seca total de/Sieve Analysis made with a dry sample <u>10561.10</u> g		
	2"	50.8	1655.20	15.67	77.38			
	1 1/2"	38.1	695.30	6.58	70.79			
	1"	25.4	1532.00	14.51	56.29			
	3/4"	19.1	823.90	7.80	48.49			
	1/2"	12.7	809.20	7.66	40.82	% Material que pasa la malla no. 4/ Material passing the No. 4 sieve (%)		
	3/8"	9.5	339.90	3.22	37.60			
No. 4	4.69	956.20	9.05	28.55				
Sum=			7545.80	71.45	71.45	% Gravel		

ARENA / SAND	Malla no./ Sieve number	Abertura/ Sieve opening size mm	Peso retenido/Mass retained g	% parcial retenido/partial retained	Acumulado que pasa/ Passing Accumulated %		Observaciones/Observations		
					Parcial/partial	Total/total	Tara/Tare no.	23	
						100.00	28.55	Análisis efectuado con/Sieve Analysis made with <u>200.00</u> g de material menor que la malla no.4 /passing the No. 4 sieve.	
	10	1.651	48.65	24.33	75.68	21.61			
	20	0.833	24.48	12.24	63.44	18.11			
	40	0.417	13.86	6.93	56.51	16.13			
	60	0.246	13.12	6.56	49.95	14.26			
	100	0.149	13.26	6.63	43.32	12.37	% Material menor que la malla no. 200/Material passing the No. 200 sieve (%)		
200	0.074	14.59	7.30	36.02	10.28				
Sumas/Sum			127.96	63.98					
Charola/Pan			72.04	36.02					
Sumas/Sum			200.00	100.00					



$D_{10} = --$	$D_{30} = 5.50$	$D_{60} = 28.00$	Fg+Fm= 0.00
			Fc= 6.95
			G= 71.45
			S= 11.32
			F= 10.28
$C_u = D_{60} / D_{10} =$		$C_c = (D_{30})^2 / D_{10} \times D_{60} =$	

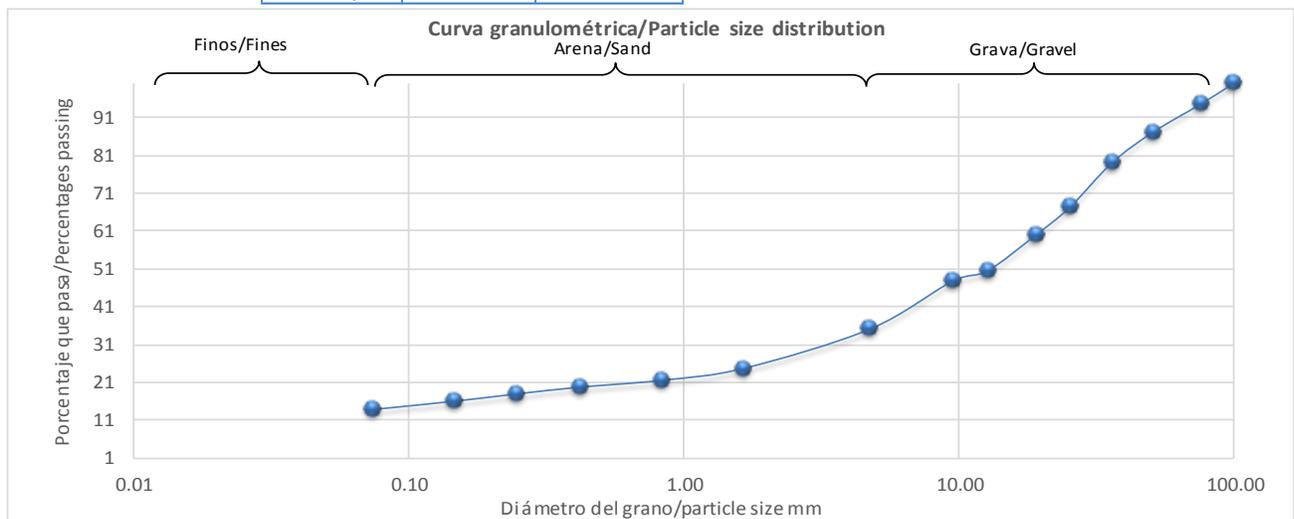
Clasificación SUCS y descripción del material/ SUCS classification, and material description	GP-GC	Gravas mal graduadas arcillosas con fragmentos chicos de roca aislados. / Bad graded clay gravels with small fragments of rock isolated.
---	--------------	--

Análisis granulométrico

Proyecto/Project:		Gasoducto El Encino - La Laguna.		PCA No./PCA No.:		PCA-01; MLV-203	
Tipo de muestra/Sample type:		Alterada/Altered		Localización/Location:		Valle de Zaragoza, Chihuahua.	
				Muestra/Sample:		2	
				Profundidad		0.80 - 2.45 m.	

Malla no./ Sieve number	Abertura/ Sieve opening size mm	Peso retenido/Mass retained g	% parcial retenido/partial retained	% parcial que pasa/Partial passing	Observaciones/Observations	
					Charola no./ Pan No.	
				100.00		
3"	76.2	615.80	5.42	94.58		73
2"	50.8	854.60	7.52	87.06		
1 1/2"	38.1	913.70	8.04	79.02	Análisis efectuado con muestra seca total de/Sieve Analysis made with a dry sample 11362.90 g	
1"	25.4	1329.30	11.70	67.32		
3/4"	19.1	840.60	7.40	59.92		
1/2"	12.7	1079.60	9.50	50.42		
3/8"	9.5	297.40	2.62	47.80	% Material que pasa la malla no. 4/ Material passing the No. 4 sieve (%)	
No. 4	4.69	1444.30	12.71	35.09		
Sum=		7375.30	64.91	64.91	% Gravel	

Malla no./ Sieve number	Abertura/ Sieve opening size mm	Peso retenido/Mass retained g	% parcial retenido/partial retained	Acumulado que pasa/ Passing Accumulated %		Observaciones/Observations	
				Parcial/partial	Total/total	Tara/Tare no.	
				100.00	35.09		9
10	1.651	59.11	29.56	70.45	24.72	Análisis efectuado con/Sieve Analysis made with 200.00 g de material menor que la malla no.4 /passing the No. 4 sieve.	
20	0.833	17.93	8.97	61.48	21.58		
40	0.417	10.39	5.20	56.29	19.75		
60	0.246	10.19	5.10	51.19	17.96		
100	0.149	10.8	5.40	45.79	16.07	% Material menor que la malla no. 200/Material passing the No. 200 sieve (%)	
200	0.074	12.56	6.28	39.51	13.87		
Sumas/Sum		120.98	60.49				
Charola/Pan		79.02	39.51				
Sumas/Sum		200.00	100.00				



$D_{10} = 0.00$	$D_{30} = 3.00$	$D_{60} = 19.50$	Fg+Fm= 0.00
			Fc= 5.42
			G= 64.91
			S= 15.81
			F= 13.87

$$C_u = D_{60} / D_{10} =$$

$$C_c = (D_{30})^2 / D_{10} \times D_{60} =$$

Clasificación SUCS y descripción del material/ SUCS classification, and material description	GC	Gravas arcillosas con fragmentos chicos de roca aislados. / Clay gravels with isolated small rock fragments.
---	-----------	--



Proyecto/Project:	Gasoducto El Encino - La Laguna	Tipo de sondeo:	PCA/PCA
Localización/Location:	Mpio. De Valle de Zaragoza.	Fecha/Date:	06/12/2016
Tipo de muestra/Sample type:	Alterada/Altered	Sondeo No./Boring No.:	MLV-203
Muestra No./Sample No.:	1	Profundidad/Depth:	0.35 - 0.80 m.

Límites de Atterberg

Límite líquido/Liquid limit

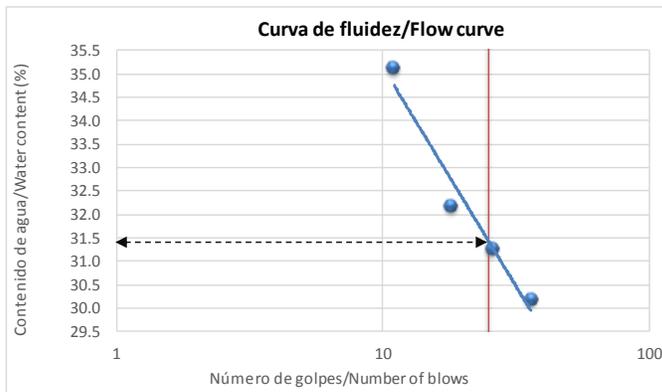
Prueba No./Test No.	Cápsula No./Capsule No.	W cap/Capsule weight (g)	No. de golpes/ Number of blows	W cap+W sh/Soil wet weight + tare (g)	W cap+ W ss/Dry soil weight + tare (g)	Wagua/Water weight (g)	W sólidos/Dry solid weight (g)	Contenido de agua/Water content (ω%)
1	28	15.77	36	21.29	20.01	1.28	4.24	30.19
2	27	16.11	26	22.62	21.07	1.55	4.96	31.25
3	11	12.78	18	18.49	17.10	1.39	4.32	32.18
4	40	15.63	11	22.10	20.42	1.68	4.79	35.10

Límite plástico/Plastic limit

Prueba No./No. Test.	Cápsula No./Capsule No.	W cap/Capsule weight (g)	W cap+W sh/Soil wet weight + tare (g)	W cap+ W ss/Dry soil weight + tare (g)	Wagua/Water weight (g)	W sólidos/Dry solid weight (g)	Contenido de agua/Water content (ω%)
1	58	12.40	14.84	14.48	0.36	2.08	17.31
2	48	15.53	17.70	17.37	0.33	1.84	17.93
Promedio/Average=							17.62

Contenido natural de agua/Water content

Prueba No./No. Test.	Cápsula No./Capsule No.	W cap/Capsule weight (g)	W cap+W sh/Soil wet weight + tare (g)	W cap+ W ss/Dry soil weight + tare (g)	Wagua/Water weight (g)	W sólidos/Dry solid weight (g)	Contenido de agua/Water content (ω%)
1	90	15.78	152.61	146.22	6.39	130.44	4.90



$$\omega (\%) = 4.90$$

$$\text{Límite líquido/Liquid limit } (\%) = 31.40$$

$$\text{Límite plástico/Plastic limit } (\%) = 17.62$$

$$\text{Índice plástico/Plasticity index } (\%) = 13.78$$

$$C_R = \frac{LL - w}{LP} = 1.50$$

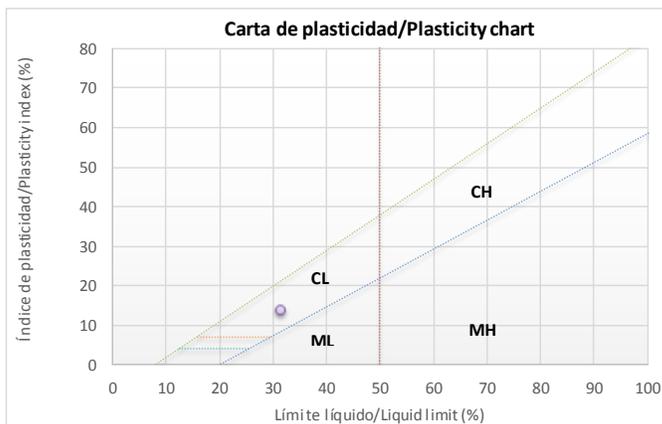
$$F_w = 0.12$$

$$T_w = \frac{LP}{F_w} = 1.52$$

$$LI (\text{mm}) = 100.00$$

$$LF (\text{mm}) = 94.10$$

$$CL (\%) = (LI - LF) / LI * 100 = 5.90 \%$$



Clasificación de la carta de plasticidad/Plasticity chart classification

C L

Arcilla de baja plasticidad
Clay low plasticity





Proyecto/Project:	Gasoducto El Encino - La Laguna	Tipo de sondeo:	PCA/PCA
Localización/Location:	Mpio. De Valle de Zaragoza.	Fecha/Date:	06/12/2016
Tipo de muestra/Sample type:	Alterada/Altered	Sondeo No./Boring No.:	MLV-203
Muestra No./Sample No.:	2	Profundidad/Depth:	0.80 - 2.45 m.

Límites de Atterberg

Límite líquido/Liquid limit

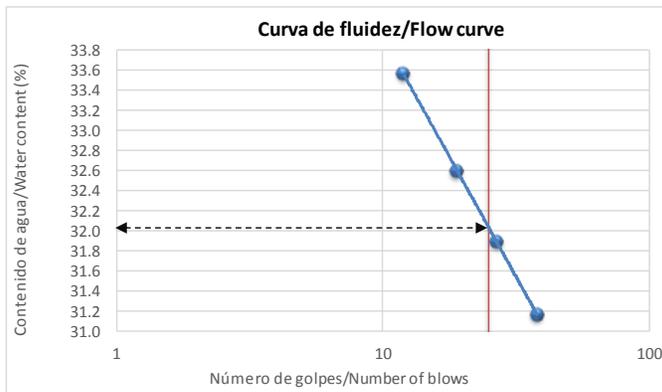
Prueba No./Test No.	Cápsula No./Capsule No.	W cap/Capsule weight (g)	No. de golpes/ Number of blows	W cap+W sh/Soil wet weight + tare (g)	W cap+ W ss/Dry soil weight + tare (g)	Wagua/Water weight (g)	W sólidos/Dry solid weight (g)	Contenido de agua/Water content (ω%)
1	46	12.38	38	17.81	16.52	1.29	4.14	31.16
2	23	15.09	27	20.59	19.26	1.33	4.17	31.89
3	45	11.98	19	17.88	16.43	1.45	4.45	32.58
4	113	16.31	12	22.12	20.66	1.46	4.35	33.56

Límite plástico/Plastic limit

Prueba No./No. Test.	Cápsula No./Capsule No.	W cap/Capsule weight (g)	W cap+W sh/Soil wet weight + tare (g)	W cap+ W ss/Dry soil weight + tare (g)	Wagua/Water weight (g)	W sólidos/Dry solid weight (g)	Contenido de agua/Water content (ω%)
1	67	12.14	15.89	15.26	0.63	3.12	20.19
2	4	12.21	15.88	15.30	0.58	3.09	18.77
Promedio/Average=							19.48

Contenido natural de agua/Water content

Prueba No./No. Test.	Cápsula No./Capsule No.	W cap/Capsule weight (g)	W cap+W sh/Soil wet weight + tare (g)	W cap+ W ss/Dry soil weight + tare (g)	Wagua/Water weight (g)	W sólidos/Dry solid weight (g)	Contenido de agua/Water content (ω%)
1	90	15.78	152.61	146.22	6.39	130.44	4.90



$$\omega (\%) = 4.90$$

$$\text{Límite líquido/Liquid limit } (\%) = 32.02$$

$$\text{Límite plástico/Plastic limit } (\%) = 19.48$$

$$\text{Índice plástico/Plasticity index } (\%) = 12.54$$

$$C_R = \frac{LL - w}{LP} = 1.39$$

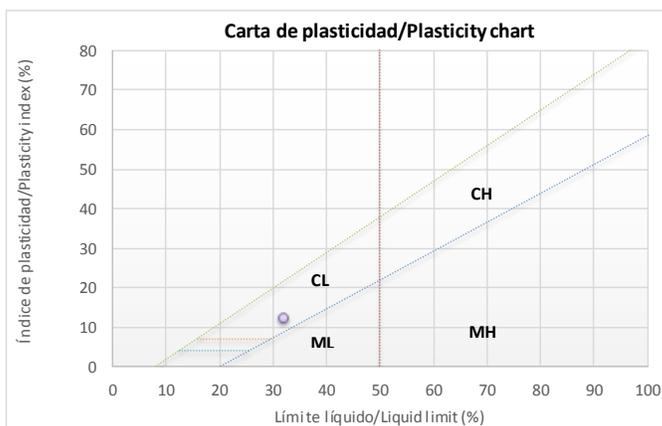
$$F_w = 0.09$$

$$T_w = \frac{LP}{F_w} = 2.26$$

$$LI (\text{mm}) = 100.00$$

$$LF (\text{mm}) = 94.30$$

$$CL (\%) = (LI - LF) / LI * 100 = 5.70 \%$$



Clasificación de la carta de plasticidad/Plasticity chart classification

C L

Arcilla de baja plasticidad
Clay low plasticity





RESULTADOS DE LABROATORIO PCA-04; PCA-05; MLV-206



Proyecto / Project:	Gasoducto El Encino - La Laguna	PCA No./PCA No.:	PCA-04; MLV-206	Fecha/Date:	06/12/2016
		Localización/Location:	Mpio. de López, Chihuahua.	Tipo de sondeo:	PCA

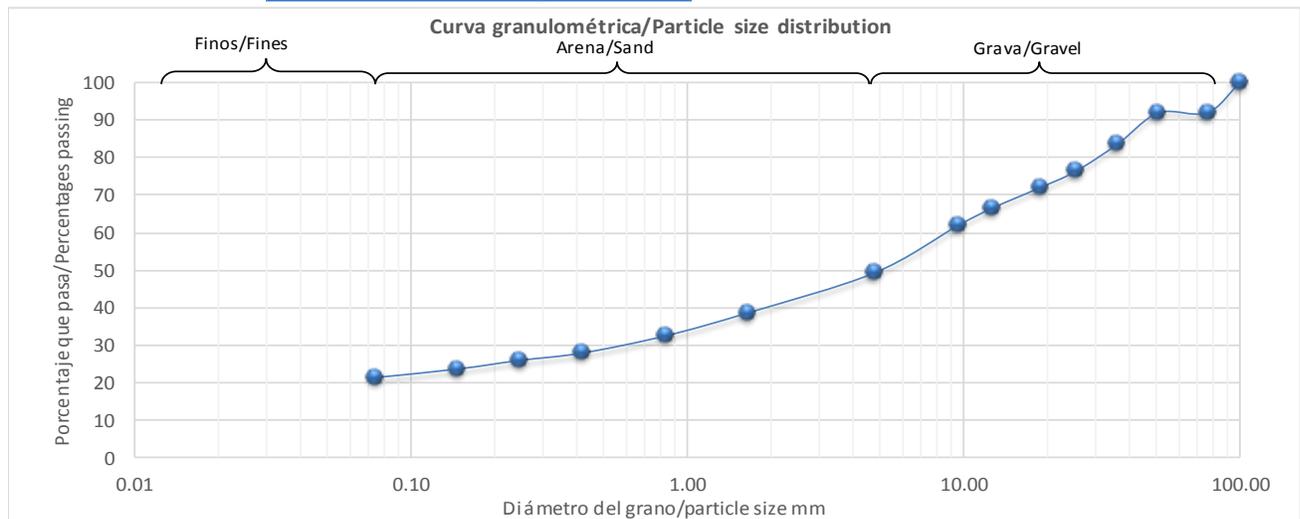
Densidad de sólidos (ASTM D-854)

Sondeo No./Boring No.	Muestra No./ Sample No.	Color/Color	Temperatura / Temperature °C	Matríz No./ No. Mold	Peso del matríz /Mold mass Wm (g)	Peso del matríz + suelo/Mold mass+soil Wms	Peso del matríz + suelo + agua/Mold mass+water+soil Wmws (g)	Peso del matríz + agua/Mold mass+water Wmw (g)	Peso del suelo /Soil mass Ws (g)	Volúmen del suelo/Soil volume Vs=Ws+Wmw-Wmws	Densidad de sólidos/Solid density Ss/Gs
PCA-04; MLV-206	1	Café oscuro.	30	4	185.80	252.56	723.35	682.95	66.76	26.36	2.53



Análisis granulométrico									
Proyecto/Project:		Gasoducto El Encino - La Laguna.			PCA No./PCA No.:		PCA-04; MLV-206		
Tipo de muestra/Sample type:		Alterada/Altered			Localización/Location:		Mpio. de López, Chihuahua.		
		Muestra/Sample:			1		Profundidad		0.15 - 1.50 m.
GRAVA / GRAVEL	Malla no./ Sieve number	Abertura/ Sieve opening size mm	Peso retenido/Mass retained g	% parcial retenido/partial retained	% parcial que pasa/Partial passing	Observaciones/Observations			
					100.00	Charola no./ Pan No. 4			
	3"	76.2	810.00	8.08	91.92	Análisis efectuado con muestra seca total de/Sieve Analysis made with a dry sample 10025.80 g			
	2"	50.8	0.00	0.00	91.92				
	1 1/2"	38.1	832.30	8.30	83.62				
	1"	25.4	731.70	7.30	76.32				
	3/4"	19.1	421.30	4.20	72.12				
	1/2"	12.7	556.50	5.55	66.57				
	3/8"	9.5	467.30	4.66	61.91	% Material que pasa la malla no. 4 /Material passing the No. 4 sieve (%)			
	No. 4	4.69	1260.50	12.57	49.33				
Sum=			5079.60	50.67	50.67	% Gravel			

ARENA / SAND	Malla no./ Sieve number	Abertura/ Sieve opening size mm	Peso retenido/Mass retained g	% parcial retenido/partial retained	Acumulado que pasa/ Passing Accumulated %		Observaciones/Observations	
					Parcial/partial	Total/total		
						100.00	49.33	Tara/Tare no. 23
	10	1.651	43.17	21.59	78.42	38.69	Análisis efectuado con/Sieve Analysis made with 200.00 g de material menor que la malla no.4 /passing the No. 4 sieve. % Material menor que la malla no. 200/Material passing the No. 200 sieve (%)	
	20	0.833	24.67	12.34	66.08	32.60		
	40	0.417	18.5	9.25	56.83	28.04		
	60	0.246	8.05	4.03	52.81	26.05		
	100	0.149	9.27	4.64	48.17	23.76		
200	0.074	9.25	4.63	43.55	21.48			
Sumas/Sum			112.91	56.46				
Charola/Pan			87.09	43.55				
Sumas/Sum			200.00	100.00				



$D_{10} =$ $D_{30} = 0.58$ $D_{60} = 8.50$ $Fg+Fm = 0.00$
 $C_u = D_{60} / D_{10} =$ $C_c = (D_{30})^2 / D_{10} \times D_{60} =$ $F_c = 8.08$
 $G = 50.67$
 $S = 19.77$
 $F = 21.48$

Clasificación SUCS y descripción del material/ SUCS classification, and material description	GC	Grava arcillosa con arena de gruesa a fina y fragmentos chicos de roca aislados. / Clayey gravel with sand from coarse to fine and isolated small fragments of rock.
--	-----------	--



Proyecto/Project:	Gasoducto El Encino - La Laguna	Tipo de sondeo:	PCA/PCA
Localización/Location:	Mpio. de López, Chihuahua.	Fecha/Date:	06/12/2016
Tipo de muestra/Sample type:	Alterada/Altered	Sondeo No./Boring No.:	MLV-206
Muestra No./Sample No.:	2	Profundidad/Depth:	0.15 - 1.50 m.

Límites de Atterberg

Límite líquido/Liquid limit

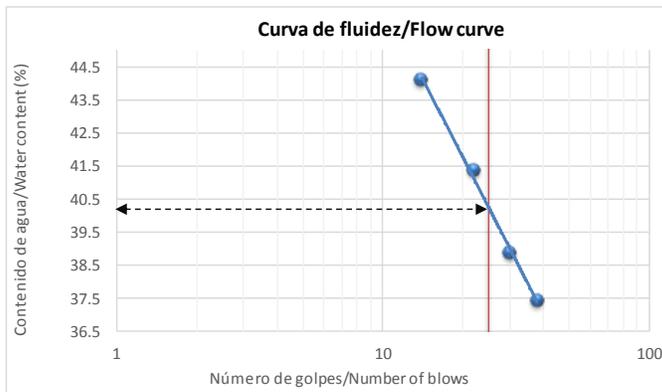
Prueba No./Test No.	Cápsula No./Capsule No.	W cap/Capsule weight (g)	No. de golpes/ Number of blows	W cap+W sh/Soil wet weight + tare (g)	W cap+ W ss/Dry soil weight + tare (g)	Wagua/Water weight (g)	W sólidos/Dry solid weight (g)	Contenido de agua/Water content (ω%)
1	9	17.00	38	20.49	19.54	0.95	2.54	37.40
2	13	11.79	30	15.40	14.39	1.01	2.60	38.85
3	33	12.81	22	16.33	15.30	1.03	2.49	41.37
4	37	16.13	14	19.79	18.67	1.12	2.54	44.09

Límite plástico/Plastic limit

Prueba No./No. Test.	Cápsula No./Capsule No.	W cap/Capsule weight (g)	W cap+W sh/Soil wet weight + tare (g)	W cap+ W ss/Dry soil weight + tare (g)	Wagua/Water weight (g)	W sólidos/Dry solid weight (g)	Contenido de agua/Water content (ω%)
1	43	11.73	13.59	13.25	0.34	1.52	22.37
2	49	12.73	14.73	14.37	0.36	1.64	21.95
Promedio/Average=							22.16

Contenido natural de agua/Water content

Prueba No./No. Test.	Cápsula No./Capsule No.	W cap/Capsule weight (g)	W cap+W sh/Soil wet weight + tare (g)	W cap+ W ss/Dry soil weight + tare (g)	Wagua/Water weight (g)	W sólidos/Dry solid weight (g)	Contenido de agua/Water content (ω%)
1	237	15.06	198.93	175.43	23.5	160.37	14.65



$$\omega (\%) = 14.65$$

$$\text{Límite líquido/Liquid limit } (\%) = 40.30$$

$$\text{Límite plástico/Plastic limit } (\%) = 22.16$$

$$\text{Índice plástico/Plasticity index } (\%) = 18.14$$

$$C_R = \frac{LL - w}{LP} = 1.16$$

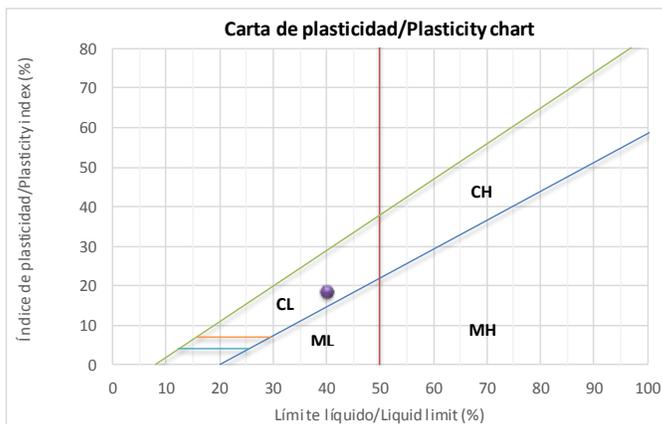
$$F_w = 0.31$$

$$T_w = \frac{LP}{F_w} = 0.70$$

$$LI (\text{mm}) = 100.00$$

$$LF (\text{mm}) = 90.00$$

$$CL (\%) = (LI - LF) / LI * 100 = \text{####} \%$$



Clasificación de la carta de plasticidad/Plasticity chart classification

C L

Arcilla de baja plasticidad
Clay low plasticity





Proyecto/Project:	Gasoducto El Encino - La Laguna	Tipo de sondeo:	PCA/PCA
Localización/Location:	Mpio. de López, Chihuahua.	Fecha/Date:	06/12/2016
Tipo de muestra/Sample type:	Alterada/Altered	Sondeo No./Boring No.:	MLV-206
Muestra No./Sample No.:	2	Profundidad/Depth:	0.15 - 1.30 m.

Límites de Atterberg

Límite líquido/Liquid limit

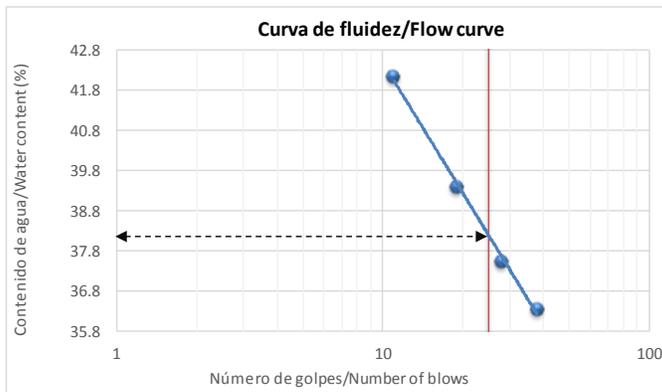
Prueba No./Test No.	Cápsula No./Capsule No.	W cap/Capsule weight (g)	No. de golpes/ Number of blows	W cap+W sh/Soil wet weight + tare (g)	W cap+ W ss/Dry soil weight + tare (g)	Wagua/Water weight (g)	W sólidos/Dry solid weight (g)	Contenido de agua/Water content (ω%)
1	18	15.29	38	21.29	19.69	1.60	4.40	36.36
2	13	11.83	28	17.73	16.12	1.61	4.29	37.53
3	63	12.09	19	17.93	16.28	1.65	4.19	39.38
4	36	12.13	11	17.73	16.07	1.66	3.94	42.13

Límite plástico/Plastic limit

Prueba No./No. Test.	Cápsula No./Capsule No.	W cap/Capsule weight (g)	W cap+W sh/Soil wet weight + tare (g)	W cap+ W ss/Dry soil weight + tare (g)	Wagua/Water weight (g)	W sólidos/Dry solid weight (g)	Contenido de agua/Water content (ω%)
1	12	12.10	16.43	15.72	0.71	3.62	19.61
2	22	11.68	15.68	15.05	0.63	3.37	18.69
Promedio/Average=							19.15

Contenido natural de agua/Water content

Prueba No./No. Test.	Cápsula No./Capsule No.	W cap/Capsule weight (g)	W cap+W sh/Soil wet weight + tare (g)	W cap+ W ss/Dry soil weight + tare (g)	Wagua/Water weight (g)	W sólidos/Dry solid weight (g)	Contenido de agua/Water content (ω%)
1	221	15.70	169.78	163.01	6.77	147.31	4.60



$$\omega (\%) = 4.60$$

$$\text{Límite líquido/Liquid limit } (\%) = 38.20$$

$$\text{Límite plástico/Plastic limit } (\%) = 19.15$$

$$\text{Índice plástico/Plasticity index } (\%) = 19.05$$

$$C_R = \frac{LL - w}{LP} = 1.75$$

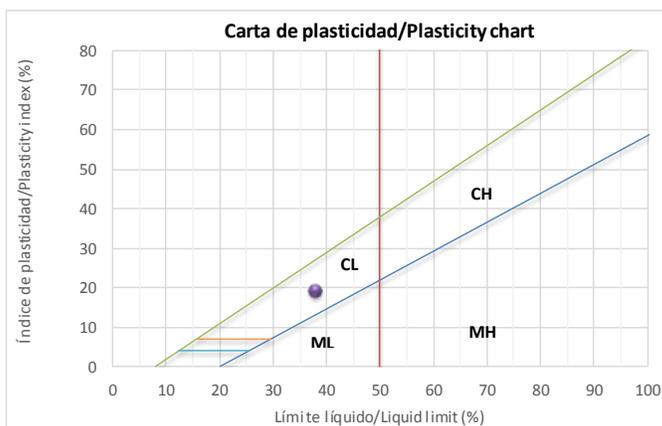
$$F_w = 0.21$$

$$T_w = \frac{LP}{F_w} = 0.93$$

$$LI (\text{mm}) = 100.00$$

$$LF (\text{mm}) = 93.40$$

$$CL (\%) = (LI - LF) / LI * 100 = 6.60 \%$$



Clasificación de la carta de plasticidad/Plasticity chart classification

C L

Arcilla de baja plasticidad
Clay low plasticity





RESULTADOS DE LABROATORIO PCA-09; MLV-210



Proyecto / Project:	Gasoducto El Encino - La Laguna	PCA No./PCA No.:	PCA-09; MLV-210	Tipo de sondeo:	PCA
		Localización/Location:	Mpio. de Mapimi, Durango.	Fecha/Date:	42710

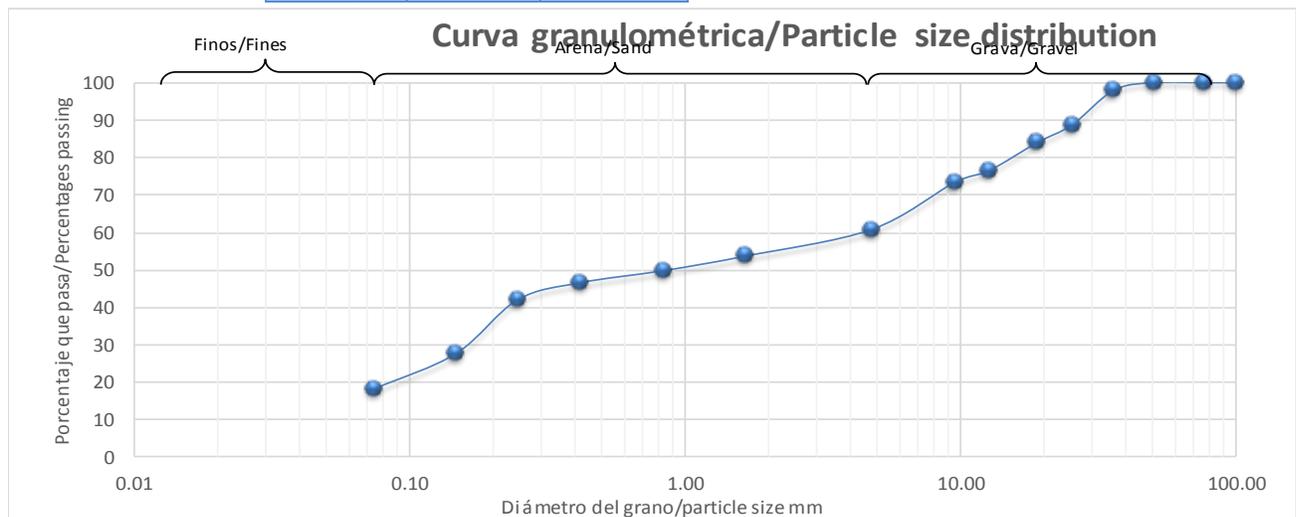
Densidad de sólidos (ASTM D-854)

Sondeo No./Boring No.	Muestra No./ Sample No.	Color/Color	Temperatura / Temperature °C	Matríz No./ No. Mold	Peso del matríz /Mold mass Wm (g)	Peso del matríz + suelo/Mold mass+soil Wms	Peso del matríz + suelo + agua/Mold mass+water+soil Wmws (g)	Peso del matríz + agua/Mold mass+water Wmw (g)	Peso del suelo /Soil mass Ws (g)	Volúmen del suelo/Soil volume Vs=Ws+Wmw-Wmws	Densidad de sólidos/Solid density Ss/Gs
0.00	1	Café claro.	32	5	193.64	257.90	730.58	690.82	64.26	24.50	2.62
0.00	2	Café claro.	32	7	193.04	261.48	733.01	690.36	68.44	25.79	2.65



Análisis granulométrico							
Proyecto/Project:		Gasoducto El Encino - La Laguna.		PCA No./PCA No.:		PCA-09; MLV-210	
Tipo de muestra/Sample type:		Alterada/Altered		Localización/Location:		Mpio. de Mapimi, Durango.	
				Muestra/Sample:	1	Profundidad	0.00-0.90 m.
GRAVA / GRAVEL	Malla no./ Sieve number	Abertura/ Sieve opening size mm	Peso retenido/Mass retained g	% parcial retenido/partial retained	% parcial que pasa/Partial passing	Observaciones/Observations	
					100.00	Charola no./ Pan No.	4
	3"	76.2	0.00	0.00	100.00	Análisis efectuado con muestra seca total de/Sieve Analysis made with a dry sample <u>11853.20</u> g	
	2"	50.8	0.00	0.00	100.00		
	1 1/2"	38.1	237.50	2.00	98.00		
	1"	25.4	1098.70	9.27	88.73		
	3/4"	19.1	551.30	4.65	84.08		
	1/2"	12.7	893.70	7.54	76.54	% Material que pasa la malla no. 4/ Material passing the No. 4 sieve (%)	
	3/8"	9.5	373.00	3.15	73.39		
	No. 4	4.69	1489.00	12.56	60.83		
Sum=			4643.20	39.17	39.17	% Gravel	

ARENA / SAND	Malla no./ Sieve number	Abertura/ Sieve opening size mm	Peso retenido/Mass retained g	% parcial retenido/partial retained	Acumulado que pasa/ Passing Accumulated %		Observaciones/Observations		
					Parcial/partial	Total/total			
						100.00	60.83	Tara/Tare no.	22
	10	1.651	23.39	11.70	88.31	53.71	Análisis efectuado con/Sieve Analysis made with <u>200.00</u> g de material menor que la malla no.4 /passing the No. 4 sieve.		
	20	0.833	12.72	6.36	81.95	49.85			
	40	0.417	10.52	5.26	76.69	46.65			
	60	0.246	14.98	7.49	69.20	42.09			
	100	0.149	47.13	23.57	45.63	27.76			
	200	0.074	31.07	15.54	30.10	18.31	% Material menor que la malla no. 200/Material passing the No. 200 sieve (%)		
	Sumas/Sum			139.81	69.91				
Charola/Pan			60.19	30.10					
Sumas/Sum			200.00	100.00					



$D_{10} = -$	$D_{30} = 0.17$	$D_{60} = 4.50$	$Fg+Fm = 0.00$
$C_u = D_{60} / D_{10} =$		$C_c = (D_{30})^2 / D_{10} \times D_{60} =$	$Fc = 0.00$
			$G = 39.17$
			$S = 42.52$
			$F = 18.31$

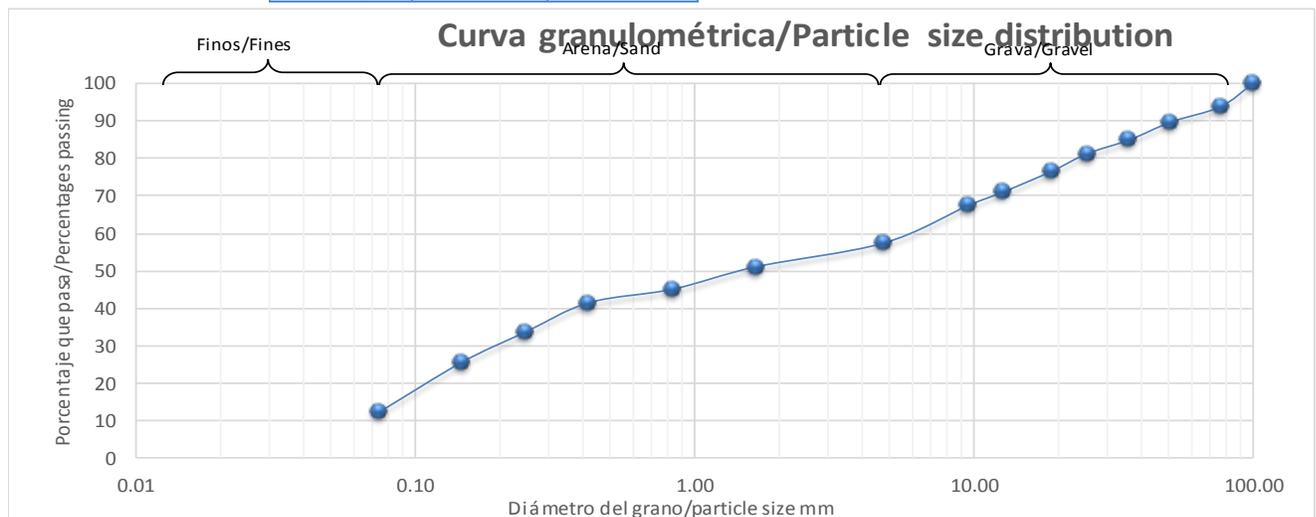
Clasificación SUCS y descripción del material/ SUCS classification, and material description	SC	Arena arcillosa color café claro con Grava. /Light brown clayey sand with gravel.
---	----	---

Análisis granulométrico

Proyecto/Project:		Gasoducto El Encino - La Laguna.		PCA No./PCA No.:		PCA-09; MLV-210	
Tipo de muestra/Sample type:		Alterada/Altered		Localización/Location:		Mpio. de Mapimi, Durango.	
				Muestra/Sample:		2	
				Profundidad		0.90 - 3.80 m.	

Malla no./ Sieve number	Abertura/ Sieve opening size mm	Peso retenido/Mass retained g	% parcial retenido/partial retained	% parcial que pasa/Partial passing	Observaciones/Observations	
					Charola no./ Pan No.	
				100.00		
3"	76.2	673.00	6.27	93.73		45
2"	50.8	434.60	4.05	89.68		
1 1/2"	38.1	511.30	4.76	84.92	Análisis efectuado con muestra seca total de/Sieve Analysis made with a dry sample <u>10736.60</u> g	
1"	25.4	398.20	3.71	81.21		
3/4"	19.1	498.80	4.65	76.57		
1/2"	12.7	602.90	5.62	70.95		
3/8"	9.5	387.90	3.61	67.34	% Material que pasa la malla no. 4/ Material passing the No. 4 sieve (%)	
No. 4	4.69	1072.90	9.99	57.35		
Sum=		4579.60	42.65	42.65	% Gravel	

Malla no./ Sieve number	Abertura/ Sieve opening size mm	Peso retenido/Mass retained g	% parcial retenido/partial retained	Acumulado que pasa/ Passing Accumulated %		Observaciones/Observations	
				Parcial/partial	Total/total	Tara/Tare no.	
				100.00	57.35		13
10	1.651	22.22	11.11	88.89	50.97	Análisis efectuado con/Sieve Analysis made with <u>200.00</u> g de material menor que la malla no. 4 /passing the No. 4 sieve.	
20	0.833	20.82	10.41	78.48	45.01		
40	0.417	12.61	6.31	72.18	41.39		
60	0.246	27.60	13.80	58.38	33.48		
100	0.149	27.6	13.80	44.58	25.56	% Material menor que la malla no. 200/Material passing the No. 200 sieve (%)	
200	0.074	46.69	23.35	21.23	12.17		
Sumas/Sum		157.54	78.77				
Charola/Pan		42.46	21.23				
Sumas/Sum		200.00	100.00				



$D_{10} = --$	$D_{30} = 0.16$	$D_{60} = 2.75$	Fg+Fm= 0.00
			Fc= 6.27
			G= 42.65
			S= 38.90
			F= 12.17

Clasificación SUCS y descripción del material/ SUCS classification, and material description	GC	Grava arcillosa color café claro con arena de gruesa a fina y fragmentos chicos de roca aislados. / Light brown clayey gravel with sand from coarse to fine and isolated small fragments of rock.
---	-----------	---

Proyecto/Project:	Gasoducto El Encino - La Laguna	Tipo de sondeo:	PCA/PCA
Localización/Location:	Mpio. de Mapimi, Durango.	Fecha/Date:	06/12/2016
Tipo de muestra/Sample type:	Alterada/Altered	Sondeo No./Boring No.:	MLV-210
Muestra No./Sample No.:	1	Profundidad/Depth:	0.00 - 0.90 m.

Límites de Atterberg

Límite líquido/Liquid limit

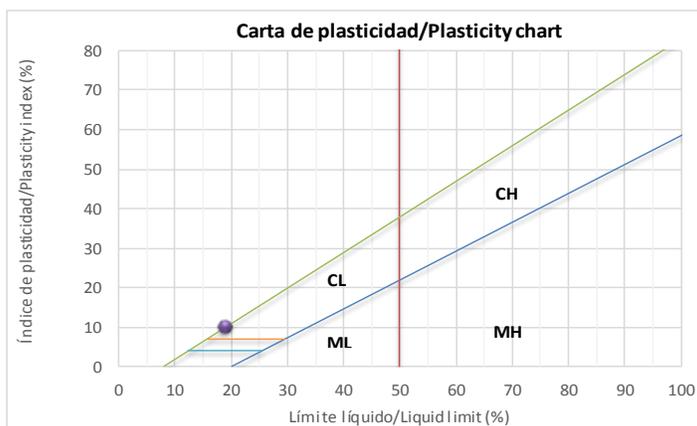
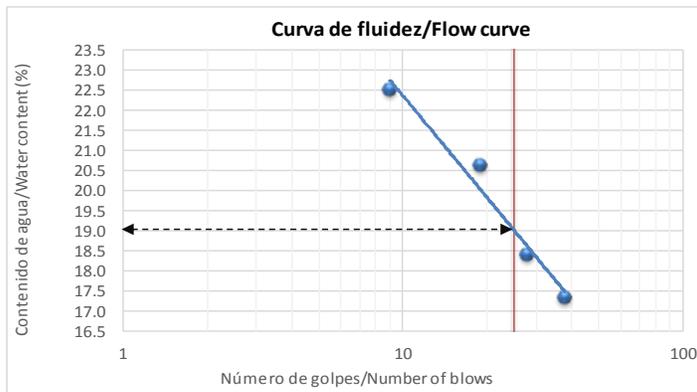
Prueba No./Test No.	Cápsula No./Capsule No.	W cap/Capsule weight (g)	No. de golpes/ Number of blows	W cap+W sh/Soil wet weight + tare (g)	W cap+W ss/Dry soil weight + tare (g)	Wagua/Water weight (g)	W sólidos/Dry solid weight (g)	Contenido de agua/Water content (ω%)
1	5	12.45	38	22.61	21.11	1.50	8.66	17.32
2	6	15.57	28	24.83	23.39	1.44	7.82	18.41
3	7	15.35	19	24.71	23.11	1.60	7.76	20.62
4	9	17.00	9	27.12	25.26	1.86	8.26	22.52

Límite plástico/Plastic limit

Prueba No./No. Test.	Cápsula No./Capsule No.	W cap/Capsule weight (g)	W cap+W sh/Soil wet weight + tare (g)	W cap+W ss/Dry soil weight + tare (g)	Wagua/Water weight (g)	W sólidos/Dry solid weight (g)	Contenido de agua/Water content (ω%)
1	33	12.83	16.65	16.33	0.32	3.50	9.14
2	41	15.47	19.12	18.81	0.31	3.34	9.28
Promedio/Average=							9.21

Contenido natural de agua/Water content

Prueba No./No. Test.	Cápsula No./Capsule No.	W cap/Capsule weight (g)	W cap+W sh/Soil wet weight + tare (g)	W cap+W ss/Dry soil weight + tare (g)	Wagua/Water weight (g)	W sólidos/Dry solid weight (g)	Contenido de agua/Water content (ω%)
1	323	14.61	214.02	208.40	5.62	193.79	2.90



$$\omega (\%) = 2.90$$

$$\text{Límite líquido/Liquid limit } (\%) = 19.10$$

$$\text{Límite plástico/Plastic limit } (\%) = 9.21$$

$$\text{Índice plástico/Plasticity index } (\%) = 9.89$$

$$C_R = \frac{LL - w}{LP} = 1.76$$

$$F_w = 0.24$$

$$T_w = \frac{LP}{F_w} = 0.38$$

$$LI (\text{mm}) = 100.00$$

$$LF (\text{mm}) = 97.00$$

$$CL (\%) = (LI - LF) / LI * 100 = 3.00 \%$$

Clasificación de la carta de plasticidad/Plasticity chart classification

C L
Arcilla de baja plasticidad
Clay low plasticity

Proyecto/Project:	Gasoducto El Encino - La Laguna	Tipo de sondeo:	PCA/PCA
Localización/Location:	Mpio. de Mapimi, Durango.	Fecha/Date:	06/12/2016
Tipo de muestra/Sample type:	Alterada/Altered	Sondeo No./Boring No.:	MLV-210
Muestra No./Sample No.:	2	Profundidad/Depth:	0.90 - 3.80 m.

Límites de Atterberg

Límite líquido/Liquid limit

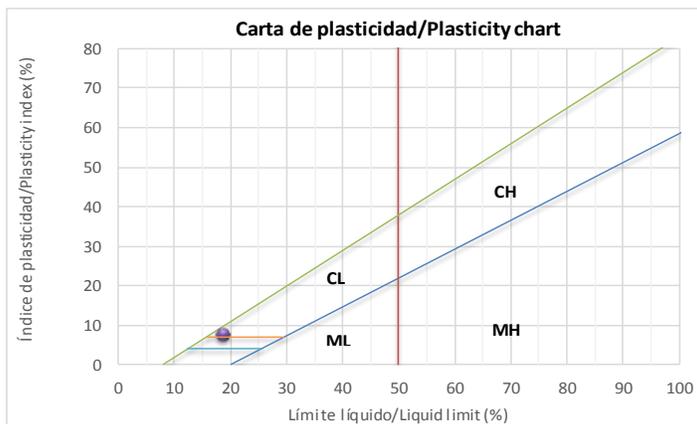
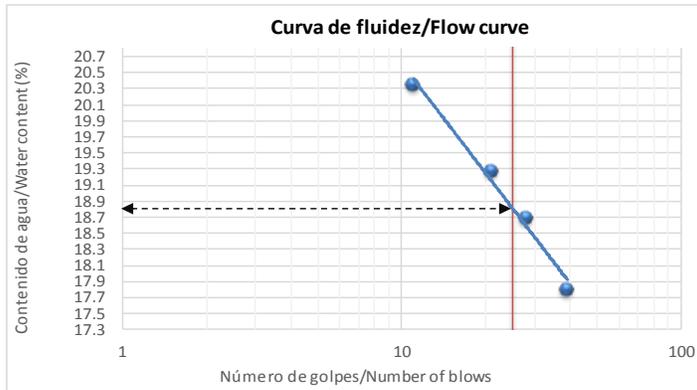
Prueba No./Test No.	Cápsula No./Capsule No.	W cap/Capsule weight (g)	No. de golpes/ Number of blows	W cap+W sh/Soil wet weight + tare (g)	W cap+ W ss/Dry soil weight + tare (g)	Wagua/Water weight (g)	W sólidos/Dry solid weight (g)	Contenido de agua/Water content (ω%)
1	11	15.35	39	24.75	23.33	1.42	7.98	17.79
2	12	15.45	28	27.65	25.73	1.92	10.28	18.68
3	13	15.25	21	27.38	25.42	1.96	10.17	19.27
4	15	15.45	11	30.30	27.79	2.51	12.34	20.34

Límite plástico/Plastic limit

Prueba No./No. Test.	Cápsula No./Capsule No.	W cap/Capsule weight (g)	W cap+W sh/Soil wet weight + tare (g)	W cap+ W ss/Dry soil weight + tare (g)	Wagua/Water weight (g)	W sólidos/Dry solid weight (g)	Contenido de agua/Water content (ω%)
1	37	12.73	16.70	16.29	0.41	3.56	11.52
2	38	15.37	19.16	18.77	0.39	3.40	11.47
Promedio/Average=							11.49

Contenido natural de agua/Water content

Prueba No./No. Test.	Cápsula No./Capsule No.	W cap/Capsule weight (g)	W cap+W sh/Soil wet weight + tare (g)	W cap+ W ss/Dry soil weight + tare (g)	Wagua/Water weight (g)	W sólidos/Dry solid weight (g)	Contenido de agua/Water content (ω%)
1	323	14.84	175.35	170.90	4.45	156.06	2.85



$$\omega (\%) = 2.85$$

$$\text{Límite líquido/Liquid limit } (\%) = 18.80$$

$$\text{Límite plástico/Plastic limit } (\%) = 11.49$$

$$\text{Índice plástico/Plasticity index } (\%) = 7.31$$

$$C_R = \frac{LL - w}{LP} = 1.39$$

$$F_w = 0.09$$

$$T_w = \frac{LP}{F_w} = 1.35$$

$$LI (\text{mm}) = 100.00$$

$$LF (\text{mm}) = 96.50$$

$$CL (\%) = (LI - LF) / LI * 100 = 3.50 \%$$

Clasificación de la carta de plasticidad/Plasticity chart classification

C L

Arcilla de baja plasticidad
Clay low plasticity



Proyecto/Project:	Gasoducto El Encino - La Laguna	Fecha/Date:	07/12/2016	PCA No./PCA No.:	PCA-09; MLV-210
		Ubicación/Location:	Mpio. Mapími, Durango.		

Peso volumétrico Natural y Varillado

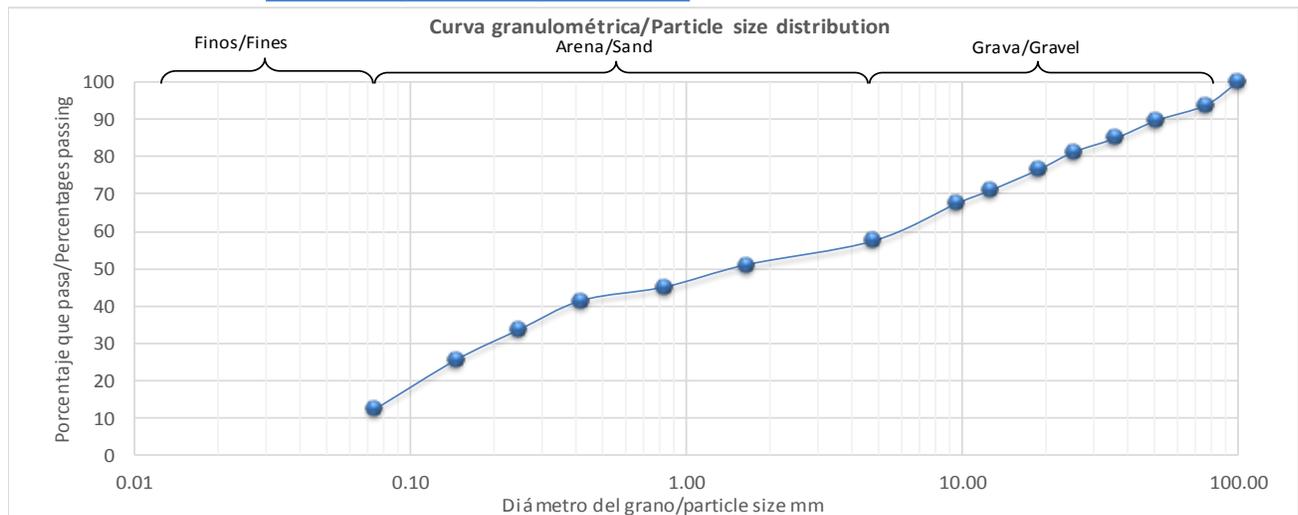
Sondeo No./ Boring No.	Muestra Num. / Sample No.	Profundidad/ Depth (m)		Peso del molde + material / Mold weight + material.			Promedio / Average	W del molde / W of the mold	Ø del molde / Ø mold. (cm.)	H del molde / Mold Height. (cm)	Volúmen del molde / Mold volume. (cm3)	Vol. Del molde + Wss / Displaced volume (cm ³)	Peso volumétrico/ Volumetric weight γ (ton/m ³)
		De/From	A/to	(1) Grs.	(2) Grs.	(3) Grs.							
PCA-09; MLV-210	1	0.00	0.90	23630	23740	23820	23730	7030	20.50	30.50	10067	16700	1.66
PCA-09; MLV-210	1	0.00	0.90	25950	25920	25970	25947	7030	20.50	30.50	10067	18917	1.88
PCA-09; MLV-210	2	0.90	3.80	23710	23840	23760	23770	7030	20.50	30.50	10067	16740	1.66
PCA-09; MLV-210	2	0.90	3.80	25760	25660	25909	25776	7030	20.50	30.50	10067	18746	1.86



Análisis granulométrico

Proyecto/Project:		Gasoducto El Encino - La Laguna.		PCA No./PCA No.:		PCA-09; MLV-210	
Tipo de muestra/Sample type:		Alterada/Altered		Localización/Location:		Mpio. de Mapimi, Durango.	
				Muestra/Sample:		2	
						Profundidad	
						0.90 - 3.80 m.	
GRAVA / GRAVEL	Malla no./ Sieve number	Abertura/ Sieve opening size mm	Peso retenido/Mass retained g	% parcial retenido/partial retained	% parcial que pasa/Partial passing	Observaciones/Observations	
					100.00	Charola no./ Pan No.	45
	3"	76.2	673.00	6.27	93.73	Análisis efectuado con muestra seca total de/Sieve Analysis made with a dry sample 10736.60 g	
	2"	50.8	434.60	4.05	89.68		
	1 1/2"	38.1	511.30	4.76	84.92		
	1"	25.4	398.20	3.71	81.21		
	3/4"	19.1	498.80	4.65	76.57		
	1/2"	12.7	602.90	5.62	70.95		
	3/8"	9.5	387.90	3.61	67.34	% Material que pasa la malla no. 4/ Material passing the No. 4 sieve (%)	
	No. 4	4.69	1072.90	9.99	57.35		
Sum=			4579.60	42.65	42.65	% Gravel	

ARENA / SAND	Malla no./ Sieve number	Abertura/ Sieve opening size mm	Peso retenido/Mass retained g	% parcial retenido/partial retained	Acumulado que pasa/ Passing Accumulated %		Observaciones/Observations	
					Parcial/partial	Total/total	Tara/Tare no.	13
					100.00	57.35	Análisis efectuado con/Sieve Analysis made with	
10	1.651	22.22	11.11	88.89	50.97	200.00 g de material menor que la malla no.4 /passing the No. 4 sieve.		
20	0.833	20.82	10.41	78.48	45.01	% Material menor que la malla no. 200/Material passing the No. 200 sieve (%)		
40	0.417	12.61	6.31	72.18	41.39			
60	0.246	27.60	13.80	58.38	33.48			
100	0.149	27.6	13.80	44.58	25.56			
200	0.074	46.69	23.35	21.23	12.17			
Sumas/Sum			157.54	78.77				
Charola/Pan			42.46	21.23				
Sumas/Sum			200.00	100.00				



$D_{10} = -$	$D_{30} = 0.16$	$D_{60} = 2.75$	$Fg+Fm = 0.00$
$C_u = D_{60} / D_{10} =$		$C_c = (D_{30})^2 / D_{10} \times D_{60} =$	$F_c = 6.27$
			$G = 42.65$
			$S = 38.90$
			$F = 12.17$

Clasificación SUCS y descripción del material/ SUCS classification, and material description	GC	Grava arcillosa color café claro con arena de gruesa a fina y fragmentos chicos de roca aislados. / Light brown clayey gravel with sand from coarse to fine and isolated small fragments of rock.
---	-----------	---



Proyecto/Project:	Gasoducto El Encino - La Laguna	Tipo de sondeo:	PCA/PCA
Localización/Location:	Mpio. de Mapimi, Durango.	Fecha/Date:	06/12/2016
Tipo de muestra/Sample type:	Alterada/Altered	Sondeo No./Boring No.:	MLV-210
Muestra No./Sample No.:	1	Profundidad/Depth:	0.00 - 0.90 m.

Límites de Atterberg

Límite líquido/Liquid limit

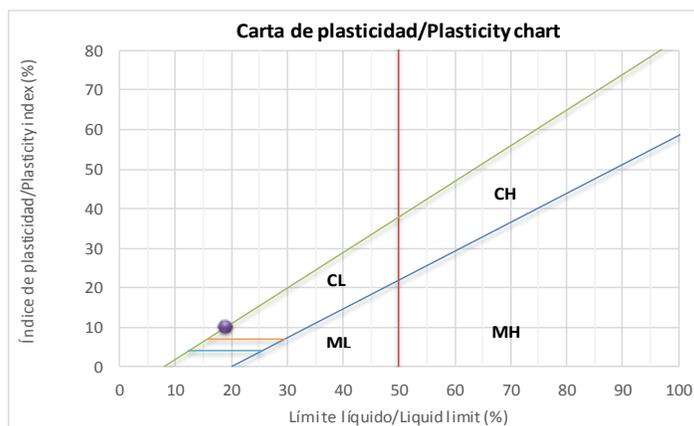
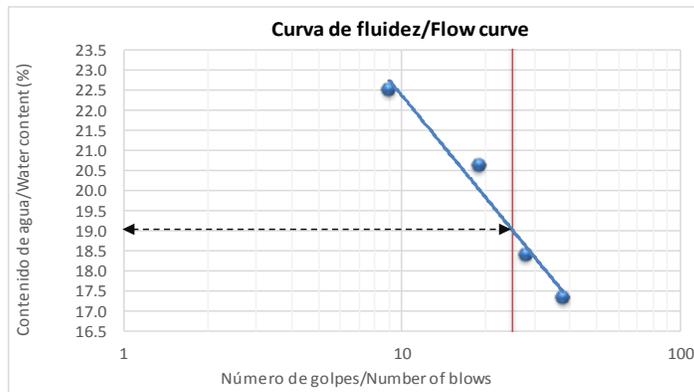
Prueba No./Test No.	Cápsula No./Capsule No.	W cap/Capsule weight (g)	No. de golpes/ Number of blows	W cap+W sh/Soil wet weight + tare (g)	W cap+ W ss/Dry soil weight + tare (g)	Wagua/Water weight (g)	W sólidos/Dry solid weight (g)	Contenido de agua/Water content (w%)
1	5	12.45	38	22.61	21.11	1.50	8.66	17.32
2	6	15.57	28	24.83	23.39	1.44	7.82	18.41
3	7	15.35	19	24.71	23.11	1.60	7.76	20.62
4	9	17.00	9	27.12	25.26	1.86	8.26	22.52

Límite plástico/Plastic limit

Prueba No./No. Test.	Cápsula No./Capsule No.	W cap/Capsule weight (g)	W cap+W sh/Soil wet weight + tare (g)	W cap+ W ss/Dry soil weight + tare (g)	Wagua/Water weight (g)	W sólidos/Dry solid weight (g)	Contenido de agua/Water content (w%)
1	33	12.83	16.65	16.33	0.32	3.50	9.14
2	41	15.47	19.12	18.81	0.31	3.34	9.28
Promedio/Average=							9.21

Contenido natural de agua/Water content

Prueba No./No. Test.	Cápsula No./Capsule No.	W cap/Capsule weight (g)	W cap+W sh/Soil wet weight + tare (g)	W cap+ W ss/Dry soil weight + tare (g)	Wagua/Water weight (g)	W sólidos/Dry solid weight (g)	Contenido de agua/Water content (w%)
1	323	14.61	214.02	208.40	5.62	193.79	2.90



$$\omega (\%) = 2.90$$

$$\text{Límite líquido/Liquid limit (\%)} = 19.10$$

$$\text{Límite plástico/Plastic limit (\%)} = 9.21$$

$$\text{Índice plástico/Plasticity index (\%)} = 9.89$$

$$C_R = \frac{LL - w}{LP} = 1.76$$

$$F_w = 0.24$$

$$T_w = \frac{LP}{F_w} = 0.38$$

$$LI (\text{mm}) = 100.00$$

$$LF (\text{mm}) = 97.00$$

$$CL (\%) = (LI - LF) / LI * 100 = 3.00 \%$$

Clasificación de la carta de plasticidad/Plasticity chart classification

C L

Arcilla de baja plasticidad
Clay low plasticity



Proyecto/Project:	Gasoducto El Encino - La Laguna	Tipo de sondeo:	PCA/PCA
Localización/Location:	Mpio. de Mapimi, Durango.	Fecha/Date:	06/12/2016
Tipo de muestra/Sample type:	Alterada/Altered	Sondeo No./Boring No.:	MLV-210
Muestra No./Sample No.:	2	Profundidad/Depth:	0.90 - 3.80 m.

Límites de Atterberg

Límite líquido/Liquid limit

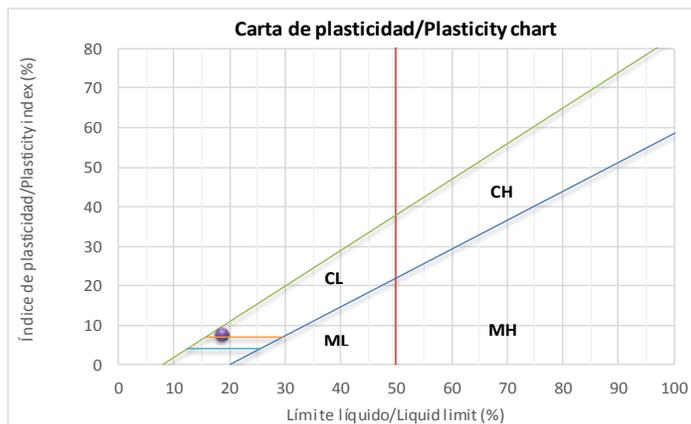
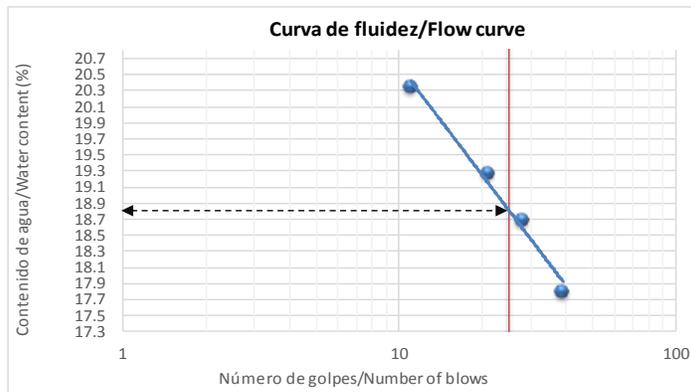
Prueba No./Test No.	Cápsula No./Capsule No.	W cap/Capsule weight (g)	No. de golpes/Number of blows	W cap+W sh/Soil wet weight + tare (g)	W cap+ W ss/Dry soil weight + tare (g)	Wagua/Water weight (g)	W sólidos/Dry solid weight (g)	Contenido de agua/Water content (ω%)
1	11	15.35	39	24.75	23.33	1.42	7.98	17.79
2	12	15.45	28	27.65	25.73	1.92	10.28	18.68
3	13	15.25	21	27.38	25.42	1.96	10.17	19.27
4	15	15.45	11	30.30	27.79	2.51	12.34	20.34

Límite plástico/Plastic limit

Prueba No./No. Test.	Cápsula No./Capsule No.	W cap/Capsule weight (g)	W cap+W sh/Soil wet weight + tare (g)	W cap+ W ss/Dry soil weight + tare (g)	Wagua/Water weight (g)	W sólidos/Dry solid weight (g)	Contenido de agua/Water content (ω%)
1	37	12.73	16.70	16.29	0.41	3.56	11.52
2	38	15.37	19.16	18.77	0.39	3.40	11.47
Promedio/Average=							11.49

Contenido natural de agua/Water content

Prueba No./No. Test.	Cápsula No./Capsule No.	W cap/Capsule weight (g)	W cap+W sh/Soil wet weight + tare (g)	W cap+ W ss/Dry soil weight + tare (g)	Wagua/Water weight (g)	W sólidos/Dry solid weight (g)	Contenido de agua/Water content (ω%)
1	323	14.84	175.35	170.90	4.45	156.06	2.85



$$\omega (\%) = 2.85$$

$$\text{Límite líquido/Liquid limit } (\%) = 18.80$$

$$\text{Límite plástico/Plastic limit } (\%) = 11.49$$

$$\text{Índice plástico/Plasticity index } (\%) = 7.31$$

$$C_R = \frac{LL - w}{LP} = 1.39$$

$$F_w = 0.09$$

$$T_w = \frac{LP}{F_w} = 1.35$$

$$LI (\text{mm}) = 100.00$$

$$LF (\text{mm}) = 96.50$$

$$CL (\%) = (LI - LF) / LI * 100 = 3.50 \%$$

Clasificación de la carta de plasticidad/Plasticity chart classification

C L

Arcilla de baja plasticidad
Clay low plasticity



Proyecto/Project:	Gasoducto El Encino - La Laguna	Fecha/Date:	07/12/2016	PCA No./PCA No.:	PCA-09; MLV-210
		Ubicación/Location:	Mpio. Mapími, Durango.		

Peso volumétrico Natural y Varillado

Sondeo No./ Boring No.	Muestra Num. / Sample No.	Profundidad/ Depth (m)		Peso del molde + material / Mold weight + material.			Promedio / Average	W del molde / W of the mold	Ø del molde / Ø mold. (cm.)	H del molde / Mold Height. (cm)	Volúmen del molde / Mold volume. (cm3)	Vol. Del molde + Wss / Displaced volume (cm ³)	Peso volumétrico/ Volumetric weight γ (ton/m ³)
		De/From	A/to	(1) Grs.	(2) Grs.	(3) Grs.							
PCA-09; MLV-210	1	0.00	0.90	23630	23740	23820	23730	7030	20.50	30.50	10067	16700	1.66
PCA-09; MLV-210	1	0.00	0.90	25950	25920	25970	25947	7030	20.50	30.50	10067	18917	1.88
PCA-09; MLV-210	2	0.90	3.80	23710	23840	23760	23770	7030	20.50	30.50	10067	16740	1.66
PCA-09; MLV-210	2	0.90	3.80	25760	25660	25909	25776	7030	20.50	30.50	10067	18746	1.86

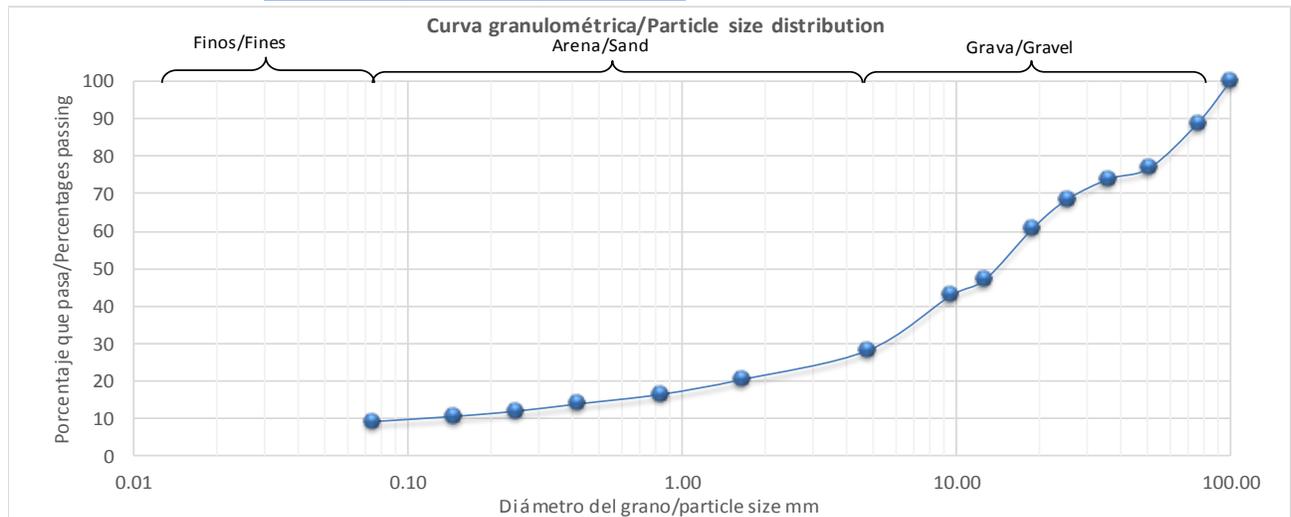




RESULTADOS DE LABROATORIO PCA-11; MLV-212

Análisis granulométrico								
Proyecto/Project:		Gasoducto El Encino - La Laguna.			PCA No./PCA No.:		PCA-11; MLV-212	
Tipo de muestra/Sample type:		Alterada/Altered			Localización/Location:		Mpio. Lerdo, Durango.	
					Muestra/Sample:	2	Profundidad/Depth:	2.00 - 2.60 m
GRAVA / GRAVEL	Malla no./ Sieve number	Abertura/ Sieve opening size mm	Peso retenido/Mass retained g	% parcial retenido/partial retained	% parcial que pasa/Partial passing	Observaciones/Observations		
					100.00	Charola no./ Pan No.	8	
	3"	76.2	1383.00	11.07	88.93	Análisis efectuado con muestra seca total de/Sieve Analysis made with a dry sample 12496.80 g		
	2"	50.8	1499.20	12.00	76.94			
	1 1/2"	38.1	368.20	2.95	73.99			
	1"	25.4	682.70	5.46	68.53			
	3/4"	19.1	953.30	7.63	60.90			
	1/2"	12.7	1721.50	13.78	47.12	% Material que pasa la malla no. 4/ Material passing the No. 4 sieve (%)		
	3/8"	9.5	530.60	4.25	42.88			
	No. 4	4.69	1817.50	14.54	28.33			
Sum=			8956.00	71.67	71.67	% Gravel		

ARENA / SAND	Malla no./ Sieve number	Abertura/ Sieve opening size mm	Peso retenido/Mass retained g	% parcial retenido/partial retained	Acumulado que pasa/ Passing Accumulated %		Observaciones/Observations	
					Parcial/partial	Total/total		
						100.00	28.33	Tara/Tare no. 91
	10	1.651	54.75	27.38	72.63	20.58	Análisis efectuado con/Sieve Analysis made with 200.00 g de material menor que la malla no.4 /passing the No. 4 sieve.	
	20	0.833	27.85	13.93	58.70	16.63		
	40	0.417	17.83	8.92	49.79	14.11		
	60	0.246	13.79	6.90	42.89	12.15		
100	0.149	9.66	4.83	38.06	10.78			
200	0.074	9.92	4.96	33.10	9.38	% Material menor que la malla no. 200/Material passing the No. 200 sieve (%)		
Sumas/Sum			133.8	66.90				
Charola/Pan			66.20	33.10				
Sumas/Sum			200.00	100.00				



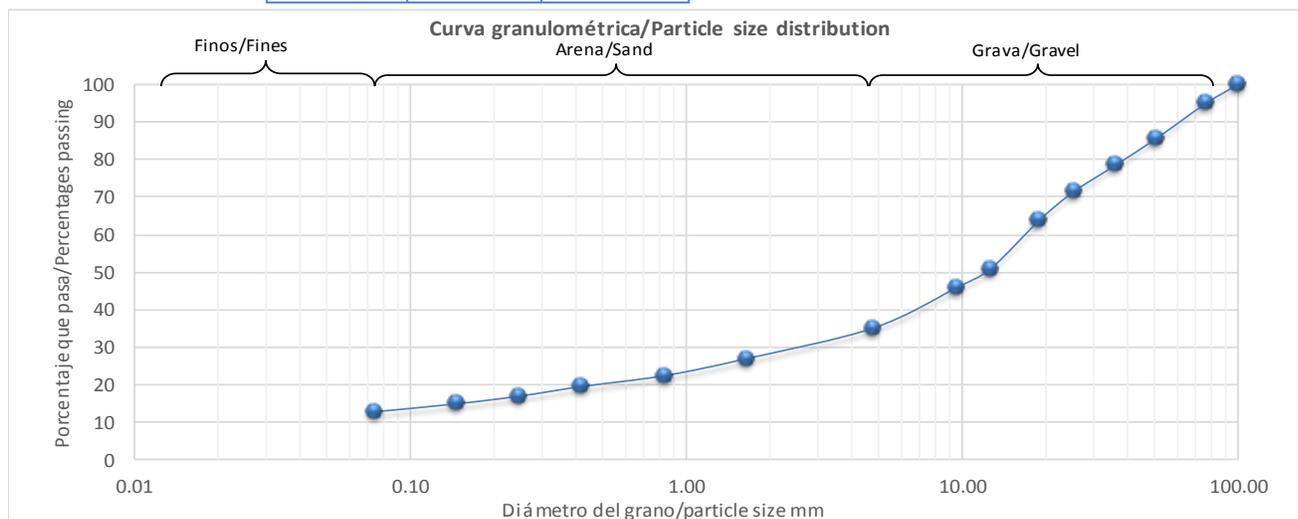
$D_{10} = 0.12$	$D_{30} = 5.35$	$D_{60} = 18.70$	$F_g + F_m = 6.75$
			$F_c = 11.07$
			$G = 71.67$
			$S = 1.14$
			$F = 9.38$

$C_u = D_{60} / D_{10} =$
 $C_c = (D_{30})^2 / D_{10} \times D_{60} =$

Clasificación SUCS y descripción del material/ SUCS classification, and material description	GP-GC	Gravas arcillosas mal graduadas con fragmentos chicos de roca aislados. / Poor-graded clayey gravel with isolated small rock fragments.
---	--------------	---

Análisis granulométrico										
Proyecto/Project:		Gasoducto El Encino - La Laguna.			PCA No./PCA No.:		PCA-11; MLV-212			
Tipo de muestra/Sample type:		Alterada/Altered			Localización/Location:		Mpio. Lerdo, Durango.			
		Muestra/Sample:			3		Profundidad/Depth:		2.60 - 4.00 m	
GRAVA / GRAVEL	Malla no./ Sieve number	Abertura/ Sieve opening size mm	Peso retenido/Mass retained g	% parcial retenido/partial retained	% parcial que pasa/Partial passing	Observaciones/Observations				
					100.00	Charola no./ Pan No. 22				
	3"	76.2	684.25	5.12	94.88	Análisis efectuado con muestra seca total de/Sieve Analysis made with a dry sample 13352.30 g				
	2"	50.8	1222.30	9.15	85.72					
	1 1/2"	38.1	953.30	7.14	78.58					
	1"	25.4	952.00	7.13	71.45					
	3/4"	19.1	1016.30	7.61	63.84					
	1/2"	12.7	1717.70	12.86	50.98	% Material que pasa la malla no. 4/ Material passing the No. 4 sieve (%)				
	3/8"	9.5	687.50	5.15	45.83					
	No. 4	4.69	1432.90	10.73	35.10					
Sum=			8666.25	64.90	64.90	% Gravel				

ARENA / SAND	Malla no./ Sieve number	Abertura/ Sieve opening size mm	Peso retenido/Mass retained g	% parcial retenido/partial retained	Acumulado que pasa/ Passing Accumulated %		Observaciones/Observations	
					Parcial/partial	Total/total	Tara/Tare no.	21
					100.00	35.10	Análisis efectuado con/Sieve Analysis made with	
	10	1.651	46.41	23.21	76.80	26.95	200.00 g de material menor que la malla no.4 /passing the No. 4 sieve.	
	20	0.833	25.75	12.88	63.92	22.43		
	40	0.417	16.58	8.29	55.63	19.52		
	60	0.246	14.76	7.38	48.25	16.93		
	100	0.149	11.35	5.68	42.58	14.94		
200	0.074	12.28	6.14	36.44	12.79	% Material menor que la malla no. 200/Material passing the No. 200 sieve (%)		
Sumas/Sum			127.13	63.57				
Charola/Pan			72.87	36.44				
Sumas/Sum			200.00	100.00				



$D_{10} = 0.00$ $D_{30} = 3.40$ $D_{60} = 18.00$ $Fg+Fm = 12.73$
 $C_u = D_{60} / D_{10} =$ $C_c = (D_{30})^2 / D_{10} \times D_{60} =$ $F_c = 5.12$
 $G = 64.90$
 $S = 4.45$
 $F = 12.79$

Clasificación SUCS y descripción del material/ SUCS classification, and material description	GC	Gravas arcillosas color café claro con fragmentos medianos de roca aislados. / Light brown Clayey gravel with isolated medium rock fragments.
--	-----------	---

Proyecto/Project:	Gasoducto El Encino - La Laguna	Tipo de sondeo:	PCA/PCA
Localización/Location:	Mpio. De Lerdo, Durango.	Fecha/Date:	05/12/2016
Tipo de muestra/Sample type:	Alterada/Altered	Sondeo No./Boring No.:	MLV-212
Muestra No./Sample No.:	1	Profundidad/Depth:	0.00 - 2.00 m

Límites de Atterberg/Atterberg limits

Límite líquido/Liquid limit

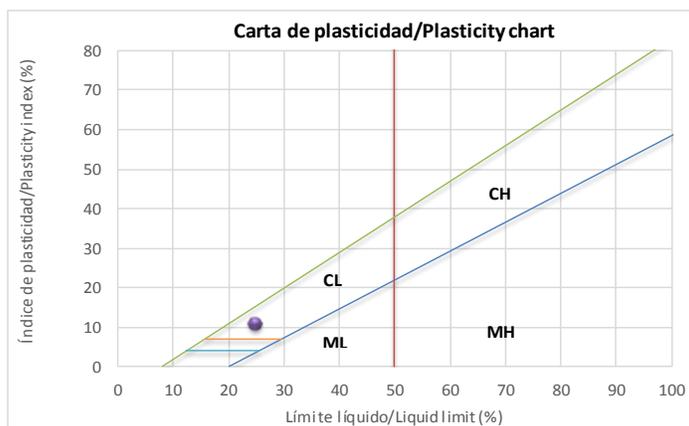
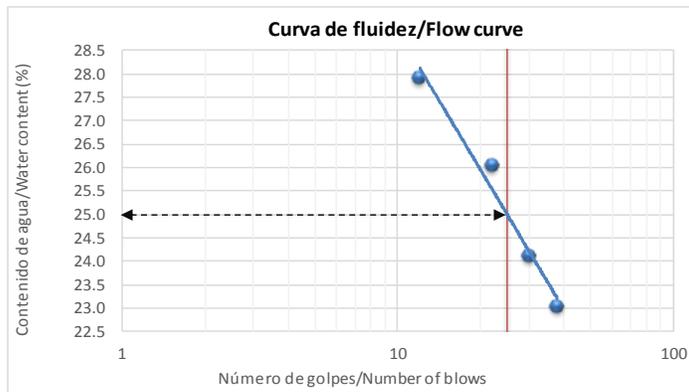
Prueba No./Test No.	Cápsula No./Capsule No.	W cap/Capsule weight (g)	No. de golpes/Number of blows	W cap+W sh/Soil wet weight + tare (g)	W cap+ W ss/Dry soil weight + tare (g)	Wagua/Water weight (g)	W sólidos/Dry solid weight (g)	Contenido de agua/Water content (ω%)
1	31	13.01	38	16.59	15.92	0.67	2.91	23.02
2	51	15.88	30	19.33	18.66	0.67	2.78	24.10
3	68	16.13	22	19.76	19.01	0.75	2.88	26.04
4	114	15.76	12	19.38	18.59	0.79	2.83	27.92

Límite plástico/Plastic limit

Prueba No./No. Test.	Cápsula No./Capsule No.	W cap/Capsule weight (g)	W cap+W sh/Soil wet weight + tare (g)	W cap+ W ss/Dry soil weight + tare (g)	Wagua/Water weight (g)	W sólidos/Dry solid weight (g)	Contenido de agua/Water content (ω%)
1	19	10.56	12.41	12.18	0.23	1.62	14.20
2	8	11.91	13.90	13.65	0.25	1.74	14.37
Promedio/Average=							14.28

Contenido natural de agua/Water content

Prueba No./No. Test.	Cápsula No./Capsule No.	W cap/Capsule weight (g)	W cap+W sh/Soil wet weight + tare (g)	W cap+ W ss/Dry soil weight + tare (g)	Wagua/Water weight (g)	W sólidos/Dry solid weight (g)	Contenido de agua/Water content (ω%)
1	240	15.19	145.76	140.60	5.16	125.41	4.11



$$\omega (\%) = 4.11$$

$$\text{Límite líquido/Liquid limit } (\%) = 25.00$$

$$\text{Límite plástico/Plastic limit } (\%) = 14.28$$

$$\text{Índice plástico/Plasticity index } (\%) = 10.72$$

$$C_R = \frac{LL - w}{LP} = 1.46$$

$$F_w = 0.24$$

$$T_w = \frac{LP}{F_w} = 0.59$$

$$LI (\text{mm}) = 100.00$$

$$LF (\text{mm}) = 96.40$$

$$CL (\%) = (LI - LF) / LI * 100 = 3.60 \%$$

Clasificación de la carta de plasticidad/Plasticity chart classification

C L
Arcilla de baja plasticidad
Clay low plasticity



Proyecto/Project:	Gasoducto El Encino - La Laguna	Tipo de sondeo:	PCA/PCA
Localización/Location:	Mpio. De Lerdo, Durango.	Fecha/Date:	05/12/2016
Tipo de muestra/Sample type:	Alterada/Altered	Sondeo No./Boring No.:	MLV-212
Muestra No./Sample No.:	2	Profundidad/Depth:	2.00 - 2.60 m

Límites de Atterberg/Atterberg limits

Límite líquido/Liquid limit

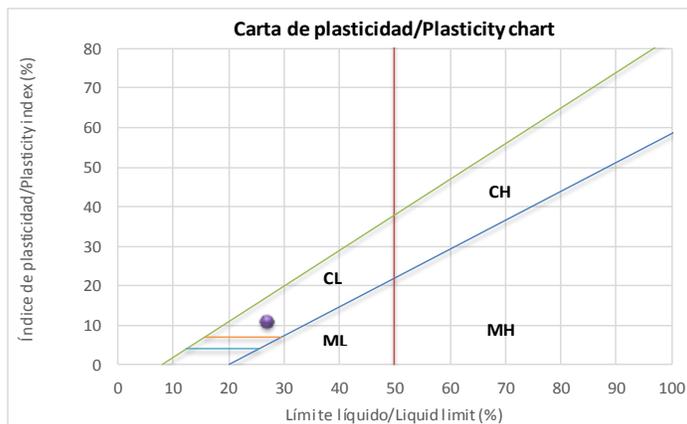
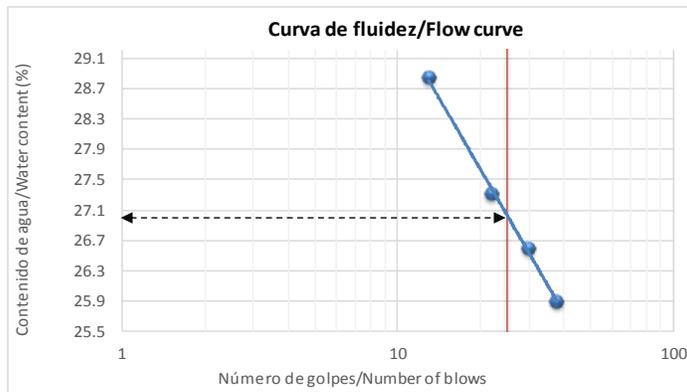
Prueba No./Test No.	Cápsula No./Capsule No.	W cap/Capsule weight (g)	No. de golpes/Number of blows	W cap+W sh/Soil wet weight + tare (g)	W cap+ W ss/Dry soil weight + tare (g)	Wagua/Water weight (g)	W sólidos/Dry solid weight (g)	Contenido de agua/Water content (ω%)
1	21	15.61	38	19.16	18.43	0.73	2.82	25.89
2	16	12.00	30	15.62	14.86	0.76	2.86	26.57
3	25	12.18	22	15.77	15.00	0.77	2.82	27.30
4	44	16.10	13	19.72	18.91	0.81	2.81	28.83

Límite plástico/Plastic limit

Prueba No./No. Test.	Cápsula No./Capsule No.	W cap/Capsule weight (g)	W cap+W sh/Soil wet weight + tare (g)	W cap+ W ss/Dry soil weight + tare (g)	Wagua/Water weight (g)	W sólidos/Dry solid weight (g)	Contenido de agua/Water content (ω%)
1	49	12.75	14.63	14.37	0.26	1.62	16.05
2	34	16.88	18.81	18.53	0.28	1.65	16.97
Promedio/Average=							16.51

Contenido natural de agua/Water content

Prueba No./No. Test.	Cápsula No./Capsule No.	W cap/Capsule weight (g)	W cap+W sh/Soil wet weight + tare (g)	W cap+ W ss/Dry soil weight + tare (g)	Wagua/Water weight (g)	W sólidos/Dry solid weight (g)	Contenido de agua/Water content (ω%)
1	42	15.70	157.48	150.40	7.08	134.7	5.26



$$\omega (\%) = 5.26$$

$$\text{Límite líquido/Liquid limit } (\%) = 27.00$$

$$\text{Límite plástico/Plastic limit } (\%) = 16.51$$

$$\text{Índice plástico/Plasticity index } (\%) = 10.49$$

$$C_R = \frac{LL - w}{LP} = 1.32$$

$$F_w = 0.09$$

$$T_w = \frac{LP}{F_w} = 1.81$$

$$LI (\text{mm}) = 100.00$$

$$LF (\text{mm}) = 94.70$$

$$CL (\%) = (LI - LF) / LI * 100 = 5.30 \%$$

Clasificación de la carta de plasticidad/Plasticity chart classification

C L
Arcilla de baja plasticidad
Clay low plasticity





Proyecto/Project:	Gasoducto El Encino - La Laguna	Tipo de sondeo:	PCA/PCA
Localización/Location:	Mpio. De Lerdo, Durango.	Fecha/Date:	05/12/2016
Tipo de muestra/Sample type:	Alterada/Altered	Sondeo No./Boring No.:	MLV-212
Muestra No./Sample No.:	3	Profundidad/Depth:	2.60 - 4.00 m

Límites de Atterberg/Atterberg limits

Límite líquido/Liquid limit

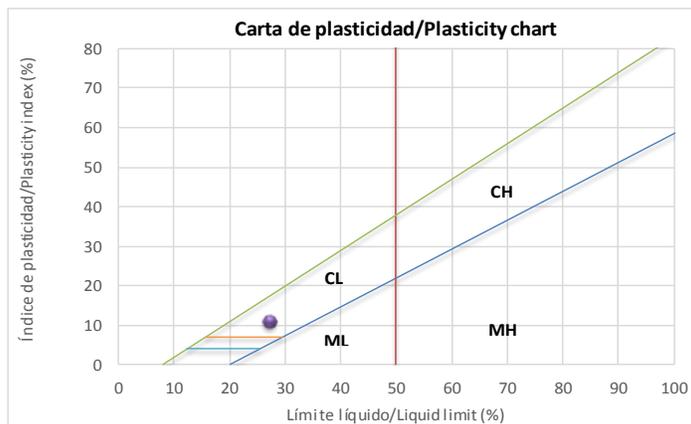
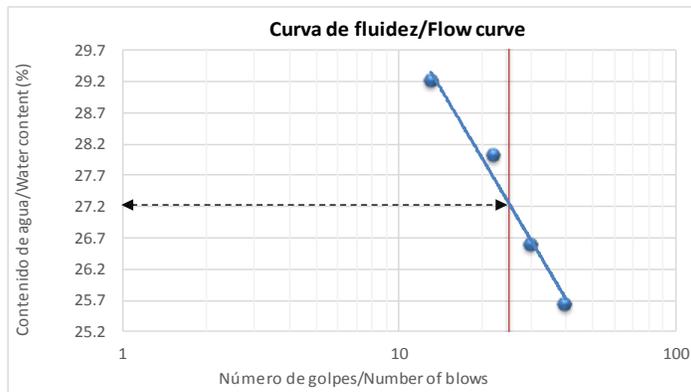
Prueba No./Test No.	Cápsula No./Capsule No.	W cap/Capsule weight (g)	No. de golpes/Number of blows	W cap+W sh/Soil wet weight + tare (g)	W cap+ W ss/Dry soil weight + tare (g)	Wagua/Water weight (g)	W sólidos/Dry solid weight (g)	Contenido de agua/Water content (ω%)
1	14	16.17	40	19.75	19.02	0.73	2.85	25.61
2	26	16.33	30	19.90	19.15	0.75	2.82	26.60
3	48	15.60	22	19.12	18.35	0.77	2.75	28.00
4	61	11.78	13	15.32	14.52	0.80	2.74	29.20

Límite plástico/Plastic limit

Prueba No./No. Test.	Cápsula No./Capsule No.	W cap/Capsule weight (g)	W cap+W sh/Soil wet weight + tare (g)	W cap+ W ss/Dry soil weight + tare (g)	Wagua/Water weight (g)	W sólidos/Dry solid weight (g)	Contenido de agua/Water content (ω%)
1	49	12.75	14.63	14.37	0.26	1.62	16.05
2	34	16.88	18.81	18.53	0.28	1.65	16.97
Promedio/Average=							16.51

Contenido natural de agua/Water content

Prueba No./No. Test.	Cápsula No./Capsule No.	W cap/Capsule weight (g)	W cap+W sh/Soil wet weight + tare (g)	W cap+ W ss/Dry soil weight + tare (g)	Wagua/Water weight (g)	W sólidos/Dry solid weight (g)	Contenido de agua/Water content (ω%)
1	42	15.70	157.48	150.40	7.08	134.7	5.26



$$\omega (\%) = 5.26$$

$$\text{Límite líquido/Liquid limit } (\%) = 27.25$$

$$\text{Límite plástico/Plastic limit } (\%) = 16.51$$

$$\text{Índice plástico/Plasticity index } (\%) = 10.74$$

$$C_R = \frac{LL - w}{LP} = 1.33$$

$$F_w = 0.18$$

$$T_w = \frac{LP}{F_w} = 0.94$$

$$LI (\text{mm}) = 100.00$$

$$LF (\text{mm}) = 94.20$$

$$CL (\%) = (LI - LF) / LI * 100 = 5.80 \%$$

Clasificación de la carta de plasticidad/Plasticity chart classification

C L

Arcilla de baja plasticidad
Clay low plasticity





Proyecto/Project:	Gasoducto El Encino - La Laguna	Fecha/Date:	05/12/2016	PCA No./PCA No.:	PCA-11; MLV-212
		Ubicación/Location:	Mpio. De Lerdo, Durango.		

Peso volumétrico

Sondeo No./ Boring No.	Muestra Num. / Sample No.	Profundidad/ Depth (m)		Peso del molde + material / Mold weight + material.			Promedio / Average	W del molde / W of the mold	Ø del molde / Ø mold. (cm.)	H del molde / Mold Height. (cm)	Volúmen del molde / Mold volume. (cm3)	Vol. Del molde + Wss / Displaced volume (cm ³)	Peso volumétrico/ Volumetric weight γ (ton/m ³)
		De/From	A/to	(1) Grs.	(2) Grs.	(3) Grs.							
PCA-11; MLV-212	1	0.00	2.00	26200	26300	26200	26233	7030	20.50	30.50	10067	19203	1.91
PCA-11; MLV-212	2	2.00	2.60	25600	25600	25000	25400	7030	20.50	30.50	10067	18370	1.82
PCA-11; MLV-212	3	2.60	4.00	25300	25500	25400	25400	7030	20.50	30.50	10067	18370	1.82



5. ESTRATIGRAFÍA DE LA ZONA DE ESTUDIO.

5.1. Descripción general de la estratigrafía del pozo a cielo abierto (PCA).

A continuación, se presenta la estratigrafía determinada a partir de las pruebas de laboratorio que se efectuaron a las muestras recuperadas en la exploración:

Pozo a Cielo Abierto (PCA-01) MLV-203

- **De 0.00 a 0.35 m.** Capa vegetal.
- **De 0.35 a 0.80 m.** Estrato está conformado por gravas arcillosas mal graduadas con fragmentos chicos de roca de forma subredondeada (GP-GC). El contenido de agua fue de 4.90%, del análisis granulométrico se determinó que existe 6.95% de fragmentos chicos de roca (Fc), 71.45% de grava, 11.32% de arena, y 10.28% de finos, con un límite líquido de 31.40%, y límite plástico de 13.78%. El peso volumétrico seco fue de 1.78 ton/m³ y el peso volumétrico natural de 1.87 ton/m³.
- **De 0.80 a 2.45 m.** Estrato conformado por grava arcillosa con fragmentos chicos de roca de forma subredondeada (GC). El contenido de agua fue de 5.11%, del análisis granulométrico se determinó que existe 5.42% de fragmentos chicos de roca (Fc), 64.91% de grava, 15.81% de arena, y 13.87% de finos, límite líquido de 32.02%, y límite plástico de 12.54%. El peso volumétrico seco fue de 1.75 ton/m³ y el peso volumétrico natural de 1.84 ton/m³.

Pozo a Cielo Abierto (PCA-02) MLV-204

- **De 0.00 a 0.20 m.** Capa Vegetal.
- **De 0.20 a 2.20 m.** Estrato conformado por Grava Arcillosa color café de tonalidad clara con fragmentos de medianos a chicos de roca aislados en forma de lajas (GC). El contenido de agua fue de 4.71%, del análisis granulométrico se determinó que existen 13.00% de fragmentos medianos de roca (Fm), 5.00% de fragmentos chicos de roca (Fc), 56.71% de grava, 9.62% de arena y 15.67% de finos. De los límites de consistencia se obtuvo un límite líquido de 35.45% y límite plástico de 30.45%. El peso volumétrico seco fue de 1.76 ton/m³ y el peso volumétrico natural de 1.84 ton/m³.

Pozo a Cielo Abierto (PCA-03) MLV-205

- **De 0.00 a 0.10 m.** Capa vegetal.
- **De 0.10 a 0.35 m.** Estrato conformado por gravas arcillosas de color café y tonalidad claro con poca arena (GC). El contenido de agua fue de 6.33%, del análisis granulométrico se



determinó que existe 42.63% de grava, 16.63% de arena y 40.74% de finos. De los límites de consistencia se obtuvo un límite líquido de 40.30% y límite plástico de 22.16%. El peso volumétrico seco varillado fue de 1.78 ton/m³.

- **De 0.35 a 1.80 m.** Estrato conformado por Fragmentos de chicos a medianos de Roca, de color negro y tonalidades grises, de forma sub-angulosa, textura rugosa y grado alterado (Fcm). El contenido de agua fue de 5.99%, del análisis granulométrico se determinó que existe 25.15% de Fragmentos medianos de roca (Fm) 47.23% de Fragmentos de Roca chicos (Fc), 11.02% de gravas, 2.84 % de arena y 13.76% de finos. De los límites de consistencia se obtuvo un límite líquido de 50.70% y límite plástico de 15.62%. El peso volumétrico seco varillado fue de 1.84 ton/m³.

Pozo a Cielo Abierto (PCA-04) MLV-206

- **De 0.00 a 0.15 m.** Capa vegetal.
- **De 0.15 a 1.50 m.** Estrato conformado por gravas arcillosas con arena de gruesa a fina y fragmentos chicos de roca aislados de forma subredondeada (GC). El contenido de agua fue de 4.95%, del análisis granulométrico se determinó que existe 8.08% de fragmentos chicos de roca (Fc), 50.67% de grava, 19.77% de arena y 21.48% de finos. De los límites de consistencia se obtuvo un límite líquido de 40.30% y límite plástico de 22.16%. El peso volumétrico seco fue de 1.76 ton/m³ y el peso volumétrico natural de 1.85 ton/m³.

Pozo a Cielo Abierto (PCA-05) MLV-206

- **De 0.00 a 0.15 m.** Capa vegetal.
- **De 0.15 a 1.30 m.** Estrato conformado por gravas arcillosas color café claro con arena de gruesa a fina (GC). El contenido de agua fue de 4.80%, del análisis granulométrico se determinó que existe 57.23% de grava, 22.37% de arena y 20.40% de finos. De los límites de consistencia se obtuvo un límite líquido de 38.20% y límite plástico de 19.15%. El peso volumétrico seco fue de 1.66 ton/m³ y el peso volumétrico natural de 1.74 ton/m³.

Pozo a Cielo Abierto (PCA-06) MLV-207

- **De 0.00 a 0.20 m.** Capa vegetal.
- **De 0.20 a 2.80 m.** Estrato conformado por gravas arcillosas con fragmentos, de medianos a chicos, de roca aislados de forma angulosos (GC). El contenido de agua fue de 4.60%, del análisis granulométrico se determinó que existe 3.45% de fragmentos medianos de roca (Fm), 7.94% de fragmentos chicos de roca (Fc), 52.27% de grava, 8.71% de arena y 27.63% de finos. El peso volumétrico seco varillado fue de 1.63 ton/m³.





Pozo a Cielo Abierto (PCA-07) MLV-208

- **De 0.00 a 0.30 m.** Capa vegetal.
- **De 0.30 a 3.70 m.** Estrato conformado por arcilla de baja plasticidad color café claro con poca arena (CL). El contenido de agua fue de 7.05%, del análisis granulométrico se determinó que existe 9.13% de arena y 90.86% de finos. De los límites de consistencia se obtuvo un límite líquido de 35.90% y límite plástico de 16.18%. El Peso volumétrico Seco Máximo (PVSM) fue de 1.67 ton/m³ con una humedad óptima de 18.00% y, la densidad de sólidos (Ss) fue de 2.51.

Pozo a Cielo Abierto (PCA-08) MLV-209

- **De 0.00 a 0.30 m.** Capa vegetal.
- **De 0.30 a 3.10 m.** Estrato conformado por fragmentos, de medianos a chicos, de roca, empacados en gravas arcillosas color café claro (Fmc-GC). El contenido de agua fue de 3.46%, del análisis granulométrico se determinó que existe 46.00% de fragmentos de roca medianos (Fm), 13.28% de fragmentos chicos de roca (Fc), 16.48% de grava, 13.60% de arena y 10.64% de finos. De los límites de consistencia se obtuvo un límite líquido de 31.70% y límite plástico de 18.09%. El peso volumétrico seco varillado fue de 1.82 ton/m³.

Pozo a Cielo Abierto (PCA-09) MLV-210

- **De 0.10 a 0.90 m.** Estrato conformado por arena arcillosa color café claro con grava (SC). El contenido de agua fue de 2.90%, del análisis granulométrico se determinó que existe 39.17% de grava, 42.52% de arena y 18.31% de finos. De los límites de consistencia se obtuvo un límite líquido de 19.10% y límite plástico de 9.21%. El peso volumétrico seco fue de 1.83 ton/m³ y el peso volumétrico natural de 1.88 ton/m³.
- **De 0.90 a 3.80 m.** Estrato está conformado por grava arcillosa color café claro con arena de gruesa a fina y fragmentos chicos de roca aislados de forma subredondeada (GC). El contenido de agua fue de 2.85%, del análisis granulométrico se determinó que existe 6.27% de fragmentos chicos de roca (Fc), 42.65% de grava, 38.90% de arena y 12.17% de finos, de los límites de consistencia se determinó un límite líquido de 18.80% y límite plástico de 11.49%. El peso volumétrico seco fue de 1.81 ton/m³ y el peso volumétrico natural de 1.86 ton/m³.

Pozo a Cielo Abierto (PCA-10) MLV-211

- **De 0.00 a 0.90 m.** Estrato conformado por gravas arcillosas con fragmentos, de medianos a chicos, de roca aislados de forma subredondeada (GC). El contenido de agua fue de 5.30%,





del análisis granulométrico se determinó que existe 4.50% de fragmentos medianos de roca (Fm), 6.25% de fragmentos chicos de roca (Fc), 60.33% de grava, 9.17% de arena y 19.75% de finos. De los límites de consistencia se obtuvo un límite líquido de 34.80% y límite plástico de 18.25%. El peso volumétrico seco fue de 1.65 ton/m³ y el peso volumétrico natural de 1.74 ton/m³.

- **De 0.90 a 4.00 m.** Estrato conformado por grava arcillosa de color café claro (GC). El contenido de agua fue de 3.61%, del análisis granulométrico se determinó que existe 47.48% de grava, 31.03% de arena y 21.49% de finos. De los límites de consistencia se obtuvo un límite líquido de 36.60% y límite plástico de 17.14%. El peso volumétrico seco fue de 1.64 ton/m³ y el peso volumétrico natural de 1.70 ton/m³.

Pozo a Cielo Abierto (PCA-11) MLV-212

- **De 0.00 a 2.00 m.** Estrato conformado por gravas arcillosas mal graduadas con fragmentos, de medianos a chicos, de roca de forma subredondeada (GP-GC). El contenido de agua fue de 4.11%, del análisis granulométrico se determinó que existe 3.25% de fragmentos medianos de roca (Fm), 5.70% de fragmentos chicos de roca (Fc), 70.79% de grava, 12.45% de arena y 7.81% de finos. De los límites de consistencia se obtuvo un límite líquido de 25.00% y límite plástico de 14.28%. El peso volumétrico seco varillado fue de 1.91 ton/m³.
- **De 2.00 a 2.60 m.** Estrato conformado por gravas arcillosas mal graduadas con fragmentos, de medianos a chicos, de roca de forma subredondeada (GP-GC). El contenido de agua fue de 5.26%, del análisis granulométrico se determinó que existe 6.75% de fragmentos medianos de roca (Fm), 11.07% de fragmentos chicos de roca (Fc), 71.67% de grava, 1.14% de arena y 9.38% de finos. De los límites de consistencia se obtuvo un límite líquido de 27.00% y límite plástico de 16.51%. El peso volumétrico seco varillado fue de 1.82 ton/m³.
- **De 2.60 a 4.00 m.** Estrato conformado por grava arcillosa con fragmentos medianos de roca aislados de forma subredondeada (GC). El contenido de agua medido en laboratorio fue de 6.12%, del análisis granulométrico se determinó que el material presenta 12.73% de fragmentos de roca medianos (Fm), 5.12% de fragmentos chicos de roca (Fc), 64.90% de grava, 4.45 % de arena y 12.79% de finos. De los límites de consistencia se obtuvo un límite líquido de 27.25% y límite plástico de 16.51%. El peso volumétrico seco varillado fue de 1.82 ton/m³.



5.2. Perfiles estratigráficos.

Los perfiles estratigráficos, nos resultan útiles para representar el resultado de laboratorio y su relación con los estratos que se encontraron en cada uno de los Pozos a Cielo abierto PCA.

En cada uno de los perfiles estratigráficos, se encuentra la descripción general de la ubicación en la que se realizó el Pozo a Cielo Abierto, la profundidad explorada, la estratigrafía, las propiedades índices de los suelos, las propiedades mecánicas si las hubiera, la clasificación SUCS y/o SCT.

Por tanto, el resultado de los trabajos de laboratorio puede resumirse en la proyección de la estratigrafía que incluye las profundidades y propiedades de los materiales muestreados en cada uno de los pozos realizados en el sitio, mediante el perfil estratigráfico.



6. SISMICIDAD DE LA ZONA.

6.1. Coeficiente Sísmico.

6.1.1. Generalidades.

Como sabemos hoy en día, en la República Mexicana confluyen sistemas de placas tectónicas que originan sismos de magnitudes importantes que derivan en afectaciones a las edificaciones e infraestructura del país, si bien es cierto, lo epicentros se encuentran generalmente a decenas de kilómetros de distancia, no estamos exentos de las afectaciones que causan.

Por ello, la importancia de contar con diseños en la infraestructura que sea adecuado para resistir ante la eventualidad de estos fenómenos.

6.1.2. Objetivo del manual de obras civiles de la C.F.E.

De acuerdo la regionalización sísmica de la República Mexicana, del Manual de Diseño de Obras Civiles 2015, Diseño por Sismo, de la Comisión Federal de Electricidad, el sitio de estudio se ubica en la zona sísmica A con una importancia estructural tipo A caracterizada por sismos poco frecuentes de intensidad media.

Dentro de las recomendaciones que se anexan en el manual en comento, se tienen por objetivo:

- A. Reducción de pérdidas humanas
- B. Establecer los niveles de intensidad sísmica de estructuras y obras civiles para la República Mexicana y,
- C. Fijar los requisitos mínimos para el diseño sísmico de estructuras y obras civiles para sean capaces de resistir.
 - a. Sismo de poca intensidad sin daños.
 - b. Sismo moderado sin daños estructurales, pero probablemente con daños en elementos no estructurales.
 - c. Sismo fuerte con daños a elementos estructurales y no estructurales, sin llegar al colapso.

Se incorpora de manera esquemática, el diagrama de flujo en el que se tiene la clasificación de las estructuras y su relación con el espectro sísmico asociado.

PERFIL ESTRATIGRÁFICO

Proyecto / Project: Gasoducto El Encino - La Laguna / *El Encino - La Laguna Gas Pipeline*

Localización del PCA/Open pit location: Mpio. de Valle de Zaragoza, Estado de Chihuahua./Town of Valle de Zaragoza, State of Chihuahua.

Nivel de aguas freáticas / Groundwater level: No se detectó / Not detected

Fecha / Date: 25/11/2016

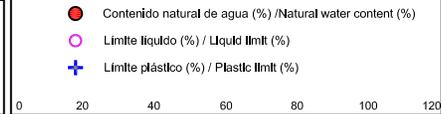
Proyecto No. / Project No.:

Coordenadas UTM / UTM Coordinates: X= 421,046 Y= 3,055,000 Z= --

Supervisor / Supervisor : Pedro Hernández Lara.

Hora de inicio / Started time: 8:30 hrs.
Hora de finalización / Ended time: 17:00 hrs.

ESTRATIGRAFÍA / STRATIGRAPH					Granulometría / Granulometry						Pruebas de calidad / Quality tests						Prof. (m) Depth (m)				
Prof. (m) Depth (m)	Descripción / Description	Simbología / Symbology	Clasificación SUCS / SUCS Classification	Tipo de material / Material type	Número de muestra / Sample No.	Fg (%)	Fm (%)	Fc (%)	G (%)	S (%)	F (%)	Yh ton/m ³	Ss	ω optímo/ optimum (%)	P.V.S.M. (ton/m ³) (Kg/cm ³)	qu (Kg/cm ³)		C.L. (%)	C (Ton/m ³)	φ (°)	Prof. (m) Depth (m)
0.35	Capa Vegetal / Topsoil.																				0.35
1.00	Gravas arcillosas mal graduadas con Fragmentos chicos de roca de forma subredondeada, textura rugosa y grado alterado. / Bad graded clayey gravels with subrounded small rock fragments, coarse texture and disturbed grade.		GP-GC	II	1			6.95	71.45	11.32	10.28	1.78						5.90			1.00
2.45	Gravas Arcillosas con Fragmentos chicos de roca de forma subredondeada, textura rugosa y grado alterado. / Clayey gravels with subrounded small rock fragments, coarse texture and disturbed grade.		GC	II	2			5.42	64.91	15.81	13.87	1.75						5.70			2.45
3.00	Fin de sondeo a 2.45 m. de prof.																				3.00



SIMBOLOGIA / SIMBOLOGY:

Capa vegetal/ Topsoil	Arcilla / Clay	Arcilla arenosa/ Sandy clay	Arcilla gravosa/ Gravelly clay	Roca sana/ Sound Rock
Relleno/ Filled material	Limo/ Silt	Limo gravoso/ Gravelly silt	Limo arenoso/ Sandy silt	Roca poco fracturada/ Slightly fractured rock
Boleos/ Boleos	Arena/ Sand	Arena arcillosa/ Clayey sand	Arena limosa/ Silty sand	Roca fracturada/ Fractured rock
Losas de concreto/ Concrete slab	Grava/ Gravel	Grava arcillosa/ Clayey gravel	Grava limosa/ Silty gravel	Carpeta asfáltica/ asphalt binder

NOMENCLATURA / NOMENCLATURE:

Tipo I Material excavable con pala. / Excavable materials shovel.
 Tipo II Material excavable con pico y pala. / Excavable materials with pickaxe and shovel.
 Tipo II-A Material excavable con cuñas, marros, neumático, ripper o herramienta similar. / Excavable material with wedges, sledgehammers, tire, ripper or similar tool.
 Tipo III Material excavable con explosivos. / Excavable materials with explosives.

Fg Fragmentos grandes de roca. / Large rock fragments.
 Fm Fragmentos medianos de roca. / Medium rock fragments.
 Fc Fragmentos pequeños de roca. / Small rock fragments.
 G Porcentaje de gravas. / Gravel percent.
 S Porcentaje de arenas. / Sand percent.
 F Porcentaje de finos. / Fine percent.
 msnm Metros sobre el nivel del mar. / Meters above sea level.
 NAF Nivel de aguas freáticas. / Groundwater level.
 MI Muestra Integral. / Integral Sample.
 MC Muestra cúbica. / Cubic Sample.
 MR Muestra representativa. / Representative sample.
 CV Capa vegetal. / Topsoil.
 TM Tamaño máximo. / Maximum size.
 Yh Peso volumétrico natural. / Natural weight volumetric.
 Ys Peso volumétrico seco. / Volumetric dry weight.
 qu Resistencia a la compresión simple. / Simple compression strength (kg/cm²).
 Esq Modulo de elasticidad. / Elastic module (Kg/cm²).
 Ss Densidad de sólidos. / Density of solid.
 V.R.S. Valor relativo de soporte. / California bearing ratio.
 Exp. Expansión. / Expansion.
 w optímo Humedad óptima. / Optimum moisture
 P.V.S.M. Peso volumétrico seco máximo / Maximum dry density.
 E.A. Equivalente de arena / Sand Equivalent.
 c. Cohesión/Cohesion (ton/m²).

Proyecto: GASODUCTO EL ENCINO - LA LAGUNA		
MPIO. VALLE DE ZARAGOZA		
PCA-01-MLV-203		(KP 96+600)
Elaboró / Elaborated: Pedro Hernández Lara	Proyectó / Projected: Pedro Hernández Lara	Revisó / Revised: Ing. Joel Alvarado H.
Observaciones / Comments: Para la excavación, se procedió por medios manuales.		

PERFIL ESTRATIGRÁFICO

Proyecto / Project: Gasoducto El Encino - La Laguna / *El Encino - La Laguna Gas Pipeline*

Localización del PCA/Open pit location: Mpio. de Hidalgo del Parral, Estado de Chihuahua./Town of Hidalgo del Parral,State of Chihuahua.

Nivel de aguas freáticas / Groundwater level: No se detectó / Not detected

Fecha / Date: 30/11/2016

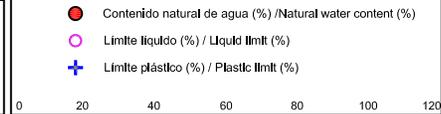
Proyecto No. / Project No.:

Coordenadas UTM / UTM Coordinates: X= 458,193 Y= 3,008,821 Z= --

Supervisor / Supervisor : Pedro Hernández Lara.

Hora de inicio / Started time: 13:00 hrs.
Hora de finalización / Ended time: 16:00 hrs.

ESTRATIGRAFÍA / STRATIGRAPH						Granulometría / Granulometry						Pruebas de calidad / Quality tests						Prof. (m) Depth (m)		
Prof. (m) Depth (m)	Descripción / Description	Simbología / Symbology	Clasificación SUCS / SUCS Classification	Tipo de material / Material type	Número de muestra / Sample No.	Fg (%)	Fm (%)	Fc (%)	G (%)	S (%)	F (%)	Yh ton/m ³	Ss	ω optímo / optimum (%)	P.V.S.M. (ton/m ³)	qu (Kg/cm ²)	C.L. (%)		C (Ton/m ³)	φ (°)
0.10	Capa Vegetal / Topsoil.																			
0.35	Grava arcillosa color café claro con poca arena (TpIB) / Light brown clay with light sand (TpIB).		GC	II	1	0.00	0.00	42.63	16.63	40.74		1.78					10.00			
1.80	Framentos de chicos a medianos de Roca de color negro y tonalidades grises, forma sub-angulosa, textura rugosa y grado alterado (TpIB). / Fragments of medium-rocky boys of black color and gray shades, sub-angular shape, rough texture and altered degree (TpIB).		Fcm	II	1	25.15	47.23	11.02	2.84	13.76		1.84					7.80			
1.80	Fin de sondeo a 1.80 m. de prof.																			



SIMBOLOGÍA / SIMBOLOGY:

Capa vegetal / Topsoil	Arcilla / Clay	Arcilla arenosa / Sandy clay	Arcilla gravosa / Gravelly clay	Roca sana / Sound Rock
Relleno / Filled material	Limo / Silt	Limo gravoso / Gravelly silt	Limo arenoso / Silty sand	Roca poco fracturada / Slightly fractured rock
Boleos / Boleos	Arena / Sand	Arena arcillosa / Clayey sand	Arena limosa / Silty sand	Roca fracturada / Fractured rock
Losa de concreto / Concrete slab	Grava / Gravel	Grava arcillosa / Clayey gravel	Grava limosa / Silty gravel	Carpeta asfáltica / asphalt binder

NOMENCLATURA / NOMENCLATURE:

Tipo I Material excavable con pala. / Excavable materials shovel.
 Tipo II Material excavable con pico y pala. / Excavable materials with pickaxe and shovel.
 Tipo II-A Material excavable con cuñas, marros, neumático, ripper o herramienta similar. / Excavable material with wedges, sledgehammers, tire, ripper or similar tool.
 Tipo III Material excavable con explosivos. / Excavable materials with explosives.

Fg Fragmentos grandes de roca. / Large rock fragments.
 Fm Fragmentos medianos de roca. / Medium rock fragments.
 Fc Fragmentos pequeños de roca. / Small rock fragments.
 G Porcentaje de gravas. / Gravel percent.
 S Porcentaje de arenas. / Sand percent.
 F Porcentaje de finos. / Fine percent.
 msnm Metros sobre el nivel del mar. / Meters above sea level.
 NAF Nivel de aguas freáticas. / Groundwater level.
 MI Muestra Integral. / Integral Sample.
 MC Muestra cúbica. / Cubic Sample.
 MR Muestra representativa. / Representative sample.
 CV Capa vegetal. / Topsoil.
 TM Tamaño máximo. / Maximum size.
 Yh Peso volumétrico natural. / Natural weight volumetric.
 Ys Peso volumétrico seco. / Volumetric dry weight.
 qu Resistencia a la compresión simple. / Simple compression strength (kg/cm²).
 Esq Modulo de elasticidad. / Elastic module (Kg/cm²).
 Ss Densidad de sólidos. / Density of solid.
 V.R.S. Valor relativo de soporte. / California bearing ratio.
 Exp. Expansión. / Expansion.
 w optímo Humedad óptima. / Optimum moisture
 P.V.S.M. Peso volumétrico seco máximo / Maximum dry density.
 E.A. Equivalente de arena / Sand Equivalent.
 c. Cohesión/Cohesion (ton/m²).

Proyecto / Project: GASODUCTO EL ENCINO - LA LAGUNA		
Anexo / Annex: MPIO. HIDALGO DE PARRAL		
PCA-03-MLV-205		(KP 156+781)
Elaboró / Elaborated: Pedro Hernández L.	Proyectó / Projected: Pedro Hernández L.	Revisó / Revised: Ing. Joel Alvarado H.
Observaciones / Comments:		

PERFIL ESTRATIGRÁFICO

Proyecto / Project: Gasoducto El Encino - La Laguna / *El Encino - La Laguna Gas Pipeline*

Localización del PCA/Open pit location: Mpio. de Coronado, Estado de Chihuahua./Town of Coronado, State of Chihuahua.

Nivel de aguas freáticas / Groundwater level: No se detectó / Not detected

Fecha / Date: 25/11/2016

Proyecto No. / Project No.:

Coordenadas UTM / UTM Coordinates: X= 504,708 Y= 2,957,454 Z= --

Supervisor / Supervisor : Pedro Hernández Lara.

Hora de inicio / Started time: 9:20 hrs.
Hora de finalización / Ended time: 11:00 hrs.

ESTRATIGRAFÍA / STRATIGRAPH						Granulometría / Granulometry						Pruebas de calidad / Quality tests							Prof. (m) Depth (m)			
Prof. (m) Depth (m)	Descripción / Description	Simbología / Symbology	Clasificación SUCS / SUCS Classification	Tipo de material / Material type	Número de muestra No. / Sample No.	Fg (%)	Fm (%)	Fc (%)	G (%)	S (%)	F (%)	Yh ton/m ³	Ss	ω optimo/ optimum (%)	P.V.S.M. (ton/m ³)	qu (Kg/cm ²)	C.L. (%)			C (Ton/m ²)	Ø (°)	
0.20	Capa Vegetal / Topsoil.	-																			0.20	
2.80	Grava arcillosa color café claro con fragmentos de medianos a chicos de roca aislados (Qhoal). / Light brown clayey gravel with isolated rock fragments from medium to small (Qhoal).		GC	II	1	3.45	7.94	52.27	8.71	27.63		1.63									2.80	
	Fin de sondeo a 2.80 m. de prof.																					Fin de sondeo a 2.80 m. de prof.

SIMBOLOGÍA / SIMBOLOGY:

Capa vegetal/ Topsoil	Arcilla / Clay	Arcilla arenosa/ Sandy clay	Arcilla gravosa/ Gravelly clay	Roca sana/ Sound Rock
Relleno/ Filled material	Limo/ Silt	Limo gravoso/ Gravelly silt	Limo arenoso/ Silty silt	Roca poco fracturada/ Slightly fractured rock
Boleos/ Boleos	Arena/ Sand	Arena arcillosa/ Clayey sand	Arena limosa/ Silty sand	Roca fracturada/ Fractured rock
Losa de concreto/ Concrete slab	Grava/ Gravel	Grava arcillosa/ Clayey gravel	Grava limosa/ Silty gravel	Carpeta asfáltica/ asphalt binder

NOMENCLATURA / NOMENCLATURE:

Tipo I Material excavable con pala. / Excavable materials shovel.
 Tipo II Material excavable con pico y pala. / Excavable materials with pickaxe and shovel.
 Tipo II-A Material excavable con cuñas, marros, neumático, ripper o herramienta similar. / Excavable material with wedges, sledgehammers, tire, ripper or similar tool.
 Tipo III Material excavable con explosivos. / Excavable materials with explosives.

Fg Fragmentos grandes de roca. / Large rock fragments.
 Fm Fragmentos medianos de roca. / Medium rock fragments.
 Fc Fragmentos pequeños de roca. / Small rock fragments.
 G Porcentaje de gravas. / Gravel percent.
 S Porcentaje de arenas. / Sand percent.
 F Porcentaje de finos. / Fine percent.
 msnm Metros sobre el nivel del mar. / Meters above sea level.
 NAF Nivel de aguas freáticas. / Groundwater level.
 MI Muestra Integral. / Integral Sample.
 MC Muestra cúbica. / Cubic Sample.
 MR Muestra representativa. / Representative sample.
 CV Capa vegetal. / Topsoil.
 TM Tamaño máximo. / Maximum size.
 Yh Peso volumétrico natural. / Natural weight volumetric.
 Ys Peso volumétrico seco. / Volumetric dry weight.
 qu Resistencia a la compresión simple. / Simple compression strength (kg/cm²).
 Es0 Modulo de elasticidad. / Elastic module (Kg/cm²).
 Ss Densidad de sólidos. / Density of solid.
 V.R.S. Valor relativo de soporte. / California bearing ratio.
 Exp. Expansión. / Expansion.
 w optimo Humedad óptima. / Optimum moisture
 P.V.S.M. Peso volumétrico seco máximo / Maximum dry density.
 E.A. Equivalente de arena / Sand Equivalent.
 c. Cohesión/ Cohesion (ton/m²).

Proyecto / Project: GASODUCTO EL ENCINO - LA LAGUNA		
Anexo / Annex: MPIO. CORONADO		
PCA-06-MLV-207		(KP 226+526)
Elaboró / Elaborated: Pedro Hernández L.	Proyectó / Projected: Pedro Hernández L.	Revisó / Revised: Ing. Joel Alvarado H.
Observaciones / Comments:		

PERFIL ESTRATIGRÁFICO

Proyecto / Project: Gasoducto El Encino - La Laguna / *El Encino - La Laguna Gas Pipeline*

Localización del PCA/Open pit location: Mpio. de Mapimí, Estado de Durango./Town of Mapimí, State of Durango.

Nivel de aguas freáticas / Groundwater level: No se detectó / Not detected

Fecha / Date: 27/11/2016

Proyecto No. / Project No.:

Coordenadas UTM / UTM Coordinates: X= 546,227 Y= 2,909,324 Z= --

Supervisor / Supervisor : Pedro Hernández Lara.

Hora de inicio / Started time: 9:35 hrs.
Hora de finalización / Ended time: 11:20 hrs.

ESTRATIGRAFÍA / STRATIGRAPH						Granulometría / Granulometry					Pruebas de calidad / Quality tests							Prof. (m) Depth (m)			
Prof. (m) Depth (m)	Descripción / Description	Simbología / Symbology	Clasificación SUCS / SUCS Classification	Tipo de material / Material type	Número de muestra / Sample No.	Fg (%)	Fm (%)	Fc (%)	G (%)	S (%)	F (%)	Yh ton/m ³	Ss	ω optimo/ optimum (%)	P.V.S.M. (ton/m ³)	qu (Kg/cm ²)	C.L. (%)		C (Ton/m ³)	φ (°)	Prof. (m) Depth (m)
0.10	Capa Vegetal / Topsoil.																				0.35
	Fragmentos de medianos a chicos de Roca lajeada, de forma angular, textura lisa y Grado alterado color gris oscuro con pocas Gravas arcillosas color café claro (Qhoal)./Dark gray slab rock fragments from medium to small, angular, smooth texture and altered grade with little light brown clayey gravel (Qhoal).		Fmc-GC	II	1	46.00	13.28	16.48	13.60	10.64		1.82	2.72				5.00				3.10
3.10	Fin de sondeo a 3.10 m. de prof.																				3.10
Indefinido / Undefined																					Indefinido / Undefined

SIMBOLOGÍA / SIMBOLOGY:

NOMENCLATURA / NOMENCLATURE:

Tipo I Material excavable con pala. / Excavable materials shovel.
 Tipo II Material excavable con pico y pala. / Excavable materials with pickaxe and shovel.
 Tipo II-A Material excavable con cuñas, marros, neumático, ripper o herramienta similar. / Excavable material with wedges, sledgehammers, tire, ripper or similar tool.
 Tipo III Material excavable con explosivos. / Excavable materials with explosives.

Fg Fragmentos grandes de roca. / Large rock fragments.
 Fm Fragmentos medianos de roca. / Medium rock fragments.
 Fc Fragmentos pequeños de roca. / Small rock fragments.
 G Porcentaje de gravas. / Gravel percent.
 S Porcentaje de arenas. / Sand percent.
 F Porcentaje de finos. / Fine percent.
 msnm Metros sobre el nivel del mar. / Meters above sea level.
 NAF Nivel de aguas freáticas. / Groundwater level.
 MI Muestra Integral. / Integral Sample.
 MC Muestra cúbica. / Cubic Sample.
 MR Muestra representativa. / Representative sample.
 CV Capa vegetal. / Topsoil.
 TM Tamaño máximo. / Maximum size.
 Yh Peso volumétrico natural. / Natural weight volumetric.
 Ys Peso volumétrico seco. / Volumetric dry weight.
 qu Resistencia a la compresión simple. / Simple compression strength(kg/cm²).
 Es0 Modulo de elasticidad. / Elastic module (Kg/cm²).
 Ss Densidad de sólidos. / Density of solid.
 V.R.S. Valor relativo de soporte. / California bearing ratio.
 Exp. Expansión. / Expansion.
 w optimo Humedad óptima. / Optimum moisture
 P.V.S.M. Peso volumétrico seco máximo / Maximum dry density.
 E.A. Equivalente de arena / Sand Equivalent.
 c. Cohesión/ Cohesion (ton/m²).

Proyecto / Project: GASODUCTO EL ENCINO - LA LAGUNA		
Anexo / Annex: MPIO. MAPIMÍ		
PCA-08-MLV-209		(KP 290+300)
Elaboró / Elaborated: Pedro Hernández L.	Proyectó / Projected: Pedro Hernández L.	Revisó / Revised: Ing. Joel Alvarado H.
Observaciones / Comments:		

PERFIL ESTRATIGRÁFICO

Proyecto / Project: Gasoducto El Encino - La Laguna / *El Encino - La laguna Gas Pipeline*

Localización del PCA / Open pit location: Mpio. de Lerdo, Estado de Durango./Town of Lerdo,State of Durango.

Nivel de aguas freáticas: No se detectó
Groundwater level: Not detected

Fecha / Date: 28/11/2016

Proyecto No. / Project No.:

Coordenadas UTM / UTM Coordinates: X= 612,951 Y= 2,842,685 Z= --

Supervisor / Supervisor : Pedro Hernández Lara.

Hora de inicio / Started time: 9:00 am
Hora de finalización / Ended time: 10:40 am

ESTRATIGRAFÍA / STRATIGRAPH				Granulometría / Granulometry						Pruebas de calidad / Quality tests								Prof. (m)			
Prof. (m)	Descripción / Description	Simbología / Symbolology	Clasificación SUCS / SUCS Classification	Tipo de material / Material type	Número de muestra / Sample No.	Fg (%)	Fm (%)	Fc (%)	G (%)	S (%)	F (%)	Yh ton/m³	Ss	ω optimo/ optimum (%)	P.V.S.M. (ton/m³)	qu (Kg/cm³)		C.L. (%)	C (Ton/m³)	Ø (°)	Depth (m)
0																					0
1.00	Gravas arcillosas mal graduadas con Fragmentos chicos de roca Aislados, de forma angulosa, textura rugosa y grado alterado (Qhoal). / Poor-graded Clayey gravel with isolated small rock fragments, angular, rough texture and altered degree (Qhoal).		GP-GC	II	1	3.25	5.70	70.79	12.45	7.82		1.91									1.00
2.00	Gravas arcillosas mal graduadas con Fragmentos chicos de roca Aislados, de forma angulosa, textura rugosa y grado alterado (Qhoal). / Poor-graded Clayey gravel with isolated small rock fragments, angular, rough texture and altered degree (Qhoal).		GP-GC	II	2	6.75	11.07	71.67	1.14	9.38		1.82									2.00
2.60	Gravas Arcillosas color café claro con Fragmentos medianos de roca aislados de forma angulosa, textura rugosa y grado alterado (Qhoal). / Light brown clayey gravel with isolated medium rock fragments angular, rough texture and altered degree (Qhoal).		GC	II	3	12.73	5.12	67.16	3.02	11.97		1.82									3.00
4.00	Fin de sondeo a 4.00 m. de prof.																				4.00

Indefinido / Undefined

Indefinido / Undefined

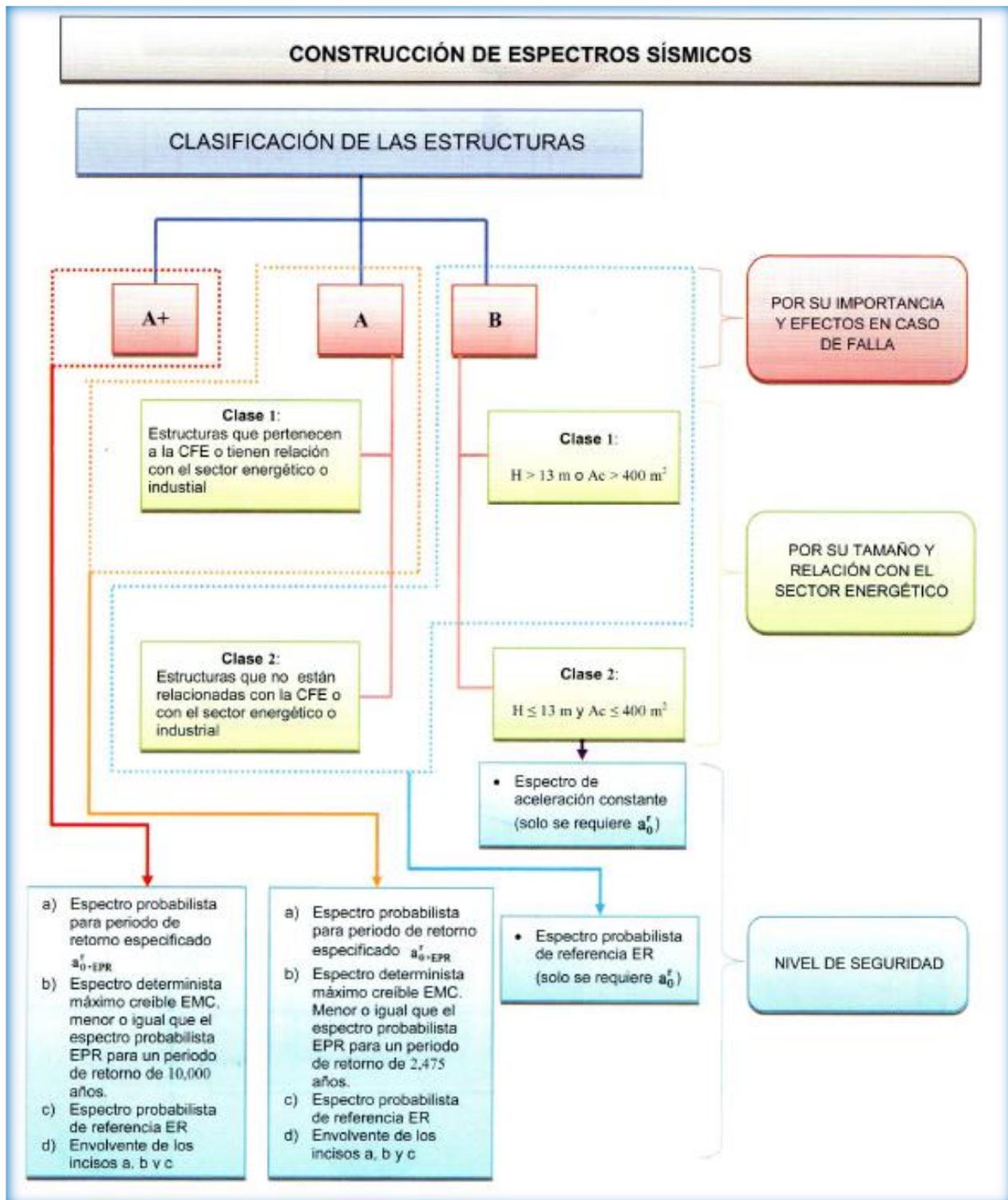
SIMBOLOGÍA / SIMBOLOGY:

NOMENCLATURA / NOMENCLATURE:

Tipo I Material excavable con pala. / Excavable materials shovel.
 Tipo II Material excavable con pico y pala. / Excavable materials with pickaxe and shovel.
 Tipo II-A Material excavable con cuñas, marros, neumático, ripper o herramienta similar. / Excavable material with wedges, sledgehammers, tire, ripper or similar tool.
 Tipo III Material excavable con explosivos. / Excavable materials with explosives.

Fg Fragmentos grandes de roca. / Large rock fragments.
 Fm Fragmentos medianos de roca. / Medium rock fragments.
 Fc Fragmentos pequeños de roca. / Small rock fragments.
 G Porcentaje de gravas. / Gravel percent.
 S Porcentaje de arenas. / Sand percent.
 F Porcentaje de finos. / Fine percent.
 msnm Metros sobre el nivel del mar. / Meters above sea level.
 NAF Nivel de aguas freáticas. / Groundwater level.
 MI Muestra Integral. / Integral Sample.
 MC Muestra cúbica. / Cubic Sample.
 MR Muestra representativa. / Representative sample.
 CV Capa vegetal. / Topsoil.
 TM Tamaño máximo. / Maximum size.
 Yh Peso volumétrico natural. / Natural weight volumetric.
 Ys Peso volumétrico seco. / Volumetric dry weight.
 qu Resistencia a la compresión simple. / Simple compression strength(kg/cm²).
 Ego Modulo de elasticidad. / Elastic module (Kg/cm²).
 Ss Densidad de sólidos. / Density of solid.
 V.R.S. Valor relativo de soporte. / California bearing ratio.
 Exp. Expansión. / Expansion.
 w optimo Humedad óptima. / Optimum moisture
 P.V.S.M. Peso volumétrico seco máximo / Maximum dry density.
 E.A. Equivalente de arena / Sand Equivalent.
 c. Cohesión / Cohesion (ton/m²).

Proyecto / Project: GASODUCTO EL ENCINO - LA LAGUNA		
Anexo / Annex: MPIO. LERDO		
PCA-11-MLV-212 (KP 385+078)		
Elaboró / Elaborated: Pedro Hernández L.	Proyectó / Projected: Pedro Hernández L.	Revisó / Revised: Ing. Joel Alvarado H.
Observaciones / Comments:		



a) Espectro probabilista para periodo de retorno especificado $a_0^r \cdot \text{EPR}$

b) Espectro determinista máximo creíble EMC, menor o igual que el espectro probabilista EPR para un periodo de retorno de 10,000 años.

c) Espectro probabilista de referencia ER

d) Envoltorio de los incisos a, b y c

a) Espectro probabilista para periodo de retorno especificado $a_0^r \cdot \text{EPR}$

b) Espectro determinista máximo creíble EMC. Menor o igual que el espectro probabilista EPR para un periodo de retorno de 2,475 años.

c) Espectro probabilista de referencia ER

d) Envoltorio de los incisos a, b y c

- Espectro probabilista de referencia ER (solo se requiere a_0^r)

Figura 11. Diagrama de flujo para la clasificación de espectros sísmicos (MDOC CFE 2015).

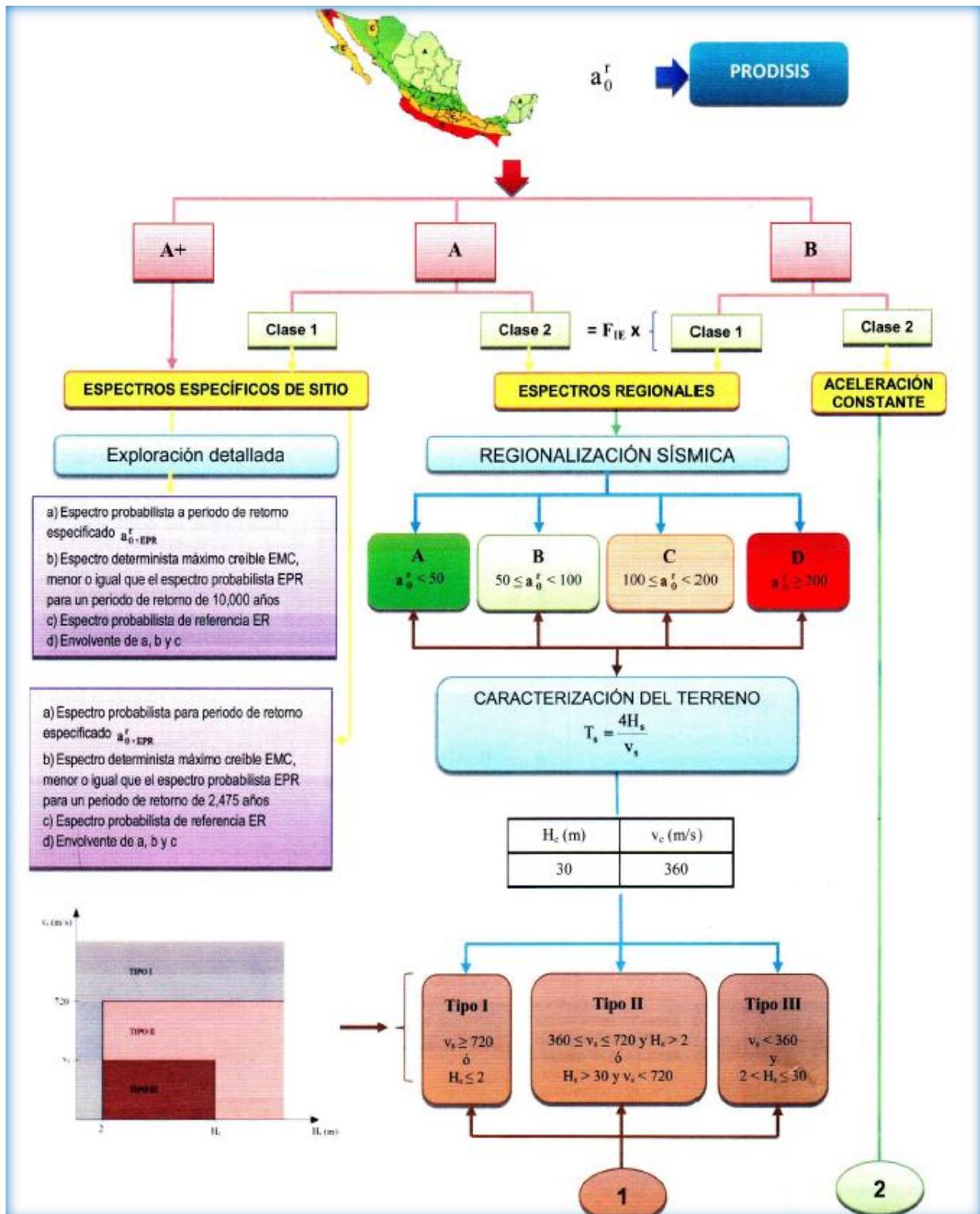


Figura 12. Diagrama de flujo para la clasificación de espectros sísmicos y su clasificación de acuerdo al tipo de suelo del sitio (MDOC CFE 2015).



En el manual presentado, se contemplan tres niveles de importancia estructural, la cuales van de la convencional B, importante A y muy importante A+, siendo que, en las estructuras del grupo A se distinguen las que pertenecen o se relacionan con el sector energético o industrial así como las del grupo B, se distinguen por el tamaño de la construcción.

Dependiendo de la importancia estructural, se proporciona espectros regionales y se dan recomendaciones para la construcción de espectros específicos de sitio.

Considerando las implicaciones de acuerdo a las condiciones del suelo, se proporcionan criterios considerando lo siguiente:

- a. El nivel de seguridad dependerá de la importancia de la estructura.
- b. Se consideran intensidades de peligro sísmico; sin embargo, deberá confirmarse para las estructuras de tipo A+ y A1.
- c. El tipo de exploración del subsuelo y la forma de construir los espectros de diseño dependerán de la clasificación de la estructura.
- d. Las exploraciones básicas y detalladas del suelo, serán un factor que ayudará en el diseño.
- e. Se tendrán espectros de diseño con efectos de sitio específicos.

Así mismo el manual tipifica el suelo según su estratigrafía, atendiendo a la respuesta del sitio ante excitación sísmica, en función del periodo dominante de vibración y la velocidad efectiva de propagación, en tres tipos:

- Tipo I.- Terreno firme
- Tipo II.- Terreno intermedio
- Tipo III.- Terreno blando

Tomando en cuenta lo anterior y utilizando el software PRODISIS, del Manual de diseño de obras civiles; diseño por sismo, de la CFE, edición 2015, se determinaron las aceleraciones máximas espectral de cada uno de los sitio explorados, dando los resultados en cada una de las imágenes siguientes.

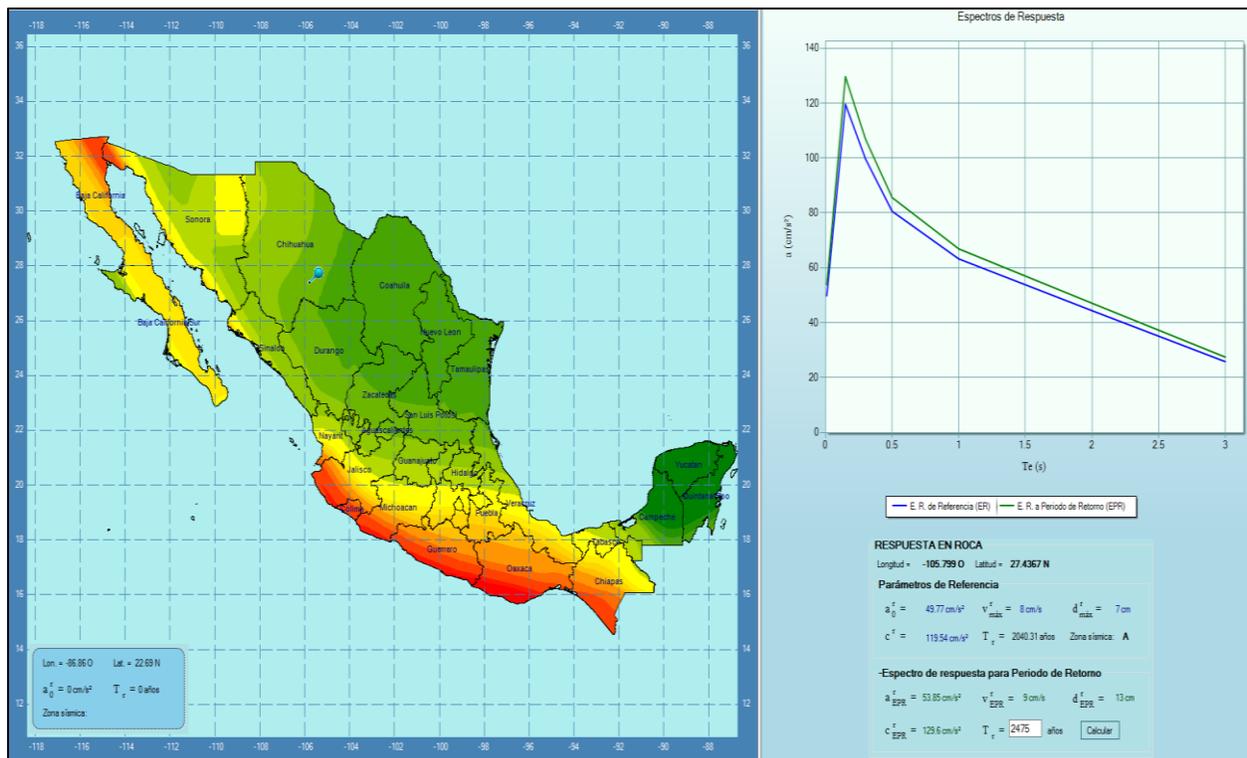


Figura 13. Espectro de respuesta sísmica; Mpio de Valle de Zaragoza, Chihuahua (MDOC CFE 2015).

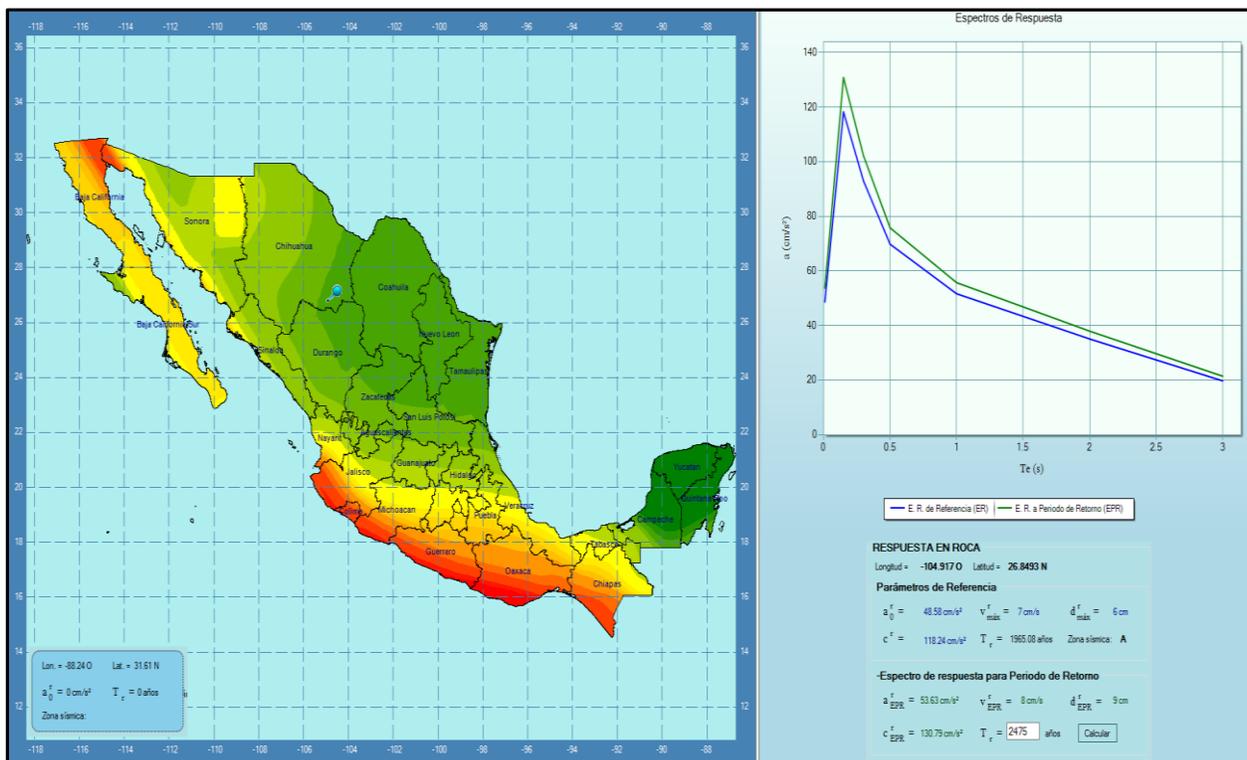


Figura 14. Espectro de respuesta sísmica; Mpio. de López, Chihuahua (MDOC CFE 2015).

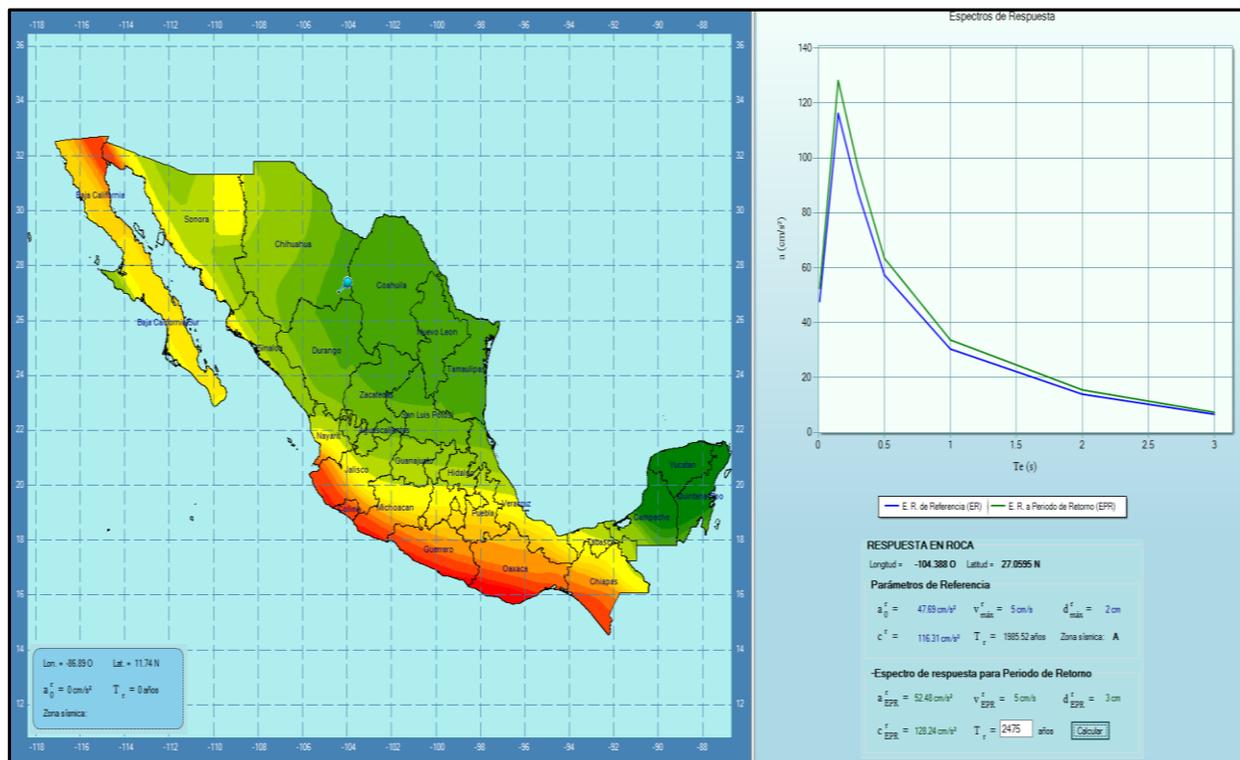


Figura 15. Espectro de respuesta sísmica; Mpio. de Jiménez, Chihuahua (MDOC CFE 2015).

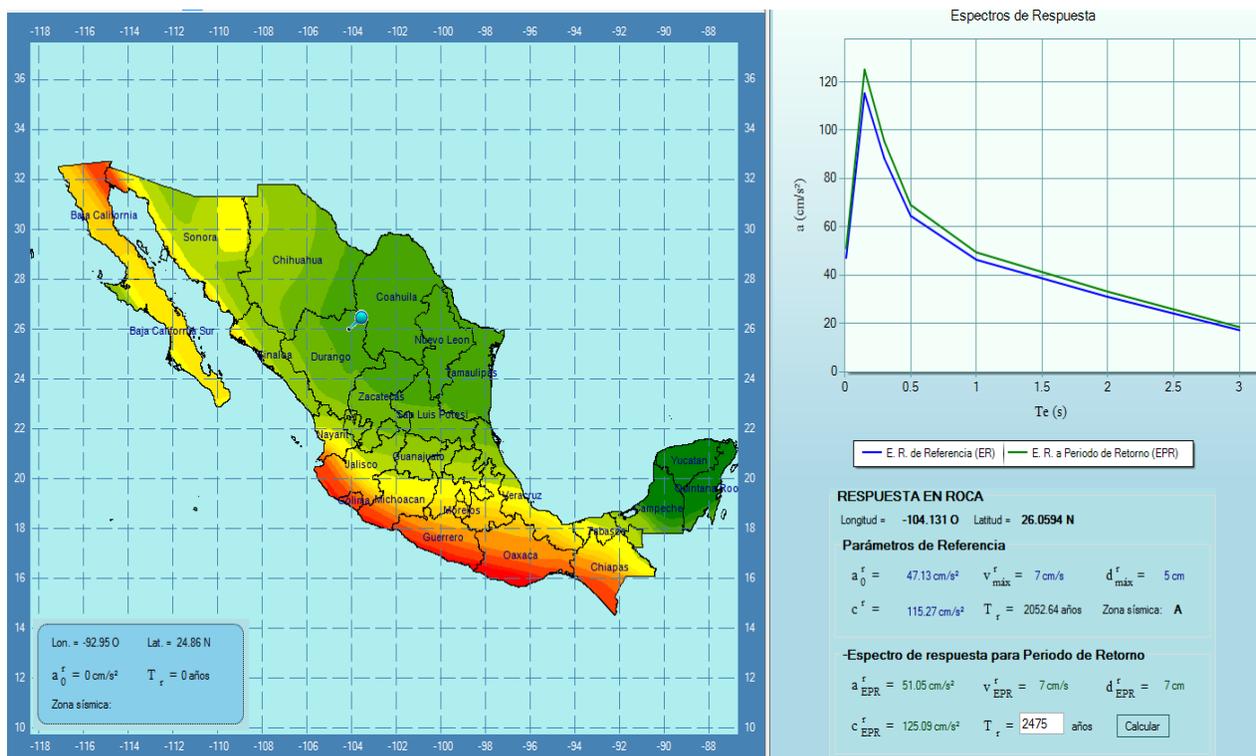


Figura 16. Espectro de respuesta sísmica; Mpio. de Mapimi, Durango (MDOC CFE 2015).

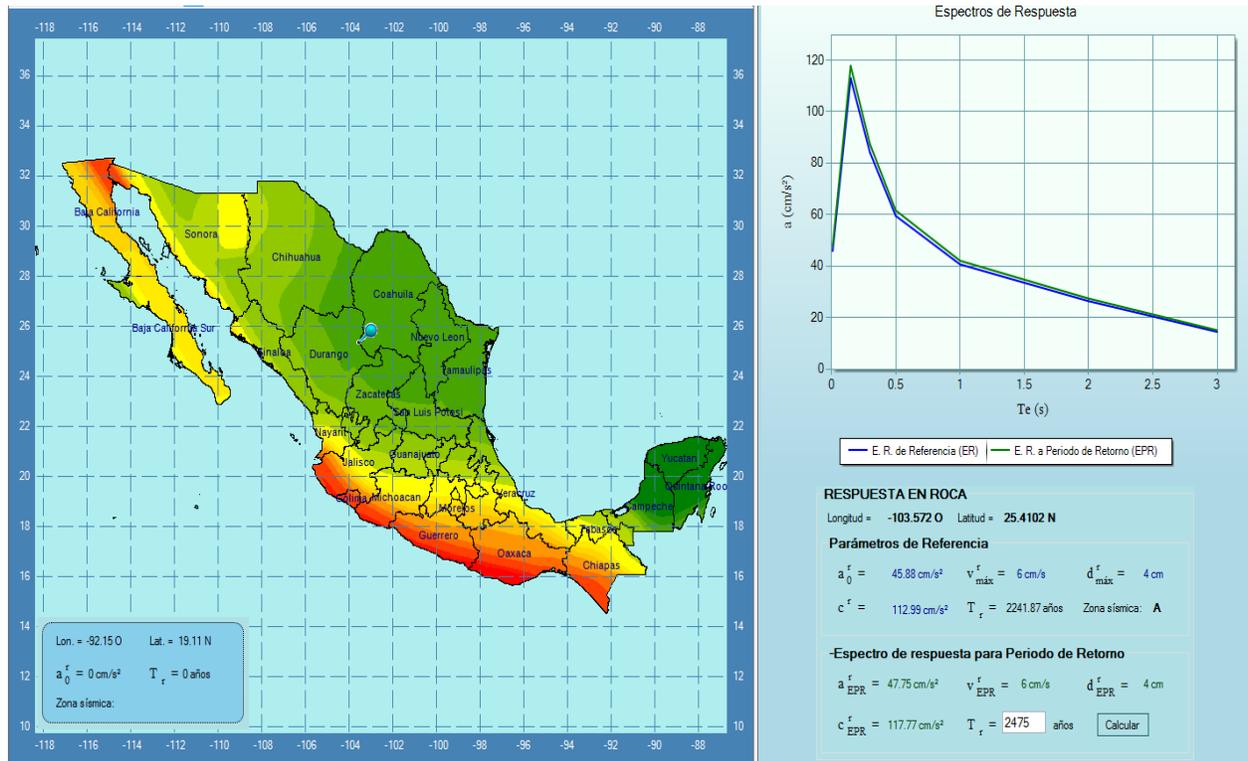


Figura 17. Espectro de respuesta sísmica; Mpio. de Lerdo, Durango (MDOC CFE 2015).



7. ANÁLISIS GEOTÉCNICO.

7.1. Análisis de capacidad de carga para cimentaciones superficiales.

7.1.1. Criterios generales de análisis de diseño.

Para la elaboración del análisis geotécnico, se utilizó la información más actualizada del sitio y los resultados de la exploración ejecutada mediante Pozo a Cielo Abierto respecto al NTN (nivel del terreno natural), así como las pruebas de laboratorio realizadas a las muestras obtenidas.

Para determinar el ángulo de fricción interna de suelos cohesivos e intermedios se acudió a correlaciones empíricas de acuerdo a las condiciones granulométricas y de plasticidad imperantes en el sitio.

7.1.2. Métodos de análisis.

7.1.2.1. Método de Terzaghi (1955).

La fórmula de Terzaghi se define de la siguiente manera:

$$q_{ult} = c N_c s_c + \gamma D_f N_q + 0.5 \gamma B N_\gamma s_\gamma \dots\dots\dots (1)$$

$$q_{adm} = q_{ult}/3 \dots\dots\dots (2)$$

Donde:

N_q, N_c y N_γ = Factores de capacidad de carga.

$$N_q = \frac{a^2}{2 \cos^2(45 + \varphi/2)}$$

$$a = e^{(0.75\pi - \varphi/2) \tan \varphi}$$

$$N_c = (N_q - 1) \cot \varphi$$

$$N_\gamma = \frac{\tan \varphi}{2} \left(\frac{K p \gamma}{\cos^2 \varphi} - 1 \right)$$

q_{ult} = Capacidad de carga última, en kN/m².

q_{adm} = Capacidad de carga admisible, en kN/m².

c = Cohesión aparente, en kN/m².

D_f = Profundidad de desplante del cimiento, en m.





- $\gamma =$ Peso volumétrico del suelo, en kN/m^3 .
- $B =$ Ancho del cimiento, en m.
- $s_c, s_\gamma =$ Factores de forma.

La memoria de cálculo y los resultados graficados de capacidad de carga para cimentaciones superficiales por el método de Terzaghi (1955), se anexan en el capítulo de resultados en el presente trabajo.

7.1.2.2. Método de Meyerhof (1963).

La fórmula de Meyerhof se define de la siguiente manera:

$$q_{ult} = c N_c s_c d_c + \gamma D_f N_q s_q d_q + 0.5 \gamma B N_\gamma s_\gamma d_\gamma \dots \dots \dots (3)$$

$$q_{adm} = q_{ult} / 3 \dots \dots \dots (4)$$

Donde:

N_q, N_c y $N_\gamma =$ Factores de capacidad de carga.

$$N_q = e^{\pi \tan \varphi} \tan^2(45 + \varphi / 2)$$

$$N_c = (N_q - 1) \cot \varphi$$

$$N_\gamma = (N_q - 1) \tan(1.4 \varphi)$$

- $q_{ult} =$ Capacidad de carga última, en kN/m^2 .
- $q_{adm} =$ Capacidad de carga admisible, en kN/m^2 .
- $c =$ Cohesión aparente, en kN/m^2 .
- $D_f =$ Profundidad de desplante del cimiento, en m.
- $\gamma =$ Peso volumétrico del suelo, en kN/m^3 .
- $B =$ Ancho del cimiento, en m.
- $s_c, s_\gamma =$ Factores de forma.

$$s_c = 1 + 0.2 k_p \frac{B}{L} \quad \text{para cualquier } \varphi$$

$$s_q = s_\gamma = 1 + 0.1 k_p \frac{B}{L} \quad \text{para } \varphi > 10$$

$$s_q = s_\gamma = 1 \quad \text{para } \varphi = 0$$



Factor de profundidad:

$$d_c = 1 + 0.2 \sqrt{k_p} \frac{D}{B}$$

$$d_q = d_\gamma = 1 + 0.1 \sqrt{k_p} \frac{D}{B} \quad \text{para } \varphi > 10$$

$$d_q = d_\gamma = 1 \quad \text{para } \varphi = 0$$

La memoria de cálculo y la tabla de resultados de capacidad de carga para cimentaciones superficiales, por el método de Meyerhof (1963), se presentan el apartado *Memoria de cálculo*. Estos resultados de capacidades de carga son admisibles netas.

Para obtener estas capacidades de carga se consideró un factor de seguridad de 3 para cimentaciones someras, realizando el análisis por el método de Terzagui y Meyerhof, tomando como resultado final el más crítico entre ambos métodos.

Las capacidades de carga admisibles incluidas en este estudio son para condición estática, por lo que deberá afectarse por un factor de 1.3 para la revisión de la capacidad de carga con cargas accidentales (viento y sismo).

7.2. Análisis de asentamientos.

7.2.1. Asentamientos elásticos (Programa *Settle3D*).

7.2.1.1. Teoría de diseño.

El asentamiento inmediato se produce después de la aplicación de la carga y se supone que es lineal elástico. La relación del módulo Young (E) es:

$$E = E_s \frac{(1+\nu)(1-2\nu)}{1-\nu} \dots \dots \dots (5)$$

Donde:

$\nu =$ Es la relación de Poisson.

El esfuerzo vertical en cada subcapa se calcula por:

$$\varepsilon = \frac{\Delta\sigma}{E_s}$$

Donde:

$\Delta\sigma =$ Es incremento del esfuerzo total vertical.





El asentamiento inicial se calcula entonces a partir de estos esfuerzos. Para cada secuencia, se asume el punto inferior que se fija (sin movimiento). El desplazamiento vertical del segundo punto de la parte inferior es entonces:

$$\delta = \Delta z = \epsilon h \dots \dots \dots (6)$$

Donde:

$h =$ Es el espesor original del estrato del esfuerzo total vertical. El asentamiento del punto i -ésimo es entonces la solución del punto por debajo ($i + 1$) más el asentamiento en subcapa i :

$$\delta_i = \delta_{i+1} + \epsilon_i h_i$$

En Settle3D, el usuario puede suministrar un módulo de descarga/recarga. Si se produce la descarga (debido a la disminución de la magnitud de una carga existente, o la adición de una excavación), entonces el módulo de descarga/recarga (E_{sur}) se utiliza en lugar de E_s . Si se vuelve a cargar entonces el suelo, E_{sur} continúa siendo utilizado hasta que la subcapa del suelo alcanza su estado de esfuerzo previo.

El asentamiento se calcula utilizando sólo el esfuerzo vertical. Un análisis más exacto se puede realizar mediante el uso del esfuerzo medio de tres dimensiones en los cálculos, definido por la siguiente fórmula:

$$\sigma_M = \frac{1}{3}(\sigma_1 + \sigma_2 + \sigma_3) \dots \dots \dots (7)$$

Los resultados del análisis de asentamientos elásticos por medio del Programa Settle3D se presentan en el capítulo de resultados del presente trabajo.

7.2.2. Asentamientos por consolidación (Programa Settle3D).

7.2.2.1. Teoría de diseño.

El cálculo de los asentamientos con el método edométrico permite estimar un asentamiento de consolidación unidimensional (Terzagui, 1943), producto de los esfuerzos inducidos mediante una carga aplicada en condiciones de expansión lateral impedida. Por lo tanto, la estimación con este método se debe considerar empírica, en vez de teórica.

Los asentamientos edométricos se calcularon con la ecuación descrita a continuación:

$$\Delta H = H_0 \left[RR * \log \frac{\sigma'_p}{\sigma'_{v0}} + CR * \log \frac{\sigma'_{v0} + \Delta \sigma_v}{\sigma'_p} \right] \dots \dots \dots (8)$$





- El cálculo de los asentamientos edométricos toma en consideración las siguientes 2 fases:
- El cálculo de las tensiones verticales inducidas en las diferentes profundidades con la aplicación de la teoría de la elasticidad (Boussinesq, Westergaard).

El cálculo de los parámetros de compresibilidad con la prueba edométrica.

En referencia a los resultados de la prueba edométrica, el asentamiento se estima de la siguiente manera, si se trata de un terreno sobreconsolidado ($OCR > 1$), o sea si el incremento de esfuerzo debido a la aplicación de la carga no hace que se supere la presión de preconsolidación:

$$\Delta H = H_0 * RR * \log \frac{\sigma'_{v0} + \Delta\sigma_v}{\sigma'_{v0}} \dots\dots\dots (9)$$

Si en cambio el terreno es normalmente consolidado, las deformaciones se dan en la rama de compresión y el asentamiento se calcula como:

$$\Delta H = H_0 * CR * \log \frac{\sigma'_{v0} + \Delta\sigma_v}{\sigma'_{v0}} \dots\dots\dots (10)$$

Donde:

- $RR =$ Razón de recompresión;
- $CR =$ Razón de compresión;
- $H_0 =$ Espesor inicial del estrato;
- $\sigma'_{v0} =$ Esfuerzo vertical eficaz antes de la aplicación de la carga;
- $\Delta\sigma_v =$ Incremento de esfuerzo vertical debido a la aplicación de la carga;

El análisis de asentamientos por consolidación se realizó mediante el software “Rocscience Software - Settle3D V2.003”.

Los resultados del análisis de asentamientos por consolidación no se presentan en la memoria de cálculo que se describe en el apartado de resultados, debido a que no se recuperaron muestras inalteradas por las características propias del material (Gravas con muy pocos finos).

7.3. Módulos de reacción vertical.

De acuerdo a las condiciones estratigráficas del sitio, se calculó el módulo de reacción del suelo de apoyo de la cimentación con la siguiente expresión:





$$k = \frac{E_s}{B(1-\mu_s^2)} \dots \dots \dots (11)$$

Donde:

- $k =$ Módulo de reacción vertical, en kN/m³.
- $E_s =$ Módulo de elasticidad del suelo, en kN/m².
- $B =$ Ancho de cimentación, en m;
- $\mu_s =$ Relación de Poisson del suelo.

Los resultados del análisis de los módulos de reacción vertical para cimentaciones superficiales se presentan en el capítulo de resultados del presente trabajo.

7.4. Análisis de estabilidad de taludes.

El análisis de estabilidad de taludes en excavaciones se realizó a partir del nivel de terreno natural, por lo cual se revisaron las máximas profundidades de excavación en las que se podrían alojar las cimentaciones analizadas bajo las condiciones de niveles propuestos, definiendo la superficie de falla en varias secciones, las cuales fueron evaluadas y analizadas empleando métodos de análisis con tendencia a deslizamiento de manera rotacional.

Los análisis se realizaron bajo condiciones estáticas y pseudo-estáticas a través de un método de cómputo que considera todas las circunstancias que prevalecen actualmente en este sitio, como son: sobrecargas superficiales, tipo de material en zona excavaciones.

Los resultados se muestran en el apartado correspondiente *Memoria de cálculo*, tomando en cuenta las condiciones actuales del terreno natural y complementando con los parámetros sísmicos obtenidos mediante el software especializado PRODISIS v5.0.

7.4.1. Criterio de análisis.

Para la elaboración de estos análisis, se utilizó la información recabado en el sitio, así como la información recabada en gabinete, además de los resultados de la exploración realizada en el sitio, así como las pruebas de laboratorio ejecutadas a las muestras obtenidas en campo.

7.4.2. Métodos de equilibrio límite.

7.4.2.1. Programa Slide 6.0 (Rocscience).





Para analizar el Factor de Seguridad (FS) de los taludes se utilizó el programa de cómputo Slide 6.0 de Rocscience. Esta fue realizada considerando superficies de falla circulares en estratos conformados por suelos.

A continuación, se presentan las consideraciones relativas al análisis de la estabilidad de los cortes y terraplenes de estudio. El tipo de falla prevaleciente es el de rotura circular. La localización de superficie de falla dependió de la variación de la resistencia con la profundidad y de la pendiente de los cortes de estudio.

Análisis de estabilidad mediante el programa Slide 6.0, que contempla los siguientes criterios:

- Analiza la estabilidad del talud de los estratos conformados por suelos.
- Analiza la estabilidad del talud utilizando una cuadrícula de puntos.
- Agrupa los datos en dos tipos: generales y locales.
- Aplica el método Sueco (falla circular) utilizando el procedimiento de "dovelas".

Se aplica la ley de resistencia al esfuerzo cortante de Mohr-Coulomb a lo largo de la superficie de falla.

Una dovela está formada por dos líneas verticales partiendo de la intersección del círculo con los límites de un estrato, el arco del círculo adentro del estrato, la superficie del terreno natural. Por lo tanto, los anchos de las dovelas son variables.

La dovela queda subdividida por cada estrato que comprende. El efecto de una dovela es la sumatoria de todas estas partes.

El momento motor (M_m) de la dovela es igual a:

$$M_m = W \cdot X_g + M_w \dots \dots \dots (12)$$

Donde:

- W = Peso de la dovela usando pesos totales de los estratos.
- X_g = Distancia del centroide de la dovela al centro del círculo.
- M_w = Momento de la sobrecarga.

El momento resistente (M_r) de la base de una dovela es igual a:

$$M_r = s \cdot L \cdot A \cdot R \dots \dots \dots (13)$$





Donde:

$s =$ Resistencia al esfuerzo cortante del estrato usando pesos reducidos de los estratos sumergidos.

$$(C + (N/LA) * tg \varphi).$$

$C =$ Cohesión del estrato.

$N =$ Proyección del peso W sobre el radio en el punto medio del arco.

$$(W * cos^2).$$

$\varphi =$ Ángulo de fricción del estrato.

$LA =$ Longitud de arco dentro del estrato.

$R =$ Radio del círculo de falla.

Asimismo, esta parte explica la teoría utilizada en el desarrollo del programa de cómputo SLIDE 5.0. Las variables utilizadas se definen primero, seguido por una breve descripción del método Límite de Equilibrio General (GLE). Las ecuaciones pertinentes se derivan, incluyendo la ecuación de base de la fuerza normal y el factor de las ecuaciones de la seguridad.

Esto es seguido por una sección que describe el procedimiento iterativo adoptado en la resolución del factor de seguridad de ecuaciones no lineales.

La teoría del método de elementos finitos se presenta como una alternativa para el análisis límite de estabilidad de equilibrio. Este método calcula el factor de estabilidad de un talud en función del estado de tensión en el suelo.

La teoría de la estabilidad de los taludes probabilística utilizando el criterio de rotura de Morh-Coulomb, se define de la siguiente manera:

$$\tau = c + \sigma_n \tan \phi \dots \dots \dots (14)$$

SLIDE 5.0 utiliza la teoría del equilibrio límite de fuerzas y momentos para calcular el factor de seguridad contra fallos. El equilibrio límite General (GLE), se presenta y se utiliza como contexto para relacionar los factores de seguridad para todos los métodos de uso de dovelas.

El factor de seguridad se define como el factor por el cual debe ser la resistencia al corte del suelo reduce a fin de que la masa del suelo en un estado de equilibrio limitando a lo largo de una superficie antideslizante seleccionado.





7.4.2.2. El método de equilibrio límite general y factor de seguridad.

Se basan exclusivamente en las leyes de la estática para determinar el estado de equilibrio de una masa de terreno potencialmente inestable. No tienen en cuenta las deformaciones del terreno. Suponen que la resistencia al corte se moviliza total y simultáneamente a lo largo de la superficie de corte. Se pueden clasificar a su vez en dos grupos:

- Métodos exactos.
- Métodos no exactos.

a) Métodos exactos:

La aplicación de las leyes de la estática proporciona una solución exacta del problema con la única justificación de las simplificaciones propias de todos los métodos de equilibrio límite (ausencia de deformaciones, factor de seguridad constante en toda la superficie de rotura).

b) Métodos no exactos:

En la mayor parte de los casos la geometría de la superficie de rotura no permite obtener una solución exacta del problema mediante la única aplicación de las leyes de la estática. El problema es hiperestático y se ha de realizar alguna hipótesis previa que permita su resolución. Se pueden considerar así los métodos que aplican el equilibrio global de la masa deslizante y los métodos de las dovelas, que consideran a la masa deslizante dividida en una serie de fajas verticales.

Los métodos de las dovelas pueden clasificarse en dos grupos:

- Métodos aproximados: no cumplen con todas las ecuaciones de la estática. Se pueden citar por ejemplo los métodos de Fellenius, Janbu y Bishop simplificado.
- Métodos precisos o completos: cumplen todas las ecuaciones en la estática. Los más conocidos son los de Morgenstern-Price, Spenser y Bishop riguroso (Fernando Rodríguez, 2000).

El método Límite de Equilibrio General (GLE) utiliza las siguientes ecuaciones de la estática en la solución para el factor de seguridad:

- La suma de fuerzas en dirección vertical para cada sector se utiliza para calcular la fuerza normal en la base de la rebanada, N.
- La suma de fuerzas en una dirección horizontal para cada sector se utiliza para calcular la fuerza entre cortes normales, E. Esta ecuación se aplica de una forma de integración a través de la masa deslizante (es decir, de izquierda a derecha).



- La suma de momentos alrededor de un punto común para todos los cortes. La ecuación se puede reordenar y resolver para el factor de equilibrio de momentos de la seguridad, la F_m .
- La suma de fuerzas en una dirección horizontal para todos los sectores, dando lugar a un factor de equilibrio de fuerzas de seguridad, F_f .

El análisis es todavía indeterminado, y otro supuesto se hace con respecto a la dirección de las fuerzas entre cortes resultantes. La dirección se supone que es descrito por una función de la fuerza entre cortes. La dirección, junto con la fuerza normal entre cortes se utiliza para calcular la fuerza de corte entre cortes. Los factores de seguridad ahora se pueden calcular sobre la base de equilibrio de momentos (FM) y equilibrio de fuerzas (FF). Estos factores de seguridad pueden variar en función del porcentaje (A) de la función de la fuerza utilizada en el cálculo. El factor de seguridad satisfactorio tanto momento y equilibrio de fuerzas se considera el factor de convergencia de la seguridad del método GLE.

Utilizando el enfoque GLE mismo, también es posible especificar una variedad de condiciones de fuerza entre cortes y satisfacer sólo el momento o las condiciones de equilibrio de fuerzas. Los supuestos de las fuerzas entre cortes y la selección de la fuerza en general o el equilibrio por momentos en el factor de las ecuaciones de la seguridad, dan lugar a los diversos métodos de análisis.

$$FS_s = \frac{\sum_{n=1}^{n=p} [c\Delta L_n + (W_n \cos \alpha_n)] \tan \phi}{\sum_{n=1}^{n=p} W_n \sin \alpha_n} \dots \dots \dots (15)$$

Donde:

- $c =$ Cohesión del material, en ton/m².
- $L_n =$ Longitud de la base de la dovela, en m.
- $W_n =$ Peso de la dovela, en ton/m³.
- $\alpha =$ Ángulo que forma el peso de la dovela con la normal, en °.
- $\phi =$ Ángulo de fricción interna, en °.

Simplificando lo antepuesto con lo mencionado anteriormente el factor de seguridad mínimo de un punto de la cuadrícula, se realizó variando el radio del círculo de falla al "incremento de radio" que se dio como dato, y el centro del círculo se mantuvo fijo.

Por lo tanto, el factor de seguridad para el círculo de falla en cuestión será:

$$FS = \frac{\sum Mr}{\sum Mm} \dots \dots \dots (16)$$





Donde:

$\Sigma Mr =$ Sumatoria de momentos resistentes.

$\Sigma Mm =$ Sumatoria de momento motor o actuante.

7.4.2.3. Método de Fellenius.

Este método de cálculo se basa en la aplicación directa de los fundamentos de la mecánica racional clásica. Para ello, Fellenius divide la supuesta cuña de deslizamiento en dovelas, estudiando el estado de fuerzas en cada una de ella. La condición de equilibrio de cada dovela vendrá dada por la superioridad de las fuerzas estabilizadoras sobre las desestabilizadoras en la superficie de deslizamiento:

$$Fuerzas\ estabilizadoras\ (S) \geq Fuerzas\ desestabilizadoras\ (T)$$

Las fuerzas estabilizadoras (S) están compuestas por las fuerzas de cohesión y la fricción interna del terreno:

$$S = F_R + F_c = P \cos \alpha \operatorname{tg} \varphi + c \frac{\Delta x}{\cos \alpha} \dots \dots \dots (17)$$

Donde:

$P =$ La carga sobre la superficie de rotura.

$$(P = W + q \Delta x).$$

$W =$ Peso de la cuña de tierra.

$q =$ Sobrecarga de uso.

$\alpha =$ Ángulo que forma la superficie de rotura con la horizontal.

$\varphi =$ Ángulo de fricción interna del terreno.

$c =$ Cohesión del material.

$\Delta x =$ Ancho de la dovela.

Las fuerzas desestabilizadoras (T) se identifican con la componente tangencial de las cargas sobre la superficie de rotura:

$$T = P \sin \alpha = (W + q \Delta x) \sin \alpha = (\gamma A + q \Delta x) \sin \alpha \dots \dots \dots (18)$$

Donde

$\gamma =$ Peso específico del suelo.

$A =$ Superficie de la cuña de terreno que forma la dovela.



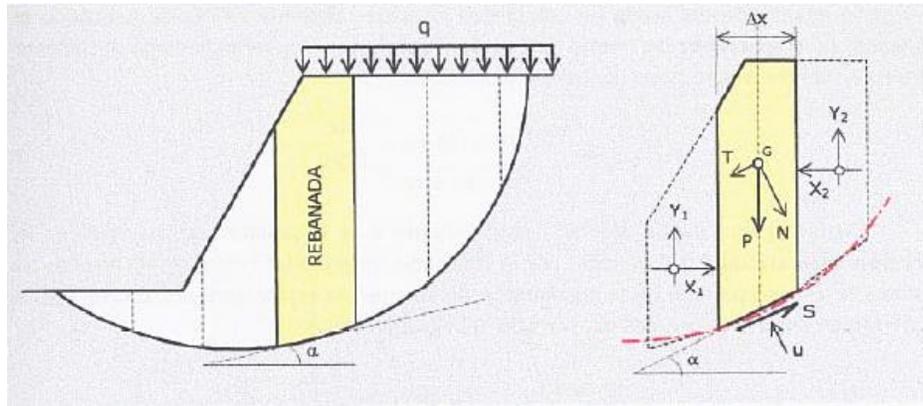


Figura 18. Estado de fuerzas actuantes en una dovela de terreno.

La evaluación del grado de estabilidad de cada dovela se realiza aplicando el concepto de coeficiente de seguridad al deslizamiento (F), definido como el cociente entre las fuerzas a favor y en contra del deslizamiento:

$$F = \frac{S}{T} = \frac{P \cos \alpha \operatorname{tg} \phi + c \frac{\Delta x}{\cos \alpha}}{P \sin \alpha} \dots \dots \dots (19)$$

Generalizando el método de Fellenius radica en hallar el coeficiente de seguridad global, correspondiente a la totalidad del terreno supuestamente movilizado. La superficie de deslizamiento más aproximada a la realidad denominada círculo crítico será aquella que presente un menor valor de dicho coeficiente:

$$F = \Sigma F_i \frac{\Sigma (P_i \cos \alpha_i + U_i \Delta x_i) \operatorname{tg} \phi + c \frac{\Delta x_i}{\cos \alpha_i}}{\Sigma P_i \sin \alpha} \dots \dots \dots (20)$$

7.4.2.4. Método de Bishop Simplificado.

Bishop (1955) presentó un método de dovelas y teniendo en cuenta el efecto de las fuerzas entre las dovelas.

La solución rigurosa de Bishop es muy compleja y por esta razón se utiliza una versión simplificada de su método, de acuerdo a la siguiente expresión:

$$FS = \frac{\Sigma [c' b + (W - ub) \frac{\tan \phi}{ma}]}{\Sigma W \sin \alpha} \dots \dots \dots (21)$$

Donde:



$$ma = \cos \alpha \left(1 + \frac{\tan \alpha \tan \phi}{F.S.} \right) \dots \dots \dots (22)$$

- $b =$ Ancho de la dovela.
- $W =$ Peso de la dovela.
- $C', \phi =$ Parámetros del suelo.
- $u =$ Presión de poros en la base de cada dovela = $\gamma_w \cdot h_w$
- $\alpha =$ Ángulo del radio y la vertical en cada dovela.

7.4.2.5. Método de Janbú Simplificado.

El método simplificado de Janbú se basa en la suposición de que las fuerzas entre dovelas son horizontales y no tienen en cuenta las fuerzas de cortante. Janbú considera que las superficies de falla no necesariamente son circulares y establece un factor de corrección f_0 . El factor f_0 depende de la curvatura de la superficie de falla.

En algunos casos, la suposición de f_0 puede ser una fuente de inexactitud en el cálculo del factor de seguridad. Sin embargo, para algunos taludes la consideración de este factor de curvatura representa el mejoramiento del análisis.

El método de Janbú solamente satisface el equilibrio de esfuerzos y no satisface el equilibrio de momentos. De acuerdo con Janbú (ecuación modificada):

$$FS = \frac{f_0 \sum \left\{ [c' b + (W - ub) \tan \phi] \frac{1}{\cos \alpha m a} \right\}}{\sum W \tan \alpha} \dots \dots \dots (23)$$

Donde:

- $f_0 =$ Depende de la curvatura de la superficie de falla.

$$ma = \cos \alpha \left(1 + \frac{\tan \alpha \tan \phi}{FS} \right) \dots \dots \dots (24)$$

- $b =$ Ancho de dovela.
- $W =$ Peso de cada dovela.
- $C', \phi =$ parámetros de resistencia del suelo.
- $u =$ Presión de poros en la base de cada dovela.
- $\alpha =$ Ángulo del radio y la vertical en cada dovela.

7.4.2.6. Método de Morgenstern-Price.

El método de análisis por Morgenstern-Price (1965) puede ser aplicado tanto a superficies de rotura circulares como no circulares. Tiene similitud con el método de Spencer, pero en el caso





de Morgenstern-Price permite la especificación de las fuerzas entre dovelas. Considera que las tensiones y las fuerzas varían continuamente en la superficie, resuelve las componentes normal t paralela a la base para cada elemento formulando ecuaciones de equilibrio de fuerza generales. Supone que existe la siguiente relación entre esta componente vertical y normal:

$$\frac{x}{E} = \lambda * f(x) \dots \dots \dots (25)$$

Donde:

$f(x) =$ Es la función que varía de forma continua a lo largo de la línea.

$\lambda =$ Es un valor escala $0 < \lambda < 1$ es un factor de corrección a determinar para que se cumplan las condiciones de equilibrio horizontal y de momentos ($F_m = F_f$).

Morgenstern-Price señala que la función $f(x)$ puede seleccionarse a partir del conocimiento aproximado de la distribución de las tensiones internas en el talud.

La memoria de cálculo y los resultados graficados de estabilidad de taludes para la excavación de la cimentación, por el método de equilibrio límite, la determinación de los factores de seguridad y los métodos que se tomaron para su desarrollo.

7.5. Presión lateral de tierra.

7.5.1. Presión activa de tierra de Rankine.

La presión lateral de un muro tiende a moverse alejándose del suelo una distancia Δx , la presión del suelo sobre el muro a cualquier profundidad decrecerá. Para un muro sin fricción, el esfuerzo horizontal, σ_h a una profundidad z será igual a $k_0 \sigma_v$ ($k_0 \gamma z$) cuando Δx es cero. Sin embargo, con $\Delta x > 0$, σ_h será menor que $k_0 \sigma_v$.

Los círculos de Mohr correspondientes a desplazamientos del muro de $\Delta x = 0$ y $\Delta x > 0$. Sí el desplazamiento del muro, Δx , continúa creciendo, el correspondiente círculo de Mohr tocará eventualmente la envolvente de falla de Mohr-Coulomb definida por la ecuación:

$$s = c + \sigma \tan \phi \dots \dots \dots (26)$$

La ecuación, que relaciona los esfuerzos principales para un círculo de Mohr que toca la envolvente de falla de Mohr-Coulomb se obtienen de la siguiente manera:

$$\sigma_1 = \sigma_3 \tan^2 \left(45 + \frac{\phi}{2} \right) + 2c \tan \left(45 + \frac{\phi}{2} \right) \dots \dots \dots (27)$$

Esfuerzo principal mayor, $\sigma_1 = \sigma_v$ y Esfuerzo principal menor, $\sigma_3 = \sigma_h$





Entonces

$$\sigma_v = \sigma_a \tan^2 \left(45 + \frac{\phi}{2} \right) + 2c \tan \left(45 + \frac{\phi}{2} \right) \dots\dots\dots (28)$$

$$\sigma_a = \frac{\sigma_v}{\tan^2 \left(45 + \frac{\phi}{2} \right)} - \frac{2c}{\tan \left(45 + \frac{\phi}{2} \right)} \dots\dots\dots (29)$$

ó

$$\sigma_a = \sigma_v \tan^2 \left(45 - \frac{\phi}{2} \right) - 2c \tan \left(45 - \frac{\phi}{2} \right) \dots\dots\dots (30)$$

$$\sigma_a = \sigma_v K_a - 2c \sqrt{K_a} \dots\dots\dots (31)$$

Donde:

$K_a = \tan^2 \left(45 - \frac{\phi}{2} \right)$ = coeficiente de presión activa de Rankine.

La distribución de presión muestra que en $z = 0$, la presión activa es igual a $-2c \sqrt{K_a}$, que indica un esfuerzo de tensión, el cual decrece con la profundidad.

$$\gamma z_c K_a - 2c \sqrt{K_a} = 0 \dots\dots\dots (32)$$

Y

$$z_c = \frac{2c}{\gamma \sqrt{K_a}} \dots\dots\dots (33)$$

La profundidad Z_c se llama profundidad de la grieta de tensión, porque el esfuerzo de tensión en el suelo causara eventualmente una grieta a lo largo de la interfaz suelo-muro.

Después de que ocurre la grieta de tensión, la fuerza sobre el muro será causada solo por la distribución de presión entre las profundidades $z = Z_c$ y $z = H$. Esta se expresa como:

$$P_a = \frac{1}{2} (H - Z_c) (\gamma H K_a - 2c \sqrt{K_a}) \dots\dots\dots (34)$$

ó

$$P_a = \frac{1}{2} \left(H - \frac{2c}{\gamma \sqrt{K_a}} \right) (\gamma H K_a - 2c \sqrt{K_a}) \dots\dots\dots (35)$$

En tal caso, la fuerza activa supuesta por unidad de longitud de muro es:

$$P_a = \frac{1}{2} H (\gamma H K_a - 2c \sqrt{K_a}) = \frac{1}{2} \gamma H^2 K_a - c H \sqrt{K_a} \dots\dots\dots (36)$$



7.5.1.1. Presión activa de tierra de Rankine para terraplén inclinado.

Si el relleno de un muro sin fricción es un suelo granular ($c = 0$) y se eleva con un ángulo α con respecto a la horizontal, el coeficiente de presión activa de la tierra, K_a , se expresa en la forma:

$$K_a = \cos \alpha \frac{\cos \alpha - \sqrt{\cos^2 \alpha - \cos^2 \phi}}{\cos \alpha + \sqrt{\cos^2 \alpha - \cos^2 \phi}} \dots\dots\dots (37)$$

Para el caso en que β sea 0, las ecuaciones de arriba se simplifican como:

$$K_a = \tan^2 \left(45 - \frac{\phi}{2} \right) \dots\dots\dots (38)$$

Donde:

ϕ = Ángulo de fricción del suelo.

A cualquier profundidad z , la presión activa de Rankine se expresa como:

$$\sigma_a = \gamma z K_a \dots\dots\dots (39)$$

La fuerza total por unidad de longitud del muro es:

$$P_a = \frac{1}{2} \gamma H^2 K_a \dots\dots\dots (40)$$

7.5.2. Presión pasiva de tierra de Rankine.

Un muro de retención vertical sin fricción con un relleno horizontal a la profundidad z , la presión vertical sobre un elemento de suelo es $\sigma_v = \gamma z$. Inicialmente, si el muro no cede en absoluto, el esfuerzo lateral a esa profundidad será $\sigma_h = K_o \sigma_v$. Ahora, si el muro es empujado hacia la masa del suelo una cantidad Δx , el esfuerzo vertical a la profundidad z permanecerá igual; sin embargo, el esfuerzo horizontal se incrementará. Así entonces, σ_h será mayor que $K_o \sigma_v$. El esfuerzo horizontal, σ_h , en este punto se llama la presión pasiva de Rankine, ó $\sigma_h = \sigma_p$.

Sustituyendo en la ecuación se obtiene:

$$\sigma_p = \sigma_v \tan^2 \left(45 + \frac{\phi}{2} \right) + 2c \tan \left(45 + \frac{\phi}{2} \right) \dots\dots\dots (41)$$

Por lo tanto

K_p = Coeficiente de presión pasiva Rankine

$$K_p = \tan^2 \left(45 + \frac{\phi}{2} \right) \dots\dots\dots (42)$$

$$\sigma_p = \sigma_v K_p + 2c \sqrt{K_a} \dots\dots\dots (43)$$





La fuerza pasiva por unidad de longitud del muro se determina del área del diagrama de presión,
o

$$P_p = \frac{1}{2} \gamma H^2 K_p + 2cH \sqrt{K_p} \dots \dots \dots (44)$$

7.5.2.1. Presión pasiva de tierra de Rankine para relleno inclinado.

Para un muro de retención vertical sin fricción con un relleno granular ($c = 0$), la presión pasiva de Rankine a cualquier profundidad se determina de manera similar a como se hizo en el caso de la presión activa.

$$\sigma_p = \gamma z K_p \dots \dots \dots (45)$$

Y la fuerza pasiva

$$P_p = \frac{1}{2} \gamma H^2 K_p \dots \dots \dots (46)$$

Donde:

$$K_p = \cos \alpha \frac{\cos \alpha + \sqrt{\cos^2 \alpha - \cos^2 \phi}}{\cos \alpha - \sqrt{\cos^2 \alpha - \cos^2 \phi}} \dots \dots \dots (47)$$

Igual que en el caso de la fuerza activa, la fuerza resultante, P_p , esta inclinada a un ángulo α con la horizontal y cruza el muro a una distancia de $H/3$ desde el fonda del muro.

Los resultados de los empujes actuantes en la zona de estudio se indican en el capítulo de resultados.



8. RESULTADOS

Derivado de los trabajos realizados, se obtuvieron los siguientes resultados, los cuales se determina la capacidad máxima admisible del suelo en cada uno de los sitios explorados, asimismo, se determinó los parámetros admisible para la determinación de la capacidad de carga; se integra además un resumen de los parámetros empleados en el análisis de estabilidad de taludes en condiciones estáticas y pseudo - estáticas; por último, se integra el análisis en el que se determinan los asentamientos inmediatos, por consolidación y asentamientos totales, los cuales, son determinantes en la toma de decisiones para el diseño estructural de la infraestructura del gasoducto El Encino – La Laguna en las que se construirán las válvulas de seccionamiento.

Resumen de parámetros para análisis de capacidad de carga.

Estratigrafía terreno

Estratigrafía

Nr. Estratigrafías... Descripción

Nº	DB	Espesor del estrato (m)	Gk (kN/m ³)	Gk Saturado (kN/m ³)	Fik (°)	ck (kN/m ²)	cuk (kN/m ²)	Eyk (kN/m ²)	Edk (kN/m ²)	Datos adicionales	Texture	Descripción
1		2.50	19.0	21.0	35	0.0	0.0	49033.0	0.0			

Nspt - Licuefacción

La licuefacción de un depósito arenoso con nivel freático no existe si: a) El valor de Nspt' (corregido-normalizado) es > 25 con contenido fino ausente. b) El valor de Nspt' (corregido-normalizado)

Nº	Inclinación estrato (°)	Clay Fraction (%)	Nspt	Comportamiento o geotécnico	Coef. Poisson
1	0	0	20		0

Colapso por desplazamiento

Adhesión terreno cimentación (kN/m²)

Áng. rozamiento terreno cimentación °

Fracción empuje pasivo %

Resumen de capacidades de carga última neta para condiciones estáticas (To/m2) para diferentes anchos y profundidades de desplante. (Método de Terzaghi).

Método de Terzaghi - Capacidad de carga última (Ton/m²)

PROF. (m)	ANCHO DE CIMENTACIÓN (m)										
	B=2.00	B=2.50	B=3.00	B=3.50	B=4.00	B=4.50	B=5.00	B=5.50	B=6.00	B=6.50	B=7.00
0.00	82.21	102.76	123.32	143.87	164.42	184.97	205.53	226.08	246.63	267.19	287.74
0.20	98.27	118.82	139.37	159.93	180.48	201.03	221.58	242.14	262.69	283.24	303.80
0.40	114.33	134.88	155.43	175.98	196.54	217.09	237.64	258.19	278.75	299.30	319.85
0.60	122.35	142.91	163.46	184.01	204.56	225.12	245.67	266.22	286.78	307.33	327.88
0.80	122.35	142.91	163.46	184.01	204.56	225.12	245.67	266.22	286.78	307.33	327.88
1.00	122.35	142.91	163.46	184.01	204.56	225.12	245.67	266.22	286.78	307.33	327.88
1.20	122.35	142.91	163.46	184.01	204.56	225.12	245.67	266.22	286.78	307.33	327.88
1.40	122.35	142.91	163.46	184.01	204.56	225.12	245.67	266.22	286.78	307.33	327.88
1.60	122.35	142.91	163.46	184.01	204.56	225.12	245.67	266.22	286.78	307.33	327.88
1.80	122.35	142.91	163.46	184.01	204.56	225.12	245.67	266.22	286.78	307.33	327.88
2.00	122.35	142.91	163.46	184.01	204.56	225.12	245.67	266.22	286.78	307.33	327.88



Resumen de capacidades de carga admisible neta para condiciones estáticas (Ton/m²) para diferentes anchos y profundidades de desplante. (Método de Terzaghi).

Método de Terzaghi - Capacidad de carga admisible (Ton/m²)

PROF. (m)	ANCHO DE CIMENTACIÓN (m)										
	B=2.00	B=2.50	B=3.00	B=3.50	B=4.00	B=4.50	B=5.00	B=5.50	B=6.00	B=6.50	B=7.00
0.00	27.40	34.25	41.11	47.96	54.81	61.66	68.51	75.36	82.21	89.06	95.91
0.20	32.76	39.61	46.46	53.31	60.16	67.01	73.86	80.71	87.56	94.41	101.27
0.40	38.11	44.96	51.81	58.66	65.51	72.36	79.21	86.06	92.92	99.77	106.62
0.60	40.78	47.64	54.49	61.34	68.19	75.04	81.89	88.74	95.59	102.44	109.29
0.80	40.78	47.64	54.49	61.34	68.19	75.04	81.89	88.74	95.59	102.44	109.29
1.00	40.78	47.64	54.49	61.34	68.19	75.04	81.89	88.74	95.59	102.44	109.29
1.20	40.78	47.64	54.49	61.34	68.19	75.04	81.89	88.74	95.59	102.44	109.29
1.40	40.78	47.64	54.49	61.34	68.19	75.04	81.89	88.74	95.59	102.44	109.29
1.60	40.78	47.64	54.49	61.34	68.19	75.04	81.89	88.74	95.59	102.44	109.29
1.80	40.78	47.64	54.49	61.34	68.19	75.04	81.89	88.74	95.59	102.44	109.29
2.00	40.78	47.64	54.49	61.34	68.19	75.04	81.89	88.74	95.59	102.44	109.29

Resumen de capacidades de carga última neta para condiciones estáticas (kN/m²) para diferentes anchos y profundidades de desplante (Método de Meyerhof).

Método de Meyerhof - Capacidad de carga última (Ton/m²)

PROF. (m)	ANCHO DE CIMENTACIÓN (m)										
	B=2.00	B=2.50	B=3.00	B=3.50	B=4.00	B=4.50	B=5.00	B=5.50	B=6.00	B=6.50	B=7.00
0.00	82.60	106.57	131.87	158.50	186.46	215.74	246.35	278.29	311.56	346.15	382.08
0.20	99.28	123.73	149.52	176.65	205.12	234.91	266.04	298.50	332.29	367.40	403.85
0.40	116.53	141.35	167.57	195.16	224.10	254.38	286.00	318.96	353.25	388.88	425.83
0.60	126.51	151.45	177.85	205.64	234.81	265.33	297.20	330.42	364.97	400.86	438.09
0.80	128.81	153.68	180.04	207.83	237.00	267.54	299.43	332.68	367.26	403.19	440.46
1.00	131.11	155.90	182.23	210.01	239.19	269.75	301.67	334.94	369.56	405.52	442.82
1.20	133.40	158.13	184.43	212.20	241.38	271.96	303.90	337.20	371.85	407.85	445.19
1.40	135.70	160.35	186.62	214.38	243.58	274.17	306.13	339.46	374.14	410.18	447.55
1.60	138.00	162.58	188.81	216.57	245.77	276.37	308.36	341.72	376.44	412.50	449.92
1.80	140.30	164.80	191.01	218.75	247.96	278.58	310.60	343.98	378.73	414.83	452.28
2.00	142.60	167.03	193.20	220.94	250.15	280.79	312.83	346.24	381.02	417.16	454.65

Resumen de capacidades de carga admisible neta para condiciones estáticas (Ton/m²) para diferentes anchos y profundidades de desplante. (Método de Meyerhof).



Método de Meyerhof - Capacidad de carga admisible (Ton/m²)

PROF. (m)	ANCHO DE CIMENTACIÓN (m)										
	B=2.00	B=2.50	B=3.00	B=3.50	B=4.00	B=4.50	B=5.00	B=5.50	B=6.00	B=6.50	B=7.00
0.00	27.53	35.52	43.96	52.83	62.15	71.91	82.12	92.76	103.85	115.38	127.36
0.20	33.09	41.24	49.84	58.88	68.37	78.30	88.68	99.50	110.76	122.47	134.62
0.40	38.84	47.12	55.86	65.05	74.70	84.79	95.33	106.32	117.75	129.63	141.94
0.60	42.17	50.48	59.28	68.55	78.27	88.44	99.07	110.14	121.66	133.62	146.03
0.80	42.94	51.23	60.01	69.28	79.00	89.18	99.81	110.89	122.42	134.40	146.82
1.00	43.70	51.97	60.74	70.00	79.73	89.92	100.56	111.65	123.19	135.17	147.61
1.20	44.47	52.71	61.48	70.73	80.46	90.65	101.30	112.40	123.95	135.95	148.40
1.40	45.23	53.45	62.21	71.46	81.19	91.39	102.04	113.15	124.71	136.73	149.18
1.60	46.00	54.19	62.94	72.19	81.92	92.12	102.79	113.91	125.48	137.50	149.97
1.80	46.77	54.93	63.67	72.92	82.65	92.86	103.53	114.66	126.24	138.28	150.76
2.00	47.53	55.68	64.40	73.65	83.38	93.60	104.28	115.41	127.01	139.05	151.55

Resumen de módulos de reacción vertical para diferentes anchos de cimentación

Profundidad (m)	Módulo de elasticidad del suelo		Ancho B (m)	Relación de poisson (μ)	μ^2	$1-\mu^2$	$B(1-\mu_s^2)$	Módulo de reacción del suelo	
	E_s (kN/m ³)	E_s (t/m ²)						k (kN/m ³)	k (t/m ²)
0.30	49033	5001	2.00	0.20	0.04	0.96	1.92	25538	2605
0.50	49033	5001	2.50	0.20	0.04	0.96	2.40	20430	2084
0.70	49033	5001	3.00	0.20	0.04	0.96	2.88	17025	1737
0.90	49033	5001	3.50	0.20	0.04	0.96	3.36	14593	1489
1.10	49033	5001	4.00	0.20	0.04	0.96	3.84	12769	1302
1.30	49033	5001	4.50	0.20	0.04	0.96	4.32	11350	1158
1.50	49033	5001	5.00	0.20	0.04	0.96	4.80	10215	1042
1.70	49033	5001	5.50	0.20	0.04	0.96	5.28	9287	947
1.90	49033	5001	6.00	0.20	0.04	0.96	5.76	8513	868
2.10	49033	5001	6.50	0.20	0.04	0.96	6.24	7858	802

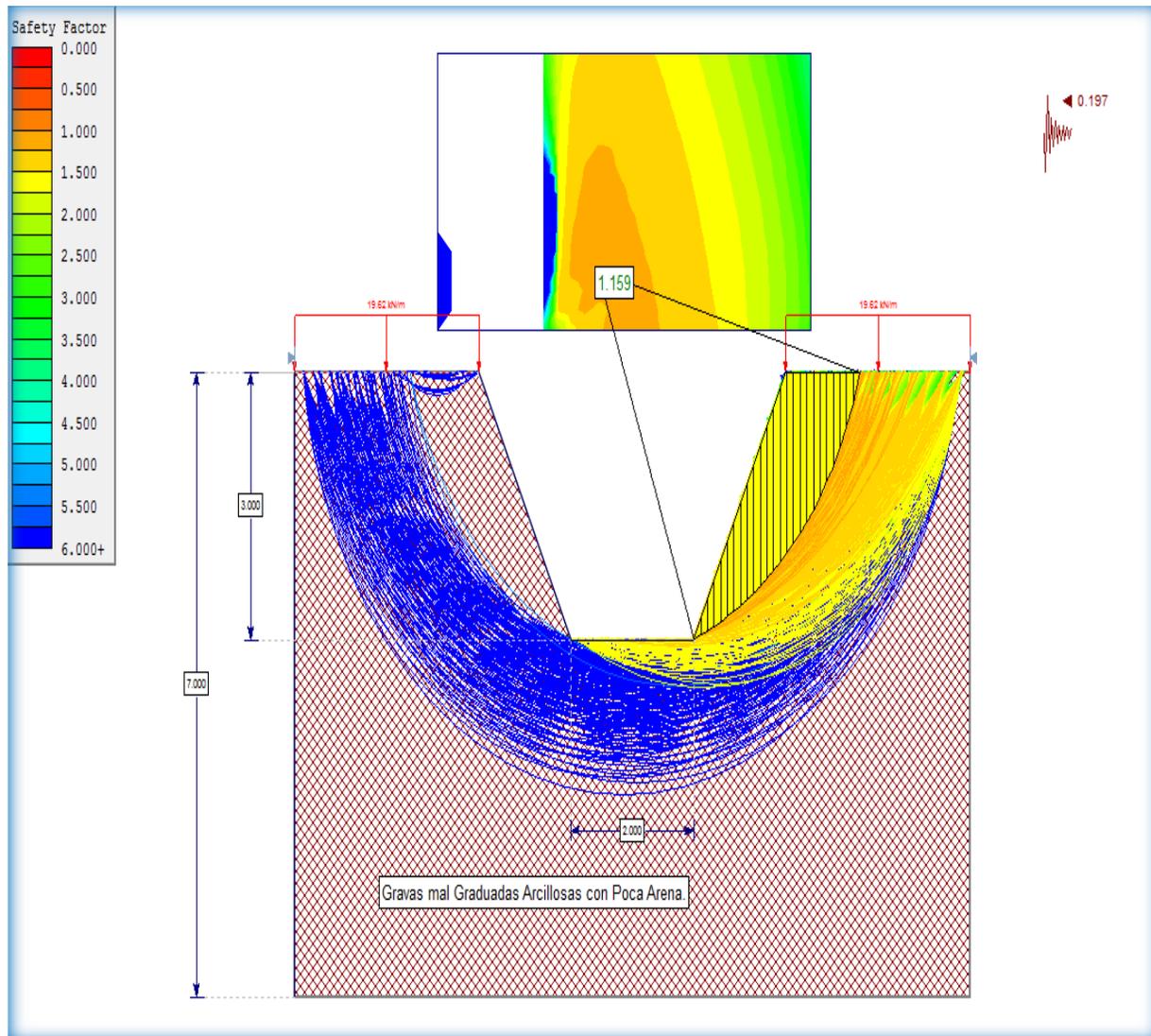


Resumen de factores de seguridad para excavaciones durante la construcción de cimentaciones.

RESUMEN DE RESULTADOS DEL ANÁLISIS DE ESTABILIDAD DE TALUDES REALIZADOS A CORTES PARA CONSTRUCCIÓN DE CIMENTACIONES EN LA ESTACIÓN DE VÁLVULAS MVL-203.																	
No.	Estación	Ángulo de inclinación (H:V)	Espesor del estrato H (m)	No. de estratos	Altura del talud h (m)	Tipo de material	Propiedades mecánicas y Peso volumétrico del material			Análisis con el programa Slide 5.0, Métodos de Análisis : Fellenius (F), Bishop simplified (BS), Janbu simplified (JS) y Morgenstern-Price (MP) . Superficie de falla circular.							
							c	ϕ	γ	(F)		(BS)		(JS)		(MP)	
							(KPa)	($^{\circ}$)	(KN/m ³)	F.S. dinámico con sobrecarga	F.S. Estático con sobrecarga	F.S. dinámico con sobrecarga	F.S. Estático con sobrecarga	F.S. dinámico con sobrecarga	F.S. Estático con sobrecarga	F.S. dinámico con sobrecarga	F.S. Estático con sobrecarga
1	96+600	0.50:1	7.00	1	3.00	GP-GC	10	35	20	1.10	1.32	1.16	1.37	1.07	1.30	1.15	1.36



Condición pseudo-estática con relación 0.50:1 (H:V).



Estabilidad de taludes en condiciones pseudo-estáticas con una relación 0.50:1 (H:V) con altura máxima de 3 m mediante programa SLIDE 5.0 para excavación de cimentaciones.

Slide Analysis Information

Document Name

File Name: MLV-203 ult.sli

Project Settings

Project Title: SLIDE - An Interactive Slope Stability Program

Failure Direction: Right to Left

Units of Measurement: SI Units

Pore Fluid Unit Weight: 9.81 kN/m³



Groundwater Method: Water Surfaces
Data Output: Standard
Calculate Excess Pore Pressure: Off
Allow Ru with Water Surfaces or Grids: Off
Random Numbers: Pseudo-random Seed
Random Number Seed: 10116
Random Number Generation Method: Park and Miller v.3

Analysis Methods

Analysis Methods used:
Bishop simplified
Corps of Engineers #2
GLE/Morgenstern-Price with interslice force function: Half Sine
Janbu simplified
Lowe-Karafiath
Ordinary/Fellenius

Number of slices: 25
Tolerance: 0.005
Maximum number of iterations: 50

Surface Options

Surface Type: Circular
Search Method: Grid Search
Radius increment: 10
Composite Surfaces: Disabled
Reverse Curvature: Create Tension Crack
Minimum Elevation: Not Defined
Minimum Depth: Not Defined

Loading

Seismic Load Coefficient (Horizontal): 0.197
2 Distributed Loads present:
Distributed Load #1 Constant Distribution, Orientation: Normal to boundary, Magnitude: 19.62 kN/m
Distributed Load #2 Constant Distribution, Orientation: Normal to boundary, Magnitude: 19.62 kN/m

Material Properties

Material: Gravas mal Graduadas Arcillosas con Poca Arena.
Strength Type: Mohr-Coulomb
Unit Weight: 20 kN/m³
Cohesion: 10 kPa
Friction Angle: 35 degrees
Water Surface: None

Global Minimums

Method: ordinary/fellenius
FS: 1.103070
Center: 3.078, 4.143
Radius: 4.416





Left Slip Surface Endpoint: 4.651, 0.017
Right Slip Surface Endpoint: 7.344, 3.002
Resisting Moment=333.399 kN-m
Driving Moment=302.246 kN-m

Method: bishop simplified

FS: 1.158740
Center: 3.078, 4.143
Radius: 4.416
Left Slip Surface Endpoint: 4.651, 0.017
Right Slip Surface Endpoint: 7.344, 3.002
Resisting Moment=350.224 kN-m
Driving Moment=302.246 kN-m

Method: janbu simplified

FS: 1.069840
Center: 3.078, 4.143
Radius: 4.416
Left Slip Surface Endpoint: 4.651, 0.017
Right Slip Surface Endpoint: 7.344, 3.002
Resisting Horizontal Force=51.1334 kN
Driving Horizontal Force=47.7953 kN

Method: corp of eng#2

FS: 1.144150
Center: 3.078, 4.143
Radius: 4.416
Left Slip Surface Endpoint: 4.651, 0.017
Right Slip Surface Endpoint: 7.344, 3.002

Resisting Horizontal Force=53.7378 kN
Driving Horizontal Force=46.9676 kN

Method: lowe-karafiath

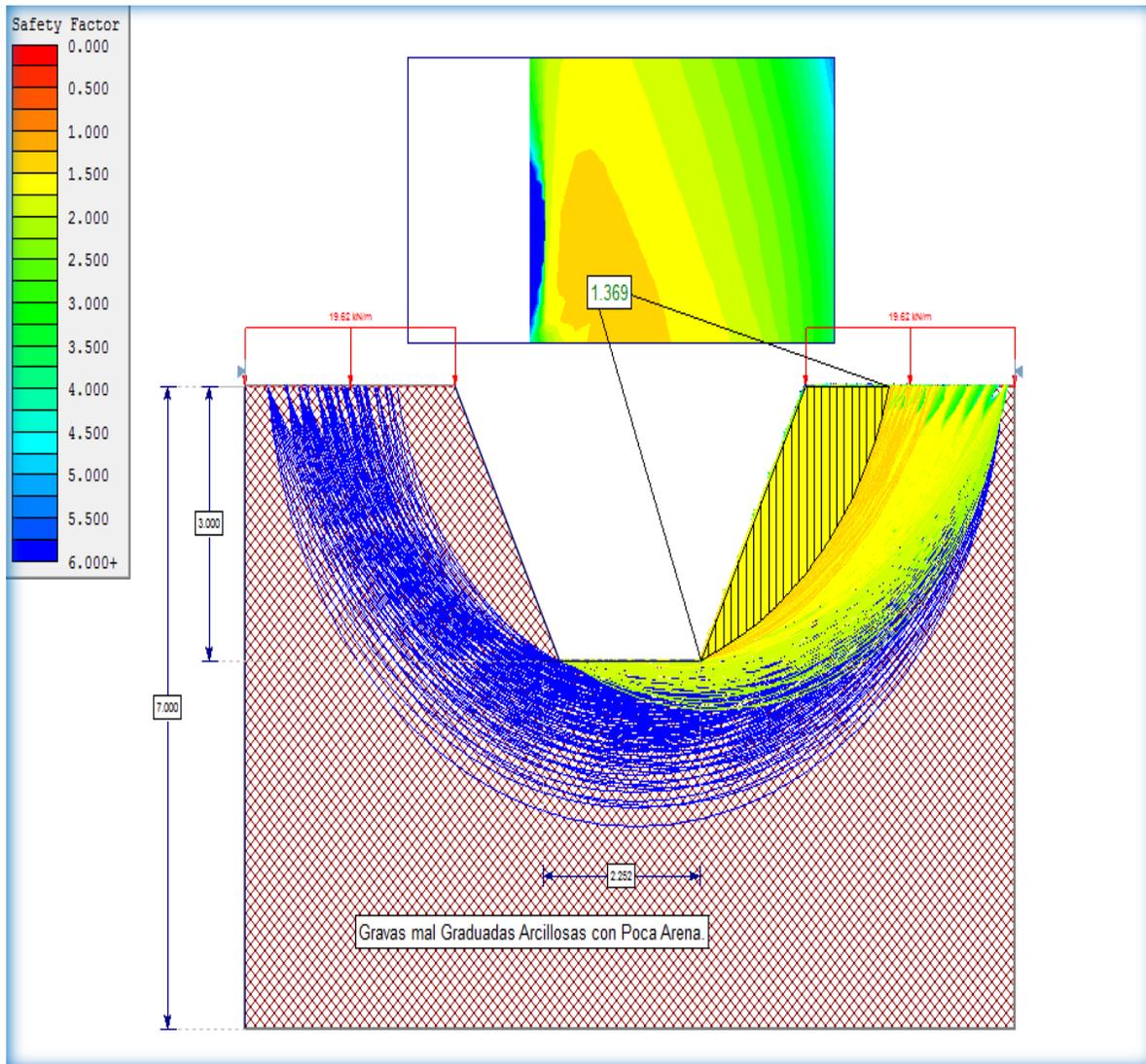
FS: 1.114220
Center: 3.078, 4.143
Radius: 4.416
Left Slip Surface Endpoint: 4.651, 0.017
Right Slip Surface Endpoint: 7.344, 3.002
Resisting Horizontal Force=52.737 kN
Driving Horizontal Force=47.331 kN

Method: gle/morgenstern-price

FS: 1.150510
Center: 3.078, 4.143
Radius: 4.416
Left Slip Surface Endpoint: 4.651, 0.017
Right Slip Surface Endpoint: 7.344, 3.002
Resisting Moment=347.738 kN-m
Driving Moment=302.246 kN-m
Resisting Horizontal Force=53.941 kN
Driving Horizontal Force=46.8842 kN

Condición estática con relación 0.50:1 (H:V).





Estabilidad de taludes en condición estática con una relación 0.50:1 (H:V) con altura máxima de 3 m mediante programa SLIDE 5.0 para excavación de cimentaciones.

Slide Analysis Information

Document Name

File Name: MLV-203 ultver.sli

Project Settings

Project Title: SLIDE - An Interactive Slope Stability Program

Failure Direction: Right to Left

Units of Measurement: SI Units

Pore Fluid Unit Weight: 9.81 kN/m³

Groundwater Method: Water Surfaces

Data Output: Standard



Calculate Excess Pore Pressure: Off
Allow Ru with Water Surfaces or Grids: Off
Random Numbers: Pseudo-random Seed
Random Number Seed: 10116
Random Number Generation Method: Park and Miller v.3

Analysis Methods

Analysis Methods used:
Bishop simplified
Corps of Engineers #2
GLE/Morgenstern-Price with interslice force function: Half Sine
Janbu simplified
Lowe-Karafiath
Ordinary/Fellenius

Number of slices: 25
Tolerance: 0.005
Maximum number of iterations: 50

Surface Options

Surface Type: Circular
Search Method: Grid Search
Radius increment: 10
Composite Surfaces: Disabled
Reverse Curvature: Create Tension Crack
Minimum Elevation: Not Defined
Minimum Depth: Not Defined

Loading

2 Distributed Loads present:
Distributed Load #1 Constant Distribution, Orientation: Normal to boundary, Magnitude: 19.62 kN/m
Distributed Load #2 Constant Distribution, Orientation: Normal to boundary, Magnitude: 19.62 kN/m

Material Properties

Material: Gravas mal Graduadas Arcillosas con Poca Arena.
Strength Type: Mohr-Coulomb
Unit Weight: 20 kN/m³
Cohesion: 10 kPa
Friction Angle: 35 degrees
Water Surface: None

Global Minimums

Method: ordinary/fellenius
FS: 1.316010
Center: 3.078, 4.143
Radius: 4.416
Left Slip Surface Endpoint: 4.651, 0.017
Right Slip Surface Endpoint: 7.344, 3.002
Resisting Moment=359.138 kN-m





Driving Moment=272.9 kN-m

Method: bishop simplified

FS: 1.368850

Center: 3.078, 4.143

Radius: 4.416

Left Slip Surface Endpoint: 4.651, 0.017

Right Slip Surface Endpoint: 7.344, 3.002

Resisting Moment=373.56 kN-m

Driving Moment=272.9 kN-m

Method: janbu simplified

FS: 1.300220

Center: 3.078, 4.143

Radius: 4.416

Left Slip Surface Endpoint: 4.651, 0.017

Right Slip Surface Endpoint: 7.344, 3.002

Resisting Horizontal Force=54.9059 kN

Driving Horizontal Force=42.2281 kN

Method: corp of eng#2

FS: 1.389650

Center: 2.861, 4.143

Radius: 4.462

Left Slip Surface Endpoint: 4.676, 0.067

Right Slip Surface Endpoint: 7.175, 3.002

Resisting Horizontal Force=48.9344 kN

Driving Horizontal Force=35.2134 kN

Method: lowe-karafiath

FS: 1.369170

Center: 3.078, 4.143

Radius: 4.416

Left Slip Surface Endpoint: 4.651, 0.017

Right Slip Surface Endpoint: 7.344, 3.002

Resisting Horizontal Force=56.7767 kN

Driving Horizontal Force=41.468 kN

Method: gle/morgenstern-price

FS: 1.360490

Center: 3.078, 4.143

Radius: 4.416

Left Slip Surface Endpoint: 4.651, 0.017

Right Slip Surface Endpoint: 7.344, 3.002

Resisting Moment=371.279 kN-m

Driving Moment=272.9 kN-m

Resisting Horizontal Force=56.5033 kN

Driving Horizontal Force=41.5314 kN

Resumen de parámetros para análisis de asentamientos inmediatos, por consolidación y totales.

Results

Time taken to compute: 6.36387 seconds

Stage: Stage 1

Data Type	Minimum	Maximum
Total Settlement [m]	0	0.00108745
Consolidation Settlement [m]	0	0
Immediate Settlement [m]	0	0.00108745
Loading Stress [tonnes/m2]	4.02842e-008	3.32745
Total Stress [tonnes/m2]	4.02842e-008	38.1121
Total Strain	-0	0.000332745
Degree of Consolidation [%]	0	0
Pre-consolidation Stress [tonnes/m2]	0.038	38.0932
Over-consolidation Ratio	1	1
Void Ratio	0	0
Hydroconsolidation Settlement [m]	0	0

Loads

1. Rectangular Load

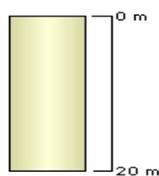
Length: 10 m
 Width: 5 m
 Rotation angle: 0 degrees
 Load Type: Rigid
 Area of Load: 50 m²
 Load: 2 tonnes/m²
 Depth: 0 m
 Installation Stage: Stage 1

Coordinates

X [m]	Y [m]
3.995	10.298
13.995	10.298
13.995	15.298
3.995	15.298

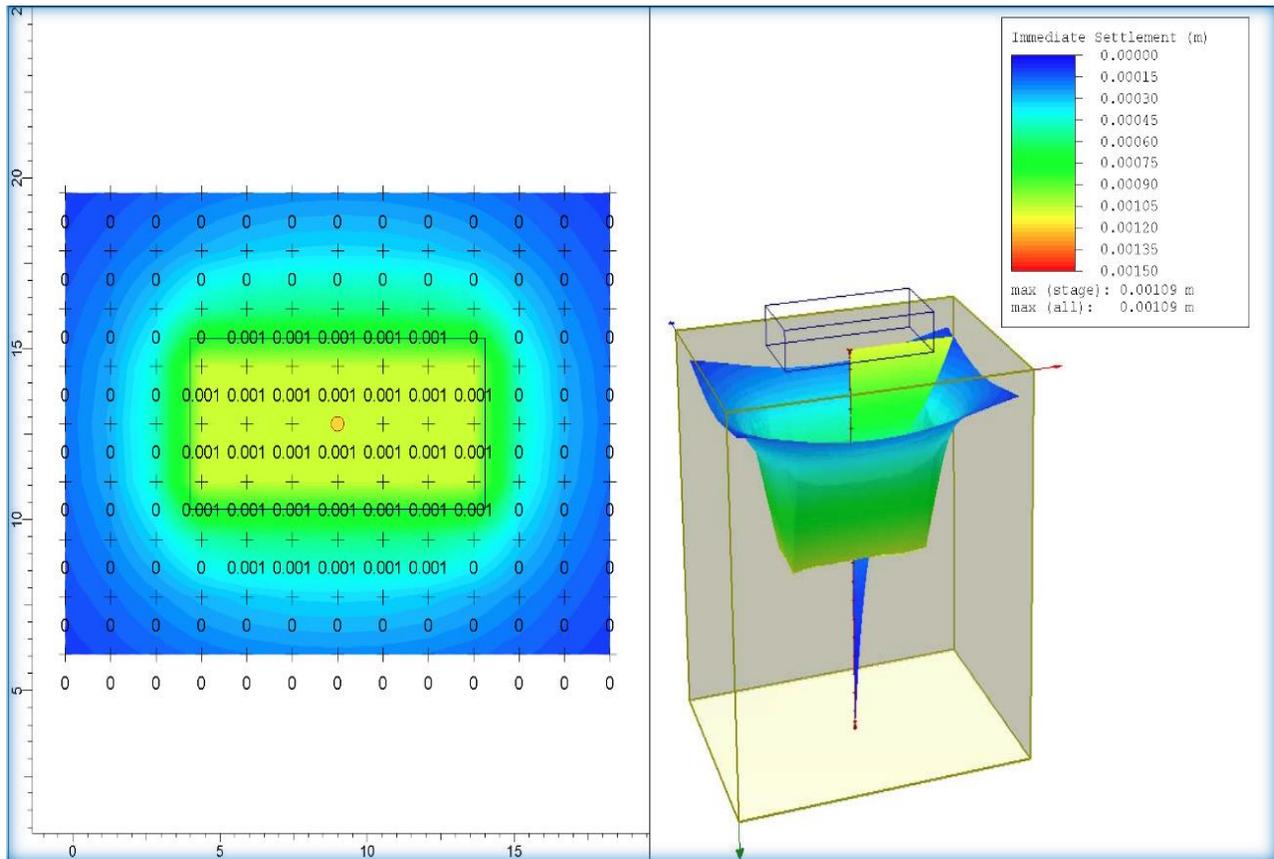
Soil Layers

Layer #	Type	Thickness [m]	Depth [m]
1	Fragmentos de Roca con Gravas Arcillosas	20	0

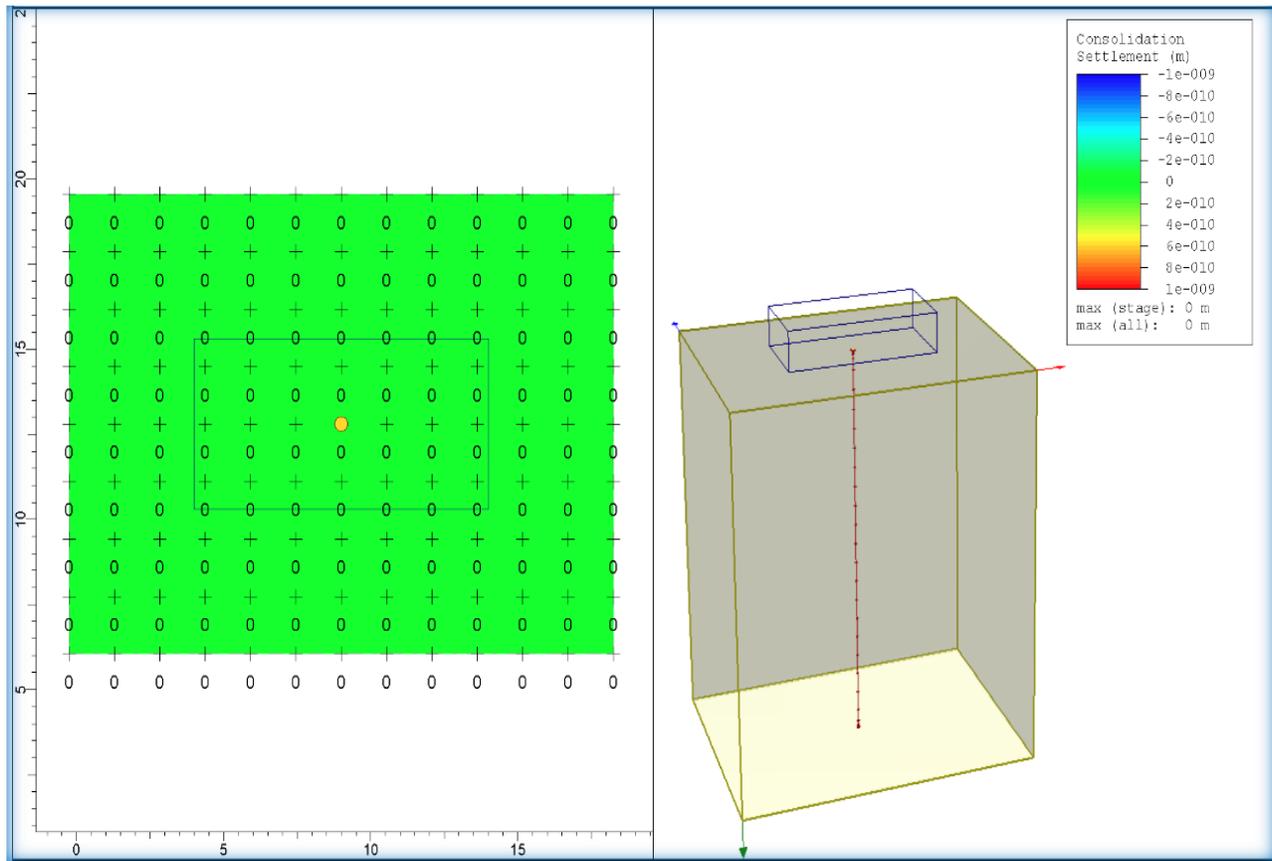


Soil Properties

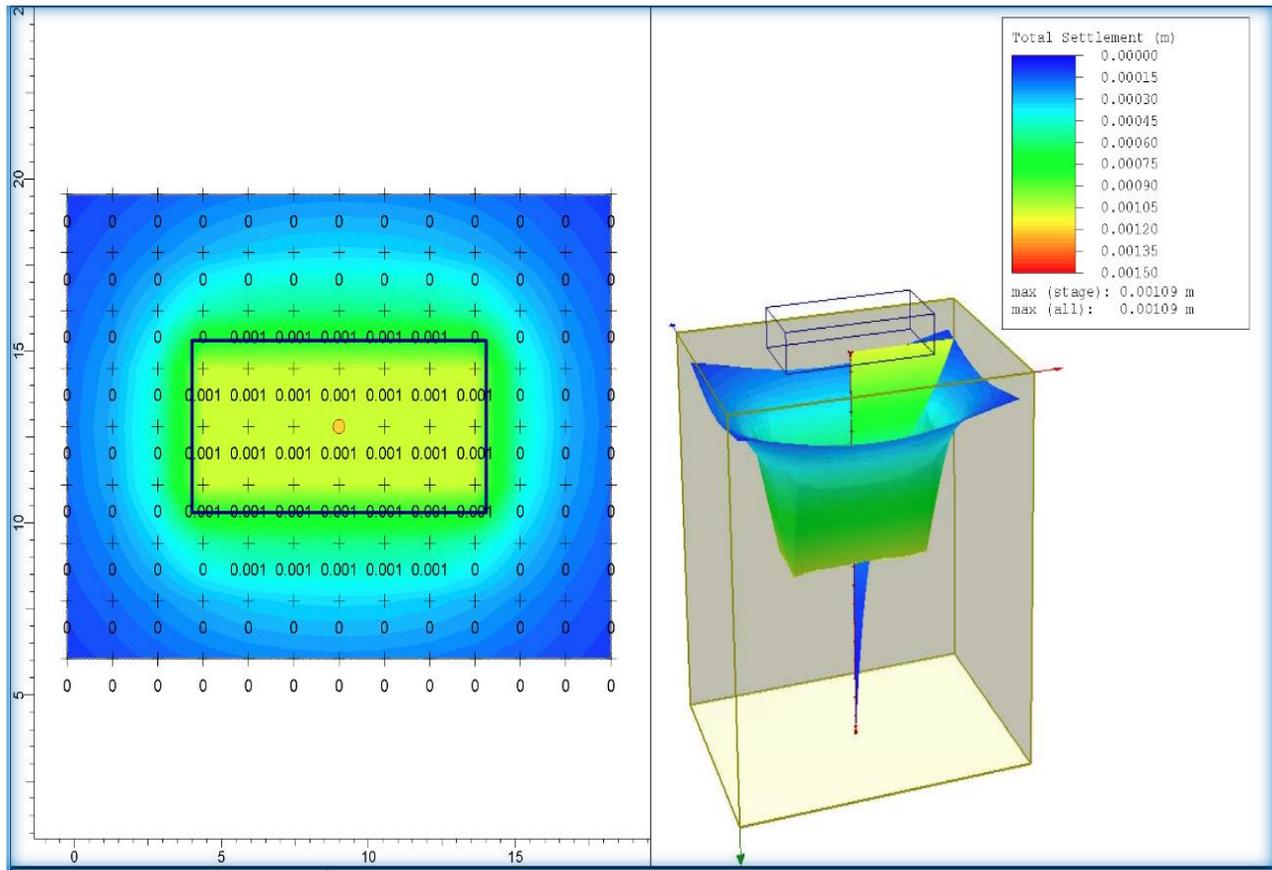
Property	Fragmentos de Roca con Gravas Arcillosas
Color	
Unit Weight [tonnes/m ³]	1.9
Immediate Settlement	Enabled
Es [tonnes/m ²]	10000
Esur [tonnes/m ²]	10000



Asentamientos inmediatos.



Asentamientos por consolidación.



Asentamientos totales.

Resumen de parámetros para análisis de capacidad de carga.

Estratigrafía terreno

Estratigrafía

Nr. Estratigrafías... Estratigrafía Nr. 1 Descripción Estratigrafía Nr. 1

Nº	DB	Espesor del estrato (m)	Gk (kN/m³)	Gk Saturado (kN/m³)	Fik (°)	ck (kN/m²)	cuk (kN/m²)	Eyk (kN/m²)	Edk (kN/m²)	Datos adicionales	Texture	Descripción
1		1.50	19.13	19.13	30	18.0	18.0	49033.2	49033.2			

Nspt - Licuefacción

La licuefacción de un depósito arenoso con nivel freático no existe si: a) El valor de Nspt' (corregido-normalizado) es > 25 con contenido fino ausente. b) El valor de Nspt' (corregido-normalizado)

Nº	Inclinación estrato (°)	Clay Fraction (%)	Nspt	Comportamiento o geotécnico	Coef. Poisson
1	0	0	20		0

Colapso por desplazamiento

Adhesión terreno cimentación (kN/m²)

Áng. rozamiento terreno cimentación °

Fracción empuje pasivo %

Resumen de capacidades de carga última neta para condiciones estáticas (kN/m²) para diferentes anchos y profundidades de desplante. (Método de Terzaghi).

Método de Terzaghi - Capacidad de carga última (Ton/m ²)											
PROF. (m)	ANCHO DE CIMENTACIÓN (m)										
	B=2.00	B=2.50	B=3.00	B=3.50	B=4.00	B=4.50	B=5.00	B=5.50	B=6.00	B=6.50	B=7.00
0.30	119.83	129.45	139.07	148.69	158.31	167.93	177.55	187.17	196.79	206.41	216.03
0.40	124.21	133.83	143.45	153.07	162.69	172.31	181.93	191.55	201.17	210.79	220.41
0.50	128.59	138.21	147.83	157.45	167.07	176.69	186.31	195.93	205.55	215.17	224.79
0.60	128.59	138.21	147.83	157.45	167.07	176.69	186.31	195.93	205.55	215.17	224.79
0.70	128.59	138.21	147.83	157.45	167.07	176.69	186.31	195.93	205.55	215.17	224.79
0.80	128.59	138.21	147.83	157.45	167.07	176.69	186.31	195.93	205.55	215.17	224.79
0.90	128.59	138.21	147.83	157.45	167.07	176.69	186.31	195.93	205.55	215.17	224.79
1.00	128.59	138.21	147.83	157.45	167.07	176.69	186.31	195.93	205.55	215.17	224.79
1.10	128.59	138.21	147.83	157.45	167.07	176.69	186.31	195.93	205.55	215.17	224.79
1.20	128.59	138.21	147.83	157.45	167.07	176.69	186.31	195.93	205.55	215.17	224.79
1.30	128.59	138.21	147.83	157.45	167.07	176.69	186.31	195.93	205.55	215.17	224.79



Resumen de capacidades de carga admisible neta para condiciones estáticas (Ton/m²) para diferentes anchos y profundidades de desplante. (Método de Terzaghi).

Método de Terzaghi - Capacidad de carga admisible (Ton/m²)

PROF. (m)	ANCHO DE CIMENTACIÓN (m)										
	B=2.00	B=2.50	B=3.00	B=3.50	B=4.00	B=4.50	B=5.00	B=5.50	B=6.00	B=6.50	B=7.00
0.30	39.94	43.15	46.36	49.56	52.77	55.98	59.18	62.39	65.60	68.80	72.01
0.40	41.40	44.61	47.82	51.02	54.23	57.44	60.64	63.85	67.06	70.26	73.47
0.50	42.86	46.07	49.28	52.48	55.69	58.90	62.10	65.31	68.52	71.72	74.93
0.60	42.86	46.07	49.28	52.48	55.69	58.90	62.10	65.31	68.52	71.72	74.93
0.70	42.86	46.07	49.28	52.48	55.69	58.90	62.10	65.31	68.52	71.72	74.93
0.80	42.86	46.07	49.28	52.48	55.69	58.90	62.10	65.31	68.52	71.72	74.93
0.90	42.86	46.07	49.28	52.48	55.69	58.90	62.10	65.31	68.52	71.72	74.93
1.00	42.86	46.07	49.28	52.48	55.69	58.90	62.10	65.31	68.52	71.72	74.93
1.10	42.86	46.07	49.28	52.48	55.69	58.90	62.10	65.31	68.52	71.72	74.93
1.20	42.86	46.07	49.28	52.48	55.69	58.90	62.10	65.31	68.52	71.72	74.93
1.30	42.86	46.07	49.28	52.48	55.69	58.90	62.10	65.31	68.52	71.72	74.93

Resumen de capacidades de carga última neta para condiciones estáticas (kN/m²) para diferentes anchos y profundidades de desplante (Método de Meyerhof).

Método de Meyerhof - Capacidad de carga última (Ton/m²)

PROF. (m)	ANCHO DE CIMENTACIÓN (m)										
	B=2.00	B=2.50	B=3.00	B=3.50	B=4.00	B=4.50	B=5.00	B=5.50	B=6.00	B=6.50	B=7.00
0.30	110.13	120.00	130.31	140.98	151.94	163.19	174.70	186.47	198.48	210.74	223.24
0.40	115.52	125.21	135.43	146.04	156.98	168.22	179.73	191.51	203.55	215.84	228.37
0.50	120.97	130.48	140.59	151.13	162.04	173.27	184.79	196.59	208.64	220.95	233.52
0.60	122.49	131.78	141.74	152.19	163.02	174.19	185.67	197.42	209.45	221.74	234.28
0.70	124.01	133.08	142.89	153.24	164.00	175.11	186.54	198.26	210.26	222.52	235.04
0.80	125.53	134.38	144.05	154.29	164.98	176.03	187.41	199.10	211.07	223.30	235.80
0.90	127.04	135.68	145.21	155.35	165.95	176.95	188.29	199.94	211.87	224.09	236.57
1.00	128.56	136.98	146.36	156.40	166.93	177.87	189.16	200.77	212.68	224.87	237.33
1.10	130.08	138.28	147.52	157.45	167.91	178.79	190.04	201.61	213.49	225.65	238.09
1.20	131.60	139.57	148.67	158.51	168.89	179.71	190.91	202.45	214.30	226.44	238.85
1.30	133.12	140.87	149.83	159.56	169.87	180.63	191.79	203.29	215.11	227.22	239.62





Resumen de capacidades de carga admisible neta para condiciones estáticas (Ton/m²) para diferentes anchos y profundidades de desplante. (Método de Meyerhof).

Método de Meyerhof - Capacidad de carga admisible (Ton/m²)

PROF. (m)	ANCHO DE CIMENTACIÓN (m)										
	B=2.00	B=2.50	B=3.00	B=3.50	B=4.00	B=4.50	B=5.00	B=5.50	B=6.00	B=6.50	B=7.00
0.30	36.71	40.00	43.44	46.99	50.65	54.40	58.23	62.16	66.16	70.25	74.41
0.40	38.51	41.74	45.14	48.68	52.33	56.07	59.91	63.84	67.85	71.95	76.12
0.50	40.32	43.49	46.86	50.38	54.01	57.76	61.60	65.53	69.55	73.65	77.84
0.60	40.83	43.93	47.25	50.73	54.34	58.06	61.89	65.81	69.82	73.91	78.09
0.70	41.34	44.36	47.63	51.08	54.67	58.37	62.18	66.09	70.09	74.17	78.35
0.80	41.84	44.79	48.02	51.43	54.99	58.68	62.47	66.37	70.36	74.43	78.60
0.90	42.35	45.23	48.40	51.78	55.32	58.98	62.76	66.65	70.62	74.70	78.86
1.00	42.85	45.66	48.79	52.13	55.64	59.29	63.05	66.92	70.89	74.96	79.11
1.10	43.36	46.09	49.17	52.48	55.97	59.60	63.35	67.20	71.16	75.22	79.36
1.20	43.87	46.52	49.56	52.84	56.30	59.90	63.64	67.48	71.43	75.48	79.62
1.30	44.37	46.96	49.94	53.19	56.62	60.21	63.93	67.76	71.70	75.74	79.87

Resumen de módulos de reacción vertical para diferentes anchos de cimentación

Profundidad (m)	Módulo de elasticidad del suelo		Ancho B (m)	Relación de poisson (μ)	μ^2	$1-\mu^2$	$B(1-\mu_s^2)$	Módulo de reacción del suelo	
	E_s (kN/m ³)	E_s (t/m ²)						k (kN/m ³)	k (t/m ³)
0.30	49033	5001	2.00	0.15	0.02	0.98	1.96	25081	2558
0.40	49033	5001	2.50	0.15	0.02	0.98	2.44	20065	2047
0.50	49033	5001	3.00	0.15	0.02	0.98	2.93	16721	1706
0.60	49033	5001	3.50	0.15	0.02	0.98	3.42	14332	1462
0.70	49033	5001	4.00	0.15	0.02	0.98	3.91	12540	1279
0.80	49033	5001	4.50	0.15	0.02	0.98	4.40	11147	1137
0.90	49033	5001	5.00	0.15	0.02	0.98	4.89	10032	1023
1.00	49033	5001	5.50	0.15	0.02	0.98	5.38	9120	930
1.10	49033	5001	6.00	0.15	0.02	0.98	5.87	8360	853
1.20	49033	5001	6.50	0.15	0.02	0.98	6.35	7717	787

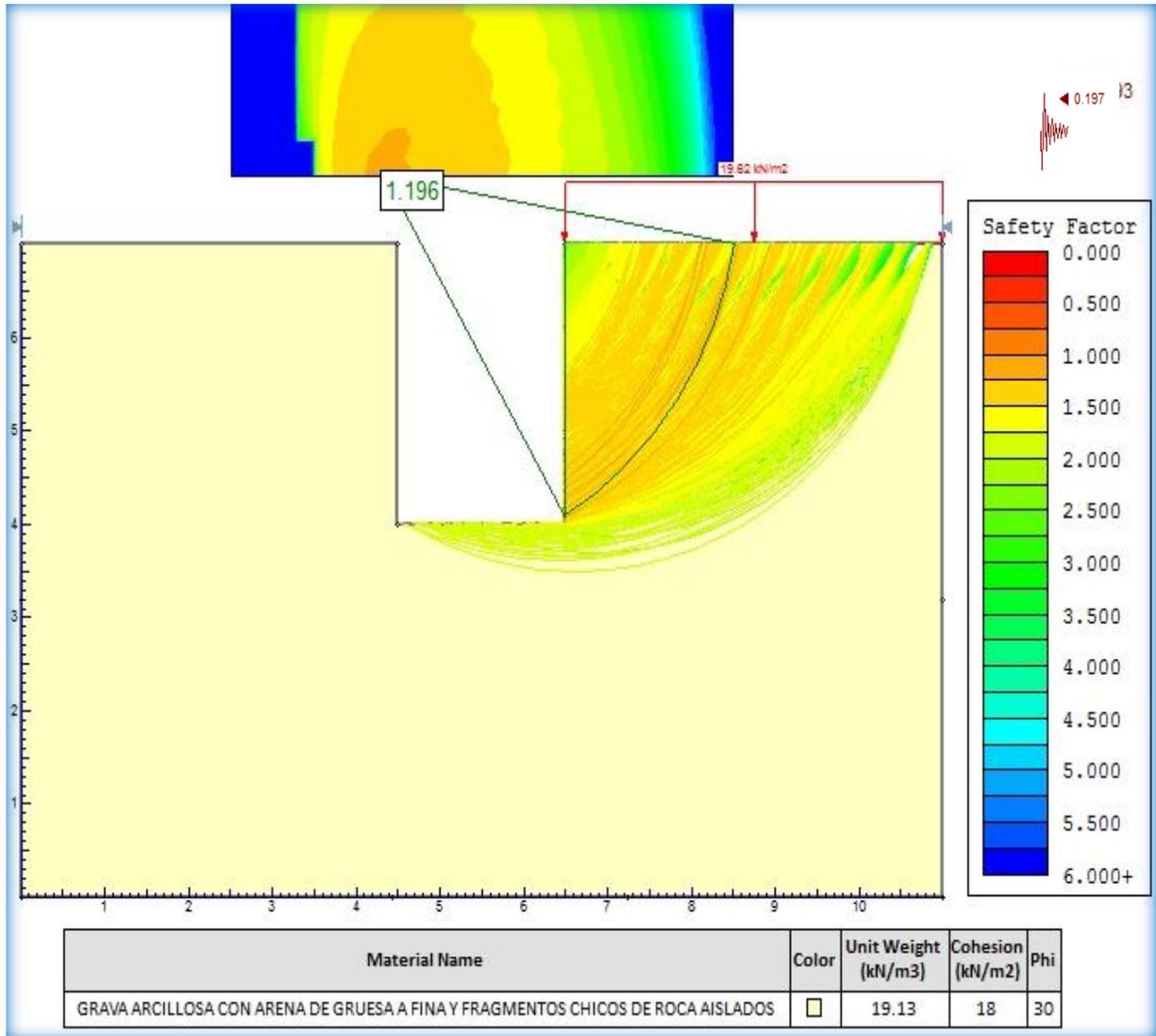




Resumen de factores de seguridad para excavaciones durante la construcción de cimentaciones.

RESUMEN DE PROPIEDADES INDICE Y MECANICAS (TRAMPAS INTERMEDIAS TRD-220, TED-221 Y VALVULA MLV-206).																		
No.	KP	Profundiad alcanzada (m)	No. de estratos	Espesor del Estrato (m)		Tipo de material	Contenido de agua (%)	Granulometría (%)						Limites de consistencia (%)			Peso volumetrico (ton/m ³)	
				DE	A			Fg	Fm	Fc	G	A	F	LL	LP	IP	γ (seco)	γ (natural)
PCA-04	192+983	1.50	2	0.00	0.15	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
				0.15	2.50	GC	4.95	--	--	8.08	50.67	19.77	21.48	40.30	22.16	18.14	1.76	1.85
1.30		2	0.00	0.15	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
			0.15	2.30	GC	4.80	--	--	--	57.23	22.37	20.40	38.20	19.15	19.05	1.66	1.74	





Estabilidad de taludes en condiciones pseudo-estáticas para corte vertical con altura máxima de 3 m mediante programa SLIDE 6.0 para excavación de cimentaciones.

Slide Analysis Information

Project Summary

- File Name: MLV-206 VER DIN
- Slide Modeler Version: 6.005

General Settings

- Units of Measurement: Metric Units
- Time Units: seconds



- Permeability Units: meters/second
- Failure Direction: Right to Left
- Data Output: Standard
- Maximum Material Properties: 20
- Maximum Support Properties: 20

Analysis Options

Analysis Methods Used

- Bishop simplified
- GLE/Morgenstern-Price with interslice force function: Half Sine
- Janbu simplified
- Janbu corrected
- Ordinary/Fellenius

- Number of slices: 25
- Tolerance: 0.005
- Maximum number of iterations: 50
- Check malpha < 0.2: Yes
- Initial trial value of FS: 1
- Steffensen Iteration: Yes

Groundwater Analysis

- Groundwater Method: Water Surfaces
- Pore Fluid Unit Weight: 9.81 kN/m³
- Advanced Groundwater Method: None

Random Numbers

- Pseudo-random Seed: 10116
- Random Number Generation Method: Park and Miller v.3

Surface Options

- Surface Type: Circular
- Search Method: Grid Search
- Radius Increment: 10
- Composite Surfaces: Disabled
- Reverse Curvature: Create Tension Crack
- Minimum Elevation: Not Defined
- Minimum Depth: Not Defined

Loading

- Seismic Load Coefficient (Horizontal): 0.193
- 1 Distributed Load present



Distributed Load 1

- Distribution: Constant
- Magnitude [kN/m²]: 19.62
- Orientation: Normal to boundary

Material Properties

Property	GRAVA ARCILLOSA CON ARENA DE GRUESA A FINA Y FRAGMENTOS CHICOS DE ROCA AISLADOS
Color	
Strength Type	Mohr-Coulomb
Unit Weight [kN/m ³]	19.13
Cohesion [kPa]	18
Friction Angle [deg]	30
Water Surface	None
Ru Value	0

Global Minimums

Method: ordinary/fellenius

- FS: 1.196450
- Center: 4.359, 0.729
- Radius: 4.235
- Left Slip Surface Endpoint: 6.500, -2.925
- Right Slip Surface Endpoint: 8.531, -0.000
- Left Slope Intercept: 6.500 -0.000
- Right Slope Intercept: 8.531 -0.000
- Resisting Moment=444.292 kN-m
- Driving Moment=371.343 kN-m

Method: bishop simplified

- FS: 1.172130
- Center: 4.359, 0.729
- Radius: 4.235
- Left Slip Surface Endpoint: 6.500, -2.925
- Right Slip Surface Endpoint: 8.531, -0.000
- Left Slope Intercept: 6.500 -0.000
- Right Slope Intercept: 8.531 -0.000



- Resisting Moment=435.264 kN-m
- Driving Moment=371.343 kN-m

Method: janbu simplified

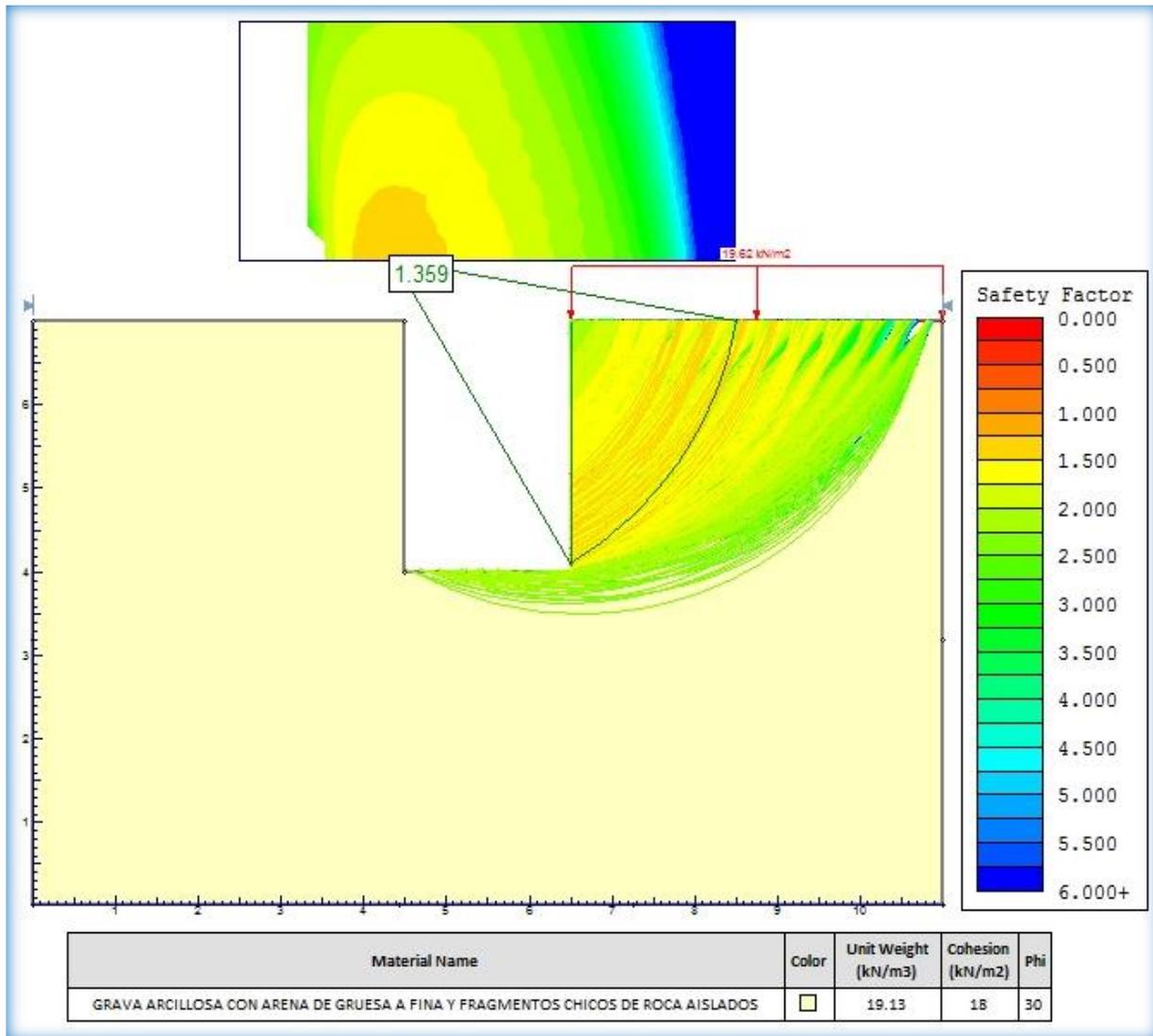
- FS: 1.190610
- Center: 4.359, 0.729
- Radius: 4.235
- Left Slip Surface Endpoint: 6.500, -2.925
- Right Slip Surface Endpoint: 8.531, -0.000
- Left Slope Intercept: 6.500 -0.000
- Right Slope Intercept: 8.531 -0.000
- Resisting Horizontal Force=65.7538 kN
- Driving Horizontal Force=55.2267 kN

Method: janbu corrected

- FS: 1.246090
- Center: 4.359, 0.729
- Radius: 4.235
- Left Slip Surface Endpoint: 6.500, -2.925
- Right Slip Surface Endpoint: 8.531, -0.000
- Left Slope Intercept: 6.500 -0.000
- Right Slope Intercept: 8.531 -0.000
- Resisting Horizontal Force=68.8178 kN
- Driving Horizontal Force=55.2267 kN

Method: gle/morgenstern-price

- FS: 1.175950
- Center: 4.359, 0.729
- Radius: 4.235
- Left Slip Surface Endpoint: 6.500, -2.925
- Right Slip Surface Endpoint: 8.531, -0.000
- Left Slope Intercept: 6.500 -0.000
- Right Slope Intercept: 8.531 -0.000
- Resisting Moment=436.682 kN-m
- Driving Moment=371.343 kN-m
- Resisting Horizontal Force=65.0997 kN
- Driving Horizontal Force=55.359 kN



Estabilidad de taludes en condiciones estáticas para corte vertical con altura máxima de 3 m mediante programa SLIDE 6.0 para excavación de cimentaciones.

Slide Analysis Information

Project Summary

- File Name: MLV-206 VER EST
- Slide Modeler Version: 6.005

General Settings

- Units of Measurement: Metric Units
- Time Units: seconds
- Permeability Units: meters/second



- Failure Direction: Right to Left
- Data Output: Standard
- Maximum Material Properties: 20
- Maximum Support Properties: 20

Analysis Options

Analysis Methods Used

- Bishop simplified
- GLE/Morgenstern-Price with interslice force function: Half Sine
- Janbu simplified
- Janbu corrected
- Ordinary/Fellenius

- Number of slices: 25
- Tolerance: 0.005
- Maximum number of iterations: 50
- Check $\alpha < 0.2$: Yes
- Initial trial value of FS: 1
- Steffensen Iteration: Yes

Groundwater Analysis

- Groundwater Method: Water Surfaces
- Pore Fluid Unit Weight: 9.81 kN/m³
- Advanced Groundwater Method: None

Random Numbers

- Pseudo-random Seed: 10116
- Random Number Generation Method: Park and Miller v.3

Surface Options

- Surface Type: Circular
- Search Method: Grid Search
- Radius Increment: 10
- Composite Surfaces: Disabled
- Reverse Curvature: Create Tension Crack
- Minimum Elevation: Not Defined
- Minimum Depth: Not Defined

Loading

- 1 Distributed Load present



Distributed Load 1

- Distribution: Constant
- Magnitude [kN/m²]: 19.62
- Orientation: Normal to boundary

Material Properties

Property	GRAVA ARCILLOSA CON ARENA DE GRUESA A FINA Y FRAGMENTOS CHICOS DE ROCA AISLADOS
Color	
Strength Type	Mohr-Coulomb
Unit Weight [kN/m ³]	19.13
Cohesion [kPa]	18
Friction Angle [deg]	30
Water Surface	None
Ru Value	0

Global Minimums

Method: ordinary/fellenius

- FS: 1.359500
- Center: 4.359, 0.729
- Radius: 4.235
- Left Slip Surface Endpoint: 6.500, -2.925
- Right Slip Surface Endpoint: 8.531, -0.000
- Left Slope Intercept: 6.500 -0.000
- Right Slope Intercept: 8.531 -0.000
- Resisting Moment=468.698 kN-m
- Driving Moment=344.758 kN-m

Method: bishop simplified

- FS: 1.317580
- Center: 4.359, 0.729
- Radius: 4.235
- Left Slip Surface Endpoint: 6.500, -2.925
- Right Slip Surface Endpoint: 8.531, -0.000
- Left Slope Intercept: 6.500 -0.000
- Right Slope Intercept: 8.531 -0.000
- Resisting Moment=454.245 kN-m
- Driving Moment=344.758 kN-m



Method: janbu simplified

- FS: 1.407850
- Center: 4.359, 0.729
- Radius: 4.235
- Left Slip Surface Endpoint: 6.500, -2.925
- Right Slip Surface Endpoint: 8.531, -0.000
- Left Slope Intercept: 6.500 -0.000
- Right Slope Intercept: 8.531 -0.000
- Resisting Horizontal Force=69.3366 kN
- Driving Horizontal Force=49.25 kN

Method: janbu corrected

- FS: 1.473450
- Center: 4.359, 0.729
- Radius: 4.235
- Left Slip Surface Endpoint: 6.500, -2.925
- Right Slip Surface Endpoint: 8.531, -0.000
- Left Slope Intercept: 6.500 -0.000
- Right Slope Intercept: 8.531 -0.000
- Resisting Horizontal Force=72.5676 kN
- Driving Horizontal Force=49.25 kN

Method: gle/morgenstern-price

- FS: 1.477470
- Center: 4.359, 1.346
- Radius: 4.112
- Left Slip Surface Endpoint: 6.500, -2.164
- Right Slip Surface Endpoint: 8.244, -0.000
- Left Slope Intercept: 6.500 -0.000
- Right Slope Intercept: 8.244 -0.000
- Resisting Moment=336.86 kN-m
- Driving Moment=227.999 kN-m
- Resisting Horizontal Force=53.6149 kN
- Driving Horizontal Force=36.2884 kN

Resumen de parámetros para análisis de asentamientos inmediatos, por consolidación y totales.

Results

Time taken to compute: 3.15031 seconds

Stage: PCA-04-MLV-206

Data Type	Minimum	Maximum
Total Settlement [cm]	0	0.220423
Consolidation Settlement [cm]	0	0
Immediate Settlement [cm]	0	0.220423
Loading Stress [tonnes/m ²]	0	5.64856
Total Stress [tonnes/m ²]	0	29.4388
Total Strain	-0	0.00112971
Degree of Consolidation [%]	0	0
Pre-consolidation Stress [tonnes/m ²]	0.02925	29.4246
Over-consolidation Ratio	1	1
Void Ratio	0	0
Hydroconsolidation Settlement [cm]	0	0

Loads

1. Rectangular Load

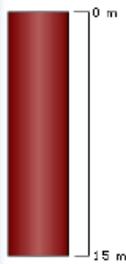
Length: 5 m
Width: 10 m
Rotation angle: 0 degrees
Load Type: Rigid
Area of Load: 50 m²
Load: 2 tonnes/m²
Depth: 0.3 m
Installation Stage: PCA-04-MLV-206

Coordinates

X [m]	Y [m]
6.603	6.5
11.603	6.5
11.603	16.5
6.603	16.5

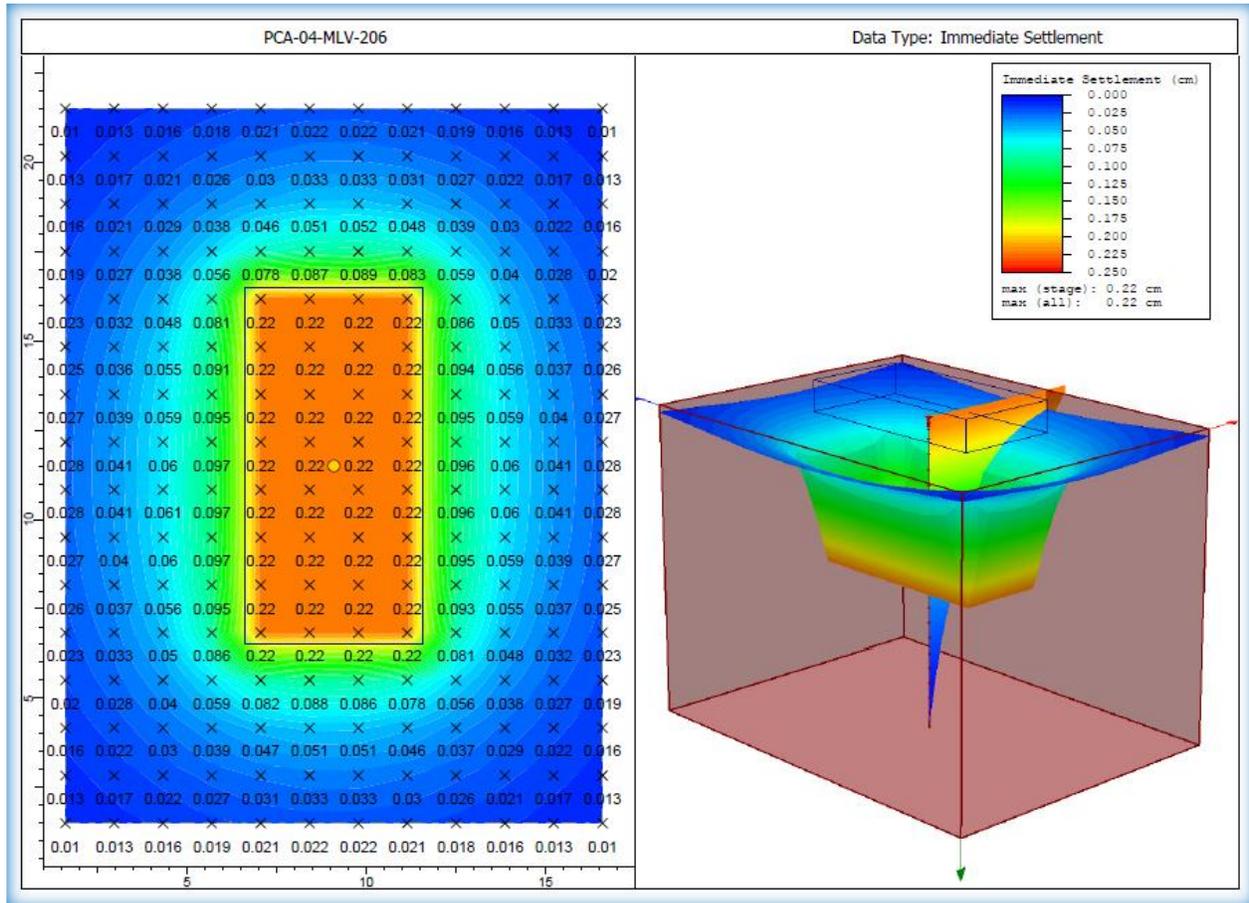
Soil Layers

Layer #	Type	Thickness [m]	Depth [m]
1	GRAVA ARCILLOSA CON ARENA DE GRUESA A FINA Y FRAGMENTOS CHICOS DE ROCA AISLADOS	15	0

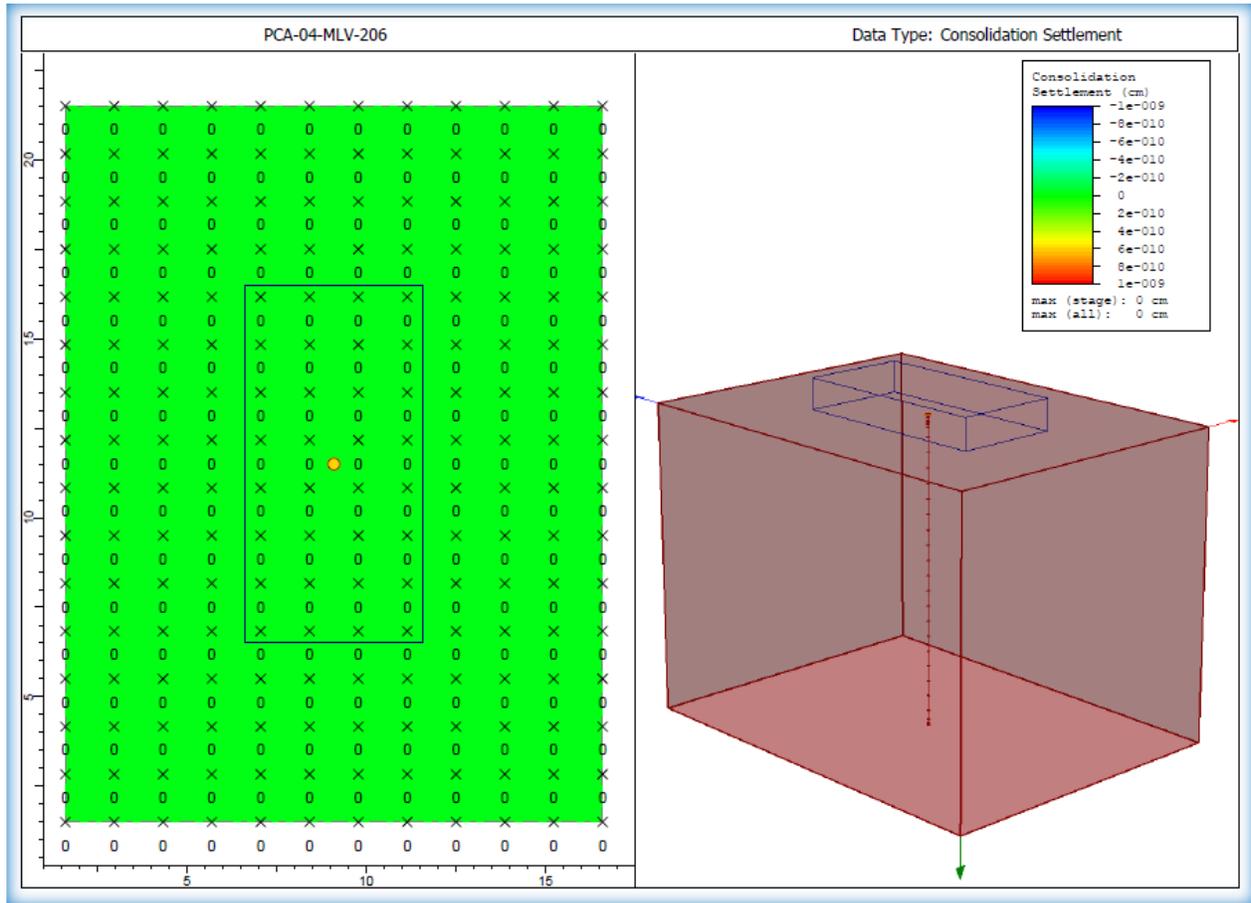


Soil Properties

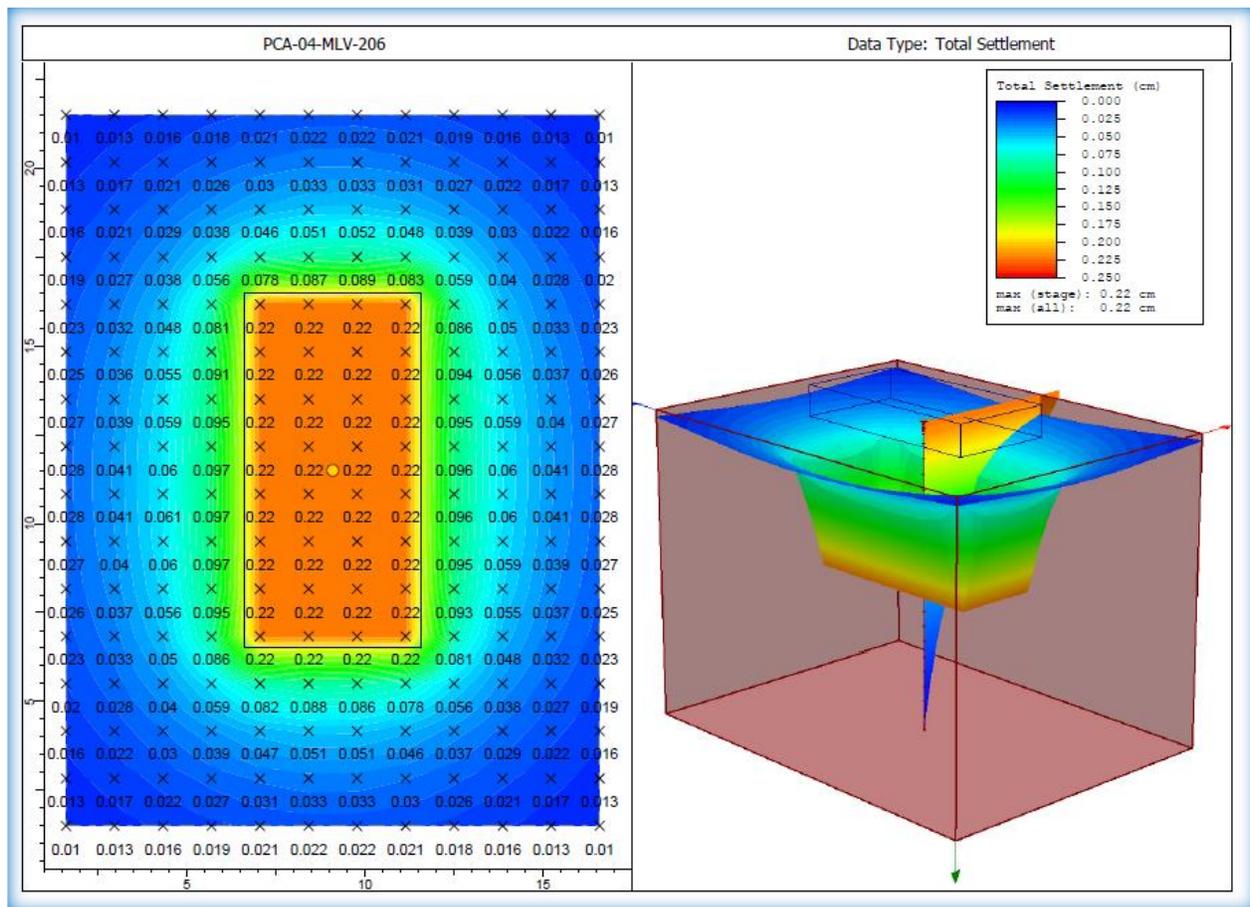
Property	GRAVA ARCILLOSA CON ARENA DE GRUESA A FINA Y FRAGMENTOS CHICOS DE ROCA AISLADOS
Color	
Unit Weight [tonnes/m ³]	1.95
Immediate Settlement	Enabled
Es [tonnes/m ²]	5000
Esur [tonnes/m ²]	5000



Asentamientos inmediatos.



Asentamientos por consolidación.



Asentamientos totales.

Resumen de parámetros para análisis de capacidad de carga.

Estratigrafía terreno

Estratigrafía

Nr. Estratigrafías... **Estratigrafía Nr. 1** Descripción **Estratigrafía Nr. 1**

Nº	DB	Espesor del estrato (m)	Gk (kN/m³)	Gk Saturado (kN/m³)	Fik (°)	ck (kN/m²)	cuk (kN/m²)	Eyk (kN/m²)	Edk (kN/m²)	Datos adicionales	Texture	Descripción
1		0.90	19.13	19.13	31	16.0	16.0	19613.3	19613.3			
2		2.90	20.13	20.13	32	15.0	15.0	49033.2	49033.2			

Nspt - Licuefacción

La licuefacción de un depósito arenoso con nivel freático no existe si: a) El valor de Nspt' (corregido-normalizado) es > 25 con contenido fino ausente. b) El valor de Nspt' (corregido-normalizado)

Nº	Inclinación estrato (°)	Clay Fraction (%)	Nspt	Comportamiento o geotécnico	Coef. Poisson
1	0	0	20		0
2	0	0	0		0

Colapso por desplazamiento

Adhesión terreno cimentación (kN/m²)

Áng. rozamiento terreno cimentación

Fracción empuje pasivo %

Resumen de capacidades de carga última neta para condiciones estáticas (Ton/m²) para diferentes anchos y profundidades de desplante. (Método de Terzaghi).

Método de Terzaghi - Capacidad de carga última (Ton/m ²)											
PROF. (m)	ANCHO DE CIMENTACIÓN (m)										
	B=2.00	B=2.50	B=3.00	B=3.50	B=4.00	B=4.50	B=5.00	B=5.50	B=6.00	B=6.50	B=7.00
0.20	121.47	132.89	144.31	155.73	167.14	178.56	189.98	201.40	212.82	224.24	235.66
0.40	131.33	142.75	154.17	165.59	177.01	188.43	199.84	211.26	222.68	234.10	245.52
0.60	136.26	147.68	159.10	170.52	181.94	193.36	204.78	216.20	227.61	239.03	250.45
0.80	136.26	147.68	159.10	170.52	181.94	193.36	204.78	216.20	227.61	239.03	250.45
1.00	151.89	165.99	180.10	194.21	208.31	222.42	236.53	250.64	264.74	278.85	292.96
1.20	152.47	166.57	180.68	194.79	208.90	223.00	237.11	251.22	265.32	279.43	293.54
1.40	153.05	167.16	181.26	195.37	209.48	223.58	237.69	251.80	265.91	280.01	294.12
1.60	153.05	167.16	181.26	195.37	209.48	223.58	237.69	251.80	265.91	280.01	294.12
1.80	153.05	167.16	181.26	195.37	209.48	223.58	237.69	251.80	265.91	280.01	294.12
2.00	153.05	167.16	181.26	195.37	209.48	223.58	237.69	251.80	265.91	280.01	294.12
2.20	153.05	167.16	181.26	195.37	209.48	223.58	237.69	251.80	265.91	280.01	294.12



Resumen de capacidades de carga admisible neta para condiciones estáticas (Ton/m²) para diferentes anchos y profundidades de desplante. (Método de Terzaghi).

Método de Terzaghi - Capacidad de carga admisible (Ton/m²)

PROF. (m)	ANCHO DE CIMENTACIÓN (m)										
	B=2.00	B=2.50	B=3.00	B=3.50	B=4.00	B=4.50	B=5.00	B=5.50	B=6.00	B=6.50	B=7.00
0.20	40.49	44.30	48.10	51.91	55.71	59.52	63.33	67.13	70.94	74.75	78.55
0.40	43.78	47.58	51.39	55.20	59.00	62.81	66.61	70.42	74.23	78.03	81.84
0.60	45.42	49.23	53.03	56.84	60.65	64.45	68.26	72.07	75.87	79.68	83.48
0.80	45.42	49.23	53.03	56.84	60.65	64.45	68.26	72.07	75.87	79.68	83.48
1.00	50.63	55.33	60.03	64.74	69.44	74.14	78.84	83.55	88.25	92.95	97.65
1.20	50.82	55.52	60.23	64.93	69.63	74.33	79.04	83.74	88.44	93.14	97.85
1.40	51.02	55.72	60.42	65.12	69.83	74.53	79.23	83.93	88.64	93.34	98.04
1.60	51.02	55.72	60.42	65.12	69.83	74.53	79.23	83.93	88.64	93.34	98.04
1.80	51.02	55.72	60.42	65.12	69.83	74.53	79.23	83.93	88.64	93.34	98.04
2.00	51.02	55.72	60.42	65.12	69.83	74.53	79.23	83.93	88.64	93.34	98.04
2.20	51.02	55.72	60.42	65.12	69.83	74.53	79.23	83.93	88.64	93.34	98.04

Resumen de capacidades de carga última neta para condiciones estáticas (Ton/m²) para diferentes anchos y profundidades de desplante (Método de Meyerhof).

Método de Meyerhof - Capacidad de carga última (Ton/m²)

PROF. (m)	ANCHO DE CIMENTACIÓN (m)										
	B=2.00	B=2.50	B=3.00	B=3.50	B=4.00	B=4.50	B=5.00	B=5.50	B=6.00	B=6.50	B=7.00
0.20	109.94	121.66	133.80	146.30	159.13	172.27	185.73	199.47	213.52	227.86	242.48
0.40	121.74	133.14	145.11	157.52	170.32	183.47	196.96	210.76	224.87	239.28	253.99
0.60	129.35	140.34	152.06	164.32	177.03	190.12	203.57	217.36	231.47	245.89	260.63
0.80	132.53	143.08	154.51	166.57	179.12	192.10	205.46	219.18	233.23	247.61	262.30
1.00	151.43	164.22	178.17	192.93	208.35	224.33	240.80	257.74	275.11	292.91	311.12
1.20	155.51	167.83	181.48	196.04	211.30	227.16	243.55	260.42	277.74	295.50	313.68
1.40	159.61	171.47	184.81	199.15	214.27	230.01	246.31	263.11	280.38	298.10	316.24
1.60	163.14	174.54	187.58	201.71	216.66	232.29	248.50	265.22	282.44	300.10	318.21
1.80	166.68	177.61	190.35	204.27	219.06	234.57	250.68	267.34	284.49	302.11	320.18
2.00	170.22	180.69	193.12	206.82	221.46	236.85	252.87	269.45	286.54	304.12	322.14
2.20	173.76	183.76	195.89	209.38	223.86	239.13	255.05	271.56	288.60	306.12	324.11



Resumen de capacidades de carga admisible neta para condiciones estáticas (Ton/m²) para diferentes anchos y profundidades de desplante. (Método de Meyerhof).

Método de Meyerhof - Capacidad de carga admisible (Ton/m²)

PROF. (m)	ANCHO DE CIMENTACIÓN (m)										
	B=2.00	B=2.50	B=3.00	B=3.50	B=4.00	B=4.50	B=5.00	B=5.50	B=6.00	B=6.50	B=7.00
0.20	36.65	40.55	44.60	48.77	53.04	57.42	61.91	66.49	71.17	75.95	80.83
0.40	40.58	44.38	48.37	52.51	56.77	61.16	65.65	70.25	74.96	79.76	84.66
0.60	43.12	46.78	50.69	54.77	59.01	63.37	67.86	72.45	77.16	81.96	86.88
0.80	44.18	47.69	51.50	55.52	59.71	64.03	68.49	73.06	77.74	82.54	87.43
1.00	50.48	54.74	59.39	64.31	69.45	74.78	80.27	85.91	91.70	97.64	103.71
1.20	51.84	55.94	60.49	65.35	70.43	75.72	81.18	86.81	92.58	98.50	104.56
1.40	53.20	57.16	61.60	66.38	71.42	76.67	82.10	87.70	93.46	99.37	105.41
1.60	54.38	58.18	62.53	67.24	72.22	77.43	82.83	88.41	94.15	100.03	106.07
1.80	55.56	59.20	63.45	68.09	73.02	78.19	83.56	89.11	94.83	100.70	106.73
2.00	56.74	60.23	64.37	68.94	73.82	78.95	84.29	89.82	95.51	101.37	107.38
2.20	57.92	61.25	65.30	69.79	74.62	79.71	85.02	90.52	96.20	102.04	108.04

Resumen de módulos de reacción vertical para diferentes anchos de cimentación

Profundidad (m)	Módulo de elasticidad del suelo		Ancho B (m)	Relación de poisson (μ)	μ^2	$1-\mu^2$	$B(1-\mu_s^2)$	Módulo de reacción del suelo	
	E_s (kN/m ³)	E_s (t/m ²)						k (kN/m ³)	k (t/m ³)
0.90	49019	5000	2.00	0.15	0.02	0.98	1.96	25074	2558
1.10	49019	5000	2.50	0.15	0.02	0.98	2.44	20059	2046
1.30	49019	5000	3.00	0.15	0.02	0.98	2.93	16716	1705
1.50	49019	5000	3.50	0.15	0.02	0.98	3.42	14328	1461
1.70	49019	5000	4.00	0.15	0.02	0.98	3.91	12537	1279
1.90	49019	5000	4.50	0.15	0.02	0.98	4.40	11144	1137
2.10	49019	5000	5.00	0.15	0.02	0.98	4.89	10029	1023
2.30	49019	5000	5.50	0.15	0.02	0.98	5.38	9118	930
2.50	49019	5000	6.00	0.15	0.02	0.98	5.87	8358	853
2.70	49019	5000	6.50	0.15	0.02	0.98	6.35	7715	787

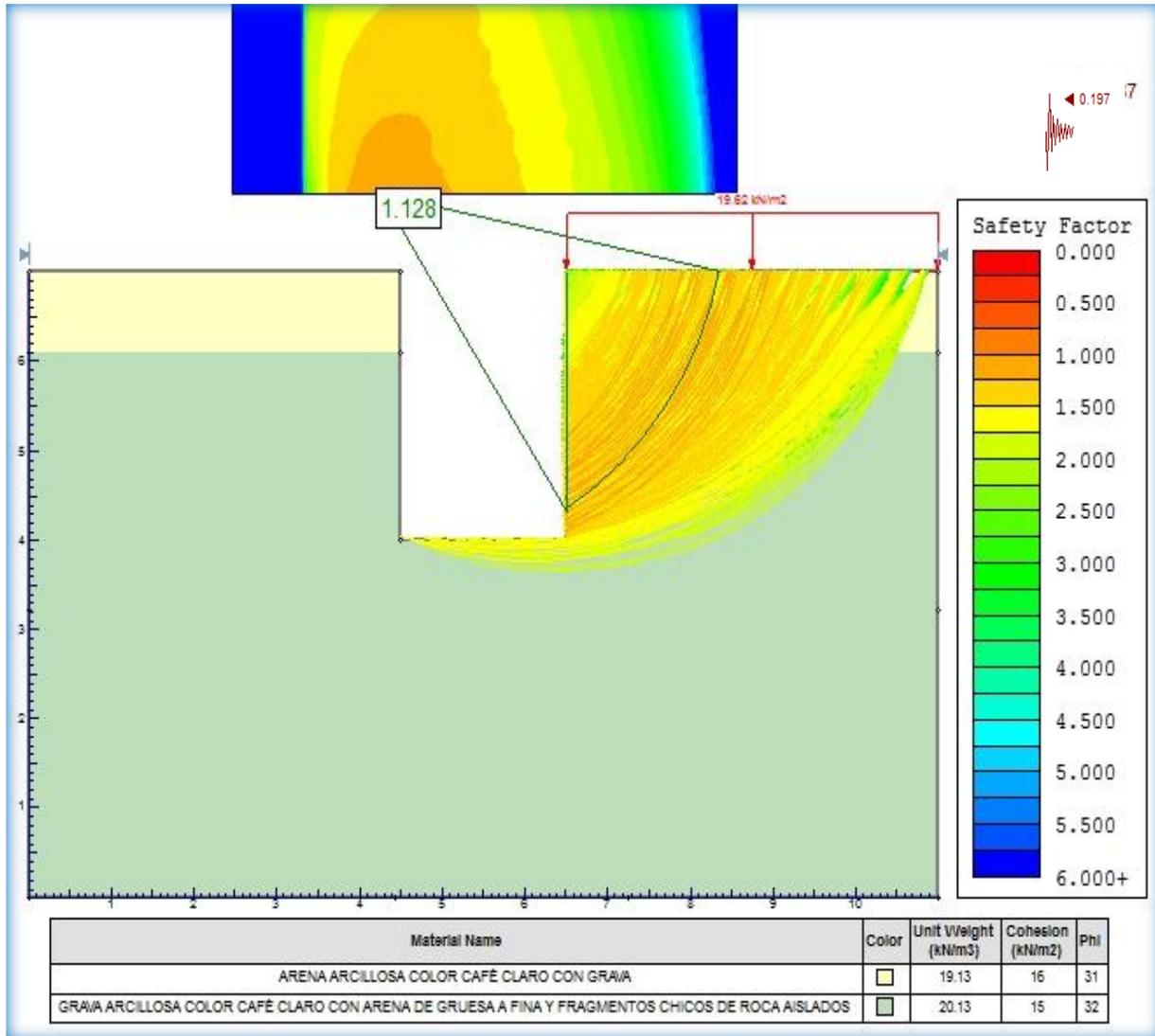


Resumen de factores de seguridad para excavaciones durante la construcción de cimentaciones.

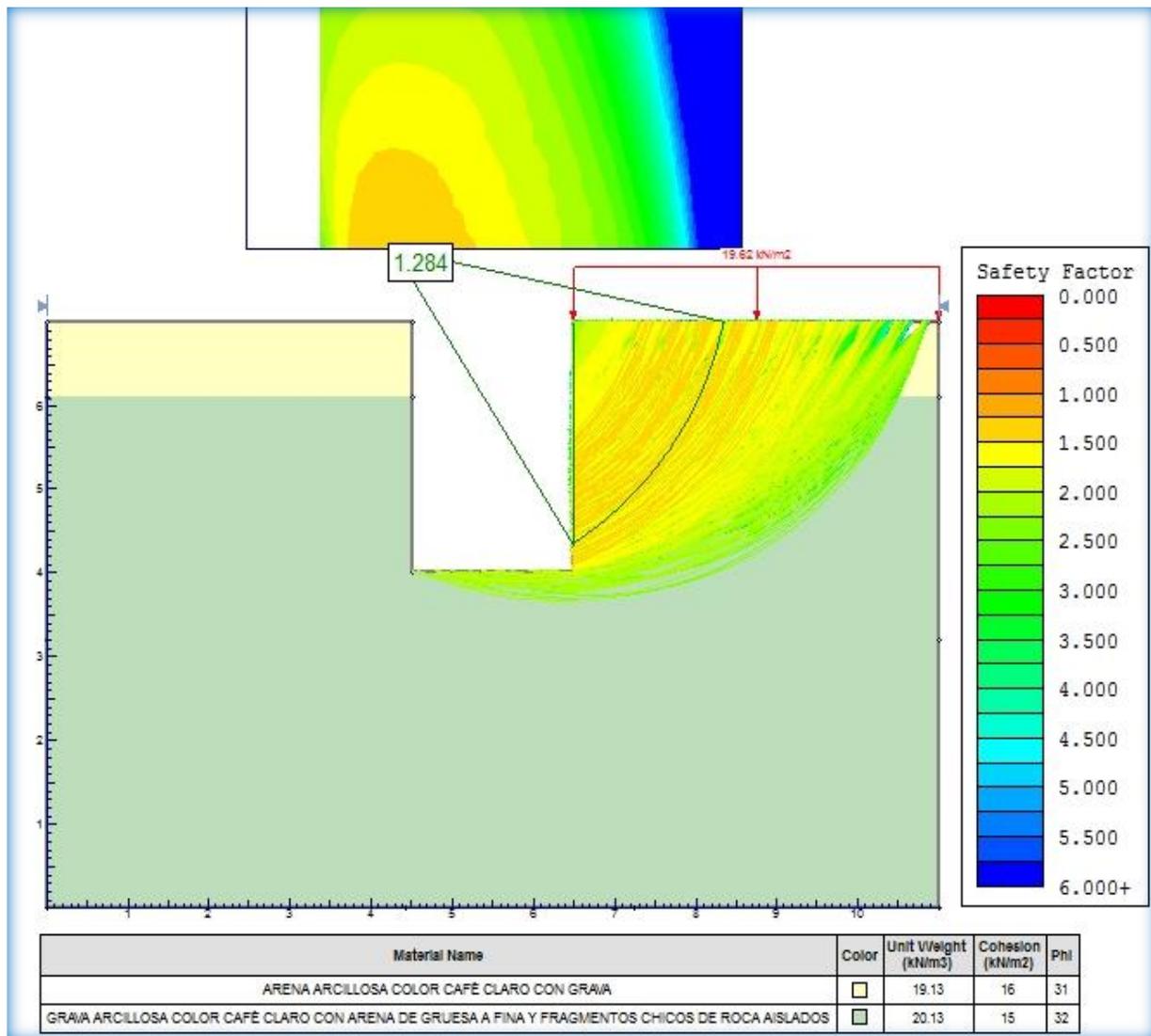
RESUMEN DE RESULTADOS DEL ANÁLISIS DE ESTABILIDAD DE TALUDES REALIZADOS A CORTES PARA CONSTRUCCIÓN DE CIMENTACIONES EN LA ESTACIÓN DE VÁLVULA MLV-210.																	
No.	Estación	Ángulo de inclinación (H:V)	Altura del talud (m)	No. de estratos	Espesor del estrato H (m)	Tipo de material	Propiedades mecánicas y Peso volumétrico del material			Análisis con el programa Slide 6.0, Métodos de Análisis: Fellenius (F), Bishop simplified (BS), Janbu simplified (JS), Janbu corrected (J) y Morgenstern-Price (MP). Superficie de falla circular.							
							c	ϕ	γ	(F)		(BS)		(JS)		(MP)	
							(KPa)	($^{\circ}$)	(KN/m ³)	F.S. dinámico con sobrecarga	F.S. Estático con sobrecarga	F.S. dinámico con sobrecarga	F.S. Estático con sobrecarga	F.S. dinámico con sobrecarga	F.S. Estático con sobrecarga	F.S. dinámico con sobrecarga	F.S. Estático con sobrecarga
1	322+942	vertical	3.00	1	0.90	SC	16	31	19.13	1.128	1.284	1.114	1.254	1.121	1.315	1.113	1.316
				2	2.90	GC	15	32	20.13								



Condición pseudo-estática con relación 0.50:1 (H:V).



Estabilidad de taludes en condiciones pseudo-estáticas para corte vertical con altura máxima de 3 m mediante programa SLIDE 6.0 para excavación de cimentaciones.



Estabilidad de taludes en condiciones estáticas para corte vertical con altura máxima de 3 m mediante programa SLIDE 6.0 para excavación de cimentaciones.

Resumen de parámetros para análisis de asentamientos inmediatos, por consolidación y totales.

Results

Time taken to compute: 1.51026 seconds

Stage: PCA-09-MLV-210

Data Type	Minimum	Maximum
Total Settlement [cm]	0	0.547202
Consolidation Settlement [cm]	0	0
Immediate Settlement [cm]	0	0.547202
Loading Stress [tonnes/m ²]	0	3.97994
Total Stress [tonnes/m ²]	0	28.6306
Total Strain	-0	0.00198997
Degree of Consolidation [%]	0	0
Pre-consolidation Stress [tonnes/m ²]	0.04875	28.6174
Over-consolidation Ratio	1	1
Void Ratio	0	0
Hydroconsolidation Settlement [cm]	0	0

Loads

1. Rectangular Load

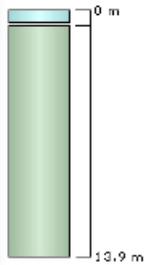
Length: 5 m
Width: 10 m
Rotation angle: 0 degrees
Load Type: Rigid
Area of Load: 50 m²
Load: 2 tonnes/m²
Depth: 0.5 m
Installation Stage: PCA-09-MLV-210

Coordinates

X [m]	Y [m]
6.603	6.5
11.603	6.5
11.603	16.5
6.603	16.5

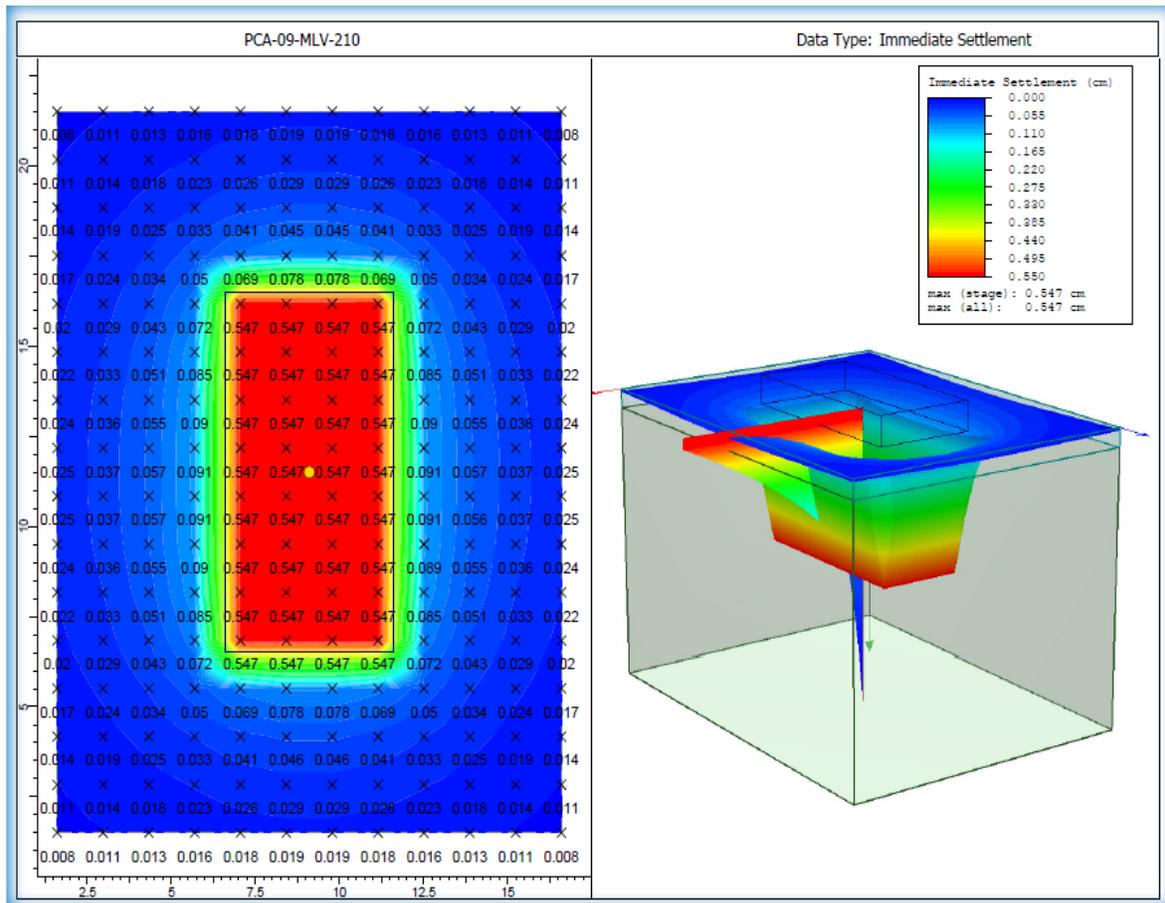
Soil Layers

Layer #	Type	Thickness [m]	Depth [m]
1	ARENA ARCILLOSA COLOR CAFÉ CLARO CON GRAVA	0.9	0
2	GRAVA ARCILLOSA COLOR CAFÉ CLARO CON ARENA DE GRUESA A FINA Y FRAGMENTOS CHICOS DE ROCA AISLADOS	13	0.9

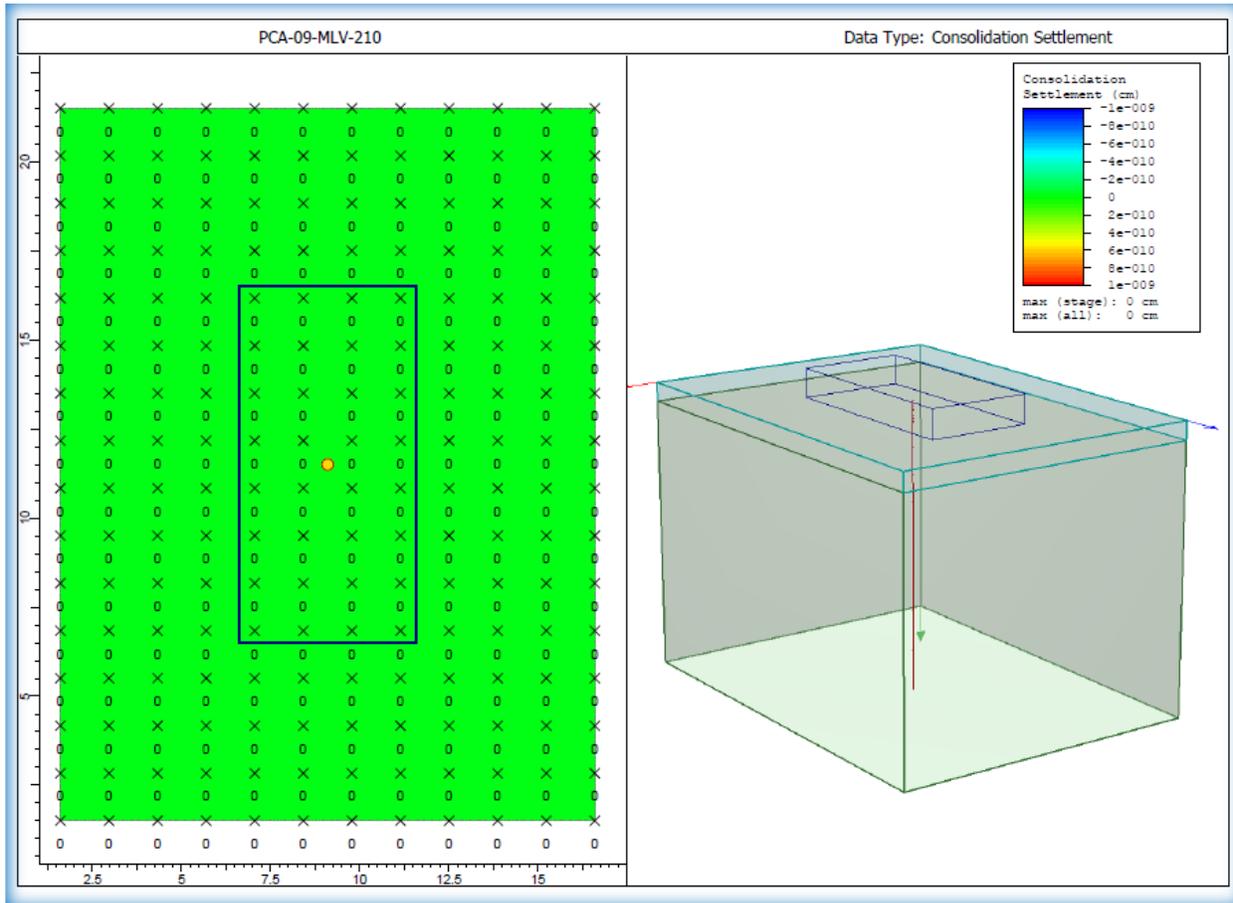


Soil Properties

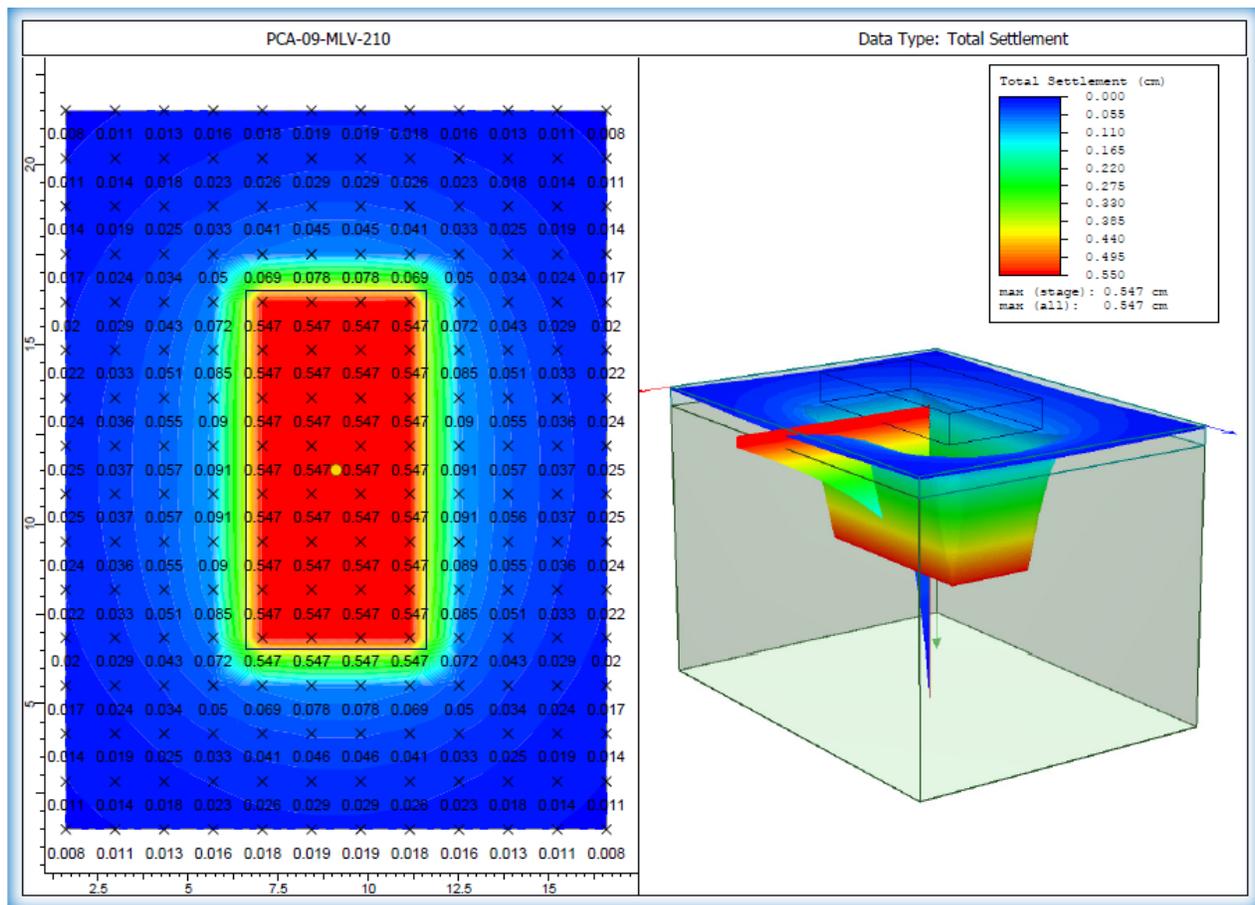
Property	ARENA ARCILLOSA COLOR CAFÉ CLARO CON GRAVA	GRAVA ARCILLOSA COLOR CAFÉ CLARO CON ARENA DE GRUESA A FINA Y FRAGMENTOS CHICOS DE ROCA AISLADOS
Color		
Unit Weight [tonnes/m ³]	1.95	2.05
Immediate Settlement	Enabled	Enabled
Es [tonnes/m ²]	2000	5000
E _{sur} [tonnes/m ²]	2000	5000



Asentamientos inmediatos.



Asentamientos por consolidación.



Asentamientos totales.

Resumen de parámetros para análisis de capacidad de carga.

Estratigrafía terreno

Estratigrafía

Nr. Estratigrafías... Estratigrafía Nr. 1 Descripción Estratigrafía Nr. 1

Nº	DB	Espesor del estrato (m)	Gk (kN/m ³)	Gk Saturado (kN/m ³)	Fik (°)	ck (kN/m ²)	cuk (kN/m ²)	Eyk (kN/m ²)	Edk (kN/m ²)	Datos adicionales	Texture	Descripción
1		4.00	20.13	20.13	33	15.0	15.0	49033.2	49033.2			

Nspt - Licuefacción

La licuefacción de un depósito arenoso con nivel freático no existe si: a) El valor de Nspt' (corregido-normalizado) es > 25 con contenido fino ausente. b) El valor de Nspt' (corregido-normalizado)

Nº	Inclinación estrato (°)	Clay Fraction (%)	Nspt	Comportamiento o geotécnico	Coef. Poisson
1	0	0	20		0

Módulo edométrico desplazamiento

Adhesión terreno cimentación (kN/m²)

Áng. rozamiento terreno cimentación °

Fracción empuje pasivo %

Resumen de capacidades de carga última neta para condiciones estáticas (To/m²) para diferentes anchos y profundidades de desplante. (Método de Terzaghi).

Método de Terzaghi - Capacidad de carga última (Ton/m ²)											
PROF. (m)	ANCHO DE CIMENTACIÓN (m)										
	B=2.00	B=2.50	B=3.00	B=3.50	B=4.00	B=4.50	B=5.00	B=5.50	B=6.00	B=6.50	B=7.00
0.40	165.68	182.10	198.51	214.93	231.34	247.76	264.18	280.59	297.01	313.42	329.84
0.60	172.30	188.71	205.13	221.54	237.96	254.38	270.79	287.21	303.62	320.04	336.45
0.80	172.30	188.71	205.13	221.54	237.96	254.38	270.79	287.21	303.62	320.04	336.45
1.00	172.30	188.71	205.13	221.54	237.96	254.38	270.79	287.21	303.62	320.04	336.45
1.20	172.30	188.71	205.13	221.54	237.96	254.38	270.79	287.21	303.62	320.04	336.45
1.40	172.30	188.71	205.13	221.54	237.96	254.38	270.79	287.21	303.62	320.04	336.45
1.60	172.30	188.71	205.13	221.54	237.96	254.38	270.79	287.21	303.62	320.04	336.45
1.80	172.30	188.71	205.13	221.54	237.96	254.38	270.79	287.21	303.62	320.04	336.45
2.00	172.30	188.71	205.13	221.54	237.96	254.38	270.79	287.21	303.62	320.04	336.45
2.20	172.30	188.71	205.13	221.54	237.96	254.38	270.79	287.21	303.62	320.04	336.45
2.40	172.30	188.71	205.13	221.54	237.96	254.38	270.79	287.21	303.62	320.04	336.45



Resumen de capacidades de carga admisible neta para condiciones estáticas (Ton/m²) para diferentes anchos y profundidades de desplante. (Método de Terzaghi).

Método de Terzaghi - Capacidad de carga admisible (Ton/m²)

PROF. (m)	ANCHO DE CIMENTACIÓN (m)										
	B=2.00	B=2.50	B=3.00	B=3.50	B=4.00	B=4.50	B=5.00	B=5.50	B=6.00	B=6.50	B=7.00
0.40	55.23	60.70	66.17	71.64	77.11	82.59	88.06	93.53	99.00	104.47	109.95
0.60	57.43	62.90	68.38	73.85	79.32	84.79	90.26	95.74	101.21	106.68	112.15
0.80	57.43	62.90	68.38	73.85	79.32	84.79	90.26	95.74	101.21	106.68	112.15
1.00	57.43	62.90	68.38	73.85	79.32	84.79	90.26	95.74	101.21	106.68	112.15
1.20	57.43	62.90	68.38	73.85	79.32	84.79	90.26	95.74	101.21	106.68	112.15
1.40	57.43	62.90	68.38	73.85	79.32	84.79	90.26	95.74	101.21	106.68	112.15
1.60	57.43	62.90	68.38	73.85	79.32	84.79	90.26	95.74	101.21	106.68	112.15
1.80	57.43	62.90	68.38	73.85	79.32	84.79	90.26	95.74	101.21	106.68	112.15
2.00	57.43	62.90	68.38	73.85	79.32	84.79	90.26	95.74	101.21	106.68	112.15
2.20	57.43	62.90	68.38	73.85	79.32	84.79	90.26	95.74	101.21	106.68	112.15
2.40	57.43	62.90	68.38	73.85	79.32	84.79	90.26	95.74	101.21	106.68	112.15

Resumen de capacidades de carga última neta para condiciones estáticas (Ton/m²) para diferentes anchos y profundidades de desplante (Método de Meyerhof).

Método de Meyerhof - Capacidad de carga última (Ton/m²)

PROF. (m)	ANCHO DE CIMENTACIÓN (m)										
	B=2.00	B=2.50	B=3.00	B=3.50	B=4.00	B=4.50	B=5.00	B=5.50	B=6.00	B=6.50	B=7.00
0.40	155.24	172.09	189.74	208.04	226.92	246.33	266.26	286.68	307.59	328.98	350.85
0.60	165.23	181.61	198.99	217.12	235.90	255.26	275.17	295.60	316.53	337.95	359.86
0.80	169.29	185.15	202.19	220.08	238.69	257.92	277.72	298.07	318.94	340.31	362.18
1.00	173.34	188.69	205.38	223.04	241.47	260.57	280.28	300.54	321.35	342.67	364.49
1.20	177.39	192.23	208.58	226.00	244.26	263.23	282.83	303.02	323.76	345.03	366.81
1.40	181.45	195.77	211.78	228.96	247.05	265.89	285.38	305.49	326.17	347.38	369.12
1.60	185.51	199.30	214.98	231.93	249.84	268.54	287.94	307.96	328.58	349.74	371.44
1.80	189.56	202.84	218.18	234.89	252.62	271.20	290.49	310.44	330.98	352.10	373.76
2.00	193.62	206.38	221.38	237.85	255.41	273.85	293.05	312.91	333.39	354.46	376.07
2.20	197.67	209.92	224.58	240.81	258.20	276.51	295.60	315.38	335.80	356.81	378.39
2.40	201.73	213.45	227.77	243.77	260.99	279.16	298.15	317.86	338.21	359.17	380.70



Resumen de capacidades de carga admisible neta para condiciones estáticas (Ton/m²) para diferentes anchos y profundidades de desplante. (Método de Meyerhof).

Método de Meyerhof - Capacidad de carga admisible (Ton/m²)

PROF. (m)	ANCHO DE CIMENTACIÓN (m)										
	B=2.00	B=2.50	B=3.00	B=3.50	B=4.00	B=4.50	B=5.00	B=5.50	B=6.00	B=6.50	B=7.00
0.40	51.75	57.36	63.25	69.35	75.64	82.11	88.75	95.56	102.53	109.66	116.95
0.60	55.08	60.54	66.33	72.37	78.63	85.09	91.72	98.53	105.51	112.65	119.95
0.80	56.43	61.72	67.40	73.36	79.56	85.97	92.57	99.36	106.31	113.44	120.73
1.00	57.78	62.90	68.46	74.35	80.49	86.86	93.43	100.18	107.12	114.22	121.50
1.20	59.13	64.08	69.53	75.33	81.42	87.74	94.28	101.01	107.92	115.01	122.27
1.40	60.48	65.26	70.59	76.32	82.35	88.63	95.13	101.83	108.72	115.79	123.04
1.60	61.84	66.43	71.66	77.31	83.28	89.51	95.98	102.65	109.53	116.58	123.81
1.80	63.19	67.61	72.73	78.30	84.21	90.40	96.83	103.48	110.33	117.37	124.59
2.00	64.54	68.79	73.79	79.28	85.14	91.28	97.68	104.30	111.13	118.15	125.36
2.20	65.89	69.97	74.86	80.27	86.07	92.17	98.53	105.13	111.93	118.94	126.13
2.40	67.24	71.15	75.92	81.26	87.00	93.05	99.38	105.95	112.74	119.72	126.90

Resumen de módulos de reacción vertical para diferentes anchos de cimentación

Profundidad (m)	Módulo de elasticidad del suelo		Ancho B (m)	Relación de poisson (μ)	μ^2	$1-\mu^2$	$B(1-\mu_s^2)$	Módulo de reacción del suelo	
	E_s (kN/m ³)	E_s (t/m ²)						k (kN/m ³)	k (t/m ³)
0.50	49033	5001	2.00	0.20	0.04	0.96	1.92	25538	2605
0.70	49033	5001	2.50	0.20	0.04	0.96	2.40	20431	2084
0.90	49033	5001	3.00	0.20	0.04	0.96	2.88	17025	1737
1.10	49033	5001	3.50	0.20	0.04	0.96	3.36	14593	1489
1.30	49033	5001	4.00	0.20	0.04	0.96	3.84	12769	1302
1.50	49033	5001	4.50	0.20	0.04	0.96	4.32	11350	1158
1.70	49033	5001	5.00	0.20	0.04	0.96	4.80	10215	1042
1.90	49033	5001	5.50	0.20	0.04	0.96	5.28	9287	947
2.10	49033	5001	6.00	0.20	0.04	0.96	5.76	8513	868
2.30	49033	5001	6.50	0.20	0.04	0.96	6.24	7858	802

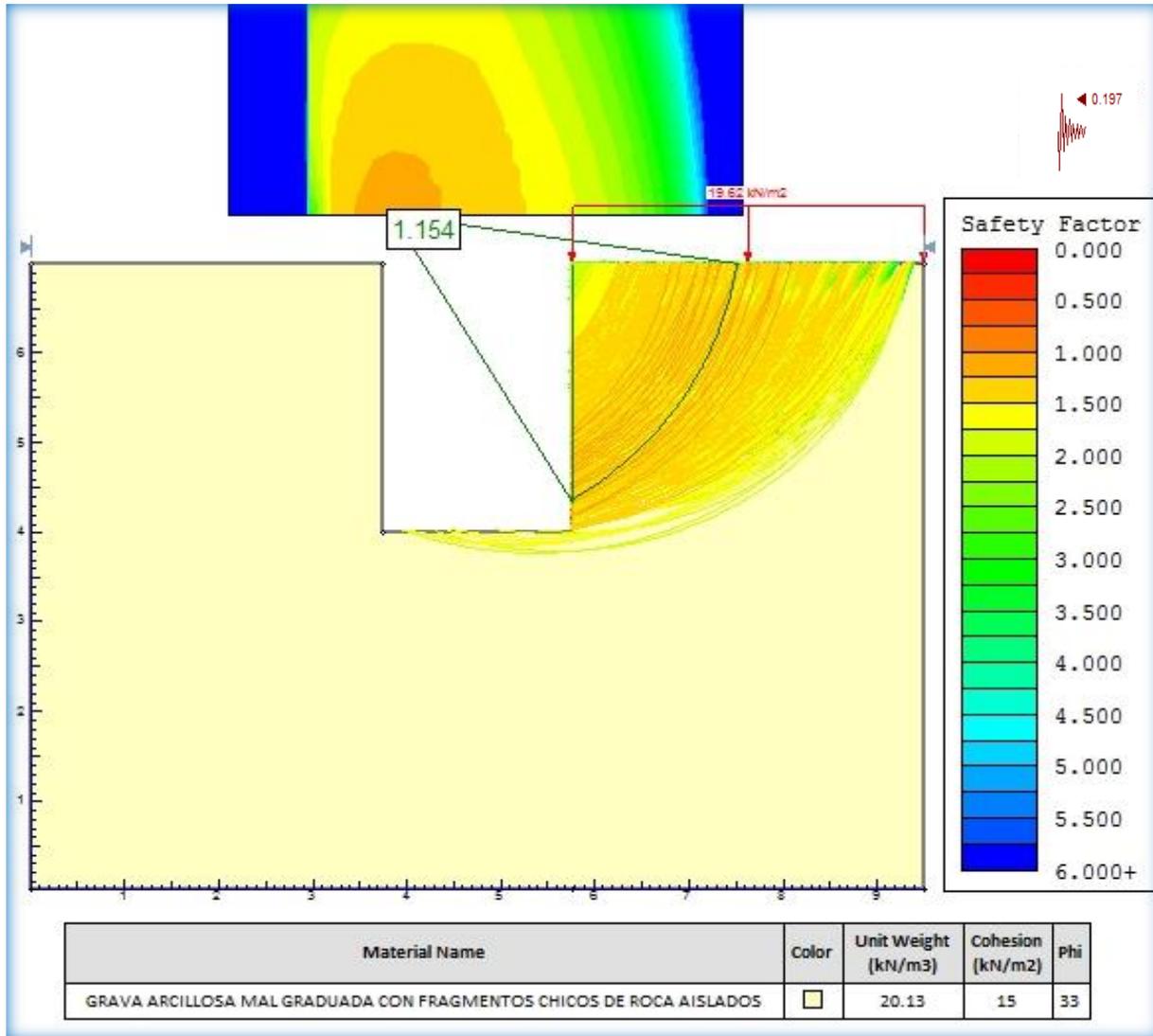


Resumen de factores de seguridad para excavaciones durante la construcción de cimentaciones.

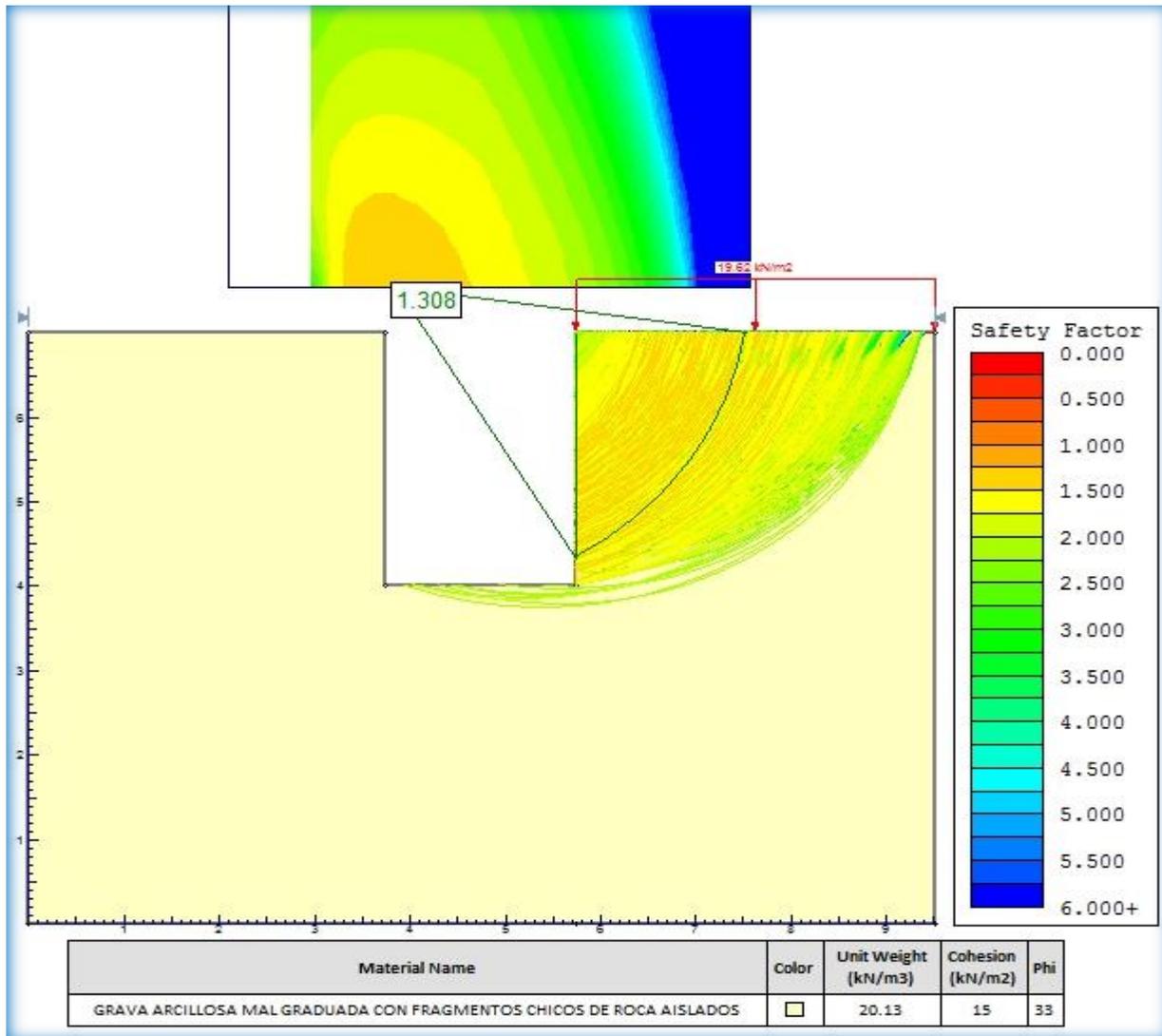
RESUMEN DE RESULTADOS DEL ANÁLISIS DE ESTABILIDAD DE TALUDES REALIZADOS A CORTES PARA CONSTRUCCIÓN DE CIMENTACIONES EN LA ESTACIÓN DE VÁLVULA MLV-212.																	
No.	Estacion	angulo de inclinacion (H:V)	Altura del talud (m)	No. de estratos	Espesor del estrato H (m)	Tipo de material	Propiedades mecánicas y Peso volumétrico del material			Análisis con el programa Slide 6.0, Métodos de Análisis: Fellenius (F), Bishop simplified (BS), Janbu simplified (JS), Janbu corrected (I) y Morgenstern-Price (MP). Superficie de falla circular.							
							c	ϕ	γ	(F)		(BS)		(JS)		(MP)	
							(KPa)	($^{\circ}$)	(KN/m ³)	F.S. dinámico con sobrecarga	F.S. Estático con sobrecarga	F.S. dinámico con sobrecarga	F.S. Estático con sobrecarga	F.S. dinámico con sobrecarga	F.S. Estático con sobrecarga	F.S. dinámico con sobrecarga	F.S. Estático con sobrecarga
1	385+078	vertical	3.00	1	4.00	GP-GC	15	33	20.13	1.154	1.308	1.138	1.255	1.141	1.341	1.138	1.371



Condición pseudo-estática con relación 0.50:1 (H:V).



Estabilidad de taludes en condiciones pseudo-estáticas para corte vertical con altura máxima de 3 m mediante programa SLIDE 6.0 para excavación de cimentaciones.



Estabilidad de taludes en condiciones estáticas para corte vertical con altura máxima de 3 m mediante programa SLIDE 6.0 para excavación de cimentaciones.

Resumen de parámetros para análisis de asentamientos inmediatos, por consolidación y totales.

Results

Time taken to compute: 3.00893 seconds

Stage: PCA-11-MLV-212

Data Type	Minimum	Maximum
Total Settlement [cm]	0	0.216477
Consolidation Settlement [cm]	0	0
Immediate Settlement [cm]	0	0.216477
Loading Stress [tonnes/m2]	0	5.64841
Total Stress [tonnes/m2]	0	30.9433
Total Strain	-0	0.00112968
Degree of Consolidation [%]	0	0
Pre-consolidation Stress [tonnes/m2]	0.03075	30.9286
Over-consolidation Ratio	1	1
Void Ratio	0	0
Hydroconsolidation Settlement [cm]	0	0

Loads

1. Rectangular Load

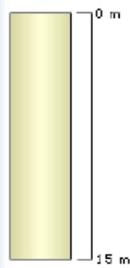
Length: 5 m
Width: 10 m
Rotation angle: 0 degrees
Load Type: Rigid
Area of Load: 50 m²
Load: 2 tonnes/m2
Depth: 0.5 m
Installation Stage: PCA-11-MLV-212

Coordinates

X [m]	Y [m]
7.721	7.041
12.721	7.041
12.721	17.041
7.721	17.041

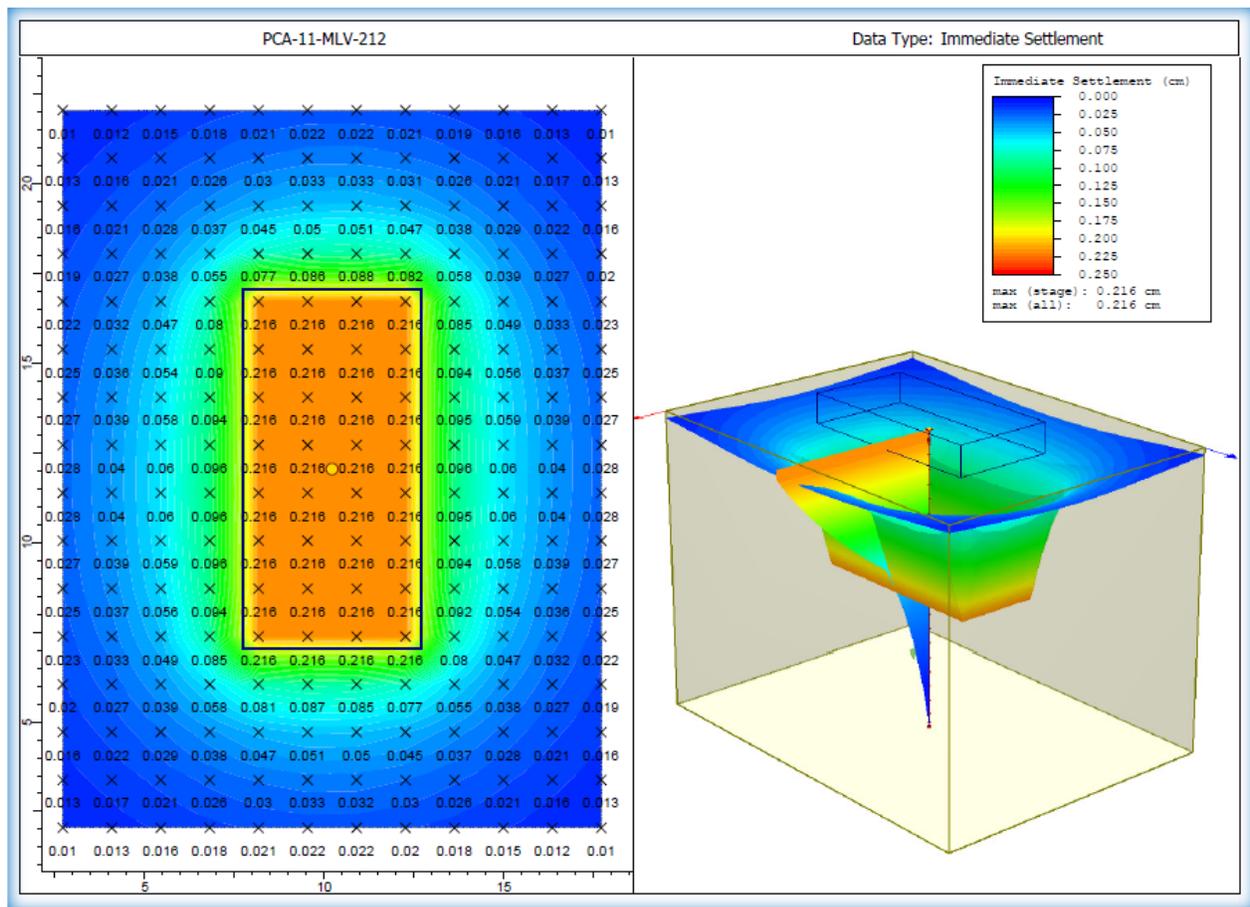
Soil Layers

Layer #	Type	Thickness [m]	Depth [m]
1	GRAVA ARCILLOSA MAL GRADUADA CON FRAGMENTOS CHICOS DE ROCA AISLADOS	15	0

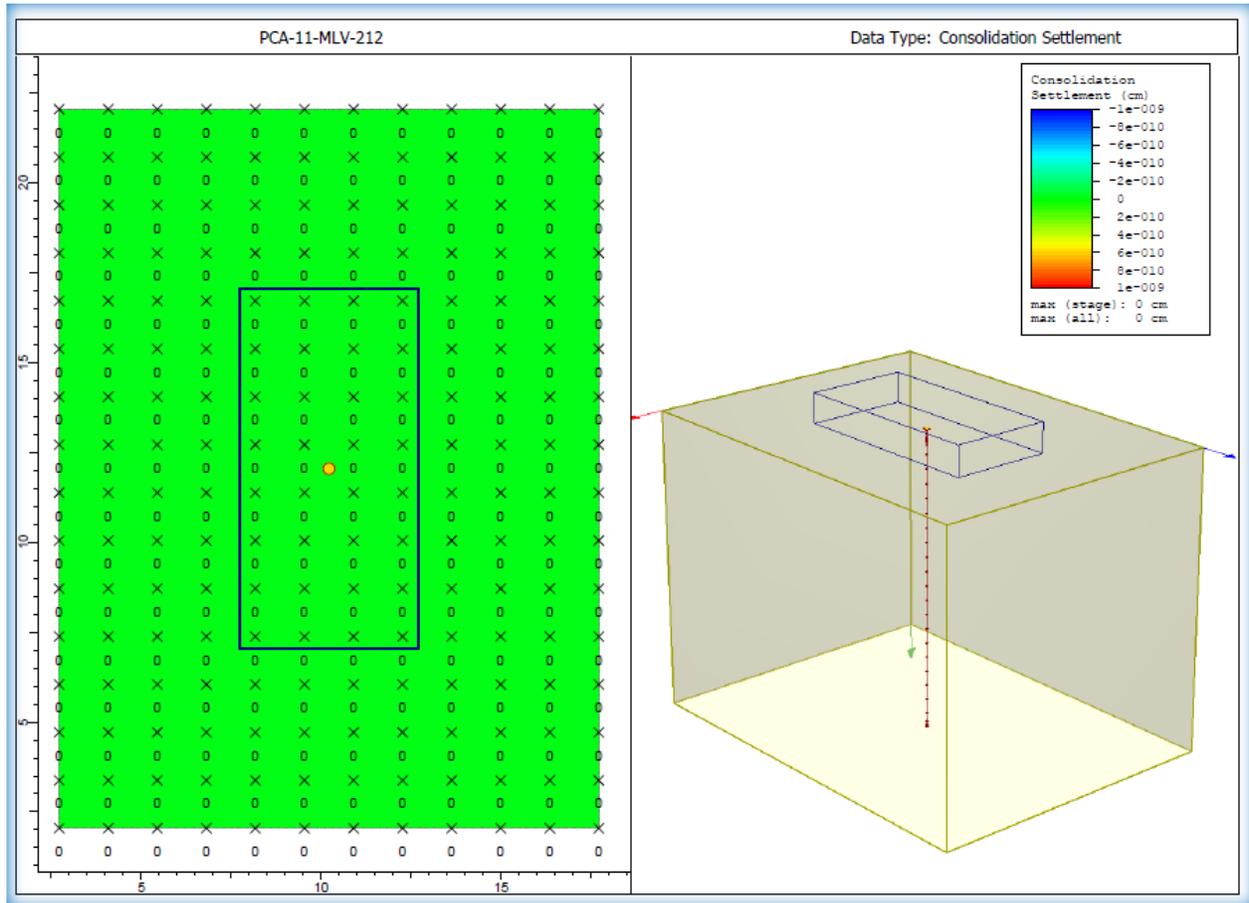


Soil Properties

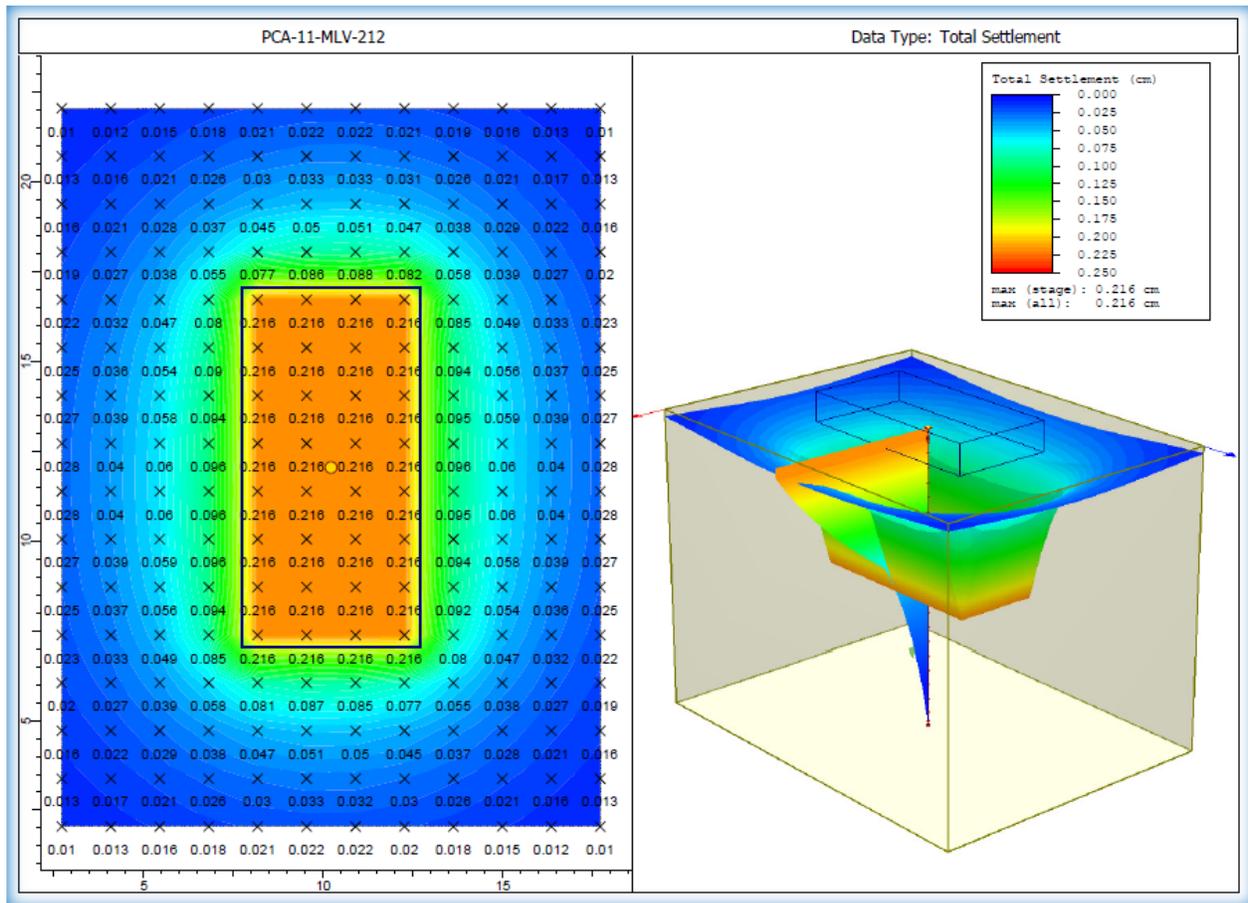
Property	GRAVA ARCILLOSA MAL GRADUADA CON FRAGMENTOS CHICOS DE ROCA AISLADOS
Color	
Unit Weight [tonnes/m ³]	2.05
Immediate Settlement	Enabled
Es [tonnes/m ²]	5000
E _{sur} [tonnes/m ²]	5000



Asentamientos inmediatos.



Asentamientos por consolidación.



Asentamientos totales.



9. CONCLUSIONES.

Es importante para el lector, que comprenda la finalidad de este trabajo de titulación, en la que se consideraron recursos bibliográficos empleados en la actualidad en el diseño de cimentaciones, así como procesos con implicaciones normativas en la obtención de muestras alteradas y/o inalteradas del suelo, software especializado en geotecnia con el que se obtuvieron los parámetros del suelo, así como recurso humano en campo, laboratorio de calidad y gabinete esenciales para darle forma y terminación del presente proyecto de titulación.

Este proyecto, se convierte por tanto en material esencial de consulta en el diseño de cimentaciones superficiales, ya que esta obra contempla ingeniería básica e ingeniería especializada en el diseño geotécnico, con suficiente metodología en la elaboración de proyectos de ingeniería geotécnica.

El proyecto presentado es el resultado de los requerimientos que se han presentado en nuestro país, resultado de la demanda de gas en el norte del país y particularmente, producto de las llamadas reformas energéticas suscitada en los años del presente lustro, en el que se ven implicados los recursos naturales en el norte de la República Mexicana.

El actual proyecto en proceso de construcción, nos permite como egresados de la carrera de Ingeniería Civil, poner a disposición de las empresas estatales y privadas, el recurso técnico con el que se cuenta para el diseño de infraestructura requerida en el momento histórico en el que se encuentra sumergido el país y que demanda de profesionistas capacitados en formar parte de proyectos de gran envergadura.

Dado el momento histórico que vive nuestro país, los cambios en cuanto a eficientar los recursos naturales, nos lleva a replantear la metodología de diseño, aficientar el recurso técnico y humano en el campo de la elaboración de proyectos geotécnicos con el recurso humano empleado en gabinete, el empleo de equipo de diseño asistido por computadora, la capacidad de emplear la normativa existente nacional y eventualmente la internacional, para lograr resultados concretos y de largo alcance que sirva incluso a las generaciones venideras como material de consulta.

Es sabido, que la ingeniería empleada en el diseño de gasoductos, está considerada para pocas empresas en nuestro país, esto viene a consideración para las actuales generaciones de Ingenieros Civiles, totalmente capacitados en el desarrollo de este tipo de proyectos, por ello, en ayuda de los requerimientos de consulta actual, se decidió presentar este material de apoyo didáctico pensándose de ser de utilidad para el desarrollo de proyectos similares.



10. REFERENCIAS.

- **American Society for Testing and Materials.** (1991). *Normas ASTM* Vol. III. American Society for Testing and Materials.
- **Bowles, J.** *Foundation Analysis and Design*. McGraw Hill, 5a. Edición. (1996).
- **Comisión Federal de Electricidad CFE.** *Manual de Diseño por Sismo Espectro sísmico de diseño para estructuras* (2015).
- **Secretaría de Recursos Hidráulicos,** *Manual de Mecánica de suelos*. México: Secretaría de Recursos Hidráulicos, Segunda Edición (1970).
- **Métodos de Muestreo y Pruebas de Materiales,** *Secretaría de Comunicaciones y Transportes, año 2016*.
- **Juárez Badillo., Rico Rodríguez.** *Mecánica de suelos tomos I*, Editorial Limusa, México, 2005.
- **Juárez Badillo., Rico Rodríguez.** *Mecánica de suelos tomos II*, Teoría y Aplicaciones de la Mecánica de Suelos, Editorial Limusa, México, 2004.
- **Geología de los Estados de Chihuahua y Durango,** *Servicio Geológico Nacional*, año 2016.
- **H. Ayuntamiento de Cd. López, H. Ayuntamiento de Cd. Valle de Zaragoza, H. Ayuntamiento de Cd. Hidalgo de Parral. H. Ayuntamiento de Cd. Coronado.** *Plan de Desarrollo del Estado de Chihuahua*, México 2013-2016 (2016).
- **H. Ayuntamiento de Cd. Mapimí, H. Ayuntamiento de Cd. Lerdo,** *Plan de Desarrollo del Estado de Durango*, México 2013-2016 (2016).
- **Este trabajo forma parte del estudio de Mecánica de Suelos, desarrollado por Geoambiente – Sacmag para la Empresa SICIM, México, 2016.**