

ECN LABORATORIO S.A. DE C.V.



MECÁNICA DE SUELOS

Proyecto Ejecutivo Para La Construcción De
Carretera "Libre Laredo - Monterrey"
Municipio De Anáhuac, N.L.



CLIENTE: **SECRETARÍA DE SEGURIDAD Y PLANEACIÓN URBANA**



ECN LABORATORIO, S.A. DE C.V.

GEOTECNIA, CONTROL DE CALIDAD EN MATERIALES Y PROCESOS DE CONSTRUCCION
CALLE EUCALIPTO No. 1037 COL. LOS GIRASOLES 4TO SECTOR, ESCOBEDO N.L. C.P. 66073
RFC ELA210804GTA

Diciembre de 2022

Cía.: Secretaría de Seguridad y Planeación Urbana

Obra: Proyecto Ejecutivo Para La Construcción De Carretera "Libre Laredo - Monterrey",
Municipio de Anáhuac, N.L.

At'n: Arq. Edgar A. Hinojosa

Por medio de la presente le envío los resultados correspondientes al Estudio de Mecánica Suelos, en el terreno donde se pretende realizar un proyecto denominado Proyecto Ejecutivo Para La Construcción De Carretera "Libre Laredo - Monterrey", ubicado en el municipio de Anáhuac, N.L.

En este estudio se presentan características físicas y mecánicas del suelo, así como la estratigrafía correspondiente a los sondeos analizados, además del tipo de cimentación y profundidad de desplante recomendada.

Sin más por el momento y en espera de la utilidad del presente informe, quedo de usted.

Atentamente:

Ing. Ernesto Monsivais C.
Ced 5204881



ECN LABORATORIO, S.A. DE C.V.

GEOTECNIA, CONTROL DE CALIDAD EN MATERIALES Y PROCESOS DE CONSTRUCCION
CALLE EUCALIPTO No. 1037 COL. LOS GIRASOLES 4TO SECTOR, ESCOBEDO N.L. C.P. 66073
RFC ELA210804GTA

Resumen

La siguiente información hace referencia al levantamiento realizado en el área donde se planea realizar el Proyecto ejecutivo para la construcción de carretera "Libre Laredo - Monterrey", ubicado en carretera Monterrey - Nuevo Laredo, San Francisco, Municipio de Anáhuac, Nuevo León, México, en el cual determinamos las propiedades físicas y mecánicas del suelo, realizando enseguida el análisis geotécnico en el cual se definirán los tipos de cimentaciones a emplear, profundidad de desplante y capacidad de carga admisible de las mismas.

El presente informe está conformado por el capítulo 1, se presenta una introducción general del proyecto incluyendo la localización del área en estudio y la localización de los ensayos realizados, por el capítulo 2 donde encontramos los datos relevantes de la visita al sitio así como información general del sitio en estudio, en el capítulo 3 se mencionan los trabajos realizados tanto en campo como en laboratorio, en el capítulo 4 se tienen los resultados obtenidos, por el capítulo 5 se encuentran las conclusiones generales del estudio en base a los valores obtenidos, por el capítulo 6, donde discutiremos acerca del análisis constructivo y diseño geotécnico, por el capítulo 7, encontraremos la información relacionada con los asentamientos y finalmente por el capítulo 8, donde encontraremos recomendaciones generales para el proceso constructivo.

Adjunto, encontraremos el Anexo 1 regionalización sísmica, Anexo 2 Perfiles Estratigráficos, Anexo 3 Pruebas de laboratorio, Anexo 4 Informe Fotográfico y Anexo 5 Carta Responsiva y Cedula Profesional



ECN LABORATORIO, S.A. DE C.V.

GEOTECNIA, CONTROL DE CALIDAD EN MATERIALES Y PROCESOS DE CONSTRUCCION
CALLE EUCALIPTO No. 1037 COL. LOS GIRASOLES 4TO SECTOR, ESCOBEDO N.L. C.P. 66073
RFC ELA210804GTA

CONTENIDO

1.	INTRODUCCIÓN	1
1.1	UBICACIÓN DEL ÁREA EN ESTUDIO	
1.2	OBJETIVO Y ALCANCE DEL ESTUDIO	
2.	CARACTERIZACIÓN DEL PREDIO EN ESTUDIO	3
2.1	VISITA AL SITIO EN ESTUDIO Y RECONOCIMIENTO SUPERFICIAL	
2.2	INFORMACIÓN GENERAL DEL SITIO EN ESTUDIO	
2.2.1.	FISIOGRAFÍA	
2.2.2.	CLIMA	
2.2.3.	GEOLOGÍA	
2.2.4.	EDAFOLOGÍA	
2.2.5.	HIDROGRAFÍA	
2.2.6.	USO DE SUELO Y VEGETACIÓN	
2.2.7.	ZONA URBANA	
2.2.8.	SISMICIDAD	
3.	TRABAJOS REALIZADOS	14
3.1.	TRABAJOS DE CAMPO	
3.1.1.	PRUEBA DE PENETRACIÓN ESTÁNDAR	
3.2.	ENSAYES DE LABORATORIO	
3.2.1.	CONTENIDO DE HUMEDAD NATURAL	
3.2.2.	GRANULOMETRÍA	
3.2.3.	LÍMITE LÍQUIDO, LÍMITE PLÁSTICO E ÍNDICE PLÁSTICO	
3.2.4.	DENSIDAD ESPECÍFICA DE LOS SUELOS	
3.2.5.	PROPIEDADES MECÁNICAS DE LOS SUELOS	
4.	RESULTADOS OBTENIDOS	22
4.1	DESCRIPCIÓN DE LOS PERFILES ESTRATIGRÁFICOS	
4.2	ENSAYES DE LABORATORIO	
4.3	PROPIEDADES MECÁNICAS DE LOS SUELOS	
5.	CONCLUSIONES	26
6.	ANÁLISIS DE CONSTRUCCIONES Y DISEÑO GEOTÉCNICO	27
6.2.	CIMENTACIÓN PROFUNDA POR MEDIO DE PILAS COLADAS EN SITIO	
6.2.1.	ANÁLISIS DE CAPACIDAD DE CARGA ADMISIBLE DE PILAS COLADAS EN SITIO	
6.3.	CIMENTACIÓN SUPERFICIAL POR MEDIO DE ZAPATAS CORRIDAS O ZAPATAS AISLADAS	
6.3.1.	ANÁLISIS DE CAPACIDAD DE CARGA ADMISIBLE PARA ZAPATAS CORRIDAS Y ZAPATAS AISLADAS	
7.	ASENTAMIENTOS	36
8.	RECOMENDACIONES GENERALES PARA EL PROCESO CONSTRUCTIVO	43



ECN LABORATORIO, S.A. DE C.V.

GEOTECNIA, CONTROL DE CALIDAD EN MATERIALES Y PROCESOS DE CONSTRUCCION
CALLE EUCALIPTO No. 1037 COL. LOS GIRASOLES 4TO SECTOR, ESCOBEDO N.L. C.P. 66073
RFC ELA210804GTA

ANEXOS

- ANEXO 1 REGIONALIZACIÓN SÍSMICA
- ANEXO 2 PERFILES ESTRATIGRÁFICOS
- ANEXO 3 ENSAYES DE LABORATORIO
- ANEXO 4 INFORME FOTOGRÁFICO
- ANEXO 5 CARTA RESPONSIVA Y CÉDULA PROFESIONAL



6



ECN LABORATORIO, S.A. DE C.V.

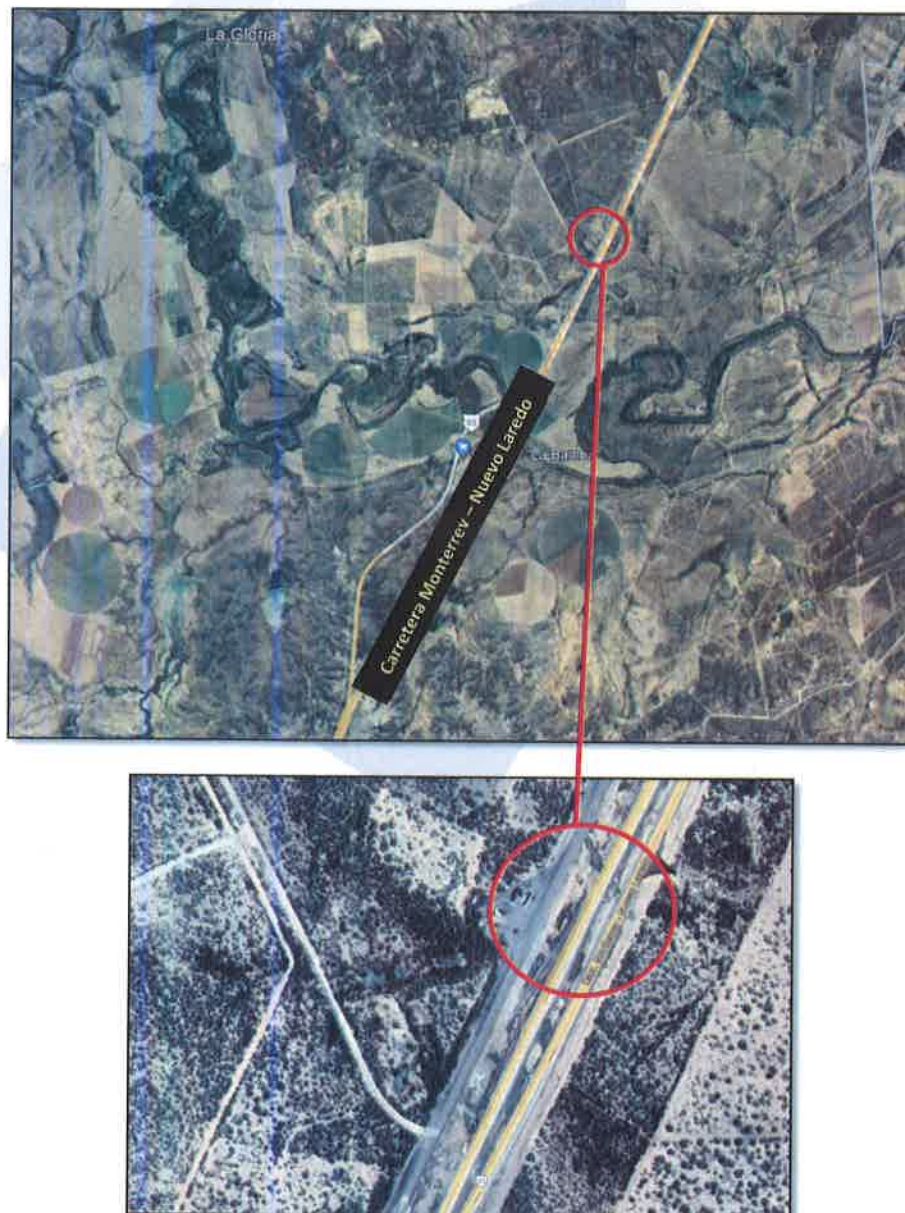
GEOTECNIA, CONTROL DE CALIDAD EN MATERIALES Y PROCESOS DE CONSTRUCCION
CALLE EUCALIPTO No. 1037 COL. LOS GIRASOLES 4TO SECTOR, ESCOBEDO N.L. C.P. 66073
RFC ELA210804GTA

1. Introducción

1.1. Ubicación del área en estudio

Debido al proyecto planeado se nos solicitó la realización del estudio geotécnico de suelos, trabajando en el área específica anteriormente mencionada la cual se localiza sobre carretera Monterrey - Nuevo Laredo, San Francisco, Municipio de Anáhuac, Nuevo León, tal como se indica en las figuras siguientes.

Figura 1. Localización del Área en Estudio





ECN LABORATORIO, S.A. DE C.V.

GEOTECNIA, CONTROL DE CALIDAD EN MATERIALES Y PROCESOS DE CONSTRUCCION
CALLE EUCALIPTO No. 1037 COL. LOS GIRASOLES 4TO SECTOR, ESCOBEDO N.L. C.P. 66073
RFC ELA210804GTA

Tabla 1. Localización de los Sondeos

SONDEO	COORDENADAS
PMR-01	14 R 419456 ; 2975931
PMR-02	14 R 419596 ; 2975934
PMR-03	14 R 419475 ; 2975971
PMR-04	14 R 419575 ; 2975885



Figura 2. Localización de los Sondeos



ECN LABORATORIO, S.A. DE C.V.

GEOTECNIA, CONTROL DE CALIDAD EN MATERIALES Y PROCESOS DE CONSTRUCCION
CALLE EUCALIPTO No. 1037 COL. LOS GIRASOLES 4TO SECTOR, ESCOBEDO N.L. C.P. 66073
RFC ELA210804GTA

1.2. Objetivo y Alcance del estudio

El presente estudio tiene como objetivo caracterizar de manera geotécnica el sitio en estudio, determinando las propiedades físicas y mecánicas de los suelos presentes para enseguida determinar los diferentes tipos de cimentaciones que se consideren aplicables, su profundidad de desplante y su capacidad de carga admisible.

Como alcances de este estudio tenemos, el reconocimiento superficial del área, la obtención de muestras a distintas profundidades, la realización de pruebas en campo, la localización del estrato rocoso (en caso de encontrarse), pruebas en laboratorio y sitio, y mediante el uso de los resultados obtenidos hacer un análisis geotécnico y las recomendaciones constructivas aplicables al proyecto.

2. Caracterización del predio en Estudio

2.1. Visita al sitio en estudio y reconocimiento superficial

Personal de nuestra empresa realizó una visita al área en estudio y como se puede observar en el informe fotográfico el predio se encuentra con una topografía en general plana, en cuanto a la vegetación natural esta se encuentra compuesta por pastizal, dicha vegetación cubre parcialmente la superficie del predio.



Las áreas a explorar forman parte del derecho de paso de la vialidad actual por lo que se emplearan como áreas de albergaran el puente vehicular que se tiene proyectado construir, con el cual se busca la agilización de la circulación vehicular, tomando en cuenta esto, las exploraciones a realizar serán encaminadas para cubrir las necesidades de cada uso en específico, siendo determinante en cada caso trabajar en conjunto con el plano de rasantes del proyecto ejecutivo.



ECN LABORATORIO, S.A. DE C.V.

GEOTECNIA, CONTROL DE CALIDAD EN MATERIALES Y PROCESOS DE CONSTRUCCION
CALLE EUCALIPTO No. 1037 COL. LOS GIRASOLES 4TO SECTOR, ESCOBEDO N.L. C.P. 66073
RFC ELA210804GTA

2.2. Información general del sitio en estudio

2.2.1. Fisiografía

La fisiografía es la representación cartográfica de las diferentes provincias y subprovincias en las que se ha dividido el país, de acuerdo con su geología y topografía.

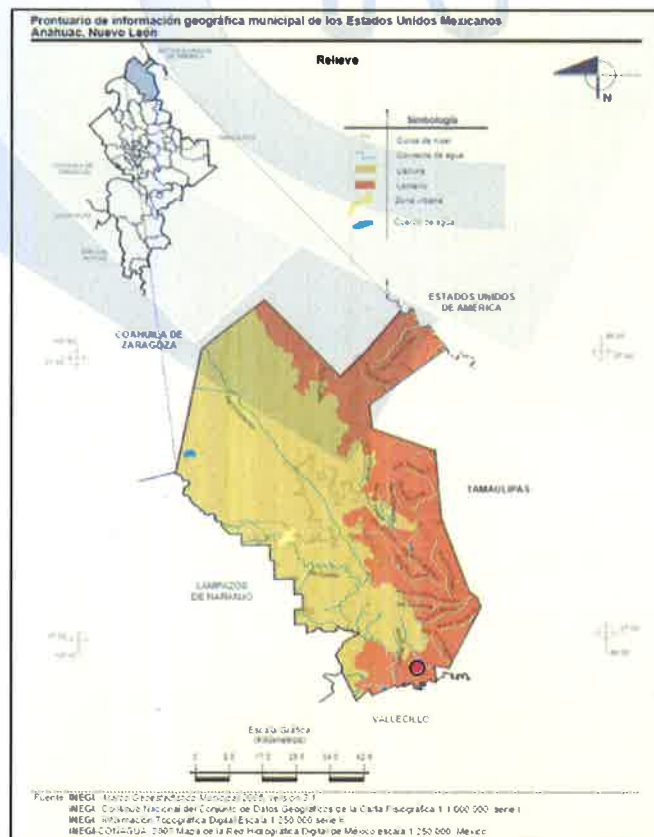
Con base en información topográfica, geológica y climatológica, para la representación de las diferentes unidades se establecieron las siguientes clasificaciones:

Provincia Fisiográfica. Conjunto estructural de origen geológico unitario, con morfología propia y distintiva. En el municipio de Anáhuac se tiene Grandes Llanuras de Norteamérica (100%).

Subprovincia/Discontinuidad Fisiográfica. Subregiones de una provincia fisiográfica con características distintivas. En el municipio de Anáhuac se tienen Llanuras de Coahuila y Nuevo León (100%)

Sistema de Topoformas. Conjunto de formas del terreno asociadas según algún patrón o patrones estructurales y/o degradativos. En el municipio de Anáhuac se tiene Llanura Aluvial con Lomerío (44%), Lomerío de Laderas Tendidas con Llanuras (39%) y Llanura aluvial con Lomerío de Piso Rocoso o Cementado (17%).

Figura 3. Relieve





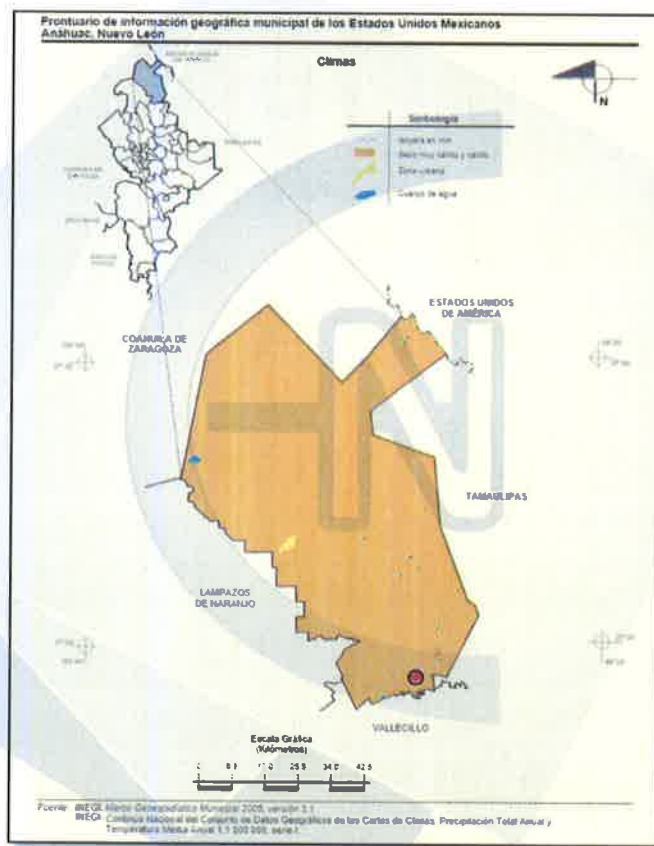
ECN LABORATORIO, S.A. DE C.V.

GEOTECNIA, CONTROL DE CALIDAD EN MATERIALES Y PROCESOS DE CONSTRUCCION
CALLE EUCALIPTO No. 1037 COL. LOS GIRASOLES 4TO SECTOR, ESCOBEDO N.L. C.P. 66073
RFC ELA210804GTA

2.2.2. Clima

De la zona municipal donde se localiza el área en estudio, se cuenta con la siguiente información: se tiene un rango de temperatura de 20 - 24°C, con un rango de precipitación de 400 - 500 mm y un clima Seco muy cálido y cálido (100%).

Figura 4. Clima



2.2.3. Geología

Tomando como referencia el Prontuario de información geográfica municipal de los Estados Unidos Mexicanos del municipio de Anáhuac, Nuevo León con clave geoestadística 19005 y las guías de interpretación cartográfica, se hace una descripción de la Geología predominante en el sitio.

Hablando un poco de su formación esta región cruzo la era Mesozoica y los periodos Cuaternario (48%), Paleógeno (27%), Cretácico (16%), Neógeno (7%) y No Definido (2%). Que dio formación a las siguientes rocas: en este caso sedimentarias estas fueron producidas a causa de los agentes externos de erosión: agua, viento, hielo y cambios de temperatura, se produjo el efecto de meteorización (desintegración y descomposición de las rocas), cuyas partículas fueron transportadas y finalmente depositadas.



ECN LABORATORIO, S.A. DE C.V.

GEOTECNIA, CONTROL DE CALIDAD EN MATERIALES Y PROCESOS DE CONSTRUCCION
CALLE EUCALIPTO No. 1037 COL. LOS GIRASOLES 4TO SECTOR, ESCOBEDO N.L. C.P. 66073
RFC ELA210804GTA

Conforme se acumularon los sedimentos, los materiales se fueron al fondo y se compactan formándolas. De estas se tienen los siguientes tipos de roca: Lutita-arenisca (35%), conglomerado (19%), lutita (8%) y caliza (1%). A continuación, una descripción de ellas:

Lutita

Roca compuesta por material terrígeno muy fino (arcillas (1/256 mm). Debido al tamaño de sus componentes no es posible una clasificación más precisa. Por la presencia e minerales accesorios se tienen: Lutitas calcáreas, lutitas rojas o férricas, lutitas carbonosas y lutitas silíceas.

Conglomerado

Roca de grano grueso mayores a los 2 mm a más de 250 mm (gravillas 2-4 mm, matatena 4-6 mm, guijarro 64-256 mm y peñasco > 256mm); de formas esféricas a poco esféricas y de grado de redondez angulosos a bien redondeados. Por la presencia de arcillas (matriz y/o cementante) se diferencian los siguientes tipos de conglomerados: ortoconglomerados (matriz <15%) y paraconglomerados (matriz > 15%).

Arenisca

Son rocas constituidas por minerales, fragmentos del tamaño de la arena 1/16 mm a 2 mm. Se pueden clasificar en forma general por el porcentaje de matriz (material que engloba a los fragmentos) en arenitas (0-15%) y wacas (15-75%), por su contenido de minerales (cuarzo, feldespatos y fragmentos de roca) en: arcosas, ortocuarzitas y literenitas, Grauvaca (lítica o feldespática).

Caliza

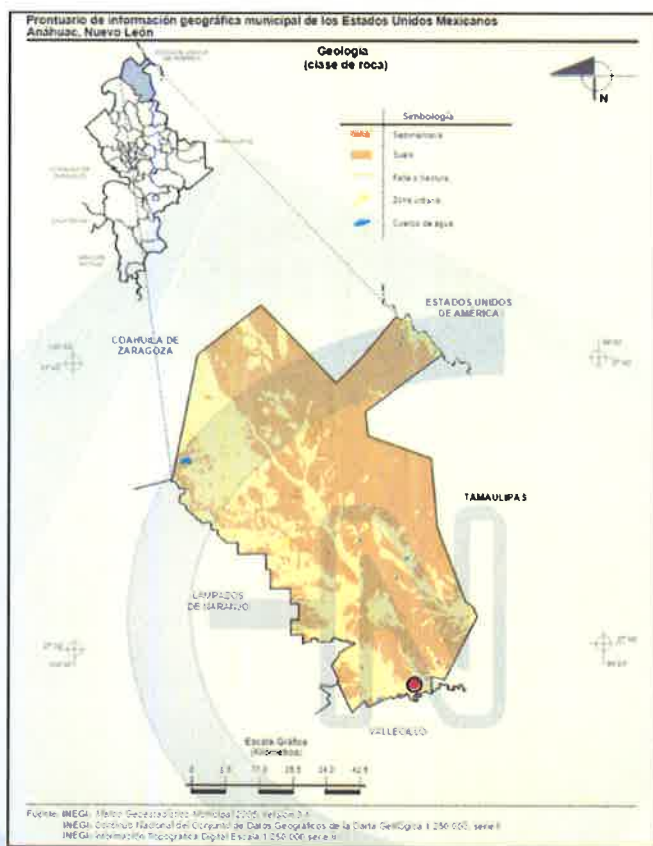
Roca química o bioquímica, es la roca más importante de las rocas carbonatadas; constituida de carbonato de calcio (>80% CaCO_3), pudiendo estar acompañada de: aragonito, sílice, dolomita, siderita y con frecuencia la presencia de fósiles, por lo que son de gran importancia estratigráfica. Por su contenido orgánico, arreglo mineral y textura existen gran cantidad de clasificaciones en calizas. En los casos donde es considerable o relevante la presencia de materiales clásticos se clasifica la caliza y el tamaño de la partícula determina el nombre secundario: caliza-lutita, caliza-arenosa, caliza-arcillosa y caliza-conglomerática.



ECN LABORATORIO, S.A. DE C.V.

GEOTECNIA, CONTROL DE CALIDAD EN MATERIALES Y PROCESOS DE CONSTRUCCION
CALLE EUCALIPTO No. 1037 COL. LOS GIRASOLES 4TO SECTOR, ESCOBEDO N.L. C.P. 66073
RFC ELA210804GTA

Figura 5. Geología



2.2.4. Edafología

En esta región se tiene un tipo de suelo aluvión en un 35% y lacustre 2% que está formado por el depósito de materiales sueltos (gravas y arenas) provenientes de rocas preexistentes, que han sido transportados por corrientes superficiales de agua.

Se tiene que en la región los suelos predominantes son los siguientes, haciendo enseguida una pequeña descripción de ellos (Figura 6).

Calcisol (47.6%)

Tipo de suelos asociado con un clima árido o semiárido. El término deriva del vocablo latino "calcarium" que significa calcáreo, haciendo alusión a la sustancial acumulación de caliza secundaria. El material original lo constituyen depósitos aluviales, coluviales o eólicos de materiales alterados.



ECN LABORATORIO, S.A. DE C.V.

GEOTECNIA, CONTROL DE CALIDAD EN MATERIALES Y PROCESOS DE CONSTRUCCION
CALLE EUCALIPTO No. 1037 COL. LOS GIRASOLES 4TO SECTOR, ESCOBEDO N.L. C.P. 66073
RFC ELA210804GTA

Vertisol (24,1%)

Del latín vertere, voltear. Suelos de climas templados y cálidos, especialmente de zonas con una marcada estación seca y otra lluviosa. La vegetación natural va de selvas bajas a pastizales y matorrales. Se caracteriza por su estructura masiva y su alto contenido de arcilla, la cual es expandible en húmedo formando superficies de deslizamiento llamadas facetas, y que por ser colapsables en seco pueden formar grietas en la superficie o a determinada profundidad.

Regosol (7,4%)

Del griego reghos: manto, cobija o capa de material suelto que cubre a la roca. Suelos ubicados en muy diversos tipos de clima, vegetación y relieve. Tienen poco desarrollo y por ello no presentan capas muy diferenciadas entre sí. En general son claros o pobres en materia orgánica, se parecen bastante a la roca que le da origen. Frecuentemente son someros.

Fluvisol (6,3%)

Del latín fluvius: río. Se caracterizan por estar formados de materiales acarreados por agua. Son suelos muy poco desarrollados, medianamente profundos y presentan generalmente estructura débil o suelta.

Leptosol (4,5%)

El término deriva del vocablo griego "leptos" que significa delgado, haciendo alusión a su espesor reducido. El material original puede ser cualquiera tanto rocas como materiales no consolidados con menos del 10 % de tierra fina.

Chernozem (4,1%)

Del ruso cherno: negro; y zemljá: tierra. Literalmente, tierra negra. Suelos alcalinos ubicados en zonas semiáridas o de transición hacia climas lluviosos. En condiciones naturales tienen vegetación de pastizal, son suelos que sobrepasan comúnmente los 80 cm de profundidad y se caracterizan por presentar una capa superior de color negro, rica en materias orgánicas y nutrientes, con alta acumulación de caliche suelto o ligeramente cementado en el subsuelo.

Castañozem (2,9%)

Del latín, castaneo: castaño; y del ruso zemljá: tierra. Suelos alcalinos que se encuentran ubicados en zonas semiáridas o de transición hacia climas más lluviosos. En condiciones naturales tienen vegetación de pastizal, con algunas áreas de matorral. Frecuentemente tienen más de 70cm de profundidad y se caracterizan por presentar una capa superior de color pardo o rojizo oscuro, rica en materias orgánicas y nutrientes, con acumulación de caliche suelto o ligeramente cementado en el subsuelo.



ECN LABORATORIO, S.A. DE C.V.

GEOTECNIA, CONTROL DE CALIDAD EN MATERIALES Y PROCESOS DE CONSTRUCCION
CALLE EUCALIPTO No. 1037 COL. LOS GIRASOLES 4TO SECTOR, ESCOBEDO N.L. C.P. 66073
RFC ELA210804GTA

Cambisol (1,7%)

Del latín cambiare: cambiar. Literalmente, suelo que cambia. Estos suelos son jóvenes, poco desarrollados y se pueden encontrar en cualquier tipo de vegetación o clima excepto en los de zonas áridas. Se caracterizan por presentar en el subsuelo una capa con terrones que presentan vestigios el tipo e roca subyacente y que además puede tener pequeñas acumulaciones de arcilla, carbonatos d calcio, fierro o manganeso.

Debe destacarse que a diferencia de la edafología que trata a los suelos considerando sus propiedades físicas, químicas y morfológicas, la geología, los trata atendiendo a los lugares en que se depositan y a los agentes de transporte que los depositan.

Se presenta un 0,2% de suelo no aplicable, Solonchak (0,5%) y Phaeozem (0,4%), que es, según la información recabada, lo que se tiene construido hasta la fecha. (Figura 6).

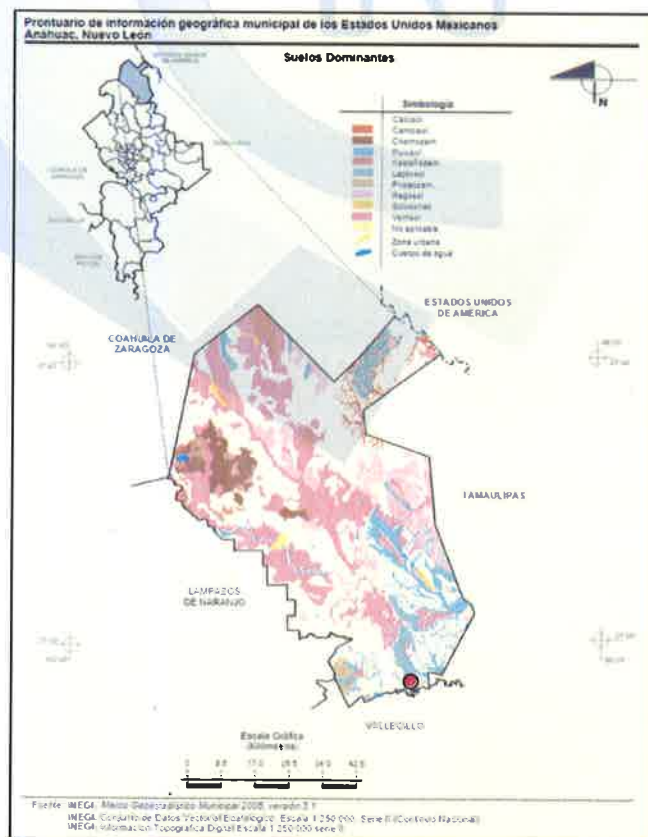
Solonchak (0,5%)

Del ruso sol: sal. Literalmente suelos salinos. Se presentan en zonas donde se acumula el salitre. Tienen alto contenido de sales en todo o alguna parte del suelo.

Phaeozem (0,4%)

Es un tipo de suelo caracterizado por poseer una marcada acumulación de materia orgánica y por estar saturados en bases en su parte superior.

Figura 6. Edafología





ECN LABORATORIO, S.A. DE C.V.

GEOTECNIA, CONTROL DE CALIDAD EN MATERIALES Y PROCESOS DE CONSTRUCCION
CALLE EUCALIPTO No. 1037 COL. LOS GIRASOLES 4TO SECTOR, ESCOBEDO N.L. C.P. 66073
RFC ELA210804GTA

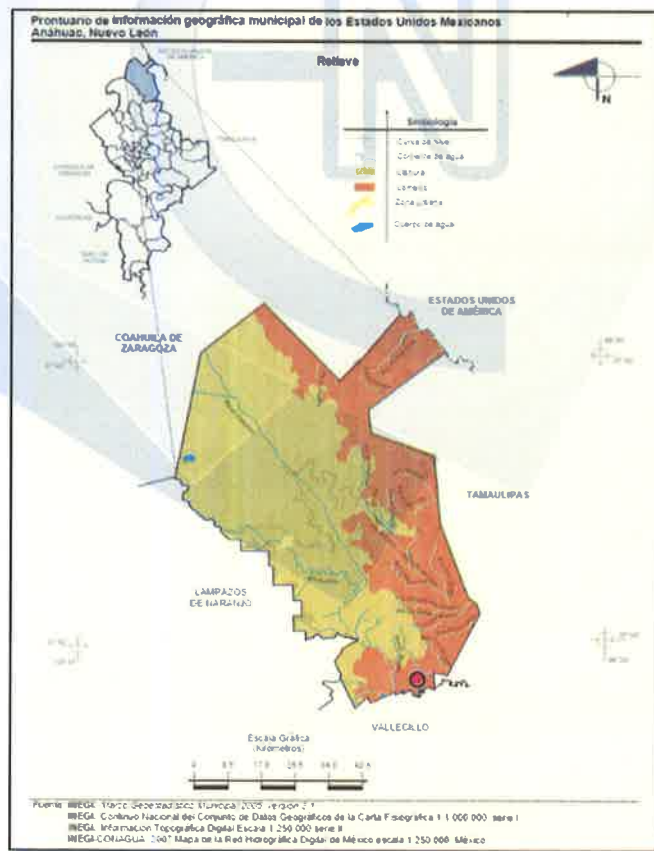
2.2.5. Hidrografía

La hidrografía es la parte de la geografía que se encarga de la descripción de las aguas del planeta Tierra. El concepto se utiliza también para nombrar al conjunto de las aguas de una región o de un país.

La hidrografía estudia características como el caudal, el lecho, la cuenca y la sedimentación fluvial de las aguas continentales. Es habitual que se considere a la cuenca hidrográfica de un río como una región natural específica y que se desarrollen análisis detallados de sus especificidades.

La región hidrológica que comprende al municipio de Anáhuac es Bravo-Conchos (100%), la cuenca P. Falcón-R. Salado (65%) y R. Bravo-Nuevo Laredo (35%) y subcuenca R. Salado-Anáhuac (54%), R. Salado-A. de la Coyota (19%), R. Salado-Las Tortillas (11%), R. Bravo-A. del Carrizo (9%) y R. Bravo-A. Saladito (7%). En cuanto a los cuerpos de agua se tiene P. Salinillas, P. La Escalera, P. Grande.

Figura 7. Relieve





ECN LABORATORIO, S.A. DE C.V.

GEOTECNIA, CONTROL DE CALIDAD EN MATERIALES Y PROCESOS DE CONSTRUCCION
CALLE EUCALIPTO No. 1037 COL. LOS GIRASOLES 4TO SECTOR, ESCOBEDO N.L. C.P. 66073
RFC ELA210804GTA

2.2.6. Uso de suelo y Vegetación

La distribución de los tipos de vegetación natural e inducida, así como el nivel y tipo de afectación de las comunidades vegetales y su dinámica en México, además conocer la localización de las áreas agrícolas de acuerdo a su disponibilidad de agua y por la permanencia de los cultivos en el terreno.

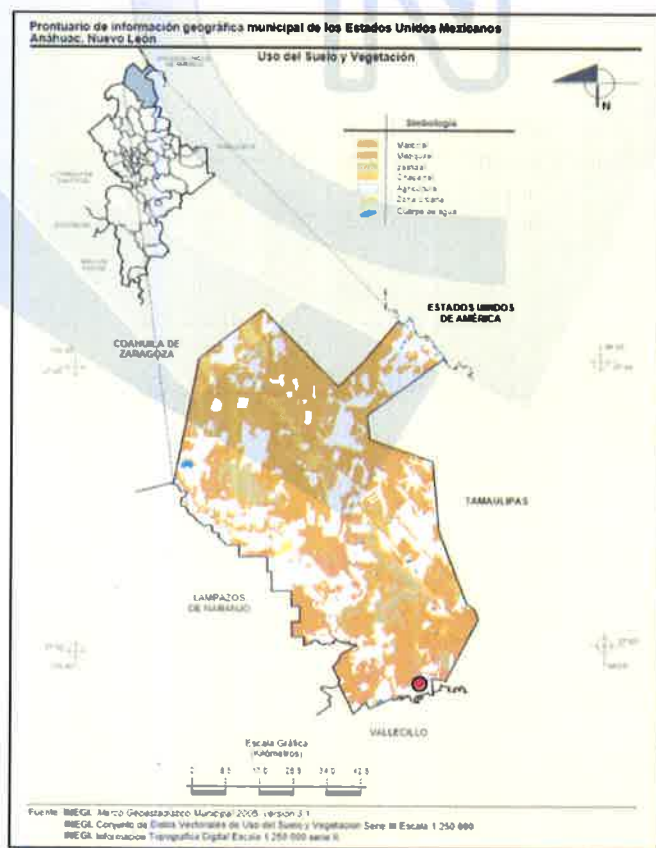
Uso de suelo. Agricultura (36%) y zona urbana (1,0%).

Vegetación. Matorral (58%) y pastizal (5,0%).

2.2.7. Zona urbana

Como ya se mencionó se cuenta con un 1,0% de zona urbana en el municipio de Anáhuac, Nuevo León, están creciendo sobre suelos y rocas sedimentarias del Cuaternario, en llanuras; sobre áreas donde originalmente había suelos denominados Calcisol y Vertisol; tienen clima seco muy cálido y cálido, y están creciendo sobre terrenos previamente ocupados por agricultura y matorrales.

Figura 8. Uso de suelo y vegetación





ECN LABORATORIO, S.A. DE C.V.

GEOTECNIA, CONTROL DE CALIDAD EN MATERIALES Y PROCESOS DE CONSTRUCCION
CALLE EUCALIPTO No. 1037 COL. LOS GIRASOLES 4TO SECTOR, ESCOBEDO N.L. C.P. 66073
RFC ELA210804GTA

2.2.8. Sismicidad



Considerando la Regionalización Sísmica del País, propuesta por la Comisión Federal de Electricidad, para fines de diseño sísmico la República Mexicana se considera dividida en cuatro zonas). Las fronteras entre zonas coinciden con curvas de igual aceleración máxima del terreno; la zona A es la de menor intensidad sísmica mientras que la mayor es la zona D.

Considerando la información del programa PRODISIS 4.1, con base al Manual de Diseño de Obras Civiles de la CFE-Diseño por sismo, el municipio de Anáhuac, Nuevo León, México, se encuentra en la zona sísmica "A" (ver anexo 4). Los parámetros de espectro de diseño sísmico del sitio (Espectro de diseño transparente regional), que nos proporciona el programa de PRODISIS 4.1, se obtiene en base a los valores de V_s =velocidad de onda de corte del terreno en los 30 m superficiales y con $H_s=30$. Estos valores se pueden proponer en base a los resultados obtenidos del ensaye de penetración estándar, donde el estrato que se apoyará la cimentación de la estructura presenta valores $N_{60} > 50$ golpes, por lo tanto, se puede proponer considerar los valores de $V_s=360 \text{ m/s}$ a $H_s=1,50 \text{ m}$ de acuerdo la siguiente tabla. Clasificando al terreno en estudio como un suelo tipo I.



ECN LABORATORIO, S.A. DE C.V.

GEOTECNIA, CONTROL DE CALIDAD EN MATERIALES Y PROCESOS DE CONSTRUCCION
CALLE EUCALIPTO No. 1037 COL. LOS GIRASOLES 4TO SECTOR, ESCOBEDO N.L. C.P. 66073
RFC ELA210804GTA

Epo de Serie	Nombre del Suelo	Velocidades de onda de corte, Vs30 (m/s)	Resistencia a la penetración estándar, N
A	Roca muy dura	$V_s > 1500$	N/A
B	Roca	$760 < V_s < 1500$	N/A
C	Suelo muy denso o roca blanda	$360 < V_s < 760$	$N > 50$
D	Suelo rígido	$180 < V_s < 360$	$15 < N < 50$
E	Suelo blando	$V_s < 180$	$N < 15$
F	Cualquier perfil de suelo de 3 m de espesor que tenga las siguientes características: Índice de plasticidad (IP) > Contenido de humedad (w) 40% y		
G	Cualquier perfil de suelo que contenga una o más de las siguientes características: 1. Suelos vulnerables a una posible fractura o colapso bajo efecto sísmico, por ejemplo: suelos locables, arcillas altamente sensibles y suelos débilmente cementados. 2. Turbas y/o arcillas altamente orgánicas ($H > 3$ m de turba y/o arcillas altamente orgánicas, donde H = espesor del suelo). 3. Arcillas de muy alta plasticidad ($H > 7.6$ m con índice de plasticidad $IP > 75$). 4. Arcillas gruesas suaves a medias ($H > 36$ m).		

Para un análisis por sismo del sitio más detallado, de acuerdo con el reglamento de obras civiles de la CFE-2015 se deben calcular por lo menos 2 parámetros (tabla 3) para la clasificación del terreno. Así como el parámetro de Vs se deberá determinar por medio de un estudio geofísico aplicando los métodos de sondeo eléctrico vertical, refracción sísmica y Masw. Entre las recomendaciones para el cálculo de Hs se encuentra la prueba de penetración estándar. Al ser un método directo da mayor importancia sobre los métodos indirectos.

Tabla 3: Pruebas recomendadas para obtener los parámetros del depósito de suelo (Comisión Federal de Electricidad, 2015).

Parámetro	Prueba
Hs	Cota de profundidad a la que se encuentre un basamento rocoso o de suelo firme detectado en los estudios geotécnicos para el diseño de la cimentación
	Prueba de penetración estándar
	Sondeo Eléctrico Vertical
	Sondeo Electromagnético por Transitorios
Ts	Prueba de dispersión de ondas (MASW, SPAC)
	Prueba de vibración ambiental
	Registros sísmicos de sitio
Vs	Prueba de dispersión de ondas (MASW, SPAC)
	Tendido de refracción sísmica
	Cross-Hole
	Down-Hole
	Sonde suspendida
	Cono sísmico
	Dilatómetro sísmico



ECN LABORATORIO, S.A. DE C.V.

GEOTECNIA, CONTROL DE CALIDAD EN MATERIALES Y PROCESOS DE CONSTRUCCION
CALLE EUCALIPTO No. 1037 COL. LOS GIRASOLES 4TO SECTOR, ESCOBEDO N.L. C.P. 66073
RFC ELA210804GTA

3. Trabajos realizados

3.1. Trabajos de campo

Los trabajos de campo tienen el objetivo de detectar problemas especiales que pudiera imponer del suelo y sub suelo e identificarlo para planear su utilización en las diversas etapas de construcción del proyecto, incluyen la visita al sitio, la exploración, realización de pruebas aplicadas en campo y posteriormente la obtención de muestras que serán analizadas en el laboratorio. Estas pruebas de campo serán de distinta naturaleza según el uso que tendrá cada área.

3.1.1. Prueba de Penetración Estándar

En cuanto a la estimación de la capacidad portante, a cada metro, cambio de material o estrato que se considere competente para soportar el tipo de estructura proyectada se determinara su resistencia a la compresión simple o ángulo de fricción interna mediante correlaciones con respecto al número de golpes generados a partir de la prueba de penetración estándar (SPT), en forma manual con el tubo partido de acuerdo a la Norma ASTM D 1586/D1586M-18, la cual consiste en hincar a base de golpes una cuchara muestreadora de 60,0 cm de largo, 5,08 cm de diámetro exterior y 3,49 cm de diámetro interior mediante la energía proporcionada por una masa de 64 kg de peso que se deja caer libremente de una altura de 75,0 cm. Las muestras recuperadas se trabajarán en el laboratorio para su posterior clasificación de acuerdo al Sistema Unificado de Clasificación de Suelos.

La selección de esta prueba (SPT), para la estimación de las propiedades mecánicas de los estratos, así como el obtener solo muestras alterada parte de las normas técnicas complementarias para diseño y construcciones de cimentaciones del reglamento de construcciones de la Ciudad de México, donde se menciona lo siguiente:

2.3 Exploraciones

d) Los sondeos a realizar podrán ser de los tipos indicados a continuación:

- 1) Sondeos con recuperación continua de muestras alteradas mediante la herramienta de penetración estándar. Servirán para evaluar la consistencia o compacidad de los materiales superficiales de la Zona I y de los estratos resistentes de las zonas II y III. También se emplearán en las arcillas blandas de las zonas II y III con objeto de obtener un perfil continuo del contenido de agua y otras propiedades índices. No será aceptable realizar pruebas mecánicas usando especímenes de muestras alteradas.
- 2) Sondeos mixtos con recuperación alternada de muestras inalteradas y alteradas en las zonas II y III. Solo las primeras serán aceptables para determinar propiedades mecánicas. Las profundidades de muestreo inalterado se definirán a partir de perfiles de contenido de agua, determinados previamente mediante sondes con recuperación de muestras alteradas.
- 3) Exploración continua o selectiva, mediante una determinada prueba de campo, con o sin recuperación de muestras, respetando en cada caso los procedimientos de ensaye e interpretación generalmente aceptados. Las pruebas de campo serán indispensables para los suelos en los que el muestreo de tipo inalterado resulte difícil o deficiente y en construcciones pesadas, extensas o con excavaciones profundas.



ECN LABORATORIO, S.A. DE C.V.

GEOTECNIA, CONTROL DE CALIDAD EN MATERIALES Y PROCESOS DE CONSTRUCCION
CALLE EUCALIPTO No. 1037 COL. LOS GIRASOLES 4TO SECTOR, ESCOBEDO N.L. C.P. 66073
RFC ELA210804GTA

Las pruebas podrán consistir en medir:

El número de golpes requeridos para lograr, mediante impactos, cierta penetración de un muestreador estándar (prueba SPT) o de un dispositivo mecánico cónico (prueba dinámica de cono). En la interpretación de los resultados se aplicarán los factores de corrección apropiados para tomar en cuenta la energía efectivamente aplicada, la presencia del nivel freático, la profundidad de la prueba y otros factores.

En caso de toparse con suelos muy duros formados con gravas y boleas en estado muy compacto, rocas sedimentarias de tipo lutita, conglomerados o estratos calichosos, la prueba de penetración estándar se realizará hasta obtener un N_{60} mayor de 50 golpes, observando que en este tipo de materiales normalmente no se recupera muestra.

3.2. Ensayes de laboratorio

Después de la obtención de las muestras en campo se prosigue a realizar las pruebas de laboratorio las cuales son las siguientes:

Muestras alteradas recuperadas

- Granulometría
- Contenido de humedad natural
- Límite líquido
- Límite Plástico
- Índice de Plasticidad
- Densidad específica de los suelos

3.2.1. Contenido de humedad natural

Según la norma AASHTO T 265-15 "Método de prueba estándar para la determinación de contenido de humedad en suelos y mezclas de agregado fino y grueso en el laboratorio" el contenido de humedad se define como: El valor, en porcentaje, de la masa de agua, en una masa específica de suelo. Una aplicación práctica para la determinación de la masa del agua es mediante el secado del suelo húmedo a una masa constante en un horno de secado controlado a una temperatura de $110 \pm 5^\circ\text{C}$ ($230 \pm 9^\circ\text{F}$).

3.2.2. Granulometría

Para la clasificación de los suelos se utilizó el método normado de la ASTM 2487-11 Practica Estándar para la Clasificación de los Suelos para propósitos de ingeniería (Sistema Unificado de Clasificación de Suelos), para la cual es necesario determinar la granulometría de los suelos, este ensaye fue realizado por medio de las normas AASHTO T 311-00 (2010) "Método de prueba estándar para el análisis granulométrico en suelos granulares" y AASHTO T 11-05 "Método de prueba estándar para materiales más finos que la malla no.200 (0,075-mm) mediante lavado".

La primera norma cubre la determinación de la distribución del tamaño de partícula en suelos mediante el tamizado. Este método utiliza la malla No.4 (4,75 mm) para propósitos de separación. Las especificaciones para suelos granulares, las cuales hacen referencia en este método, usualmente contiene especificaciones de graduación que incluyen ambos, material fino y grueso en tamaños entre los 75 mm y los 0,075 mm.



ECN LABORATORIO, S.A. DE C.V.

GEOTECNIA, CONTROL DE CALIDAD EN MATERIALES Y PROCESOS DE CONSTRUCCION
CALLE EUCALIPTO No. 1037 COL. LOS GIRASOLES 4TO SECTOR, ESCOBEDO N.L. C.P. 66073
RFC ELA210804GTA

La prueba consiste en obtener una muestra seca de material granular con su masa determinada y pasarla a través de una serie de mallas con las aberturas progresivamente más pequeñas. La distribución del tamaño de la partícula es obtenida mediante la determinación de la masa del material retenido en cada una de las mallas y dividiendo estas masas por el total de masa seca de la muestra. Este método requiere secado, lavado, y una serie de separaciones.

La segunda norma cubre la determinación de la cantidad de material más fino que la malla No.200 (0,075 mm) en agregados mediante el lavado. Partículas de arcilla y otras partículas dispersas en el agua, así como también los materiales solubles, los cuales serán removidos del agregado durante el ensaye.

Se incluyen dos procedimientos para la operación del lavado uno es utilizando agua simple y el otro es usando un agente floculante para facilitar el desprendimiento del material más fino que la malla No. 200 del agregado grueso. Para estos ensayes se utilizó agua simple como operación de lavado.

Esta prueba en consiste en obtener una muestra y ser lavada de una manera predeterminada. El agua del lavado decantada, que contiene material disuelto y suspendido, es pasada a través de la malla No.200. La masa removida resultante del tratamiento de agua, es calculada como la masa en porcentaje de la muestra original y es reportada como el porcentaje del material más fino que la malla No.200 mediante el lavado.

3.2.3. Límite líquido, Limite Plástico e Índice Plástico

Realizado mediante la norma AASHTO T 89-10 "Método de prueba estándar para la determinación del límite líquido en suelos y mezclas de suelos". Este procedimiento tiene como intención determinar el límite líquido de un suelo que es, el contenido de agua, en el cual el suelo pasa de un estado plástico a un estado líquido.

El limite liquido es determinado en el laboratorio, la norma menciona el uso de dos métodos el Método A, multipunto, colocando una mezcla de suelo y agua sobre la Copa de Casagrande, realizando una ranura por el centro, posteriormente se golpea consecutivamente contra la base de la máquina, haciendo girar la manivela, hasta que la ranura, se cierre en una longitud de 13 mm. Se obtiene la primera muestra en un rango de 25-35 golpes, una segunda muestra se toma en un rango de 20 a 30 golpes, una tercera muestra se toma en un rango de 15 a 25 golpes. El rango de las tres determinaciones debe ser de al menos 10 golpes.

El contenido de agua en el suelo debe ser expresado como el contenido de humedad en porcentaje de la masa del suelo seco y debe ser calculado de la siguiente manera:

$$\% \text{ DE HUMEDAD} = \frac{\text{Masa del agua.}}{\text{Masa del suelo seco}} \times 100$$



ECN LABORATORIO, S.A. DE C.V.

GEOTECNIA, CONTROL DE CALIDAD EN MATERIALES Y PROCESOS DE CONSTRUCCION
CALLE EUCALIPTO No. 1037 COL. LOS GIRASOLES 4TO SECTOR, ESCOBEDO N.L. C.P. 66073
RFC ELA210804GTA

Después de estas determinaciones se utiliza una "curva de flujo" que represente la relación entre el contenido de humedad y el número correspondiente de golpes, deberá ser trazada sobre una gráfica semilogarítmica con el contenido de humedad como las abscisas y el número de golpes como las ordenadas sobre la escala logarítmica. La curva debe ser una línea recta dibujada tan cerca como sea posible a través de los tres o más puntos trazados.

El contenido de humedad correspondiente a la intersección de la curva de flujo con los 25 golpes ordenados, debe ser tomado como el límite líquido del suelo.

El método B, un solo punto se realiza el mismo procedimiento de multipunto la ranura se deberá cerrar entre 22 a 28 golpes, el límite líquido se obtiene multiplicando el factor de corrección (K) por el número de golpes obtenidos en el ensaye.

En este caso el método utilizado fue el método B un solo punto.

Para la determinación del Límite Plástico e Índice Plástico fue utilizada la norma AASHTO T 90-00 (2008) "Método de prueba estándar para la determinación del límite plástico e índice plástico en los suelos y mezclas de suelos".

El límite plástico de un suelo es el contenido de agua, en el cual el suelo pasa de un estado plástico a un estado semisólido y se rompe y es obtenido en laboratorio determinando el contenido de humedad moldeando un cilindro de suelo, con un diámetro de 3 mm.

Para esto se selecciona una porción con una masa de 1,5 a 2,0 g de la masa del suelo se puede hacer mediante el método manual o un procedimiento alternativo utilizando el aparato rolator de límite plástico, en este caso fue utilizado el método manual en el cual se rola la masa de suelo entre la palma o los dedos y la superficie de cristal (o un pedazo de papel pegado sobre una superficie horizontal lisa) con suficiente presión para enrollar la masa de suelo en un diámetro uniforme a través de su longitud. El rollo deberá deformarse en cada ciclo de tal manera que el diámetro alcance los 3 mm, en un lapso no mayor a los 2 min. La cantidad de presión requerida de la mano o de los dedos, variara de manera significativa, de acuerdo al tipo de suelo. Suelos frágiles o de baja plasticidad son los más fáciles de rolar bajo la orilla de la palma de la mano o con la base del dedo pulgar.

El índice plástico es obtenido como la diferencia entre el límite líquido (LL) y su límite plástico (LP), de la siguiente manera:

$$IP = LL - LP$$

Dónde:

IP= Índice plástico

LL= Límite Líquido

LP= Límite plástico

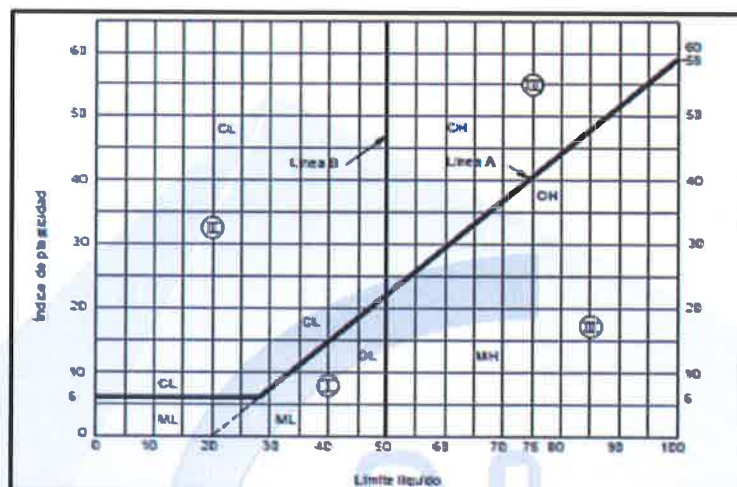
Se reporta la diferencia calculada en porcentaje como el índice plástico.



ECN LABORATORIO, S.A. DE C.V.

GEOTECNIA, CONTROL DE CALIDAD EN MATERIALES Y PROCESOS DE CONSTRUCCION
CALLE EUCALIPTO No. 1037 COL. LOS GIRASOLES 4TO SECTOR, ESCOBEDO N.L. C.P. 66073
RFC ELA210804GTA

Posteriormente en base a los valores de Limite Liquido e Índice Plástico es clasificar el suelo mediante la Carta de Plasticidad graficando el valor LL en la abscisa X y IP en el eje Y.



3.2.4. Densidad especifica de los suelos

Realizada mediante la norma AASHTO T 100 "Método de prueba estándar para Determinar de la gravedad especifica de los suelos" la cual consiste en la determinación de la gravedad especifica de los suelos por medio de un picnómetro. Cuando el suelo está compuesto de partículas más grande que la malla No. 4, se seguirá el procedimiento descrito en la AASHTO T 85 "Método de prueba estándar para la determinación de la gravedad especifica y absorción en agregados gruesos". Cuando el suelo está compuesto de partículas más grandes y más pequeñas que la malla No. 4, la muestra se separa mediante la malla No. 4 y el método de prueba adecuado que se utiliza en cada porción.

La norma AASHTO T 85 "Método de prueba estándar para la determinación de la gravedad especifica y absorción en agregados gruesos" es aplicada en suelos cuya partícula sea mayor a la malla No. 4, este método cubre la determinación de la densidad promedio de una cantidad de partículas de agregado grueso, la densidad relativa y la absorción de agregados gruesos.

Estas propiedades físicas se emplearán para determinar el grado de actividad del suelo con la ayuda de las siguientes graficas e información técnica.

Tabla 13.5 Sistema de clasificación de suelos expansivo

Limite líquido (%)	Índice de Plasticidad (%)	Expansión Potencial (%)	Clasificación de la expansión potencial
< 50	< 25	< 0,5	Baja
50 – 60	25 – 35	0,5 – 1,5	Marginal
> 60	> 35	> 1,5	Alta

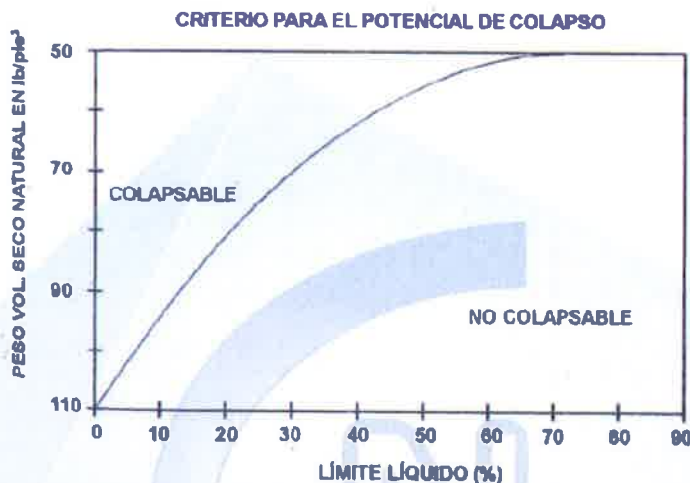
Expansión potencial = expansión vertical bajo una presión igual a la presión de sobrecarga
Compilado de O'Neill y Poormoayed (1980) ref. Principios de ingeniería de cimentaciones



ECN LABORATORIO, S.A. DE C.V.

GEOTECNIA, CONTROL DE CALIDAD EN MATERIALES Y PROCESOS DE CONSTRUCCION
CALLE EUCALIPTO No. 1037 COL. LOS GIRASOLES 4TO SECTOR, ESCOBEDO N.L. C.P. 66073
RFC ELA210804GTA

Para determinar su potencial de colapso, se empleará el siguiente gráfico en donde se relacionan el límite líquido y su masa volumétrica seca natural, y otro donde la masa volumétrica seca natural se relaciona directamente con su potencial de colapso.



Ref. Mecánica de Suelos y Cimentación Autor Crespo pág. 85

Cuadro 2.14 Criterios de colapsabilidad

Grado de colapso	Peso específico seco (kN/m²)	Potencial de colapso (%) (*)
Bajo	> 14,0	< 0,25
Bajo a medio	12,0 – 14,0	0,25 – 1,0
Medio a alto	10,0 – 12,0	1,0 – 5,0
Alto a muy alto	< 10,0	> 5,0

(*) Asiento inducido por colapso bajo inundación referido a la altura inicial de la muestra
Ref. Ingeniería Geológica autor González Vallejo pág. 112

3.2.5. Propiedades Mecánicas de los suelos

Estas propiedades mecánicas serán determinadas a diferentes profundidades en base a lo siguiente:

Las propiedades mecánicas fueron estimadas en base a los golpes obtenidos del Ensayo de Penetración Estándar, usando la siguiente correlación (Ref. Principios de Ingeniería de Cimentaciones Brajas M Das pág. 81):

El esfuerzo cortante (C_u) será determinado como:

$$C_u = KN_{60}$$

Dónde:

K = constante = 3,5 – 6,5 kN/m² (0,035 – 0,065 kgf/cm²)

N_{60} = Numero de golpes obtenidos del Ensayo de Penetración Estándar en Campo

De la Información anterior, seleccionamos el valor $K = 6,5 \text{ kN/m}^2$ (0,065 kgf/cm²).



ECN LABORATORIO, S.A. DE C.V.

GEOTECNIA, CONTROL DE CALIDAD EN MATERIALES Y PROCESOS DE CONSTRUCCION
CALLE EUCALIPTO No. 1037 COL. LOS GIRASOLES 4TO SECTOR, ESCOBEDO N.L. C.P. 66073
RFC ELA210804GTA

La Resistencia a la Compresión Última (q_u), serán determinadas en base a la correlación mostrada arriba, asumiendo esto de acuerdo a la literatura técnica:

$$q_u = 2C_u = 2KN_{60}$$

En la estimación de la resistencia a la compresión simple se tomó en cuenta la siguiente tabla del libro Ingeniería Geológica, en el cual se muestra una aproximación al rango de resistencia a compresión simple en base a la identificación en campo.

Tabla 2.0

Clase	Descripción	Identificación de campo	Aproximación al rango de resistencia a compresión simple (MPa)
S ₁	Arcilla muy blanda	El puño penetra fácilmente varios cm.	<0,025
S ₂	Arcilla débil	El dedo penetra fácilmente varios cm.	0,025-0,05
S ₃	Arcilla firme	Se necesita una pequeña presión para hincar el dedo.	0,05-0,1
S ₄	Arcilla rígida	Se necesita una fuerte presión para hincar el dedo.	0,1-0,25
S ₅	Arcilla muy rígida	Con cierta presión puede marcarse con la uña.	0,25-0,5
S ₆	Arcilla dura	Se marca con dificultad al presionar con la uña.	> 0,5
R ₀	Roca extremadamente blanda	Se puede marcar con la uña.	0,25-1,0
R ₁	Roca muy blanda	La roca se desmenuza al golpear con la punta del martillo. Con una navaja se talla fácilmente	1,0-5,0
R ₂	Roca blanda	Se talla con dificultad con una navaja. Al golpear con la punta del martillo se producen pequeñas marcas.	5,0-25
R ₃	Roca moderadamente dura	No puede tallarse con la navaja. Puede fracturarse con un golpe fuerte del martillo.	25-50
R ₄	Roca dura	Se requiere más de un golpe con el martillo para fracturarla	50-100
R ₅	Roca muy dura	Se requieren muchos golpes con el martillo para fracturarla	100-250
R ₆	Roca extremadamente dura	Al golpearlo con el martillo sólo saltan esquirlas	>250

(ISRM, 1981)



ECN LABORATORIO, S.A. DE C.V.

GEOTECNIA, CONTROL DE CALIDAD EN MATERIALES Y PROCESOS DE CONSTRUCCION
CALLE EUCALIPTO No. 1037 COL. LOS GIRASOLES 4TO SECTOR, ESCOBEDO N.L. C.P. 66073
RFC ELA210804GTA

Así también se tiene la siguiente información de referencia para el caso de los estratos de roca donde debido a su naturaleza se encuentran en una condición de intemperizada y no es posible realizar el muestreo por medio de un Barril Doble Giratorio, por lo tanto, no es posible obtener un núcleo de roca representativo para realizar el ensaye de compresión simple y así evaluar su propiedad mecánica. Por lo que se considera posible considerar valores en el rango indicado *Tabla D.23 Valores orientativos de N_{spt} , resistencia a la compresión simple y módulo de elasticidad de suelos* del Documento Básico SE-C Seguridad estructural Cimientos pág. 120.

Tabla D.23. Valores orientativos de N_{spt} , resistencia a compresión simple y módulo de elasticidad de suelos

Tipo de suelo	N_{spt}	q_u (kN/m ²)	E (MN/m ²)
Suelos muy flojos o muy blandos	< 10	0 - 80	< 8
Suelos flojos o blandos	10 - 25	80 - 150	8 - 40
Suelos medios	25 - 50	150 - 300	40 - 100
Suelos compactos o duros	50 - Rechazo	300 - 500	100 - 500
Rocas blandas	Rechazo	500 - 5.000	500 - 8.000
Rocas duras	Rechazo	5.000 - 40.000	8.000 - 15.000
Rocas muy duras	Rechazo	> 40.000	> 15.000

Además, se consultó la información del Libro de Ingeniería Geológica pág. 132, menciona: La resistencia a compresión simple es la propiedad mas frecuente medida en las rocas, y en base a su valor se establece clasificaciones en mecánica de Rocas. En el Cuadro 3.10 se incluye diferentes clasificaciones basadas en este parámetro.

CUADRO 3.10 Clasificación de las rocas a partir de su resistencia a compresión simple

Resistencia a la compresión simple (MPa)	ISRM (1981)	Geological Society of London (1970)	Bieniewski (1973)	Ejemplos
1-5	Muy blanda	Blanda < 1.75	Suaves	
5-12.5	Blanda	Moderadamente blanda	Muy baja	Sol, lutita, limolita, margá, saba, carbón.
12.5-25	Moderadamente dura	Moderadamente dura	Baja	Esquistos, pizarra.
25-50	Dura	Dura	Medio	Rocas metamórficas esquistosas, mármol, granito, gneiss, arcuosa, caliza porosa.
50-100	Muy dura	Muy dura	Alta	Rocas ígneas y metamórficas duras, arenosa muy cementada, caliza, dolomita.
100-200	Extremadamente dura	Extremadamente dura	Muy alta	Granito, gabbro, basalto.
> 200				
> 250				



ECN LABORATORIO, S.A. DE C.V.

GEOTECNIA, CONTROL DE CALIDAD EN MATERIALES Y PROCESOS DE CONSTRUCCION
CALLE EUCALIPTO No. 1037 COL. LOS GIRASOLES 4TO SECTOR, ESCOBEDO N.L. C.P. 66073
RFC ELA210804GTA

Suelos Friccionantes

Para el caso de suelos granulares, de los números de golpes corregidos obtenidos (N_{60}) se estiman la Compacidad Relativa D_r y el ángulo de fricción Φ' , usando la siguiente tabla y correlaciones (Ref. Principios de Ingeniería de Cimentaciones Braja M Das pág. 83):

Tabla 3.0

Ensayo de Penetración Estándar Numero de Golpes, (N_{60})	Compacidad Relativa aproximada, D_r (%)
0 - 5	0 - 5
5 - 10	5 - 30
10 - 30	30 - 60
30 - 50	60 - 95

Detectando en el caso de estratos granulares, la presencia de rocas con tamaños de partícula mayores a 75 mm, es por eso que los valores del ensayo de penetración son tomados con reservación, así como también el Angulo de fricción obtenido aplicando la expresión anterior, siendo ajustados a los valores de acuerdo con materiales de la localidad, encontrando estos de 30 a 35°.

4. Resultados Obtenidos

4.1. Descripción de los perfiles estratigráficos

A continuación, presentamos en forma resumida la estratigrafía de los sondeos, pudiendo consultar las propiedades de los suelos en los perfiles que aparecen en los anexos.

PMR-01

De 0,00 a 2,00 m	Gravas empacadas de caliza en limo arcilloso café verdoso.
De 2,00 a 3,00 m	Gravas empacadas de caliza en limo arcilloso café claro.
De 3,00 a 4,00 m	Arena limosa café claro.
De 4,00 a 6,00 m	Limo café amarillento verdoso (consolidado).
De 6,00 a 6,50 m	Arena arcillosa verdosa con gravas de caliza.
De 6,50 a 9,00 m	Lutita arcillosa verdosa intemperizada.
De 9,00 a 15,00 m	Lutita intemperizada con intercalaciones de arcilla gris verdosa.
Fin de la exploración.	

PMR-02

De 0,00 a 1,50 m	Arena limosa café claro con carbonato de calcio.
De 1,50 a 4,00 m	Arena limosa arcillosa café claro con gravas de caliza.
De 4,00 a 4,80 m	Arena limosa arcillosa café verdoso con gravas de caliza.
De 4,80 a 6,00 m	Arcilla café verdosa con vetas amarillentas.
De 6,00 a 7,50 m	Arcilla verdosa con vetas amarillentas y un lente de arenisca.
De 7,50 a 9,00 m	Lutita arcillosa verdosa oscura intemperizada.
De 9,00 a 10,50 m	Lutita intemperizada con intercalaciones de arcilla gris verdosa oscura.
De 10,50 a 15,00 m	Lutita intemperizada con intercalaciones de arcilla gris verdosa.
Fin de la exploración.	



ECN LABORATORIO, S.A. DE C.V.

GEOTECNIA, CONTROL DE CALIDAD EN MATERIALES Y PROCESOS DE CONSTRUCCION
CALLE EUCALIPTO No. 1037 COL. LOS GIRASOLES 4TO SECTOR, ESCOBEDO N.L. C.P. 66073
RFC ELA210804GTA

PMR-03

De 0,00 a 2,00 m Gravas empacadas de caliza en arcilla café verdoso.
De 2,00 a 3,00 m Gravas empacadas de caliza en arcilla café claro.
De 3,00 a 4,00 m Arcilla limosa café claro (consolidado).
De 4,00 a 6,00 m Arcilla limosa café amarillento verdoso (consolidado).
De 6,00 a 6,50 m Arena arcillosa verdosa con gravas de caliza.
De 6,50 a 9,00 m Lutita arcillosa verdosa intemperizada.
De 9,00 a 10,00 m Lutita intemperizada con intercalaciones de arcilla gris verdosa oscura.
Fin de la exploración.

PMR-04

De 0,00 a 4,00 m Gravas empacadas de caliza en limo arcilloso café claro.
De 4,00 a 6,00 m Gravas empacadas de caliza en limo arcilloso café verdoso.
De 6,00 a 7,50 m Arcilla café verdosa con vetas amarillentas.
De 7,50 a 9,00 m Lutita arcillosa verdosa oscura intemperizada.
De 9,00 a 10,00 m Lutita intemperizada con intercalaciones de arcilla gris verdosa.
Fin de la exploración.

4.2. Ensayes de laboratorio

A continuación, se presenta un resumen de los valores de plasticidad obtenidos en los suelos del área, estas determinaciones se realizaron a partir de muestras representativas.

Tabla 4.0

SONDEO	Clasificación visual	Índices de Plasticidad			Análisis Granulométrico			Clasificación SUCS
		Límite líquido (%)	Límite plástico (%)	Índice Plástico (%)	Finos (%)	Arenas (%)	Gravas (%)	
PMR-01 De 1,00 a 3,00 m	Gravas empacadas de caliza en limo arcilloso café verdoso / café claro	19	15	4	21	26	53	GC-GM
PMR-01 De 3,00 a 4,00 m	Arena limosa café claro	15	12	3	35	65	0	SM
PMR-01 De 6,00 a 6,50 m	Arena arcillosa verdosa con gravas de caliza	26	11	15	44	32	24	SC
PMR-01 De 6,50 a 9,00 m	Lutita arcillosa verdosa intemperizada	72	24	48	97	3	0	CH
PMR-02 De 1,00 a 4,80 m	Arena limosa arcillosa café claro con gravas de caliza	26	20	6	18	61	21	SC-SM
PMR-02 De 4,80 a 6,00 m	Arcilla café verdosa con vetas amarillentas	29	20	9	69	31	0	CL
PMR-02 De 6,00 a 7,50 m	Arcilla verdosa con vetas amarillentas y un lente de arenisca	29	15	14	75	25	0	CL



ECN LABORATORIO, S.A. DE C.V.

GEOTECNIA, CONTROL DE CALIDAD EN MATERIALES Y PROCESOS DE CONSTRUCCION
CALLE EUCALIPTO No. 1037 COL. LOS GIRASOLES 4TO SECTOR, ESCOBEDO N.L. C.P. 66073
RFC ELA210804GTA

Continuación Tabla 4.0

SONDEO	Clasificación visual	Índices de Plasticidad			Análisis Granulométrico			Clasificación SUCS
		Límite líquido (%)	Límite plástico (%)	Índice Plástico (%)	Finos (%)	Arenas (%)	Gravas (%)	
PMR-03 De 1,00 a 3,00 m	Gravas empacadas de caliza en arcilla café verdoso / café claro	31	15	16	20	22	58	GC
PMR-03 De 6,00 a 6,50 m	Arena arcillosa verdosa con gravas de caliza	27	14	13	45	48	7	SC
PMR-04 De 1,00 a 4,00 m	Gravas empacadas de caliza en limo arcilloso café claro	26	20	6	48	23	29	GC-GM
PMR-04 De 4,00 a 6,00 m	Gravas empacadas de caliza en limo arcilloso café verdoso	26	20	6	48	23	29	GC-GM
PMR-04 De 6,00 a 7,50 m	Arcilla café verdosa con vetas amarillentas	46	21	25	76	24	0	CL

GC-GM.- Grava limosa arcillosa con arena SM.- Arena limosa SC.- Arena arcillosa con grava
SC-SM.- Arena limosa arcillosa con grava CL.- Arcilla de baja plasticidad (ligera) arenosa / con arena
GC.- Grava arcillosa con arena

****Clasificación en estado natural de acuerdo a SUCS obtenidas de muestras recuperadas y/o por material recuperado del espiral de máquina perforadora rotatoria.**

4.3. Propiedades mecánicas de los suelos

Tabla 5.0 Propiedades mecánicas del suelo al nivel de desplante recomendado

PMR-01
14 R 419456; 2975931

Prof. (m)	Numero de golpes (N)	Numero de golpes (N ₆₀)	Clasificación del suelo (SUCS)	Cohesión ultima (kg/cm ²)	Angulo de fricción interna (Φ)
1,00	>50	38	GC		30°
2,00	>50	38	GC		30°
3,00	>50	38	SM		28°
4,00	>50	39		2,50	
5,00	>50	39		2,50	
6,00	>50	39	SC		28°
7,50	>50	39	RS*	3,50	
9,00	>50	39	RS*	3,50	
10,50	>50	39	RS*	3,50	
12,00	>50	39	RS*	3,50	
13,50	>50	39	RS*	3,50	
15,00	>50	39	RS*	3,50	

GC. - Grava arcillosa con arena SC.- Arena arcillosa con grava
RS*. - Roca sedimentario tipo lutita arcillosa a muy fracturada intemperizada, considerada como blanda en base a las correlaciones técnicas el valor de $q_u = 1$ Mpa como mínimo valor de las tablas, por lo que consideramos un valor conservador de $q_u = 7,50$ kg/cm² y $C_u = 3,5$ kg/cm².



ECN LABORATORIO, S.A. DE C.V.

GEOTECNIA, CONTROL DE CALIDAD EN MATERIALES Y PROCESOS DE CONSTRUCCION
CALLE EUCALIPTO No. 1037 COL. LOS GIRASOLES 4TO SECTOR, ESCOBEDO N.L. C.P. 66073
RFC ELA210804GTA

PMR-02

14 R 419596; 2975934

Prof. (m)	Numero de golpes (N)	Numero de golpes (N_{60})	Clasificación del suelo (SUCS)	Cohesión ultima (kg/cm ²)	Angulo de fricción interna (Φ)
1,00	22	17	SC-SM		28°
2,00	>50	38	SC-SM		28°
3,00	>50	38	SC-SM		28°
4,00	>50	38	SC-SM		28°
5,00	>50	39	CL	2,50	
6,00	>50	39	CL	2,50	
7,50	>50	39	RS*	3,50	
9,00	>50	39	RS*	3,50	
10,50	>50	39	RS*	3,50	
12,00	>50	39	RS*	3,50	
13,50	>50	39	RS*	3,50	
15,00	>50	39	RS*	3,50	

SC-SM.- Arena limosa arcillosa con grava CL.- Arcilla de baja plasticidad (ligera) arenosa / con arena
RS*. - Roca sedimentario tipo lutita arcillosa a muy fracturada intemperizada, considerada como blanda en base a las correlaciones técnicas el valor de $q_u = 1$ Mpa como mínimo valor de las tablas, por lo que consideramos un valor conservador de $q_u = 7,50$ kg/cm² y $C_u = 3,5$ kg/cm².

PMR-03

14 R 419475; 2975971

Prof. (m)	Numero de golpes (N)	Numero de golpes (N_{60})	Clasificación del suelo (SUCS)	Cohesión ultima (kg/cm ²)	Angulo de fricción interna (Φ)
1,00	>50	38	GC		30°
2,00	>50	38	GC		30°
3,00	>50	39		2,50	
4,00	>50	39		2,50	
5,00	>50	39		2,50	
6,00	>50	38	SC		28°
7,00	>50	39	RS*	3,50	
9,00	>50	39	RS*	3,50	
10,00	>50	39	RS*	3,50	

GC. - Grava arcillosa con arena SC.- Arena arcillosa con grava
RS*. - Roca sedimentario tipo lutita arcillosa a muy fracturada intemperizada, considerada como blanda en base a las correlaciones técnicas el valor de $q_u = 1$ Mpa como mínimo valor de las tablas, por lo que consideramos un valor conservador de $q_u = 7,50$ kg/cm² y $C_u = 3,5$ kg/cm².



ECN LABORATORIO, S.A. DE C.V.

GEOTECNIA, CONTROL DE CALIDAD EN MATERIALES Y PROCESOS DE CONSTRUCCION
CALLE EUCALIPTO No. 1037 COL. LOS GIRASOLES 4TO SECTOR, ESCOBEDO N.L. C.P. 66073
RFC ELA210804GTA

PMR-04
14 R 419575; 2975885

Prof. (m)	Numero de golpes (N)	Numero de golpes (N_{60})	Clasificación del suelo (SUCS)	Cohesión ultima (kg/cm ²)	Angulo de fricción interna (ϕ)
1,00	20	15	GC-GM		30°
2,00	>50	38	GC-GM		30°
3,00	>50	38	GC-GM		30°
4,00	>50	38	GC-GM		30°
5,00	>50	38	GC-GM		30°
6,00	>50	39	CL	2,50	
7,50	>50	39	RS*	3,50	
9,00	>50	39	RS*	3,50	
10,00	>50	39	RS*	3,50	

GC-GM.- Grava limosa arcillosa con arena CL.- Arcilla de baja plasticidad (ligera) arenosa / con arena
RS*. - Roca sedimentario tipo lutita arcillosa a muy fracturada intemperizada, considerada como blanda en base a las correlaciones técnicas el valor de $q_u = 1$ Mpa como mínimo valor de las tablas, por lo que consideramos un valor conservador de $q_u = 7,50$ kg/cm² y $C_u = 3,5$ kg/cm².

Para este análisis consideraremos a la lutita arcillosa que aparece entre 6,00/7,50 a 9,00 m como un suelo muy duro, continuando con una roca Lutita gris verdosa intemperizada con intercalaciones de arcilla donde el ensaye de penetración estándar presento valores de rechazo (rebote), por lo que las propiedades fueron seleccionadas en base a esta condición, apoyándonos en la tabla D.23, cuadro 3.10 y tabla 2.0 se considera a la roca muy blanda, hasta los 10/15 m.

5. Conclusiones

Basado en los resultados obtenidos en campo y las pruebas en laboratorio concluimos lo siguiente:

En base al recorrido de campo y a las exploraciones realizadas es posible observar que el terreno presenta una cubierta vegetal, por lo que será necesario considerar un espesor de 0,20/0,30 m de corte y despalme en toda el área del predio.

De acuerdo a sus valores obtenidos de plasticidad en cada uno de los materiales encontrados en los sondeos realizados a una profundidad de 10,00 a 15,00 metros, tenemos que en la mayoría el valor máximo de límite líquido es menor a un 50% y el índice de plasticidad máximo es de 25%, por lo que de acuerdo a la tabla antes mencionada (tabla 13.5) se clasificaría con un potencial de expansión < 0.5 % es decir bajo a excepción de la zona correspondiente al sondeo PMR-01 específicamente en el estrato de 6,50 a 15,0 m donde su límite líquido es mayor a 50% en un 22% y el índice de plasticidad es de 48%, por lo que presenta una expansión potencial > 1.5 %, es decir alta.

En cuanto a su potencial de colapso, podemos mencionar, en base a los resultados obtenidos de peso específico seco y el Limite Liquido de las muestras, los gráficos y tablas, que los suelos detectados presentan características físicas que los clasifican como materiales con un grado de colapso bajo.



ECN LABORATORIO, S.A. DE C.V.

GEOTECNIA, CONTROL DE CALIDAD EN MATERIALES Y PROCESOS DE CONSTRUCCION
CALLE EUCALIPTO No. 1037 COL. LOS GIRASOLES 4TO SECTOR, ESCOBEDO N.L. C.P. 66073
RFC ELA210804GTA

El material predominante de manera superficial está conformado por limos y gravas de caliza en limo en tonalidad café claro y café verdoso, siguiendo con estos mismos estratos y en ocasiones con arcillas en tonalidades café verdoso, verdoso y amarillento verdoso, con presencia de vetas amarillentas, con número de golpes >50 en la prueba de penetración estándar (SPT), teniendo a partir de los 6,50 a 7,00 m se localizó la roca sedimentaria tipo lutita intemperizada en partes con intercalaciones arcillosas, verdoso oscuro y gris verdosa.

Las condiciones mecánicas que presentan los estratos, desde la perspectiva de la prueba de penetración estándar, evidencia una capacidad portante de los suelos de tal magnitud que los hace competentes como para estimar desde la aplicación de un sistema de cimentación superficial o un sistema de cimentación profundo, siendo los niveles de proyecto lo que regirá entre la selección de un sistema u otro sistema, ya que de tenerse espesores considerables de relleno, es posible que constructivamente sea más factible emplear pilas coladas en sitio en lugar de zapatas llevadas a este nivel de desplante propuesto.

En los sondeos realizados hasta la profundidad máxima de exploración no se detectó el Nivel de Agua Freática (NAF). Los perfiles generados se muestran en el anexo 2.

6. Análisis de construcciones y diseño geotécnico

6.1. Tipo de cimentación y profundidad de desplante

La proyección geotécnica estará basada en el tipo de construcción a llevar a cabo y los niveles topográficos de Proyecto, para enseguida proceder a seleccionar el estrato de suelo más competente para el nivel de cargas que le serán transmitidas, entrando en función determinante la profundidad a la cual se localiza dicho estrato, para seleccionar entre una cimentación superficial o una cimentación profunda.

Para este proyecto en particular, se contemplará utilizar desde un sistema de cimentación de tipo superficial hasta un sistema de cimentación profundo, en cualquiera de los dos casos estos serán desplantados sobre el estrato que se juzgue competente, el cual deberá de ser capaz de soportar el nivel de cargas que le sean transmitidas por la superestructura.

6.2. Cimentación profunda por medio de pilas coladas en sitio

Se analizará la solución de cimentación por medio de pilas coladas en sitio, esto tomando en cuenta el nivel de cargas que transmitirá la estructura proyectada, la topografía del sitio, la profundidad a la cual se encuentra el estrato competente y la profundidad del nivel freático, en caso de presentarse.

6.2.1. Análisis de capacidad de carga admisible de pilas coladas en sitio

Para este caso se tomó como hipótesis que las pilas trabajarán por punta penetrando en el estrato de competente de 1,0 a 1,5 veces el diámetro de la pila, esto condicionado a la acción de oposición que presente el estrato contra el equipo de perforación.



ECN LABORATORIO, S.A. DE C.V.

GEOTECNIA, CONTROL DE CALIDAD EN MATERIALES Y PROCESOS DE CONSTRUCCION
CALLE EUCALIPTO No. 1037 COL. LOS GIRASOLES 4TO SECTOR, ESCOBEDO N.L. C.P. 66073
RFC ELA210804GTA

Para el cálculo de la capacidad de carga admisible seleccionaremos las siguientes profundidades de desplante, las cuales son medidas a partir del nivel topográfico presente a la fecha de realización de las exploraciones, por lo que se verían afectadas por los rellenos o cortes que así se indique en el proyecto final de rasantes.

Tabla 5.0.

Sondeos	Coordenadas UTM (zona 14R)		Profundidad de desplante	Descripción del material	Descripción del material (SUCS)	Clasificación conforme a su composición
	Este	Norte				
PMR-01	419456	2975931	10,00	Lutita intemperizada con intercalaciones arcillosa gris verdosa	RS	Cohesivo
			15,00	Lutita intemperizada con intercalaciones arcillosa gris verdosa	RS	Cohesivo
PMR-02	419596	2975934	10,00	Lutita intemperizada con intercalaciones de arcilla gris verdosa oscura	RS	Cohesivo
			15,00	Lutita intemperizada con intercalaciones de arcilla gris verdosa	RS	Cohesivo
PMR-03	419475	2975971	10,00	Lutita intemperizada con intercalaciones de arcilla gris verdosa oscura	RS	Cohesivo
PMR-04	419575	2975885	10,00	Lutita intemperizada con intercalaciones de arcilla gris verdosa	RS	Cohesivo

De lo anterior se tomará la clasificación en cuanto a su composición, como base para enseguida procederá a calcular su capacidad de carga admisible, tomando en cuenta además las siguientes hipótesis

- Por Punta. - La capacidad de carga es derivada principalmente por la resistencia del material que se encuentra debajo de la punta de la pila.
- Por fricción lateral. - La capacidad de carga es derivada principalmente por la resistencia por fricción que viene dada por la adherencia entre el suelo alrededor de la cara lateral de la pila.
- Combinación de capacidad por punta y fricción lateral. - La capacidad de carga es derivada de la suma de la capacidad de carga por punta más la capacidad de carga por fricción lateral entre el suelo y la cara lateral de la pila.

Para este caso seleccionaremos la hipótesis c), considerando que la pila penetrará en el estrato seleccionado de 1,0 a 2,0 veces su diámetro, esta longitud estará incluida en la profundidad de desplante propuesta en la tabla 6.0, lo anterior es relativo, ya que, al considerar el aporte de capacidad de carga por fricción lateral, el efecto de empotramiento ya estaría considerado. Por el tipo de material que se presenta constructivamente no es factible proponer pilas con campana, ya que sería difícil garantizar la correcta formación de la sección.



ECN LABORATORIO, S.A. DE C.V.

GEOTECNIA, CONTROL DE CALIDAD EN MATERIALES Y PROCESOS DE CONSTRUCCION
CALLE EUCALIPTO No. 1037 COL. LOS GIRASOLES 4TO SECTOR, ESCOBEDO N.L. C.P. 66073
RFC ELA210804GTA

La capacidad de carga admisible Q_{adm} , será determinada por medio de la teoría de Meyerhof para cargas verticales como sigue:

$$Q_{adm} = \frac{Q_u}{F.S.}$$

FS es el factor de seguridad usado, y $FS = 2,5$

La capacidad de carga ultima de una pila Q_u es calculado por la siguiente ecuación:

$$Q_u = Q_p + Q_s$$

Dónde:

Q_p = capacidad de por punta

Q_s = capacidad de carga por fricción por la interface entre suelo y la superficie del pilote.

CAPACIDAD DE CARGA ÚLTIMA POR PUNTA

La capacidad de carga depende de la geometría de la cimentación, tal como el diámetro y la longitud, así como también de las propiedades mecánicas del suelo como es la cohesión y el ángulo de fricción, tal como sigue:

$$Q_p = A_p (C_u N^*_c + q N^*_q)$$

Dónde:

A_p = área de la punta

C_u = cohesión

q = Esfuerzo efectivo al nivel de la punta

N^*_c, N^*_q = Factores de carga

Considerando para este cálculo que el suelo es cohesivo o friccionante la expresión se simplificara como sigue

Suelo cohesivo

$$Q_p = A_p (C_u N^*_c + q N^*_q)$$

Suelo friccionante

$$Q_p = A_p (q N^*_q)$$

No deberá de exceder del valor límite $A_p q_l$, calculando q_l como sigue

$$q_l = 0,5 p_a N^*_q \tan \Phi$$



ECN LABORATORIO, S.A. DE C.V.

GEOTECNIA, CONTROL DE CALIDAD EN MATERIALES Y PROCESOS DE CONSTRUCCION
CALLE EUCALIPTO No. 1037 COL. LOS GIRASOLES 4TO SECTOR, ESCOBEDO N.L. C.P. 66073
RFC ELA210804GTA

O con esta expresión basada en (N_{60})

$$q_l = 0,4 p_a (N_{60}) L_b / D \leq 4 p_a (N_{60})$$

p_a = Presión atmosférica = 100 kN/m²

L_b = Longitud de empotramiento en el estrato

D = Diámetro del pilote

CAPACIDAD DE CARGA POR FRICCIÓN LATERAL

La capacidad de carga por fricción será calculada usando la sección de suelo natural, sin tomar en cuenta las características del material de relleno, ya que se desconoce de qué tipo de material será empleado, usando la siguiente expresión:

Suelo cohesivo Método α

$$Q_{sadm} = \frac{Q_{Sult}}{F.S.} = \frac{\sum \alpha C_u P \Delta L}{F.S.}$$

Dónde:

α = Factor empírico.

C_u = Cohesión de cada material a lo largo del cuerpo del pilote.

P = Perímetro de la sección del pilote.

ΔL = Longitud de cada estrato.

FS es el factor de seguridad, FS = 2,5

Suelo Friccionante Método Briaud

$$Q_{sadm} = \frac{Q_{Sult}}{F.S.} = \frac{\sum f P \Delta L}{F.S.}$$

$$f = 0,224 p_a (N_{60})^{0,29}$$

Dónde

f = fricción unitaria superficial

$p_a = 100 \text{ kN/m}^2 = 1 \text{ kgf/cm}^2$

P = Perímetro de la sección de la pila.

ΔL = Longitud de cada estrato

FS es el factor de seguridad, FS = 2,5

SUELOS COHESIVOS

CAPACIDAD DE CARGA POR PUNTA.

Tomando en cuenta la consideración que para la roca sedimentaria tipo lutita intemperizada con intercalaciones de arcillas, donde presenta un rechazo a la penetración estándar, se tomara de las correlaciones técnicas una cohesión de 3,50 kg/cm² con un ángulo de fricción interna de 10°, teniendo la ref. Mecánica de Suelos y Cimentaciones, Crespo Villalaz (pág. 175), obteniendo así el factor de carga $N^*_c = 20$



ECN LABORATORIO, S.A. DE C.V.

GEOTECNIA, CONTROL DE CALIDAD EN MATERIALES Y PROCESOS DE CONSTRUCCION
CALLE EUCALIPTO No. 1037 COL. LOS GIRASOLES 4TO SECTOR, ESCOBEDO N.L. C.P. 66073
RFC ELA210804GTA

Tabla 6.0.

Sondeo	Profundidad de desplante (m)	Descripción del Material al nivel de desplante	Cohesión última del material que soporta al pilote (kgf/cm ²) (C_u)	N^*c	$C_u N^*c$ (kg/cm ²)
PMR-01	10,00	RS	3,50	20	70,0
	15,00	RS			
PMR-02	10,00	RS			
	15,00	RS			
PMR-03	10,00	RS			
PMR-04	10,00	RS			

CAPACIDAD DE CARGA PARA DIFERENTES DIÁMETROS

Tabla 7.0.

Sondeo	Profundidad de desplante para calculo (m)	Diámetro del pilote (m)	Área Transversal (cm ²)	$C_u N^*c$ (kg/cm ²)	Capacidad de carga ultima por punta (TONS/PILA)
PMR-01 PMR-02	10,00	0,80	5 027	70,0	351,86
		1,00	7 854		549,78
		1,20	11 310		791,68
		1,50	17 672		1237,01
	15,00	0,80	5 027		351,86
		1,00	7 854		549,78
		1,20	11 310		791,68
		1,50	17 672		1237,01
PMR-03 PMR-04	10,00	0,80	5 027		351,86
		1,00	7 854		549,78
		1,20	11 310		791,68
		1,50	17 672		1237,01

CAPACIDAD DE CARGA POR FRICCIÓN

(Interface suelo – pila, en suelo cohesivo), considerando el empotramiento de 0,50 m.

Tabla 8.0.

Sondeo	Longitud efectiva de la pila ΔL (m)	Cohesión ultima del material lateral a la pila (kgf/cm ²) (C_u)	Masa unitaria del suelo (Arriba del nivel de desplante) (kg/m ³)	$\sigma_o = \gamma \Delta L$ (kg/cm ²)	C_u / σ_o	α	$\alpha C_u \Delta L$ (kgf/cm)
PMR-01	8,00	3,50	1 600	0,56	6,25	0,40	690
	13,00			1,36	2,57	0,40	1390
PMR-02	8,00	3,50	1 600	0,40	8,75	0,40	620
	13,00			1,20	2,92	0,40	1320
PMR-03	8,00	3,50	1 600	0,56	6,25	0,40	790
PMR-04	8,00	3,50	1 600	0,40	8,75	0,40	500



ECN LABORATORIO, S.A. DE C.V.

GEOTECNIA, CONTROL DE CALIDAD EN MATERIALES Y PROCESOS DE CONSTRUCCION
CALLE EUCALIPTO No. 1037 COL. LOS GIRASOLES 4TO SECTOR, ESCOBEDO N.L. C.P. 66073
RFC ELA210804GTA

(Interface suelo – pila, en suelo friccionante).

Empotrado en estrato granular de Gravas limosa/arcillosa con arenas (Friccionantes)

Tabla 9.0.

Sondeo	Longitud efectiva de la pila ΔL (m)	Estrato de grava limosa arcillosa / arcillosa / Arena arcillosa con grava (m)	N ₆₀	f (kgf/cm2)	fΔL (kgf/cm)
PMR-01	8,00	2,50	38	0,643	161
	13,00				
PMR-02	8,00	2,80			96
	13,00				
PMR-03	8,00	1,50			
PMR-04	8,00	4,00			

POR FRICCIÓN LATERAL

Suelos Cohesivos

Tabla 10.0.

Sondeo	Profundidad de desplante para calculo (m)	Longitud efectiva por cohesión ΔL (m)	Diámetro de la pila (m)	Perímetro P (m)	$f\Delta L + \alpha C_u \Delta L$ (kgf/cm)	Capacidad de carga ultima por fricción lateral (TONS/PILA)
PMR-01	10,00	8,00	0,80	2,5133	851	213,83
			1,00	3,1416		267,29
			1,20	3,7699		320,75
			1,50	4,7124		400,94
	15,00	13,00	0,80	2,5133	1551	389,76
			1,00	3,1416		487,20
			1,20	3,7699		584,64
			1,50	4,7124		730,81
PMR-02	10,00	8,00	0,80	2,5133	800	201,09
			1,00	3,1416		251,36
			1,20	3,7699		301,64
			1,50	4,7124		377,04
	15,00	13,00	0,80	2,5133	1500	377,02
			1,00	3,1416		471,28
			1,20	3,7699		565,53
			1,50	4,7124		706,91
PMR-03	10,00	8,00	0,80	2,5133	886	222,80
			1,00	3,1416		278,50
			1,20	3,7699		334,20
			1,50	4,7124		417,75
PMR-04	10,00	8,00	0,80	2,5133	757	190,33
			1,00	3,1416		237,91
			1,20	3,7699		285,50
			1,50	4,7124		356,87



ECN LABORATORIO, S.A. DE C.V.

GEOTECNIA, CONTROL DE CALIDAD EN MATERIALES Y PROCESOS DE CONSTRUCCION
CALLE EUCALIPTO No. 1037 COL. LOS GIRASOLES 4TO SECTOR, ESCOBEDO N.L. C.P. 66073
RFC ELA210804GTA

TABLA DE RESUMEN DE LA CAPACIDAD DE CARGA ÚLTIMA Y ADMISIBLE

Tabla 11.0.

Sondeo	Profundidad de desplante para calculo (m)	Diámetro del pilote (m)	Área transversal (cm ²)	Capacidad de carga ultima por punta (TON/PILA)	Capacidad de carga ultima por fricción lateral Suelo Cohesivo + Friccionante (TONS/PILA)	Capacidad de carga ultima TOTAL (TON/PILA)	Capacidad de carga admisible TOTAL (TON/PILA)
PMR-01	10,00	0,80	5 027	351,86	213,83	565.69	226.28
		1,00	7 854	549,78	267,29	817.07	326.83
		1,20	11 310	791,68	320,75	1112.43	444.97
		1,50	17 672	1237,01	400,94	1637.94	655.18
	15,00	0,80	5 027	351,86	389,76	741.62	296.65
		1,00	7 854	549,78	487,20	1036.98	414.79
		1,20	11 310	791,68	584,64	1376.33	550.53
		1,50	17 672	1237,01	730,81	1967.81	787.12
PMR-02	10,00	0,80	5 027	351,86	201,09	552.95	221.18
		1,00	7 854	549,78	251,36	801.14	320.46
		1,20	11 310	791,68	301,64	1093.32	437.33
		1,50	17 672	1237,01	377,04	1614.05	645.62
	15,00	0,80	5 027	351,86	377,02	728.88	291.55
		1,00	7 854	549,78	471,28	1021.06	408.42
		1,20	11 310	791,68	565,53	1357.21	542.89
		1,50	17 672	1237,01	706,91	1943.92	777.57
PMR-03	10,00	0,80	5 027	351,86	222,80	574.66	229.86
		1,00	7 854	549,78	278,50	828.28	331.31
		1,20	11 310	791,68	334,20	1125.88	450.35
		1,50	17 672	1237,01	417,75	1654.75	661.90
PMR-04	10,00	0,80	5 027	351,86	190,33	542.19	216.88
		1,00	7 854	549,78	237,91	787.69	315.08
		1,20	11 310	791,68	285,50	1077.18	430.87
		1,50	17 672	1237,01	356,87	1593.88	637.55

Este valor de capacidad de carga admisible deberá de ser comparado con el 0,30 f_c del concreto usado en la pila, esto como recomendación para el rango de trabajo de la capacidad de carga admisible (Sección cimentaciones THE AASHTO LFRD BRIDGE DESIGN SPECIFICATIONS).



ECN LABORATORIO, S.A. DE C.V.

GEOTECNIA, CONTROL DE CALIDAD EN MATERIALES Y PROCESOS DE CONSTRUCCION
CALLE EUCALIPTO No. 1037 COL. LOS GIRASOLES 4TO SECTOR, ESCOBEDO N.L. C.P. 66073
RFC ELA210804GTA

6.3. Cimentación superficial por medio de zapatas corridas o zapatas aisladas

Un sistema de cimentación superficial se le denomina así debido a que su profundidad de desplante es relativamente corta tomando como referencia que la profundidad de desplante se podrá ubicar de 1,5 a 2,0 veces el ancho B de elemento de cimentación. Dicho sistema se podrá tomar en cuenta en la construcción de las rampas en el puente. Este tipo de cimentación puede realizar por los siguientes tipos.

Zapatas corridas.- La zapata corrida podrá estar basada en la construcción de una zapata corrida y un contracimientto, ambos elaborados de concreto armado y colado de una manera monolítica o siguiendo algún procedimiento que asegure lo anterior, ya que este conjunto trabajara a manera de una viga "T" invertida.

Zapata aislada.- La zapata aislada estará formada por dos elementos uno que viene a ser propiamente el elemento transmisor de carga al sub suelo y otro que viene a ser el elemento que recibirá a la superestructura, ambos serán elaborados de concreto armado y colado de una manera monolítica o siguiendo algún procedimiento que asegure lo anterior.

6.3.1. Análisis de capacidad de carga admisible para zapatas corridas y zapatas aisladas

Para el cálculo estructural de ambos sistemas podrán tomarse las siguientes capacidades de carga admisible según la cimentación requerida, en los cuales se aplicó un factor de seguridad igual a 3, teniendo que su cálculo se basa en los valores de resistencia admisible a la compresión simple que se estimaron a partir de la prueba de penetración estándar y la teoría del Dr. Terzaghi.

La capacidad de carga admisible Q_{adm} es calculada como sigue:

$$Q_{adm} = \frac{Q_{ult}}{F.S.}$$

FS es un factor de seguridad = 3

La capacidad de carga última depende de la geometría de la cimentación, ancho (B), largo (L) y la profundidad de desplante (D) así como también de las propiedades de Resistencia del suelo como es la cohesión y fricción, conforme a la siguiente expresión:

Teoría de Karl Terzaghi

$$\begin{aligned} Q_{ult} &= cN_c + qN_q + (1/2)\gamma BN_\gamma && \text{cimentación corrida} \\ Q_{ult} &= 1.3cN_c + qN_q + 0.4\gamma BN_\gamma && \text{cimentación cuadrada} \end{aligned}$$

Dónde:

C = Cohesión

q = esfuerzo efectivo a la profundidad de desplante

γ = Masa unitaria del suelo

B = Ancho de la cimentación

N_c, N_q, N_γ = Factores de carga



ECN LABORATORIO, S.A. DE C.V.

GEOTECNIA, CONTROL DE CALIDAD EN MATERIALES Y PROCESOS DE CONSTRUCCION
CALLE EUCALIPTO No. 1037 COL. LOS GIRASOLES 4TO SECTOR, ESCOBEDO N.L. C.P. 66073
RFC ELA210804GTA

Considerando en este cálculo que el suelo es un material cohesivo $c \neq 0$ y $\phi = 0$, los factores de carga quedan como sigue:

$$N_c = 5,70 \quad N_q = 1,00 \quad N_\gamma = 0,00$$

Por lo que las expresiones quedan simplificadas como sigue:

$$Q_{ult} = cN_c + qN_q \quad \text{cimentación corrida}$$

$$Q_{ult} = 1.3cN_c + qN_q \quad \text{cimentación cuadrada}$$

Considerando en este cálculo que el suelo es un material friccionante $c = 0$ y $\phi \neq 0$, que por lo resultados de la prueba de penetración estándar se estimó un valor de $\phi = 28^\circ$ y 30° , por lo tanto los factores de carga para una falla general quedan como sigue:

$$\begin{array}{lll} \phi = 28^\circ & N_c = 31,6 & N_q = 17,8 \quad N_\gamma = 14,0 \\ \phi = 30^\circ & N_c = 37,16 & N_q = 22,46 \quad N_\gamma = 19,13 \end{array}$$

Por lo que las expresiones quedan simplificadas como sigue:

$$Q_{ult} = qN_q + (1/2)\gamma BN_\gamma \quad \text{cimentación corrida}$$

$$Q_{ult} = qN_q + 0,4\gamma BN_\gamma \quad \text{cimentación cuadrada}$$

En cualquiera de los casos se asumió que la masa volumétrica en el lugar fluctúa en un rango de 1 600 a 1 800 kg/m³, que es un dato conservador con respecto a lo que se obtiene en el lugar.

Tabla 12.0

Sondeo	Profundidad de desplante (m)	Clasificación SUCS	Cohesión (kg/cm ²)	Angulo de fricción (°)	Capacidad de carga admisible o presión admisible de hundimiento (kg/cm ²)	
					Zapata corrida	Zapata aislada
PMR-01	2,00	GC	-----	30°	3.27	3.15
PMR-02		SC-SM	-----	28°	2.55	2.47
PMR-03		GC	-----	30°	3.27	3.15
PMR-04		GC-GM	-----	30°	3.27	3.15

GC-GM.- Grava limosa arcillosa con arena GC. - Grava arcillosa con arena
SC-SM.- Arena limosa arcillosa con grava

Profundidad de desplante medida a partir del nivel del terreno natural presente a la fecha de exploración.



ECN LABORATORIO, S.A. DE C.V.

GEOTECNIA, CONTROL DE CALIDAD EN MATERIALES Y PROCESOS DE CONSTRUCCION
CALLE EUCALIPTO No. 1037 COL. LOS GIRASOLES 4TO SECTOR, ESCOBEDO N.L. C.P. 66073
RFC ELA210804GTA

6.4. Asentamientos

6.4.1. Pilas coladas en sitio (capacidad de carga admisible por punta + fricción lateral)

El desplante se realizará sobre Lutita verdosa intemperizada con intercalaciones arcillosa y con una consistencia dura (N_{60}), concluyendo por lo anterior, que los asentamientos instantáneos que se presentarán durante su construcción pueden considerarse como los más importantes.

Por lo que, planteado el asentamiento de las pilas desde un punto de vista elástico, el asentamiento total será producido por el acortamiento elástico de las pilas, el asentamiento causado en la punta por la carga aplicada y el asentamiento de la pila causado por la carga a lo largo de cuerpo de la pila, tal y como se muestra en la siguiente ecuación:

$$S_e = S_{e(1)} + S_{e(2)} + S_{e(3)}$$

Dónde:

$S_{e(1)}$ = asentamiento elástico de la pila

$S_{e(2)}$ = asentamiento de la pila causado por la carga en la punta

$S_{e(3)}$ = asentamiento de la pila causado por la carga transmitida a lo largo de la pila

Si el material de la pila se supone elástico, la deformación del fuste de la pila se evalúa usando los principios fundamentales de la mecánica de materiales:

$$S_{e1} = \frac{(Q_{wp} + \epsilon Q_{ws})L}{A_p E_p}$$

Dónde:

Q_{wp} = carga en la punta de la pila bajo condicion de carga de trabajo

Q_{ws} = carga por resistencia de friccion bajo la condicion de carga de trabajo

A_p = area de la seccion transversal de la pila

L = Longitud de la pila

E_p = Modulo de Elasticidad del material de la pila

La magnitud de ϵ dependerá de la naturaleza de la distribución de la resistencia por fricción (superficial) unitaria a lo largo del fuste. Si la distribución de f es uniforme o parabólica, entonces $\epsilon = 0,50$. Sin embargo, para una distribución triangular de f , la magnitud de ϵ es aproximadamente de 0,67 (Vesic, 1997).

Para este caso pondremos énfasis al asentamiento producido por la carga transmitida en la punta:

$$S_{e(2)} = \frac{q_{wp} D (1 - \mu_s^2) l_{wp}}{E_s}$$

Dónde:

D = ancho o diámetro de la pila

q_{wp} = carga aplicada por unidad de área en la punta = Q_{wp}/A_p

E_s = Modulo de elasticidad del suelo abajo de la punta de la pila

μ_s = Relación de Poisson = 0.25 para el estrato de Roca lutita verdosa intemperizada a verdosa oscura de media a buena calidad.

l_{wp} = Factor de influencia $\approx 0,85$



ECN LABORATORIO, S.A. DE C.V.

GEOTECNIA, CONTROL DE CALIDAD EN MATERIALES Y PROCESOS DE CONSTRUCCION
CALLE EUCALIPTO No. 1037 COL. LOS GIRASOLES 4TO SECTOR, ESCOBEDO N.L. C.P. 66073
RFC ELA210804GTA

Vesic (1977) también propuso un método semiempírico para obtener la magnitud del asentamiento de $S_{e(2)}$. Su ecuación es:

$$S_{e(2)} = \frac{Q_{WP} C_P}{D q_p}$$

Dónde:

q_p = resistencia última en la punta de la pila

C_P = un coeficiente empírico

Los valores representativos de C_P para varios tipos de suelos se indican en la 11.13.

Tabla 11.13 Valores comunes de C_P [de la ecuación (11.75)].

Tipo de suelo	Pilote hincado	Pilote perforado
Arena (densa a suelta)	0.02-0.04	0.09-0.18
Arcilla (firme a suave)	0.02-0.03	0.03-0.06
Limo (denso a suelto)	0.03-0.05	0.09-0.12

De "Design of Pile Foundations", de A.S. Vesic. SYNTHESIS OF HIGHWAY PRACTICE by AMERICAN ASSOCIATION OF STATE HIGHWAY AND TRANSPORT. Derechos de autor 1969 del TRANSPORTATION RESEARCH BOARD. Reimpresión con permiso del TRANSPORTATION RESEARCH BOARD en formato Textbook mediante el Copyright Clearance Center.

El asentamiento de una pila causado por la carga soportada por el fuste de la pila se obtiene de una relación similar a la ecuación (11.74 pág. 590 del libro Ing., Cimentaciones – Braja Das 7ma edición), que es:

$$S_{e(3)} = \left(\frac{Q_{ws}}{pL} \right) \frac{D}{E_s} (1 - \mu^2) I_{ws}$$

Dónde:

p = perímetro de la pila

L = Longitud empotrada de la pila

I_{ws} = factor de influencia

Observe que el término $\frac{Q_{ws}}{pL}$ en la ecuación anterior es el valor promedio de f a lo largo del fuste de la pila. El factor de influencia, I_{ws} , tiene una relación empírica simple (Vesic, 1977).

$$I_{ws} = 2 + 0,35 \sqrt{L/D}$$

Vesic (1977) también propuso una relación empírica simple similar a la ecuación para $S_{e(2)}$ para obtener $S_{e(3)}$:

$$S_{e(3)} = \frac{Q_{ws} C_S}{L q_p}$$

En la ecuación, C_S = una constante empírica = $0,93 + 0,16 \sqrt{L/D}$ C_P



ECN LABORATORIO, S.A. DE C.V.

GEOTECNIA, CONTROL DE CALIDAD EN MATERIALES Y PROCESOS DE CONSTRUCCION
CALLE EUCALIPTO No. 1037 COL. LOS GIRASOLES 4TO SECTOR, ESCOBEDO N.L. C.P. 66073
RFC ELA210804GTA

Los valores de C_p por usarse en la ecuación anterior se obtienen en la siguiente tabla.

Tabla 11.11 Valores típicos de C_p [de la ecuación (11.75)]		
Tipo de suelo	Pilote hincado	Pilote perforado
Arena (densa a suelta)	0.02-0.04	0.09-0.18
Arcilla (firme a blanda)	0.02-0.03	0.03-0.06
Limo (denso a suelto)	0.03-0.05	0.09-0.12

Tomado de "Design of Pile Foundations", por A. S. Vesic, en *NCHRP Synthesis of Highway Practice 42*, Transportation Research Board, 1977. Reimpreso con autorización.

Con base a lo mencionado al inicio de este capítulo con referencia a la transferencia de carga en las pilas. Se considera que el asentamiento elástico total de la pila estará compuesto por el producido por el acortamiento elástico de las pilas $S_{e(1)}$ + el asentamiento causado en la punta por la carga aplicada $S_{e(2)}$ + el asentamiento de la pila causado por la carga a lo largo de cuerpo de la pila (fricción) $S_{e(3)}$. Los valores involucrados en el cálculo de asentamientos, de acuerdo a las ecuaciones antes mencionadas se pueden tomar y estimar en base a la información de las tablas previas correspondiente a los diferentes diámetros de pilas propuestos.

Solo en el cálculo de asentamiento por el acortamiento elástico de la pila, es donde se ve involucrado el tipo de material a utilizar, que en es nuestro caso se trata de un elemento de concreto con un $f'_c = 500 \text{ kg/cm}^2$ (Notas generales – Materiales- Fase 1 Clase 1).

Por lo que en base a capítulo 2.1.4 Modulo de Elasticidad de las Normas Técnicas Complementarias del Distrito Federal- Concreto, podemos estimar este valor. Para concretos clase 1, el módulo de elasticidad, E_c , se supondrá igual a:

$$E_c = 14\,000 \sqrt{f'_c} \text{ en } \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}, \text{ para agregados grueso de caliza}$$

$$E_c = 14\,000 \sqrt{500} = 313\,049,52 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2} \quad (30\,699\,620,0 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2})$$

Para el cálculo del asentamiento causado en la punta por la carga aplicada $S_{e(2)}$ se deberá contar con el Módulo de elasticidad del suelo o roca abajo de la punta de la pila, que en nuestro caso corresponde al material de roca lutita intemperizada con intercalaciones arcillosas, verdosa a gris verdosa.

Considerando que no fue posible obtener muestras representativas para realizar ensayos de compresión simple en núcleos de roca y obtener de forma directa los valores de resistencia a compresión ultima (q_u) y E (módulo de elasticidad). Para estimar el módulo de elasticidad en muestras de roca, es posible apoyarse en la *Tabla D.23 Valores orientativos de N_{spt} , resistencia a la compresión simple y módulo de elasticidad de suelos* del Documento Básico SE-C Seguridad estructural Cimientos pág. 120.



ECN LABORATORIO, S.A. DE C.V.

GEOTECNIA, CONTROL DE CALIDAD EN MATERIALES Y PROCESOS DE CONSTRUCCION
CALLE EUCALIPTO No. 1037 COL. LOS GIRASOLES 4TO SECTOR, ESCOBEDO N.L. C.P. 66073
RFC ELA210804GTA

Tabla D.23. Valores orientativos de N_{SPT} , resistencia a compresión simple y módulo de elasticidad de suelos

Tipo de suelo	N_{SPT}	q_u (kN/m ²)	E (MN/m ²)
Suelos muy flojos o muy blandos	< 10	0 - 80	< 8
Suelos flojos o blandos	10 - 25	80 - 150	8 - 40
Suelos medios	25 - 50	150 - 300	40 - 100
Suelos compactos o duros	50 - Rechazo	300 - 500	100 - 500
Rocas blandas	Rechazo	500 - 5.000	500 - 8.000
Rocas duras	Rechazo	5.000 - 40.000	8.000 - 15.000
Rocas muy duras	Rechazo	> 40.000	> 15.000

Los valores de referencia de la tabla D.23 se observan valores altos, por lo que a manera conservadora proponer utilizar un valor de Modulo de $E=2,500.00 \text{ kg/cm}^2$ (240 MN/m^2) en la Lutita intemperizada gris verdoso. Posteriormente de definir cada uno de los valores involucrados se procede a realizar cada uno de los asentamientos mencionados.

Tabla 13.0 Asentamientos elástico de pila

Prof. despla te (m)	Diám (cm)	Long efectiva por empotre Pila (m)	Ec; f'c=500 kg/cm² (kg/cm²)	μs	Es (kg/cm²)	Capacidad de carga admisible por punta (ton)	Capacidad de carga admisible por fricción lateral (ton)	Asenta m elástico Se (1) mm	Asentam por carga en la punta Se (2) mm	Asentam por carga a lo largo de pila Se (3), mm	Asentam Total (Se1 +Se2+Se 3) mm
PMR-01											
10,00	80	8,00	313 049,52 (30699620,0 kN/m2)	0,30	2 500 (245 166 kN/m2)	140.74	85.53	1,01	6,93	0,38	8,32
	100					219.91	106.92	0,95	8,66	0,46	10,07
	120					316.67	128.30	0,91	10,40	0,54	11,85
	150					494.80	160.38	0,87	12,99	0,65	14,52
15,00	80	13,00				140.74	155.91	2,03	6,93	0,47	9,43
	100					219.91	194.88	1,50	8,66	0,57	11,08
	120					316.67	233.86	1,74	10,40	0,66	12,79
	150					494.80	292.32	1,62	12,99	0,79	15,41
PMR-02											
10,00	80	8,00	313 049,52 (30699620,0 kN/m2)	0,30	2 500 (245 166 kN/m2)	140.74	80.44	0,99	6,93	0,36	8,28
	100					219.91	100.55	0,93	8,66	0,44	10,03
	120					316.67	120.65	0,90	10,40	0,51	11,80
	150					494.80	150.82	0,86	12,99	0,61	14,47
15,00	80	13,00				140.74	150.81	2,00	6,93	0,46	9,39
	100					219.91	188.51	1,83	8,66	0,55	11,04
	120					316.67	226.21	1,72	10,40	0,64	12,75
	150					494.80	282.77	1,61	12,99	0,76	15,37
PMR-03											
10,00	80	8,00	313 049,52 (30699620,0 kN/m2)	0,30	2 500 (245 166 kN/m2)	140.74	89.12	1,02	6,93	0,40	8,35
	100					219.91	111.40	0,96	8,66	0,48	10,10
	120					316.67	133.68	0,92	10,40	0,56	11,88
	150					494.80	167.10	0,88	12,99	0,68	14,55



ECN LABORATORIO, S.A. DE C.V.

GEOTECNIA, CONTROL DE CALIDAD EN MATERIALES Y PROCESOS DE CONSTRUCCION
CALLE EUCALIPTO No. 1037 COL. LOS GIRASOLES 4TO SECTOR, ESCOBEDO N.L. C.P. 66073
RFC ELA210804GTA

Tabla 13.0 Asentamientos elástico de pila

Prof. desplante (m)	Diám (cm)	Long efectiva por empotre Pila (m)	$E_c; f'c=500$ kg/cm ² (kg/cm ²)	μ_s	E_s (kg/cm ²)	Capacidad de carga admisible por punta (ton)	Capacidad de carga admisible por fricción lateral (ton)	Asentamiento elástico Se (1) mm	Asentamiento por carga en la punta Se (2) mm	Asentamiento por carga a lo largo de pila Se (3), mm	Asentamiento Total (Se1 +Se2+Se3) mm
PMR-04											
10,00	80	8,00	313 049,52 (30699620,0 kN/m2)	0,30	2 500 (245 166 kN/m2)	140.74	76.13	0,97	6,93	0,34	8,25
	100					219.91	95.17	0,92	8,66	0,41	10,00
	120					316.67	114.20	0,89	10,40	0,48	11,76
	150					494.80	142.75	0,85	12,99	0,58	14,43

Bajo esta los valores de asentamientos elásticos totales en cada uno de los diámetros de pila muestran valores favorables puesto que se encuentran por debajo del asentamiento máximo permisible en construcciones de 25,4 mm (1 plg), por lo que se considera aceptables las capacidades de admisibles totales en pilas presentadas en la tabla 11.0 de este informe para las pilas de diámetro de 0,80 cm a 150 cm.

6.4.2. Asentamientos en zapatas

En cuanto a los asentamientos, dado que el desplante de las cimentaciones se realizará sobre un material tipo granular denso y con contenido natural de agua en promedio de un 12%, concluimos que los asentamientos instantáneos que se presentarán durante su construcción pueden considerarse como los más importantes.

Para el caso de las cimentaciones superficiales el cálculo de los asentamientos se realizó basándose en la teoría de la elasticidad y aplicando la ley de Hooke. El cálculo de asentamientos instantáneos "Se" en el centro de la cimentación cargado de dimensiones BxL sobre la superficie de un semi-espacio elástico, puede calcularse considerando los parámetros elásticos del subsuelo: el módulo de elasticidad, la relación de Poisson, presión neta aplicada sobre la cimentación y factores de profundidad y forma.

En cuanto al módulo de elasticidad y la relación de Poisson, es posible apoyarse en la Tabla 6.2. (AASHTO LRFD, (2012).

Tabla 6.2. Propiedades elásticas E_s y ν , (Modificada por U.S. Department of Navy, 1982; Bowles 1988)

Tipo de Suelo		Módulo de Elasticidad, E_s (Ksi)	Relación de Poisson, ν
Arcilla	Blanda	0.347-2.08	0.4-0.5
	Media a Firme	2.08-6.94	
	Muy Firme	6.94-13.89	
Leos		2.08-8.33	0.1-0.3
Limo		0.278-2.78	0.3-0.35
Arena Fina	Suelta	1.11-1.67	0.25
	Media	1.67-2.78	
	Densa	2.78-4.17	
Arena	Suelta	1.39-4.17	0.2-0.36
	Media	4.17-6.94	
	Densa	6.94-11.11	0.3-0.4
Grava	Suelta	4.17-11.11	0.2-0.35
	Media	11.11-13.89	
	Densa	13.89-27.78	0.3-0.4



ECN LABORATORIO, S.A. DE C.V.

GEOTECNIA, CONTROL DE CALIDAD EN MATERIALES Y PROCESOS DE CONSTRUCCION
CALLE EUCALIPTO No. 1037 COL. LOS GIRASOLES 4TO SECTOR, ESCOBEDO N.L. C.P. 66073
RFC ELA210804GTA

De igual manera en la literatura técnica Diseño estructural pág. 528, se presentan diversos valores típicos del módulo de reacción k_1 o $k_{0,3}$ correspondiente al obtenido mediante la aplicación de carga sobre una placa de 1 pie² o 0,30 m por lado, citando las siguientes tablas:

Tabla 7.2 Valores del módulo de elasticidad, E_s y el módulo de reacción k_1 para diferentes tipos de suelo.

Tipo de suelo	E_s (kg/cm ²)	k_1 (kg/cm ³)
**Suelo fangoso	11,00 a 33,00	0,50 a 1,50
*Arena seca o húmeda, suelta (N_s , 3 a 9)	0,16H a 0,48H	1,20 a 3,60
*Arena seca o húmeda, media (N_s , 9 a 30)	0,48H a 1,60H	3,60 a 12,00
*Arena seca o húmeda, densa (N_s , 30 a 50)	1,60H a 3,20H	12,00 a 24,00
*Grava fina con arena fina	1,07H a 1,33H	8,00 a 10,00
*Grava media con arena fina	1,33H a 1,60H	10,00 a 12,00
*Grava media con arena gruesa	1,60H a 2,00H	12,00 a 15,00
*Grava gruesa con arena gruesa	2,00H a 2,66H	15,00 a 20,00
*Grava gruesa firmemente estratificada	2,66H a 5,32H	20,00 a 40,00
**Arcilla blanda (q_u 0,25 a 0,50 kg/cm ²)	15 a 30	0,65 a 1,30
**Arcilla media (q_u 0,50 a 2,00 kg/cm ²)	30 a 90	1,30 a 4,00
**Arcilla compactada (q_u 2,00 a 4,00 kg/cm ²)	90 a 180	4,00 a 8,00
Arcilla margosa dura (q_u 4,00 a 10,00 kg/cm ²)	180 a 480	8,00 a 21,00
Marga arenosa rígida	480 a 1000	21,00 a 44,00
Arena de miga y tosco	500 a 2500	22 a 110
Marga	500 a 50000	22 a 2200
Caliza margosa alterada	3500 a 5000	150 a 220
Caliza sana	20000 a 800000	885 a 36000
Granito meteorizada	700 a 200000	30 a 9000
Granito Sano	40000 a 800000	1700 a 3600

N_s indica el número de golpes en una prueba de penetración estándar.

H = Profundidad de desplante de la cimentación, cm.

* = Los terrenos granulares si están sumergidos se tomarán con una E_s o K_{s1} igual a los de la tabla multiplicados por 0.60.

** = Los valores considerados corresponden a cargas de corta duración.

Si se consideran cargas permanentes que produzcan consolidación, se multiplicarán los valores E_s y k_1 de la tabla por 0,25 q_u = Resistencia del suelo.



ECN LABORATORIO, S.A. DE C.V.

GEOTECNIA, CONTROL DE CALIDAD EN MATERIALES Y PROCESOS DE CONSTRUCCION
CALLE EUCALIPTO No. 1037 COL. LOS GIRASOLES 4TO SECTOR, ESCOBEDO N.L. C.P. 66073
RFC ELA210804GTA

El valor del Módulo de elasticidad de la Grava arcillosa con arena, el cual se estimó a partir para el caso de los suelos granulares además de su composición en estos el valor del módulo estará en función de la profundidad y presión efectiva tomando de manera conservadora el correspondiente a $2,00 H$ (tabla 7.2), siendo H la profundidad en cm del desplante, obteniendo valores de $E_s = 400 \text{ kg/cm}^2$ y una relación de poisson $\mu_s = 0,30$

El asentamiento calcula empleando la siguiente expresión:

$$S_e = q_o (\alpha B') \left(\frac{1 - \mu_s^2}{E_s} \right) I_s I_f$$

Dónde:

S_e = Asentamiento elástico.

q_o = Presión neta aplicada sobre la cimentación.

α = Factor que depende de la posición de la cimentación donde el asentamiento está siendo calculado.

B' = $B/2$, en el centro de la cimentación.

μ_s = Relación de Poisson del suelo.

E_s = Módulo de elasticidad promedio del suelo bajo la cimentación.

I_s = Factor de forma.

I_f = Factor de profundidad.

Para el análisis de la interacción suelo-estructura se aplicará la siguiente hipótesis en la cual se está relacionando una presión aplicada con respecto a una deformación, donde dicha deformación vendría a ser igual al asentamiento elástico que produce dicha presión a un estrato compresible de un espesor igual a $1,5B$ a $2B$ o el espesor que según las exploraciones resulte compresible, teniendo como límite aquel estrato donde la prueba de penetración estándar arroje un $N_{60} > 50$ golpes.

El módulo de reacción del suelo (K) se define como:

$$K = \frac{q}{S_e}$$

Dónde:

K = Módulo de reacción del suelo (Kg/cm^3)

q = presión aplicada (kg/cm^2)

S_e = Asentamiento o deflexión del suelo al aplicar una carga " q " por área unitaria (cm).

Para este análisis por asentamientos se tomaran los valores que aparecen en la tabla 12.0 los cuales se aprecian de una magnitud competente y acorde a la presión de servicio que transmitiría una construcción como la proyectada, se tomara una profundidad de desplante de $D_f = 2,00 \text{ m}$, un módulo de elasticidad de $400,0 \text{ kg/cm}^2$ y μ_s = Relación de Poisson = $0,30$, ya con esta información se presenta a continuación el cálculo de los posibles asentamientos para las cargas de servicio y diferentes dimensiones de Zapatas Corridas o Aisladas.



ECN LABORATORIO, S.A. DE C.V.

GEOTECNIA, CONTROL DE CALIDAD EN MATERIALES Y PROCESOS DE CONSTRUCCION
CALLE EUCALIPTO No. 1037 COL. LOS GIRASOLES 4TO SECTOR, ESCOBEDO N.L. C.P. 66073
RFC ELA210804GTA

Zapatas corridas en PMR-01 a PMR-04

Tabla 14.0

Df (cm)	H (cm)	L (cm)	B (cm)	q_0 (kg/cm ²)	α	μ_s	E_s (kg/cm ²)	I_s factor de forma	I_f factor de profundidad	S_e (cm)	Módulo de reacción k (kg/cm ³)
200	120	1000	80	3,27	4	0,30	400	0,4585	0,6830	0,37	8,77
200	150	1000	100	3,27	4	0,30	400	0,4600	0,6990	0,48	6,84
200	180	1000	120	3,27	4	0,30	400	0,4612	0,7100	0,58	5,59
200	225	1000	150	3,27	4	0,30	400	0,4622	0,7220	0,74	4,39

Zapatas Aisladas en PMR-01 a PMR-04

Tabla 15.0

Df (cm)	H (cm)	L (cm)	B (cm)	q_0 (kg/cm ²)	α	μ_s	E_s (kg/cm ²)	I_s factor de forma	I_f factor de profundidad	S_e (cm)	Módulo de reacción k (kg/cm ³)
200	150	100	100	3,15	4	0,30	400	0,3903	0,5620	0,31	10,02
200	180	120	120	3,15	4	0,30	400	0,3903	0,5910	0,40	7,94
200	225	150	150	3,15	4	0,30	400	0,3903	0,6210	0,52	6,04
200	225	200	200	3,15	4	0,30	400	0,3903	0,6500	0,73	4,33

En base a este análisis podemos concluir que los valores de presiones obtenidos del análisis de capacidad de carga admisible para Zapatas Corridas y/o Aisladas (tabla 12.0), que se encuentran en el valor de sus capacidades de carga admisibles calculadas respectivamente, producen valores de asentamientos inferiores a los asentamientos máximo permisibles que se indican por reglamento NTCDF de 2,54 cm, por lo que es aceptable.

7. Recomendaciones generales para el proceso constructivo

Pilas coladas in situ

- El trazo y nivel deberán seguir buenas prácticas que garantice que los elementos estructurales cumplirán con las especificaciones y tolerancias en alineamiento y niveles.
- El equipo seleccionado para ser usado para los trabajos deberá ser compatible con el material encontrado. Durante los trabajos de perforación deberá de ser continuamente verificada la verticalidad de la perforación.
- La perforación se llevará hasta asegurar que esta haya penetrado en el estrato resistente por lo menos de 1 a 2 veces el diámetro, pero no menos de un metro, tomando las medidas necesarias para evitar el derrumbe de las paredes al atravesar un estrato susceptible a esto.
- Se recomienda realizar una revisión aleatoria de las condiciones de los materiales de desplante, tanto físicas como mecánicas, para verificar lo presentado en el presente informe, ya que las propiedades de los estratos pueden cambiar debido a alteraciones de humedad o encontrar estratos problemáticos no detectados.



ECN LABORATORIO, S.A. DE C.V.

GEOTECNIA, CONTROL DE CALIDAD EN MATERIALES Y PROCESOS DE CONSTRUCCION
CALLE EUCALIPTO No. 1037 COL. LOS GIRASOLES 4TO SECTOR, ESCOBEDO N.L. C.P. 66073
RFC ELA210804GTA

- Una vez hecho lo anterior y antes de colocar el acero de refuerzo, el fondo de la excavación deberá quedar libre de cualquier material suelto, ya sea producto de la perforación o material extraño, que pudiera provocar algún tipo de reacomodo.
- Con respecto al concreto reforzado, deberá de ser verificado en campo la colocación y armado del acero de refuerzo conforme a los planos, ya que es un punto importante para garantizar la vida de servicio de la cimentación por pilas, el recubrimiento del acero de refuerzo con concreto deberá de concordar con lo recomendado y podría estar entre 7,50 y 10,0 cm, esto es importante para evitar la corrosión del acero de refuerzo. Durante la colocación del acero de refuerzo dentro de la perforación deberá evitarse que este sea dañado o que este golpee las paredes de la perforación, llevando material hacia el fondo o entre el acero y las paredes.
- Las propiedades del concreto deberán de ser controladas para asegurar la calidad de la pila, estos aspectos vienen desde el mezclado y colocación en la perforación, teniendo que estos aspectos son:
 - a) Propiedades físicas y mecánicas del concreto
 - b) Suministro de concreto
 - c) Volumen de concreto para cada pila a diferente profundidad
- Las propiedades físicas se refieren principalmente al revenimiento del concreto, el cual deberá ser apropiado para facilitar el bombeo del concreto y su conducción a través del tubo tremie y mantener su integridad y ser capaz de desplazar el agua o el lodo bentonítico.
- El concreto deberá de ser suministrado de plantas de mezclado y colocado por medio de tubo tremie. Un detalle importante cuando se usa este método es que la tubería deberá ser cortada en secciones de 3 m, debido a que el volumen de concreto se incrementa constantemente, incrementándose también la presión, haciendo difícil el flujo del concreto a través de la perforación, teniendo que hacer sucesivos movimientos de arriba hacia abajo, provocando la formación de bolsas de bentonita o el movimiento del acero de refuerzo.
- El volumen de concreto en cada pila y a diferentes profundidades, es un aspecto que nos provee información acerca de la forma del elemento colado.
- El colado de la pila se considera terminado cuando el concreto contaminado ha sido desplazado fuera del interior de la pila. Este tipo de actividades serán llevadas a cabo en cada colocación de concreto, inspeccionando en todos los casos la integridad del concreto en sección superior de la pila, llevándola a cabo por el inspector o el contratista. El nivel de colado de las pilas contemplará la longitud de descabezado de las mismas, la cual se recomienda sea por lo menos una vez su diámetro

Zapatas aisladas y/o corridas

- El trazo y nivelación, deberá seguir buenas prácticas que garanticen que los elementos estructurales cumplen con las especificaciones y tolerancia en su alineamiento y nivel.



ECN LABORATORIO, S.A. DE C.V.

GEOTECNIA, CONTROL DE CALIDAD EN MATERIALES Y PROCESOS DE CONSTRUCCION
CALLE EUCALIPTO No. 1037 COL. LOS GIRASOLES 4TO SECTOR, ESCOBEDO N.L. C.P. 66073
RFC ELA210804GTA

- Las excavaciones deberán ser realizadas con el equipo adecuado, asegurando que estas cumplan con la forma y profundidad que se indica en los planos constructivos. Es importante considerar como parte de los trabajos de excavación las medidas de seguridad que eviten accidentes.
- Una vez hecha la excavación, es necesario verificar el alineamiento y nivel de la profundidad de desplante, inspeccionando que el material encontrado sea el indicado y sea el estrato competente. El fondo de la excavación deberá ser lo más plana y nivelada posible, en una condición uniforme para recibir una plantilla de concreto de resistencia $f'c = 100 \text{ kg/cm}^2$ teniendo esto como propósito proveer una superficie limpia y nivelada.
- Una vez colocada la plantilla y que esta haya endurecido, se llevara a cabo el alineamiento y nivelación del elemento estructural, esto para colocar las referencias necesarias para ayudar en la colocación del acero de refuerzo y la cimbra de la zapata.
- Antes de colocar el acero de refuerzo es necesario inspeccionar que este corresponda con el indicado en los planos constructivos y cuando sea colocado se inspeccionara el armado y recubrimientos.
- Una vez armado e inspeccionado el acero de refuerzo, el alineamiento y nivelación deberán de ser verificado tomando en cuenta el acero de refuerzo que se coloca como parte del acero del pedestal, colocando además los elementos necesarios para que este no se removido de su ubicación durante la colocación del concreto.
- Cuando el elemento ya ha sido colado, el proceso de curado deberá de iniciar tan pronto sea posible, siendo llevado de tal manera que se asegure una buena evolución respecto a la resistencia a la compresión simple.
- Para continuar con las siguientes actividades, el concreto del elemento deberá ser evaluado en cuanto a su Resistencia a la compresión simple.
- Una vez que el concreto colocado ha sido revisado, se realizará un alineamiento y nivelación del elemento estructural dejando referencias que ayuden en la colocación del acero de refuerzo y de la cimbra del siguiente elemento, recomendando llevar a cabo un escarificado de la superficie de concreto que recibirá al siguiente concreto, esto con el propósito de remover el concreto débil, y adicionalmente garantizar la buena adherencia entre ambos elementos.

Sin más por el momento y en espera de la utilidad del presente informe, quedo de usted.

Atte:

Ing. Ernesto Monsiváis Contreras.

Ced 5204881



ECN LABORATORIO, S.A. DE C.V.

GEOTECNIA, CONTROL DE CALIDAD EN MATERIALES Y PROCESOS DE CONSTRUCCION
CALLE EUCALIPTO No. 1037 COL. LOS GIRASOLES 4TO SECTOR, ESCOBEDO N.L. C.P. 66073
RFC ELA210804GTA

ANEXO 1

REGIONALIZACIÓN SÍSMICA

C



ECN LABORATORIO, S.A. DE C.V.

GEOTECNIA, CONTROL DE CALIDAD EN MATERIALES Y PROCESOS DE CONSTRUCCION
CALLE EUCALIPTO No. 1037 COL. LOS GIRASOLES 4TO SECTOR, ESCOBEDO N.L. C.P. 66073
RFC ELA210804GTA



MANUAL DE DISEÑO DE OBRAS CIVILES DE LA CFE- DISEÑO POR SISMO

DETERMINACIÓN DE PARÁMETROS

09 de enero de 2023



ECN LABORATORIO, S.A. DE C.V.

GEOTECNIA, CONTROL DE CALIDAD EN MATERIALES Y PROCESOS DE CONSTRUCCION
CALLE EUCALIPTO No. 1037 COL. LOS GIRASOLES 4TO SECTOR, ESCOBEDO N.L. C.P. 66073
RFC ELA210804GTA



ESPECTROS DE DISEÑO SISMICO



1 Introducción

La continuidad en el peligro sísmico integrado en la nueva versión del Capítulo de Diseño por Sismo del Manual de Diseño de Obras Civiles de CFE, requiere de una herramienta informática que pueda, de una forma sencilla, obtener la información necesaria para la construcción de los espectros de diseño.

2 Espectros de diseño

Para la concepción de los espectros estipulados en este Manual se formuló la siguiente filosofía:

- a) Los espectros de diseño varían en forma continua dentro del territorio mexicano.
- b) La construcción de los espectros de diseño se inicia con un parámetro relacionado con el peligro sísmico, que es la aceleración máxima en terreno rocoso, y se continúa con factores con que se toman en cuenta las condiciones del terreno.
- c) Las aceleraciones máximas en roca están asociadas a coeficientes de diseño que son óptimos para el estado límite de colapso de estructuras del Grupo B y corresponden periodos de retorno que varían espacialmente en forma continua.
- d) Los espectros de diseño son transparentes, es decir, carecen de factores de reducción ajenos al peligro sísmico.
- e) Las ordenadas espectrales corresponden al 5% del amortiguamiento crítico estructural. Podrán modificarse cuando se justifique un valor de amortiguamiento diferente o se consideren efectos de interacción suelo-estructura.
- f) A periodo estructural largo, los espectros de desplazamiento que se derivan de los espectros de aceleración tienden correctamente a los desplazamientos máximos del terreno.
- g) A periodo estructural largo, los espectros de desplazamiento que se derivan de los espectros de aceleración tienden correctamente a los desplazamientos máximos del terreno.
- h) Se suministran espectros de diseño para el estado límite de servicio que no están afectados por la no linealidad del suelo.
- i) Se proporcionan aceleraciones para tres niveles de importancia estructural: convencional (B), importante (A) y muy importante (A+) (sólo para zonas de alta sismicidad.)



ECN LABORATORIO, S.A. DE C.V.

GEOTECNIA, CONTROL DE CALIDAD EN MATERIALES Y PROCESOS DE CONSTRUCCION
CALLE EUCALIPTO No. 1037 COL. LOS GIRASOLES 4TO SECTOR, ESCOBEDO N.L. C.P. 66073
RFC ELA210804GTA

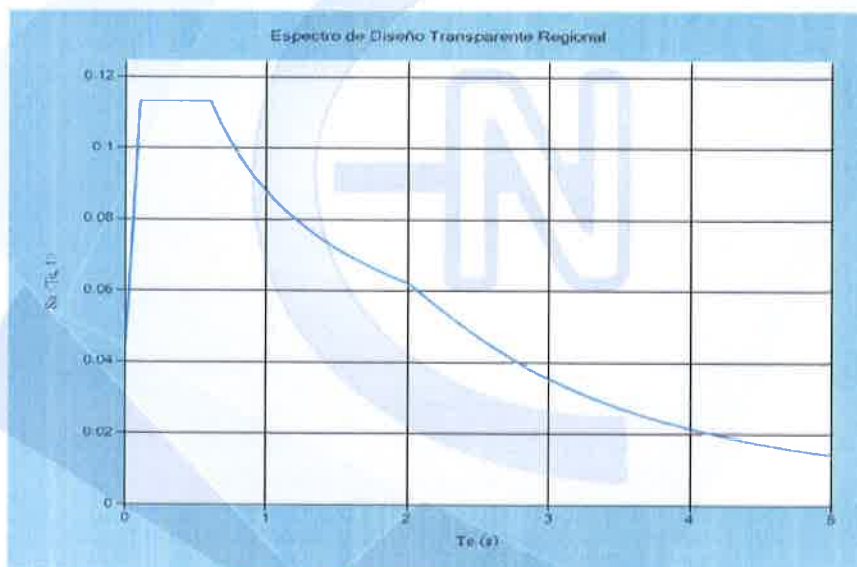


ESPECTROS DE DISEÑO SISMICO



3 Resultados

ESPECTRO DE ROCA		ESPECTRO DE SITIO	
	Zona sísmica	A	
Longitud	-99.7686 O	Latitud	27.6827 N
a0r:	44.96 cm/s ²	a0:	44.96 cm/s ²
c:	110.87 cm/s ²	c:	110.87 cm/s ²
		Ta:	0.1 s
		Tb:	0.6 s
		Tc:	2 s
		k:	1.5
		r:	0.5





ECN LABORATORIO, S.A. DE C.V.

GEOTECNIA, CONTROL DE CALIDAD EN MATERIALES Y PROCESOS DE CONSTRUCCION
CALLE EUCALIPTO No. 1037 COL. LOS GIRASOLES 4TO SECTOR, ESCOBEDO N.L. C.P. 66073
RFC ELA210804GTA

ANEXO 2

PERFILES ESTRATIGRÁFICOS

✓



PERFIL ESTRATIGRÁFICO

Obra : Proyecto ejecutivo para la construcción de carretera
 Localización : "Libre Laredo - Monterrey"
 Atención : Municipio de Anáhuac, N.L.
 Cliente : Arq. Edgar A. Hinojosa
 : Secretaria de seguridad y Planeación urbana
 Dirección del Cliente : ---
 Archivo : ---

Sondeo : PMR-01
 Coordenadas UTM : 14 R 419456 ; 2975931
 M.S.N.M. : 138 m.
 Profundidad : 15,00 m.
 NAF : No detectado.
 Tipo de Muestra : Muestra Alterada (MA)
 Fecha de Ensaye : 2022-12-02
 Fecha de Informe : 2021-12-08

Profundidad (m)	Estratigrafía	Simbología	No. de Golpes SPT	Número de golpes Prueba SPT	REC (m.)	NAF	Análisis Granulométrico (%)			Limites de Consistencia		Clasificación SUCS
		Descripción Visual - Manual					% Finos	% Arena	% Grava	LP	LL	
0		Gravas empackadas de caliza en limo arcilloso café verdoso.										
1			50				21	26	53			GC-GM
2		Gravas empackadas de caliza en limo arcilloso café claro.	50				21	26	53			GC-GM
3		Arena limosa café claro.	50				35	65	0			SM
4		Limo café amarillento verdoso (consolidado).	50									
5			50									
6		Arena arcillosa verdosa con gravas de caliza.	50				44	32	24			SC
7		Lutita arcillosa verdosa intemperizada.					97	3	0			RS
8			50									
9		Lutita intemperizada con intercalaciones de arcilla gris verdosa.	50 R									
10												
11			50 R									
12			50 R									RS
13												
14			50 R									
15			50 R									
16												

Norma Aplicada: ASTM D1586 / D1586M-18 Método de prueba estándar para la prueba de penetración estándar (SPT) y muestreo mediante barril partido.

Observaciones: ----

[Signature]
 Elaboró

[Signature]
 Ing. Ernesto Monsivais Contreras
 Signatario de Laboratorio
 Revisó y Autorizó

Profundidad (m)		Estratigrafía	Simbología	No. de Golpes SPT	Número de golpes Prueba SPT	REC (m.)	NAF	Análisis Granulométrico (%)			Limites de Consistencia		Clasificación SUCS
		Descripción Visual - Manual			0 20 40 60 80			% Finos	% Arena	% Grava	LP %W LL	0 15 30 45 60	
0			Arena limosa café claro con carbonato de calcio.										
1				22									
2			Arena limosa arcillosa café claro con gravas de caliza.	50 R									
3				50 R				18	61	21			SC-SM
4			Arena limosa arcillosa café verdoso con gravas de caliza.	50 R				18	61	21			SC-SM
5			Arcilla café verdosa con vetas amarillentas.	50				69	31	0			CL
6			Arcilla verdosa con vetas amarillentas y un lente de arenisca.	50				75	25	0			CL
7													
8			Lutita arcillosa verdosa oscura intemperizada.	50									RS
9			Lutita intemperizada con intercalaciones de arcilla gris verdosa oscura.	50 R									RS
10													
11			Lutita intemperizada con intercalaciones de arcilla gris verdosa.	50 R									
12				50 R									RS
13													
14				50 R									
15				50 R									
16													

Norma Aplicada: ASTM D1586 / D1586M-18 Método de prueba estándar para la prueba de penetración estándar (SPT) y muestreo mediante barril partido.

Observaciones: ----

Elaboro: 

Ing. Ernesto Monsivais Contreras
Signatario de Laboratorio
Revisó y Autorizó



PERFIL ESTRATIGRÁFICO

Obra : Proyecto ejecutivo para la construcción de carretera
 Localización : "Libre Laredo - Monterrey"
 Atención : Municipio de Anáhuac, N.L.
 Cliente : Arq. Edgar A. Hinojosa
 : Secretaria de seguridad y Planeación urbana
 Dirección del Cliente : ---
 Archivo : ---

Sondeo : PMR-03
 Coordenadas UTM : 14 R 419475 ; 2975971
 M.S.N.M. : 138 m.
 Profundidad : 10,00 m.
 NAF : No detectado.
 Tipo de Muestra : Muestra Alterada (MA)
 Fecha de Ensaye : 2022-12-02
 Fecha de Informe : 2021-12-08

Profundidad (m)	Estratigrafía	Simbología	No. de Golpes SPT	Número de golpes Prueba SPT	REC (m.)	NAF	Análisis Granulométrico (%)			Limites de Consistencia	Clasificación SUCS
		Descripción Visual - Manual					% Finos	% Arena	% Grava		
0		Gravas empacadas de caliza en arcilla café verdoso.									
1			50				20	22	58		GC
2		Gravas empacadas de caliza en arcilla café claro.	50				20	22	58		GC
3		Arcilla limosa café claro (consolidado).	50 R								
4		Arcilla limosa café amarillento verdoso (consolidado).	50								
5			50 R								
6		Arena arcillosa verdosa con gravas de caliza.	50				45	48	7		SC
7		Lutita arcillosa verdosa intemperizada.									
8			50 R								RS
9		Lutita intemperizada con intercalaciones de arcilla gris verdosa oscura.	50 R								RS
10			50 R								
11											

Norma Aplicada: ASTM D1586 / D1586M-18 Método de prueba estándar para la prueba de penetración estándar (SPT) y muestreo mediante barril partido.

Observaciones: ----

Elaboró

Ing. Ernesto Monsivais Contreras
 Signatario de Laboratorio
 Revisó y Autorizó

		PERFIL ESTRATIGRÁFICO Obra : Proyecto ejecutivo para la construcción de carretera Localización : "Libre Laredo - Monterrey" Atención : Municipio de Anáhuac, N.L. Cliente : Arq. Edgar A. Hinojosa Dirección del Cliente : --- Archivo : ---				Sondeo : PMR-04 Coordenadas UTM : 14 R 419575 ; 2975885 M.S.N.M. : 138 m. Profundidad : 10,00 m. NAF : No detectado. Tipo de Muestra : Muestra Alterada (MA) Fecha de Ensaye : 2022-12-02 Fecha de Informe : 2021-12-08					
Profundidad (m)	Estratigrafía	Simbología	No. de Golpes SPT	Número de golpes Prueba SPT	REC (m.)	NAF	Análisis Granulométrico (%)			Límites de Consistencia	Clasificación SUCS
		Descripción Visual - Manual					% Finos	% Arena	% Grava		
0		Gravas empacadas de caliza en limo arcilloso café claro.									
1			20								
2			50				48	23	29		GC-GM
3			50 R								
4		Gravas empacadas de caliza en limo arcilloso café verdoso.	50								
5			50				48	23	29		GC-GM
6		Arcilla café verdosa con vetas amarillentas.	50								
7							76	24	0		CL
8		Lutita arcillosa verdosa oscura intemperizada.	50 R								RS
9		Lutita intemperizada con intercalaciones de arcilla gris verdosa.	50 R								RS
10			50 R								
11											

Norma Aplicada: ASTM D1586 / D1586M-18 Método de prueba estándar para la prueba de penetración estándar (SPT) y muestreo mediante barril partido.

Observaciones: ----

Elaboró: 

Ing. Ernesto Monsivais Contreras
Signatario de Laboratorio
Revisó y Autorizó



ECN LABORATORIO, S.A. DE C.V.

GEOTECNIA, CONTROL DE CALIDAD EN MATERIALES Y PROCESOS DE CONSTRUCCION
CALLE EUCALIPTO No. 1037 COL. LOS GIRASOLES 4TO SECTOR, ESCOBEDO N.L. C.P. 66073
RFC ELA210804GTA

ANEXO 3

PRUEBAS DE LABORATORIO





ECN LABORATORIO, S.A. DE C.V.

GEOTECNIA, CONTROL DE CALIDAD EN MATERIALES Y PROCESOS DE CONSTRUCCION
CALLE EUCALIPTO No. 1037 COL. LOS GIRASOLES 4TO SECTOR, ESCOBEDO N.L. C.P. 66073
RFC ELA210804GTA

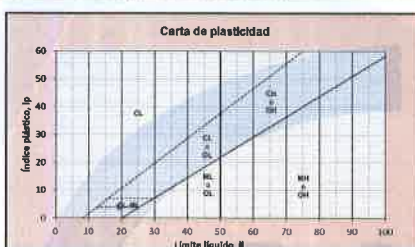
INFORME DE CALIDAD EN LABORATORIO PARA MATERIALES DE TERRACERIA

Obra:	Proyecto ejecutivo para la construcción de carretera "Libre Laredo - Monterrey"	Informe N°:	1
Localización:	Municipio de Anáhuac, N.L.	Archivo:	
Atención:	Arq. Edgar A. Hinojosa	Folio:	15,358
Cilente:	Secretaría de seguridad y Planeación urbana	Fecha de recepción:	2022-12-05
Dirección del cliente:		Fecha de informe:	2022-12-20

Datos de muestreo	
Descripción visual-manual del material en campo:	
Muestreo en:	Obra ☒ Banco ☐ Planta ☐
Procedimiento operativo de muestreo:	POP-043 "NMX-467-ONNCE-2019 Materiales Para Terracería - Métodos de Muestreo"
Banco de origen:	
Ubicación del banco o muestra tomada:	
De tramo:	PMR-01
a tramo:	M-1 1,00 m
De cadenamiento km:	
a cadenamiento km:	

Propiedades físicas de los suelos

Análisis granulométrico		
Tamaño máximo de partícula (mm)	25	
Desperdicio (%)		
Designación	que pasa (%)	retenido (%)
Malla 75 (mm) (3")	100	
Malla 19 (mm) (3/4")	85	
Malla 4,75 (mm) (Nº 4)	47	
Malla 0,425 (mm) (Nº 40)	33	
Malla 0,075 (mm) (Nº 200)	21	
Gravedad específica de los sólidos del suelo		
Gravedad específica del material retenido en la malla Nº4		
Absorción del material retenido en la malla 3/4" (%)		
Relaciones volumétricas		
Masa volumétrica seca suelta (kg/m³)		
Masa volumétrica seca máxima		
Procedimiento operativo Nº		
Método		
Masa volumétrica seca máxima* (kg/m³)		
Humedad óptima (%)		
Humedad natural (%)		
Masa volumétrica seca máxima corregida		
Masa vol. seca máxima corregida (kg/m³)		
Humedad óptima (%)		



Abreviaturas	
Símbolo	Descripción
G	Grava
S	Arena
M	Limo
C	Arcilla
O	Orgánico
PI	Turba y suelos altamente orgánicos
RS	Roca sedimentaria
H	Alta plasticidad
L	Baja plasticidad
W	Bien graduado
P	Mal graduado

Límites de consistencia	
Límite líquido (%)	19
Límite plástico (%)	15
Índice plástico (%)	4
Contracción lineal (%)	

Clasificación SUCS	
GC-GM	
Grava limosa arcillosa con arena	

Clasificación AASHTO	

California bearing ratio				
Esfuerzo de compactación (golpes)				
Masa volumétrica seca del espécimen (mvse) (kg/m³)				
Mvse con relación a la masa volumétrica seca máxima (%)				
Contenido de humedad de moldeado promedio (%)				
CBR (%)				
Expansión (%)				
Porcentaje especificado con relación a la masa volumétrica seca máxima*	90%	95%	100%	
CBR de diseño (%)				

Normas aplicadas	
ASTM D7575M-14 Práctica estándar para muestreo de agregados Incisos 5.3, 5.4 y 6**	
NMX-467-ONNCE-2019 Materiales Para Terracería - Métodos de Muestreo *	
AASHTO T 248-11 Método de prueba estándar para la reducción de muestras de agregados a un tamaño de ensayo mediante métodos manuales, Incisos 9, 9.1, 10, 10.1, 10.1.1 y 10.1.2 **	
NMX-468-ONNCE-2018 Materiales para Terracerías - Método de Preparación de Muestras *	
AASHTO T 265-15 Método de prueba estándar para la determinación del contenido de humedad de suelos en laboratorio, Incisos del 1 al 8 *	
NMX-503-ONNCE-2019 Materiales Terrestres-Determinación del Contenido de Agua de los Suelos Mediante Secado Rápido *	
AASHTO T 311-02 (2010) Método de prueba estándar para el análisis granulométrico en suelos granulares **	
AASHTO T 11-05 (2013) Método de prueba estándar para materiales mas finos que la malla 75 µm (N° 200) en agregados minerales mediante lavado **	
AASHTO T 224-10 Método de prueba estándar para la corrección por partículas de sobretamaño en suelos para ensayos de compactación **	
AASHTO T 99-19 Masa Volumétrica Seca Máxima de los suelos, pisón de 2,5 kg (5,5 lb) altura de caída de 305 mm (12 in) Incisos 6, 7, 10, 11, 12 y 13*	
AASHTO T 180-19 Masa Volumétrica Seca Máxima de los suelos, pisón de 4,54 kg (10 lb) altura de caída de 457 mm (18 in) Incisos 6, 7, 10, 11, 12 y 13*	
AASHTO T 89-13 Método de prueba estándar para la determinación del límite líquido en suelos **	
AASHTO T 90-14 Método de prueba para la determinación del límite plástico y el índice plástico de los suelos **	
AASHTO T 193-13 Método de prueba estándar para la determinación del valor de soporte californiano (CBR) en laboratorio *	
*Normas Acreditadas / **Norma no Acreditada	

ema
LABORATORIO DE ENSAYOS
ACREDITADO C-0478-092/18
Número de acreditación N° C-0420-052/12
Vigente a partir de 2012-12-06

Especificaciones vigentes SCT								
N-CMT-1-01/21	Material Calidad Terraplén		N-CMT-1-02/21	Material Calidad Subyacente		N-CMT-1-03/21	Material Calidad Subrasante	
	Límite líquido, % máximo	50		Límite líquido, % máximo	50		Tamaño máximo, mm	76
	Valor soporte de california (CBR) % mín	5		Valor soporte de california (CBR) % mín	10		Límite líquido, % máximo	40
	Expansión, % máximo	5		Expansión, % máximo	3		Índice plástico, % máximo	12
	Grado de compactación, %	90 ± 2		Grado de compactación, %	95 ± 2		Valor soporte de california (CBR) % mín	20
							Expansión, % máximo	2
							Grado de compactación, %	100 ± 2

Observaciones de resultados	
Contenido de Humedad:	
MUESTRA 1 ; PROF: 1,00 m: 6.1%	
	TEC. EDGAR SANCHEZ MONSIVAIS ELABORÓ
	ING. ARNULFO GUERRERO CAMACHO REVISÓ
	ING. ERNESTO MONSIVAIS CONTRERAS SIGNATARIO LABORATORIO

Fecha de entrada en vigor 2020-07-02 FOR 242 Rev. 02
Pag 1 de 1



ECN LABORATORIO, S.A. DE C.V.

GEOTECNIA, CONTROL DE CALIDAD EN MATERIALES Y PROCESOS DE CONSTRUCCION
CALLE EUCALIPTO No. 1037 COL. LOS GIRASOLES 4TO SECTOR, ESCOBEDO N.L. C.P. 66073
RFC ELA210804GTA

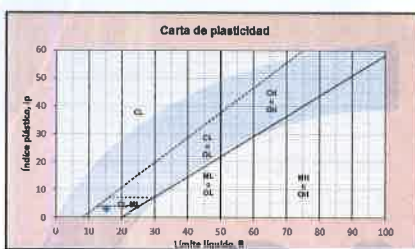
INFORME DE CALIDAD EN LABORATORIO PARA MATERIALES DE TERRACERIA

Obra:	Proyecto ejecutivo para la construcción de carretera "Libre Laredo - Monterrey"	Informe N°:	2
Localización:	Municipio de Anáhuac, N.L.	Archivo:	
Atención:	Arq. Edgar A. Hinojosa	Folio:	15,359
Cliente:	Secretaría de seguridad y Planeación urbana	Fecha de recepción:	2022-12-05
Dirección del cliente:		Fecha de Informe:	2022-12-20

Datos de muestreo	
Descripción visual-manual del material en campo:	
Muestreo en:	Obra ☒ Banco ☐ Planta ☐
Procedimiento operativo de muestreo:	POP-043 "NMX-467-ONNCE-2019 Materiales Para Terracería - Métodos de Muestreo"
Banco de origen:	
Ubicación del banco o muestra tomada:	
De tramo:	PMR-01
A tramo:	M-2 3,00 m
De cadenamiento km:	
A cadenamiento km:	

Propiedades físicas de los suelos

Análisis granulométrico	
Tamaño máximo de partícula (mm)	0.850
Desperdicio (%)	
Designación	que pasa (%) retenido (%)
Malla 75 (mm) (3")	100
Malla 19 (mm) (3/4")	100
Malla 4.75 (mm) (N° 4)	100
Malla 0.425 (mm) (N° 40)	89
Malla 0.075 (mm) (N° 200)	35
Gravedad específica de los sólidos del suelo	
Gravedad específica del material retenido en la malla N°4	
Absorción del material retenido en la malla 3/4" (%)	
Relaciones volumétricas	
Masa volumétrica seca suelta (kg/m³)	
Masa volumétrica seca máxima	
Procedimiento operativo N°	
Método	
Masa volumétrica seca máxima* (kg/m³)	
Humedad óptima (%)	
Humedad natural (%)	
Masa volumétrica seca máxima corregida	
Masa vol. seca máxima corregida (kg/m³)	
Humedad óptima (%)	



Abreviaturas:	
Símbolo	Descripción
G	Grava
S	Arena
M	Limo
C	Arcilla
O	Orgánica
Pt	Turba y suelos altamente orgánicos
RS	Roca sedimentaria
H	Alta plasticidad
L	Baja plasticidad
W	Bien graduado
P	Mal graduado

Límites de consistencia	
Límite líquido (%)	15
Límite plástico (%)	12
Índice plástico (%)	3
Contracción lineal (%)	

Clasificación SUCS	
SM	
Arena limosa	

Clasificación AASHTO	

California bearing ratio			
Esfuerzo de compactación (golpes)			
Masa volumétrica seca del espécimen (mvse) (kg/m³)			
Mise con relación a la masa volumétrica seca máxima (%)			
Contenido de humedad de molde promedio (%)			
CBR (%)			
Expansión (%)			
Porcentaje especificado con relación a la masa volumétrica seca máxima*	90%	95%	100%
CBR de diseño (%)			

Normas aplicadas	
ASTM D75/75M-14 Práctica estándar para muestreo de agregados Incisos 5.3, 5.4 y 6**	
NMX-467-ONNCE-2019 Materiales Para Terracería - Métodos de Muestreo *	
AASHTO T 248-11 Método de prueba estándar para la reducción de muestras de agregados a un tamaño de ensayo mediante métodos manuales, Incisos 9, 9.1, 10, 10.1, 10.1.1 y 10.1.2 **	
NMX-468-ONNCE-2018 Materiales para Terracerías - Método de Preparación de Muestras *	
AASHTO T 265-15 Método de prueba estándar para la determinación del contenido de humedad de suelos en laboratorio, Incisos del 1 al 8 *	
NMX-503-ONNCE-2019 Materiales Terrestres-Determinación del Contenido de Agua de los Suelos Mediante Secado Rápido *	
AASHTO T 311-02 (2010) Método de prueba estándar para el análisis granulométrico en suelos granulares **	
AASHTO T 11-05 (2013) Método de prueba estándar para materiales mas finos que la malla 75 µm (N° 200) en agregados minerales mediante lavado **	
AASHTO T 224-10 Método de prueba estándar para la corrección por partículas de sobrelamaño en suelos para ensayos de compactación **	
AASHTO T 99-19 Masa Volumétrica Seca Máxima de los suelos, pisón de 2.5 kg (5.5 lb) altura de caída de 305 mm (12 in) Incisos 6, 7, 10, 11, 12 y 13*	
AASHTO T 180-19 Masa Volumétrica Seca Máxima de los suelos, pisón de 4.54 kg (10 lb) altura de caída de 457 mm (18 in) Incisos 6, 7, 10, 11, 12 y 13*	
AASHTO T 89-13 Método de prueba estándar para la determinación del límite líquido en suelos **	
AASHTO T 90-14 Método de prueba para la determinación del límite plástico y el índice plástico de los suelos **	
AASHTO T 193-13 Método de prueba estándar para la determinación del valor de soporte californiano (CBR) en laboratorio *	
*Normas Acreditadas / **Norma no Acreditada	

ema
LABORATORIO EN LINEA
ACREDITADO C-0420-052/19
Número de acreditación N° C-0420-052/12
Vigente a partir de 2012-12-06

Especificaciones vigentes SCT					
N-CMT-1-01/21	Material Calidad Terrapién	N-CMT-1-02/21	Material Calidad Subyacente	N-CMT-1-03/21	Material Calidad Subrasante
	Límite líquido, % máximo	50	Límite líquido, % máximo	50	Tamaño máximo, mm
	Valor soporte de californiano (CBR) % mín	5	Valor soporte de californiano (CBR) % mín	10	Límite líquido, % máximo
	Expansión, % máximo	5	Expansión, % máximo	3	Índice plástico, % máximo
	Grado de compactación, %	90 ± 2	Grado de compactación, %	95 ± 2	Valor soporte de californiano (CBR) % mín
					Expansión, % máximo
					Grado de compactación, %
					100 ± 2

Observaciones de resultados	
Contenido de Humedad:	
MUESTRA 2 ; PROF: 3,00 m: 4.9%	
	TEC. EDGAR SÁNCHEZ MONSIVAIS ELABORÓ
	ING. ARNULFO GUERRERO CAMACHO REVISÓ
	ING. ERNESTO MONSIVAIS CONTRERAS SIGNATARIO LABORATORIO

Fecha de entrada en vigor 2020-01-02

FOR 242 Rev. 02

Pag 1 de 1

LOS RESULTADOS SOLO ESTAN RELACIONADOS CON LOS ITEMS ENSAYADOS.

ESTE INFORME NO PUEDE SER REPRODUCIDO SIN LA AUTORIZACION POR ESCRITO DE ECN LABORATORIO S.A DE C.V.



ECN LABORATORIO, S.A. DE C.V.

GEOTECNIA, CONTROL DE CALIDAD EN MATERIALES Y PROCESOS DE CONSTRUCCION
CALLE EUCALIPTO No. 1037 COL. LOS GIRASOLES 4TO SECTOR, ESCOBEDO N.L. C.P. 66073
RFC ELA210804GTA

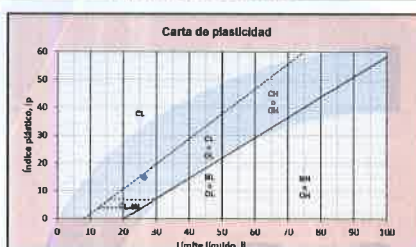
INFORME DE CALIDAD EN LABORATORIO PARA MATERIALES DE TERRACERIA

Obra:	Proyecto ejecutivo para la construcción de carretera "Libre Laredo - Monterrey"	Informe N°:	3
Localización:	Municipio de Anáhuac, N.L.	Archivo:	
Atención:	Arq. Edgar A. Hinojosa	Folio:	15,359
Cliente:	Secretaría de seguridad y Planeación urbana	Fecha de recepción:	2022-12-05
Dirección del cliente:		Fecha de informe:	2022-12-20

Datos de muestreo			
Descripción visual-manual del material en campo:			
Muestreo en:	Obra ☒	Banco ☐	Planta ☐
Procedimiento operativo de muestreo:	POP-043 "NMX-467-ONNCE-2019 Materiales Para Terracería - Métodos de Muestreo".		
Banco de origen:			
Ubicación del banco o muestra tomada:			
De tramo:	PMR-01	De cadenasamiento km:	
a tramo:	M-3 6,00 m	a cadenasamiento km:	

Propiedades físicas de los suelos

Análisis granulométrico	
Tamaño máximo de partícula (mm)	19
Desperdicio (%)	
Designación	que pasa (%) retenido (%)
Malla 75 (mm) (3")	100
Malla 19 (mm) (3/4")	100
Malla 4,75 (mm) (Nº 4)	76
Malla 0,425 (mm) (Nº 40)	61
Malla 0,075 (mm) (Nº 200)	44
Gravedad específica de los sólidos del suelo	
Gravedad específica del material retenido en la malla Nº4	
Absorción del material retenido en la malla 3/4" (%)	
Relaciones volumétricas	
Masa volumétrica seca suelta (kg/m³)	
Masa volumétrica seca máxima	
Procedimiento operativo N°	
Método	
Masa volumétrica seca máxima* (kg/m³)	
Humedad óptima (%)	
Humedad natural (%)	
Masa volumétrica seca máxima corregida	
Masa vol. seca máxima corregida (kg/m³)	
Humedad óptima (%)	



Abreviaturas:	
Símbolo	Descripción
G	Grava
S	Arena
M	Limo
C	Arcilla
O	Orgánico
PT	Turba y suelos altamente orgánicos
RS	Roca sedimentaria
H	Alta plasticidad
L	Baja plasticidad
W	Bien graduado
P	Mal graduado

Límites de consistencia	
Límite líquido (%)	26
Límite plástico (%)	11
Índice plástico (%)	15
Contracción lineal (%)	

Clasificación SUCS	
SC	
Arena arcillosa con grava	

Clasificación AASHTO	

California bearing ratio			
Esfuerzo de compactación (golpes)			
Masa volumétrica seca del espécimen (mues) (kg/m³)			
Mues con relación a la masa volumétrica seca máxima (%)			
Contenido de humedad de moldeado promedio (%)			
CBR (%)			
Expansión (%)			
Porcentaje especificado con relación a la masa volumétrica seca máxima	90%	95%	100%
CBR de diseño (%)			

Normas aplicadas	
ASTM D75/75M-14 Práctica estándar para muestreo de agregados Incisos 5.3, 5.4 y 6**	
NMX-467-ONNCE-2019 Materiales Para Terracería - Métodos de Muestreo *	
AASHTO T 248-11 Método de prueba estándar para la reducción de muestras de agregados a un tamaño de ensayo mediante métodos manuales, Incisos 9, 9.1, 10, 10.1, 10.1.1 y 10.1.2 **	
NMX-468-ONNCE-2018 Materiales para Terracerías - Método de Preparación de Muestras *	
AASHTO T 265-15 Método de prueba estándar para la determinación del contenido de humedad de suelos en laboratorio, Incisos del 1 al 8 *	
NMX-503-ONNCE-2019 Materiales Térreos-Determinación del Contenido de Agua de los Suelos Mediante Secado Rápido *	
AASHTO T 311-02 (2010) Método de prueba estándar para el análisis granulométrico en suelos granulares **	
AASHTO T 11-05 (2013) Método de prueba estándar para materiales mas finos que la malla 75 µm (Nº 200) en agregados minerales mediante lavado **	
AASHTO T 224-10 Método de prueba estándar para la corrección por partículas de sobretamaño en suelos para ensayos de compactación **	
AASHTO T 99-19 Masa Volumétrica Seca Máxima de los suelos, pison de 2,5 kg (5,5 lb) altura de caída de 305 mm (12 in) Incisos 6, 7, 10, 11, 12 y 13*	
AASHTO T 180-19 Masa Volumétrica Seca Máxima de los suelos, pison de 4,54 kg (10 lb) altura de caída de 457 mm (18 in) Incisos 6, 7, 10, 11, 12 y 13*	
AASHTO T 89-13 Método de prueba estándar para la determinación del límite líquido en suelos **	
AASHTO T 90-14 Método de prueba para la determinación del límite plástico y el índice plástico de los suelos **	
AASHTO T 193-13 Método de prueba estándar para la determinación del valor de soporte californiano (CBR) en laboratorio *	
*Normas Acreditadas / ** Norma no Acreditada	

ema
LABORATORIO DE ENSAYOS
ACREDITADO C-0420-052/12
Número de acreditación N° C-0420-052/12
Vigente a partir de 2012-12-06

Especificaciones vigentes SCT			
N-CMT-1-01/21	Material Calidad Terraplén	N-CMT-1-02/21	Material Calidad Subyacente
	Límite líquido, %, máximo	50	Límite líquido, %, máximo
	Valor soporte de californiano (CBR) % mín	5	Valor soporte de californiano (CBR) % mín
	Expansión, % máximo	5	Expansión, % máximo
	Grado de compactación, %	90 ± 2	Grado de compactación, %
			95 ± 2
N-CMT-1-03/21	Material Calidad Subrasante		
	Tamaño máximo, mm		76
	Límite líquido, %, máximo		40
	Índice plástico, %, máximo		12
	Valor soporte de californiano (CBR) % mín		20
	Expansión, % máximo		2
	Grado de compactación, %		100 ± 2

Observaciones de resultados	
Contenido de Humedad:	
MUESTRA 3 ; PROF: 6,00 m: 3.1%	
	TEC. EDGAR SÁNCHEZ MONSIVAIS ELABORÓ
	ING. ARNULFO GUERRERO CAMACHO REVISÓ
	ING. ERNESTO MONSIVAIS CONTRERAS SIGNATARIO LABORATORIO

Fecha de entrada en vigor 2020/07-02 FOR 242 Rev. 02
Pag 1 de 1



ECN LABORATORIO, S.A. DE C.V.

GEOTECNIA, CONTROL DE CALIDAD EN MATERIALES Y PROCESOS DE CONSTRUCCION
CALLE EUCALIPTO No. 1037 COL. LOS GIRASOLES 4TO SECTOR, ESCOBEDO N.L. C.P. 66073
RFC ELA210804GTA

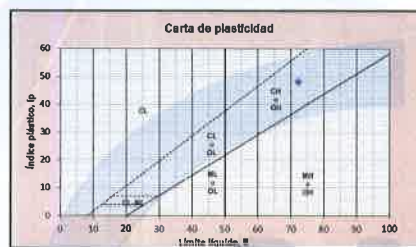
INFORME DE CALIDAD EN LABORATORIO PARA MATERIALES DE TERRACERIA

Obra:	Proyecto ejecutivo para la construcción de carretera "Libre Laredo - Monterrey"	Informe N°:	4
Localización:	Municipio de Anáhuac, N.L.	Archivo:	
Atención:	Arq. Edgar A. Hinojosa	Folio:	15,359
Ciente:	Secretaría de seguridad y Planeación urbana	Fecha de recepción:	2022-12-05
Dirección del cliente:		Fecha de Informe:	2022-12-20

Descripción visual-manual del material en campo:	
Muestreo en:	Obra ☒ Banco ☐ Planta ☐
Procedimiento operativo de muestreo:	POP-043 "NMX-467-ONNCE-2019 Materiales Para Terracería - Métodos de Muestreo"
Banco de origen:	
Ubicación del banco o muestra tomada:	
De tramo:	PMR-01
a tramo:	M-4 7,50 m
De cadamenamiento km:	
a cadamenamiento km:	

Propiedades físicas de los suelos

Análisis granulométrico		
Tamaño máximo de partícula (mm)	0.850	
Desperdicio (%)		
Designación	que pesa (%)	retenido (%)
Malla 75 (mm) (3")	100	
Malla 19 (mm) (3/4")	100	
Malla 4,75 (mm) (Nº 4)	100	
Malla 0,425 (mm) (Nº 40)	98	
Malla 0,075 (mm) (Nº 200)	97	
Gravedad específica de los sólidos del suelo		
Gravedad específica del material retenido en la malla Nº4		
Absorción del material retenido en la malla 3/4" (%)		
Relaciones volumétricas		
Masa volumétrica seca suelta (kg/m³)		
Masa volumétrica seca máxima		
Procedimiento operativo Nº		
Método		
Masa volumétrica seca máxima* (kg/m³)		
Humedad óptima (%)		
Humedad natural (%)		
Masa volumétrica seca máxima corregida		
Masa vol. seca máxima corregida (kg/m³)		
Humedad óptima (%)		



Abreviaturas:	
Símbolo	Descripción
G	Grava
S	Arena
M	Limo
C	Arcilla
O	Orgánico
Pt	Turba y suelos altamente orgánicos
RS	Roca sedimentaria
H	Alta plasticidad
L	Baja plasticidad
W	Bien graduado
P	Mal graduado

Límites de consistencia	
Límite líquido (%)	72
Límite plástico (%)	24
Índice plástico (%)	48
Contracción lineal (%)	

Clasificación SUCS	
CH	
Arcilla de alta plasticidad (densa)	

Clasificación AASHTO	

California bearing ratio			
Esfuerzo de compactación (golpes)			
Masa volumétrica seca del espécimen (mase) (kg/m³)			
Mise con relación a la masa volumétrica seca máxima (%)			
Contenido de humedad de moldeado promedio (%)			
CBR (%)			
Expansión (%)			
Porcentaje especificado con relación a la masa volumétrica seca máxima*	90%	95%	100%
CBR de diseño (%)			

Normas aplicadas	
ASTM D7575M-14 Práctica estándar para muestreo de agregados Incisos 5, 3, 5, 4 y 6**	
NMX-467-ONNCE-2019 Materiales Para Terracería - Métodos de Muestreo *	
AASHTO T 248-11 Método de prueba estándar para la reducción de muestras de agregados a un tamaño de ensayo mediante métodos manuales, Incisos 9, 9.1, 10, 10.1, 10.1.1 y 10.1.2 **	
NMX-468-ONNCE-2018 Materiales para Terracerías - Método de Preparación de Muestras *	
AASHTO T 265-15 Método de prueba estándar para la determinación del contenido de humedad de suelos en laboratorio, Incisos del 1 al 8 *	
NMX-503-ONNCE-2019 Materiales Terrosos-Determinación del Contenido de Agua de los Suelos Mediante Secado Rápido *	
AASHTO T 311-02 (2010) Método de prueba estándar para el análisis granulométrico en suelos granulares **	
AASHTO T 11-05 (2013) Método de prueba estándar para materiales mas finos que la malla 75 µm (N° 200) en agregados minerales mediante lavado **	
AASHTO T 224-10 Método de prueba estándar para la corrección por partículas de sobretamaño en suelos para ensayos de compactación **	
AASHTO T 99-19 Masa Volumétrica Seca Máxima de los suelos, pisón de 2,5 kg (5,5 lb) altura de caída de 305 mm (12 in) Incisos 6, 7, 10, 11, 12 y 13*	
AASHTO T 180-19 Masa Volumétrica Seca Máxima de los suelos, pisón de 4,54 kg (10 lb) altura de caída de 457 mm (18 in) Incisos 6, 7, 10, 11, 12 y 13*	
AASHTO T 89-13 Método de prueba estándar para la determinación del límite líquido en suelos **	
AASHTO T 90-14 Método de prueba para la determinación del límite plástico y el Índice plástico de los suelos **	
AASHTO T 193-13 Método de prueba estándar para la determinación del valor de soporte californiano (CBR) en laboratorio *	
*Normas Acreditadas / **Norma no Acreditada	

ema
LABORATORIO DE ENSAYOS
ACREDITADO C-0420-052/12
Número de acreditación N° C-0420-052/12
Vigente a partir de 2012-12-06

Especificaciones vigentes SCT			
N-CMT-1-01/21	Material Calidad Terraplén	N-CMT-1-02/21	Material Calidad Subyacente
	Límite líquido, %, máximo	50	Límite líquido, %, máximo
	Valor soporte de californiano (CBR) % mín	5	Valor soporte de californiano (CBR) % mín
	Expansión, % máximo	5	Expansión, % máximo
	Grado de compactación, %	90 ± 2	Grado de compactación, %
N-CMT-1-03/21	Material Calidad Subrasante	50	Límite líquido, %, máximo
	Tamaño máximo, mm	76	Límite líquido, %, máximo
	Límite líquido, %, máximo	40	Índice plástico, %, máximo
	Índice plástico, %, máximo	12	Valor soporte de californiano (CBR) % mín
	Valor soporte de californiano (CBR) % mín	20	Expansión, % máximo
	Expansión, % máximo	2	Grado de compactación, %
	Grado de compactación, %	100 ± 2	

Observaciones de resultados	
Contenido de Humedad:	
MUESTRA 4 ; PROF: 7,50 m: 11.1%	
	TEC. EDGAR SÁNCHEZ MONSIVAS ELABORÓ
	ING. ARNULFO GUERRERO CAMACHO REVISÓ
	ING. ERNESTO MONSIVAS CONTRERAS SIGNATARIO LABORATORIO

Fecha de entrada en vigor 2020-07-02 FOR 247 Rev. 02
Pag 1 de 1



ECN LABORATORIO, S.A. DE C.V.

GEOTECNIA, CONTROL DE CALIDAD EN MATERIALES Y PROCESOS DE CONSTRUCCION
CALLE EUCALIPTO No. 1037 COL. LOS GIRASOLES 4TO SECTOR, ESCOBEDO N.L. C.P. 66073
RFC ELA210804GTA

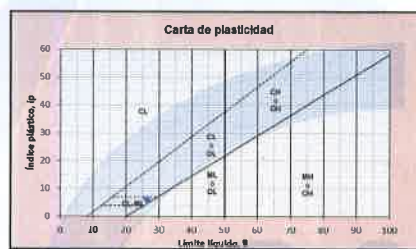
INFORME DE CALIDAD EN LABORATORIO PARA MATERIALES DE TERRACERIA

Obra:	Proyecto ejecutivo para la construcción de carretera "Libre Laredo - Monterrey"	Informe N°:	5
Localización:	Municipio de Anáhuac, N.L.	Archivo:	
Atención:	Arq. Edgar A. Hinojosa	Folio:	15,360
Ciente:	Secretaría de seguridad y Planeación urbana	Fecha de recepción:	2022-12-05
Dirección del cliente:		Fecha de informe:	2022-12-20

Datos de muestreo	
Descripción visual-manual del material en campo:	
Muestreo en:	Obra ☒ Banco ☐ Planta ☐
Procedimiento operativo de muestreo:	POP-043 "NMX-467-ONNCE-2019 Materiales Para Terracería - Métodos de Muestreo"
Banco de origen:	
Ubicación del banco o muestra tomada:	
De tramo:	PMR-02
A tramo:	M-1 1,00m
De cadenciamento km:	
A cadenciamento km:	

Propiedades físicas de los suelos

Análisis granulométrico		
Tamaño máximo de partícula (mm)	19	
Desperdicio (%)		
Designación	que pasa (%)	retenido (%)
Malta 75 (mm) (3")	100	
Malta 19 (mm) (3/4")	86	
Malta 4,75 (mm) (Nº 4)	79	
Malta 0,425 (mm) (Nº 40)	30	
Malta 0,075 (mm) (Nº 200)	18	
Gravedad específica de los sólidos del suelo		
Gravedad específica del material retenido en la malta Nº4		
Absorción del material retenido en la malta 3/4" (%)		
Relaciones volumétricas		
Masa volumétrica seca suelta (kg/m³)		
Masa volumétrica seca máxima		
Procedimiento operativo Nº		
Método		
Masa volumétrica seca máxima* (kg/m³)		
Humedad óptima (%)		
Humedad natural (%)		
Masa volumétrica seca máxima corregida		
Masa vol. seca máxima corregida (kg/m³)		
Humedad óptima (%)		



Abreviaturas:	
Símbolo	Descripción
G	Grava
S	Arena
M	Limo
C	Arcilla
O	Orgánico
Pt	Turbia y suelos altamente orgánicos
RS	Roca sedimentaria
H	Alta plasticidad
L	Baja plasticidad
W	Bien graduado
P	Mal graduado

Límites de consistencia	
Límite líquido (%)	26
Límite plástico (%)	20
Índice plástico (%)	6
Contracción lineal (%)	

Clasificación SUCS	
SC-SM	
Arena limosa arcillosa con grava	

Clasificación AASHTO	

California bearing ratio			
Esfuerzo de compactación (golpes)			
Masa volumétrica seca del espécimen (muestra) (kg/m³)			
Mixte con relación a la masa volumétrica seca máxima (%)			
Contenido de humedad de moldeado promedio (%)			
CBR (%)			
Expansión (%)			
Porcentaje especificado con relación a la masa volumétrica seca máxima*	90%	95%	100%
CBR de diseño (%)			

Normas aplicadas	
ASTM D75/5M-14 Práctica estándar para muestreo de agregados Incisos 5.3, 5.4 y 6**	
NMX-467-ONNCE-2019 Materiales Para Terracería - Métodos de Muestreo *	
AASHTO T 248-11 Método de prueba estándar para la reducción de muestras de agregados a un tamaño de ensayo mediante métodos manuales, Incisos 9, 9.1, 10, 10.1, 10.1.1 y 10.1.2 **	
NMX-468-ONNCE-2018 Materiales para Terracerías - Método de Preparación de Muestras *	
AASHTO T 265-15 Método de prueba estándar para la determinación del contenido de humedad de suelos en laboratorio, Incisos del 1 al 8 *	
NMX-503-ONNCE-2019 Materiales Terrestres-Determinación del Contenido de Agua de los Suelos Mediante Secado Rápido *	
AASHTO T 311-02 (2010) Método de prueba estándar para el análisis granulométrico en suelos granulares **	
AASHTO T 11-05 (2013) Método de prueba estándar para materiales mas finos que la malta 75 µm (N° 200) en agregados minerales mediante lavado **	
AASHTO T 224-10 Método de prueba estándar para la corrección por partículas de sobretamaño en suelos para ensayos de compactación **	
AASHTO T 99-19 Masa Volumétrica Seca Máxima de los suelos, pison de 2,5 kg (5.5 lb) altura de caída de 305 mm (12 in) Incisos 6, 7, 10, 11, 12 y 13 *	
AASHTO T 180-19 Masa Volumétrica Seca Máxima de los suelos, pison de 4,54 kg (10 lb) altura de caída de 457 mm (18 in) Incisos 6, 7, 10, 11, 12 y 13 *	
AASHTO T 89-13 Método de prueba estándar para la determinación del límite líquido en suelos **	
AASHTO T 90-14 Método de prueba para la determinación del límite plástico y el Índice plástico de los suelos **	
AASHTO T 193-13 Método de prueba estándar para la determinación del valor de soporte californiano (CBR) en laboratorio *	
*Normas Acreditadas / **Norma no Acreditada	

ema
LABORATORIO DE ENSAYOS
ACREDITADO C 0420-052/17
Número de acreditación N° C 0420-052/12
Vigente a partir de 2012-12-06

Especificaciones vigentes SCT			
N-CMT-1-01/21	Material Calidad Terraplén	N-CMT-1-02/21	Material Calidad Subyacente
	Límite líquido; % máximo	50	Límite líquido; % máximo
	Valor soporte de californiano (CBR) % mín	5	Valor soporte de californiano (CBR) % mín
	Expansión; % máximo	5	Expansión; % máximo
	Grado de compactación, %	90 ± 2	Grado de compactación, %
N-CMT-1-03/21	Material Calidad Subrasante		
	Tamaño máximo, mm	76	
	Límite líquido; % máximo	40	
	Índice plástico; % máximo	12	
	Valor soporte de californiano (CBR) % mín	20	
	Expansión; % máximo	2	
	Grado de compactación, %	100 ± 2	

Observaciones de resultados	
Contenido de Humedad:	
MUESTRA 1 ; PROF: 1,00 m: 7.5%	
	TEC. EDGAR SÁNCHEZ MONSIVAIS ELABORÓ
	ING. ARNULFO GUERRERO CAMACHO REVISÓ
	ING. ERNESTO MONSIVAIS CONTRERAS SIGNATARIO LABORATORIO

Fecha de entrada en vigor 2020-07-02

FOR 242 Rev. 02
Pag 1 de 1

LOS RESULTADOS SOLO ESTAN RELACIONADOS CON LOS ITEMS ENSAYADOS.

ESTE INFORME NO PUEDE SER REPRODUCIDO SIN LA AUTORIZACION POR ESCRITO DE ECN LABORATORIO S.A DE C.V.



ECN LABORATORIO, S.A. DE C.V.

GEOTECNIA, CONTROL DE CALIDAD EN MATERIALES Y PROCESOS DE CONSTRUCCION
CALLE EUCALIPTO No. 1037 COL. LOS GIRASOLES 4TO SECTOR, ESCOBEDO N.L. C.P. 66073
RFC ELA210804GTA

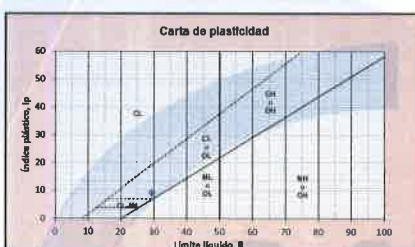
INFORME DE CALIDAD EN LABORATORIO PARA MATERIALES DE TERRACERIA

Obra:	Proyecto ejecutivo para la construcción de carretera "Libre Laredo - Monterrey"	Informe N°:	6
Localización:	Municipio de Anáhuac, N.L.	Archivo:	
Atención:	Arq. Edgar A. Hinojosa	Folio:	15,360
Cilente:	Secretaría de seguridad y Planeación urbana	Fecha de recepción:	2022-12-05
Dirección del cliente:		Fecha de Informe:	2022-12-20

Datos de muestreo	
Descripción visual-manual del material en campo:	
Muestreo en:	Obra ☒ Banco ☐ Planta ☐
Procedimiento operativo de muestreo:	POP-043 "NMX-467-ONNCE-2019 Materiales Para Terracería - Métodos de Muestreo"
Banco de origen:	
Ubicación del banco o muestra tomada:	
De tramo:	PMR-02
a tramo:	M-2 5,00m
De cadenamiento km:	
a cadenamiento km:	

Propiedades físicas de los suelos

Análisis granulométrico		
Tamaño máximo de partícula (mm)	9.50	
Desperdicio (%)		
Designación	que pasa (%)	retenido (%)
Malla 75 (mm) (3")	100	
Malla 19 (mm) (3/4")	100	
Malla 4.75 (mm) (N° 4)	98	
Malla 0.425 (mm) (N° 40)	74	
Malla 0.075 (mm) (N° 200)	69	
Gravedad específica de los sólidos del suelo		
Gravidad específica del material retenido en la malla N°4		
Absorción del material retenido en la malla 3/4" (%)		



Abreviaturas:	
Símbolo	Descripción
G	Grava
S	Arena
M	Limo
C	Arcilla
O	Orgánico
Pt	Turba y suelos altamente orgánicos
RS	Roca sedimentaria
H	Alta plasticidad
L	Baja plasticidad
W	Bien graduado
P	Mal graduado

Relaciones volumétricas	
Masa volumétrica seca suelta (kg/m³)	
Procedimiento operativo N°	
Método	
Masa volumétrica seca máxima* (kg/m³)	
Humedad óptima (%)	
Humedad natural (%)	
Masa volumétrica seca máxima corregida	
Masa vol. seca máxima corregida (kg/m³)	
Humedad óptima (%)	

Límites de consistencia	
Límite líquido (%)	29
Límite plástico (%)	20
Índice plástico (%)	9
Contracción lineal (%)	

Clasificación SUCS	
CL	
Arcilla de baja plasticidad (ligera) arenosa	

Clasificación AASHTO	

California bearing ratio			
Esfuerzo de compactación (golpes)			
Masa volumétrica seca del espécimen (mvse) (kg/m³)			
Masa con relación a la masa volumétrica seca máxima (%)			
Contenido de humedad de molde promedio (%)			
CBR (%)			
Expansión (%)			
Porcentaje especificado con relación a la masa volumétrica seca máxima*	90%	95%	100%
CBR de diseño (%)			

Normas aplicadas	
ASTM D7575M-14 Práctica estándar para muestreo de agregados Incisos 5, 3, 5, 4 y 6**	
NMX-467-ONNCE-2019 Materiales Para Terracería - Métodos de Muestreo *	
AASHTO T 248-11 Método de prueba estándar para la reducción de muestras de agregados a un tamaño de ensaye mediante métodos manuales, Incisos 9, 9.1, 10, 10.1, 10.1.1 y 10.1.2 **	
NMX-468-ONNCE-2018 Materiales para Terracerías - Método de Preparación de Muestras *	
AASHTO T 265-15 Método de prueba estándar para la determinación del contenido de humedad de suelos en laboratorio, Incisos del 1 al 8 *	
NMX-503-ONNCE-2019 Materiales Térreos-Determinación del Contenido de Agua de los Suelos Mediante Secado Rápido *	
AASHTO T 311-02 (2010) Método de prueba estándar para el análisis granulométrico en suelos granulares **	
AASHTO T 11-05 (2013) Método de prueba estándar para materiales mas finos que la malla 75 µm (N° 200) en agregados minerales mediante lavado **	
AASHTO T 224-10 Método de prueba estándar para la corrección por partículas de sobretamaño en suelos para ensayos de compactación **	
AASHTO T 99-19 Masa Volumétrica Seca Máxima de los suelos, pisón de 2,5 kg (5,5 lb) altura de caída de 305 mm (12 in) Incisos 6, 7, 10, 11, 12 y 13*	
AASHTO T 180-19 Masa Volumétrica Seca Máxima de los suelos, pisón de 4,54 kg (10 lb) altura de caída de 457 mm (18 in) Incisos 6, 7, 10, 11, 12 y 13*	
AASHTO T 89-13 Método de prueba estándar para la determinación del límite líquido en suelos **	
AASHTO T 90-14 Método de prueba para la determinación del límite plástico y el índice plástico de los suelos **	
AASHTO T 193-13 Método de prueba estándar para la determinación del valor de soporte californiano (CBR) en laboratorio *	
*Normas Acreditadas / **Norma no Acreditada	



Especificaciones vigentes SCT								
N-CMT-1-01/21	Material Calidad Terraplén		N-CMT-1-02/21	Material Calidad Subyacente		N-CMT-1-03/21	Material Calidad Subasante	
	Límite líquido; %, máximo	50		Límite líquido; %, máximo	50		Tamaño máximo, mm	76
	Valor soporte de califonia (CBR) % mín	5		Valor soporte de califonia (CBR) % mín	10		Límite líquido; %, máximo	40
	Expansión; % máximo	5		Expansión; % máximo	3		Índice plástico; %, máximo	12
	Grado de compactación, %	90 ± 2		Grado de compactación, %	95 ± 2		Valor soporte de califonia (CBR) % mín	20
							Expansión; % máximo	2
							Grado de compactación, %	100 ± 2

Observaciones de resultados	
Contenido de Humedad:	
MUESTRA 2 ; PROF: 5,00 m: 1.5%	
	TEC. EDGAR SÁNCHEZ MONSIVÁIS ELABORÓ
	ING. ARNULFO GUERRERO ORTIZ REVISÓ
	ING. ERNESTO MONSIVÁIS CONTRERAS SIGNATARIO LABORATORIO

Fecha de entrada en vigor: 2020-07-02 FOR 242 Rev. 02
Pag 1 de 1



ECN LABORATORIO, S.A. DE C.V.

GEOTECNIA, CONTROL DE CALIDAD EN MATERIALES Y PROCESOS DE CONSTRUCCION
CALLE EUCALIPTO No. 1037 COL. LOS GIRASOLES 4TO SECTOR, ESCOBEDO N.L. C.P. 66073
RFC ELA210804GTA

INFORME DE CALIDAD EN LABORATORIO PARA MATERIALES DE TERRACERIA

Obra:	Proyecto ejecutivo para la construcción de carretera "Libre Laredo - Monterrey"	Informe N°:	7
Localización:	Municipio de Anáhuac, N.L.	Archivo:	
Atención:	Arq. Edgar A. Hinojosa	Folio:	15,360
Cliente:	Secretaría de seguridad y Planeación urbana	Fecha de recepción:	2022-12-05
Dirección del cliente:		Fecha de informe:	2022-12-20

Datos de muestreo	
Descripción visual-manual del material en campo:	
Muestreo en:	Obra ☒ Banco ☐ Planta ☐
Procedimiento operativo de muestreo:	POP-043 "NMX-467-ONNCE-2019 Materiales Para Terracería - Métodos de Muestreo"
Banco de origen:	
Ubicación del banco o muestra tomada:	
De tramo:	PMR-02
A tramo:	M-3 6,00m M-4 7,00m
De cadenamiento km:	
A cadenamiento km:	

Propiedades físicas de los suelos			
Analisis granulométrico	Carta de plasticidad	Abreviaturas:	
Tamaño máximo de partícula (mm)		Símbolo	Descripción
(Desperdicio (%))		G	Grava
Designación		S	Arena
que pasa (%) retenido (%)		M	Limo
Malla 75 (mm) (3")	100	C	Arcilla
Malla 19 (mm) (3/4")	100	O	Orgánico
Malla 4,75 (mm) (N° 4)	100	Pt	Turbia y suelos altamente orgánicos
Malla 0,425 (mm) (N° 40)	96	RS	Roca sedimentaria
Malla 0,075 (mm) (N° 200)	75	H	Alta plasticidad
Gravedad específica de los sólidos del suelo		L	Baja plasticidad
Gravedad específica del material retenido en la malla N°4		W	Bien graduado
Absorción del material retenido en la malla 3/4" (%)		P	Mal graduado
Relaciones volumétricas			
Masa volumétrica seca suelta (kg/m³)			
Masa volumétrica seca máxima			
Procedimiento operativo N°			
Método			
Masa volumétrica seca máxima* (kg/m³)			
Humedad óptima (%)			
Humedad natural (%)			
Masa volumétrica seca máxima corregida			
Masa vol. seca máxima corregida (kg/m³)			
Humedad óptima (%)			
Limites de consistencia		Clasificación SUCS	Clasificación AASHTO
Límite líquido (%)	29	CL	
Límite plástico (%)	15	Arcilla de baja plasticidad (ligera) con arena	
Índice plástico (%)	14		
Contracción lineal (%)			
California bearing ratio			
Esfuerzo de compactación (golpes)			
Masa volumétrica seca del espécimen (nuevo) (kg/m³)			
Masa con relación a la masa volumétrica seca máxima (%)			
Contenido de humedad de moldeado promedio (%)			
CBR (%)			
Expansión (%)			
Porcentaje especificado con relación a la masa volumétrica seca máxima*	90%	95%	100%
CBR de diseño (%)			

Normas aplicadas	
ASTM D75/75M-14 Práctica estándar para muestreo de agregados Incisos 5, 3, 4 y 6**	
NMX-467-ONNCE-2019 Materiales Para Terracería - Métodos de Muestreo *	
AASHTO T 248-11 Método de prueba estándar para la reducción de muestras de agregados a un tamaño de ensaye mediante métodos manuales, Incisos 9, 9.1, 10, 10.1, 10.1.1 y 10.1.2 **	
NMX-468-ONNCE-2018 Materiales para Terracerías - Método de Preparación de Muestras *	
AASHTO T 265-15 Método de prueba estándar para la determinación del contenido de humedad de suelos en laboratorio, Incisos del 1 al 8 *	
NMX-503-ONNCE-2019 Materiales Terreos-Determinación del Contenido de Agua de los Suelos Mediante Secado Rápido *	
AASHTO T 311-02 (2010) Método de prueba estándar para el análisis granulométrico en suelos granulares **	
AASHTO T 11-05 (2013) Método de prueba estándar para materiales mas finos que la malla 75 µm (N° 200) en agregados minerales mediante lavado **	
AASHTO T 224-10 Método de prueba estándar para la corrección por partículas de sobretamaño en suelos para ensayos de compactación **	
AASHTO T 99-19 Masa Volumétrica Seca Máxima de los suelos, pison de 2,5 kg (5,5 lb) altura de caída de 305 mm (12 in) Incisos 6, 7, 10, 11, 12 y 13 *	
AASHTO T 180-19 Masa Volumétrica Seca Máxima de los suelos, pison de 4,54 kg (10 lb) altura de caída de 457 mm (18 in) Incisos 6, 7, 10, 11, 12 y 13 *	
AASHTO T 89-13 Método de prueba estándar para la determinación del límite líquido en suelos **	
AASHTO T 90-14 Método de prueba para la determinación del límite plástico y el índice plástico de los suelos **	
AASHTO T 193-13 Método de prueba estándar para la determinación del valor de soporte californiano (CBR) en laboratorio *	
*Normas Acreditadas / **Norma no Acreditada	

ema
La mejor calidad garantizada
ACREDITADO C-0410-012/12
Número de acreditación N° C-0420-052/12
Vigente a partir de 2012-12-05

Especificaciones vigentes SCT			
N-CMT-1-01/21	Material Calidad Terraplén	N-CMT-1-02/21	Material Calidad Subyacente
	Límite líquido, % máximo	50	Límite líquido, % máximo
	Valor soporte de californiano (CBR) % mín	5	Valor soporte de californiano (CBR) % mín
	Expansión, % máximo	5	Expansión, % máximo
	Grado de compactación, %	90 ± 2	Grado de compactación, %
N-CMT-1-03/21	Material Calidad Subrasante		
	Tamaño máximo, mm	76	
	Límite líquido, % máximo	40	
	Índice plástico, % máximo	12	
	Valor soporte de californiano (CBR) % mín	20	
	Expansión, % máximo	2	
	Grado de compactación, %	100 ± 2	

Observaciones de resultados	
Contenido de Humedad:	
MUESTRA 3 ; PROF: 6,00 m: 6.9%	
MUESTRA 4 ; PROF: 7,00 m: 7.6%	
	TEC. EDGAR SANCHEZ MONSIVAI ELABORO
	ING. ARNULFO GUERRERO PALMACHO REVISO
	ING. ERNESTO MONSIVAI CONTRERAS SIGNATARIO LABORATORIO

Fecha de entrada en vigor 2020-07-02 FOR 242 Rev. 02
Pag 1 de 1



ECN LABORATORIO, S.A. DE C.V.

GEOTECNIA, CONTROL DE CALIDAD EN MATERIALES Y PROCESOS DE CONSTRUCCION
CALLE EUCALIPTO No. 1037 COL. LOS GIRASOLES 4TO SECTOR, ESCOBEDO N.L. C.P. 66073
RFC ELA210804GTA

INFORME DE CALIDAD EN LABORATORIO PARA MATERIALES DE TERRACERIA

Otra:	Proyecto ejecutivo para la construcción de carretera "Libre Laredo - Monterrey"	Informe N°:	8
Localización:	Municipio de Anáhuac, N.L.	Archivo:	
Atención:	Arq. Edgar A. Hinojosa	Folio:	15,361
Cliente:	Secretaría de seguridad y Planeación urbana	Fecha de recepción:	2022-12-05
Dirección del cliente:		Fecha de informe:	2022-12-20

Datos de muestreo	
Descripción visual-manual del material en campo:	
Muestreo en:	Obra ☒ Banco ☐ Planta ☐
Procedimiento operativo de muestreo:	POP-043 "NMX-467-ONNCE-2019 Materiales Para Terracería - Métodos de Muestreo"
Banco de origen:	
Ubicación del banco o muestra tomada:	
De tramo:	PMR-03
a tramo:	M-1 1,00 m M-2 2,00 m
De cadenasamiento km:	
a cadenasamiento km:	

Análisis granulométrico		Carta de plasticidad	Abreviaturas:
Tamaño máximo de partícula (mm)	19		
Desperdicio (%)			
Designación	que pasa (%)	retenido (%)	
Malla 75 (mm) (3")	100		
Malla 19 (mm) (3/4")	100		
Malla 4,75 (mm) (Nº 4)	42		
Malla 0,425 (mm) (Nº 40)	26		
Malla 0,075 (mm) (Nº 200)	20		
Gravedad específica de los sólidos del suelo			
Gravedad específica del material retenido en la malla Nº4			
Absorción del material retenido en la malla Nº4 (%)			
Relaciones volumétricas			
Masa volumétrica seca suelta (kg/m³)			
Masa volumétrica seca máxima			
Procedimiento operativo N°			
Método			
Masa volumétrica seca máxima* (kg/m³)			
Humedad óptima (%)			
Humedad natural (%)			
Masa volumétrica seca máxima corregida			
Masa vol. seca máxima corregida (kg/m³)			
Humedad óptima (%)			

Límites de consistencia		Clasificación SUCS	Clasificación AASHTO
Límite líquido (%)	31	GC	
Límite plástico (%)	15	Grava arcillosa con arena	
Índice plástico (%)	16		
Contracción lineal (%)			

California bearing ratio			
Esfuerzo de compactación (golpes)			
Masa volumétrica seca del espécimen (mase) (kg/m³)			
Mise con relación a la masa volumétrica seca máxima (%)			
Contenido de humedad de moldeado promedio (%)			
CBR (%)			
Expansión (%)			
Porcentaje especificado con relación a la masa volumétrica seca máxima*	90%	95%	100%
CBR de diseño (%)			

Normas aplicadas	
ASTM D75/75M-14 Práctica estándar para muestreo de agregados Incisos 5.3, 5.4 y 6**	
NMX-467-ONNCE-2019 Materiales Para Terracería - Métodos de Muestreo *	
AASHTO T 246-11 Método de prueba estándar para la reducción de muestras de agregados a un tamaño de ensayo mediante métodos manuales, Incisos 9, 9.1, 10, 10.1, 10.1.1 y 10.1.2**	
NMX-468-ONNCE-2018 Materiales para Terracerías - Método de Preparación de Muestras *	
AASHTO T 265-15 Método de prueba estándar para la determinación del contenido de humedad de suelos en laboratorio, Incisos del 1 al 8 *	
NMX-503-ONNCE-2019 Materiales Térreos-Determinación del Contenido de Agua de los Suelos Mediante Secado Rápido *	
AASHTO T 311-02 (2010) Método de prueba estándar para el análisis granulométrico en suelos granulares **	
AASHTO T 11-05 (2013) Método de prueba estándar para materiales mas finos que la malla 75 µm (Nº 200) en agregados minerales mediante lavado **	
AASHTO T 224-10 Método de prueba estándar para la corrección por partículas de sobretamaño en suelos para ensayos de compactación **	
AASHTO T 99-19 Masa Volumétrica Seca Máxima de los suelos, pisón de 2,5 kg (5.5 lb) altura de caída de 305 mm (12 in) Incisos 6, 7, 10, 11, 12 y 13*	
AASHTO T 180-19 Masa Volumétrica Seca Máxima de los suelos, pisón de 4,54 kg (10 lb) altura de caída de 457 mm (18 in) Incisos 6, 7, 10, 11, 12 y 13*	
AASHTO T 89-13 Método de prueba estándar para la determinación del límite líquido en suelos **	
AASHTO T 90-14 Método de prueba para la determinación del límite plástico y el Índice plástico de los suelos **	
AASHTO T 193-13 Método de prueba estándar para la determinación del valor de soporte californiano (CBR) en laboratorio *	
*Normas Acreditadas / **Norma no Acreditada	

ema
LABORATORIO DE ENSAYOS
ACREDITADO C-0420-052/13
Número de acreditación N° C-0420-052/12
Vigente a partir de 2012-12-06

Especificaciones vigentes SCT			
N-CMT-1-01/21	Material Calidad Terraplén	N-CMT-1-02/21	Material Calidad Subyacente
	Límite líquido; %, máximo		Límite líquido; %, máximo
	Valor soporte de californiano (CBR) % mín		Valor soporte de californiano (CBR) % mín
	Expansión; %, máximo		Expansión; %, máximo
	Grado de compactación, %		Grado de compactación, %
N-CMT-1-03/21	Material Calidad Subrasantes		
	Tamaño máximo, mm		
	Límite líquido; %, máximo		
	Índice plástico; %, máximo		
	Valor soporte de californiano (CBR) % mín		
	Expansión; %, máximo		
	Grado de compactación, %		

Observaciones de resultados	
Contenido de Humedad:	
MUESTRA 1 ; PROF: 1,00 m: 3.5%	
MUESTRA 2 ; PROF: 2,00 m: 5.3%	
	TEC. EDGAR SÁNCHEZ MONSIVAIS ELABORÓ
	ING. ARNULFO GUERRERO CAMACHO REVISÓ
	ING. ERNESTO MONSIVAIS CONTRERAS SIGNATARIO LABORATORIO

Fecha de entrada en vigor 2020-07-02
F OR 242 Rev. 02
Pag 1 de 1



ECN LABORATORIO, S.A. DE C.V.

GEOTECNIA, CONTROL DE CALIDAD EN MATERIALES Y PROCESOS DE CONSTRUCCION
CALLE EUCALIPTO No. 1037 COL. LOS GIRASOLES 4TO SECTOR, ESCOBEDO N.L. C.P. 66073
RFC ELA210804GTA

INFORME DE CALIDAD EN LABORATORIO PARA MATERIALES DE TERRACERIA

Obra:	Proyecto ejecutivo para la construcción de carretera "Libre Laredo - Monterrey"	Informe N°:	9
Localización:	Municipio de Anáhuac, N.L.	Archivo:	
Atención:	Arq. Edgar A. Hinojosa	Folio:	15,361
Cliente:	Secretaría de seguridad y Planeación urbana	Fecha de recepción:	2022-12-05
Dirección del cliente:		Fecha de informe:	2022-12-20

Datos de muestreo	
Descripción visual-manual del material en campo:	
Muestreo en:	Obra ☒ Banco ☐ Planta ☐
Procedimiento operativo de muestreo:	POP-043 "NMX-467-ONNCE-2019 Materiales Para Terracería - Métodos de Muestreo"
Banco de origen:	
Ubicación del banco o muestra tomada:	
De tramo:	PMR-03
A tramo:	M-3 6,00 m
De cadenciamento km:	
A cadenciamento km:	

Propiedades físicas de los suelos	
Analisis granulométrico	Carta de plasticidad
Tamaño máximo de partícula (mm)	19
Desperdicio (%)	
Designación	que pasa (%) retenido (%)
Malla 75 (mm) (3")	100
Malla 19 (mm) (3/4")	100
Malla 4,75 (mm) (N° 4)	93
Malla 0,425 (mm) (N° 40)	63
Malla 0,075 (mm) (N° 200)	45
Gravedad específica de los sólidos del suelo	
Gravedad específica del material retenido en la malla N°4	
Absorción del material retenido en la malla 3/4" (%)	
Relaciones volumétricas	
Masa volumétrica seca suelta (kg/m³)	
Masa volumétrica seca máxima	
Procedimiento operativo N°	
Método	
Masa volumétrica seca máxima* (kg/m³)	
Humedad óptima (%)	
Humedad natural (%)	
Masa volumétrica seca máxima corregida	
Masa vol. seca máxima corregida (kg/m³)	
Humedad óptima (%)	
Limites de consistencia	Clasificación SUCS
Límite líquido (%)	27
Límite plástico (%)	14
Índice plástico (%)	13
Contracción lineal (%)	
Clasificación AASHTO	
California bearing ratio	
Esfuerzo de compactación (golpes)	
Masa volumétrica seca del espécimen (moles) (kg/m³)	
Masa con relación a la masa volumétrica seca máxima (%)	
Contenido de humedad de moldeado promedio (%)	
CBR (%)	
Expansión (%)	
Porcentaje especificado con relación a la masa volumétrica seca máxima*	
CBR de diseño (%)	

Normas aplicadas	
ASTM D7575M-14 Práctica estándar para muestreo de agregados Incisos 5.3, 5.4 y 6**	
NMX-467-ONNCE-2019 Materiales Para Terracería - Métodos de Muestreo *	
AASHTO T 248-11 Método de prueba estándar para la reducción de muestras de agregados a un tamaño de ensayo mediante métodos manuales, Incisos 9.9.1, 10, 10.1, 10.1.1 y 10.1.2 **	
NMX-468-ONNCE-2018 Materiales para Terracerías - Método de Preparación de Muestras *	
AASHTO T 265-15 Método de prueba estándar para la determinación del contenido de humedad de suelos en laboratorio, Incisos del 1 al 8 *	
NMX-503-ONNCE-2019 Materiales Térreos-Determinación del Contenido de Agua de los Suelos Mediante Secado Rápido *	
AASHTO T 311-02 (2010) Método de prueba estándar para el análisis granulométrico en suelos granulares **	
AASHTO T 11-05 (2013) Método de prueba estándar para materiales mas finos que la malla 75 µm (N° 200) en agregados minerales mediante lavado **	
AASHTO T 224-10 Método de prueba estándar para la corrección por partículas de sobretamaño en suelos para ensayos de compactación **	
AASHTO T 99-19 Masa Volumétrica Seca Máxima de los suelos, pisón de 2,5 kg (5.5 lb) altura de caída de 305 mm (12 in) Incisos 6, 7, 10, 11, 12 y 13*	
AASHTO T 180-19 Masa Volumétrica Seca Máxima de los suelos, pisón de 4,54 kg (10 lb) altura de caída de 457 mm (18 in) Incisos 6, 7, 10, 11, 12 y 13*	
AASHTO T 89-13 Método de prueba estándar para la determinación del límite líquido en suelos **	
AASHTO T 90-14 Método de prueba para la determinación del límite plástico y el índice plástico de los suelos **	
AASHTO T 193-13 Método de prueba estándar para la determinación del valor de soporte californiano (CBR) en laboratorio *	
*Normas Acreditadas / **Norma no Acreditada	



Número de acreditación N° C-0420-052/12
Vigente a partir de 2012-12-06

Especificaciones vigentes SCT			
N-CMT-1-01/21	Material Calidad Terraplén	N-CMT-1-02/21	Material Calidad Subyacente
Límite líquido; %, máximo	50	Límite líquido; %, máximo	50
Valor soporte de californiano (CBR) % mín	5	Valor soporte de californiano (CBR) % mín	10
Expansión; %, máximo	5	Expansión; %, máximo	3
Grado de compactación, %	90 ± 2	Grado de compactación, %	95 ± 2
N-CMT-1-03/21	Material Calidad Subrasante		
Tamaño máximo, mm	76		
Límite líquido; %, máximo	40		
Índice plástico; %, máximo	12		
Valor soporte de californiano (CBR) % mín	20		
Expansión; %, máximo	2		
Grado de compactación, %	100 ± 2		

Observaciones de resultados	
Contenido de Humedad:	
MUESTRA 3 ; PROF: 6,00 m: 4.6%	
	TEC. EDGAR SÁNCHEZ MONSIVAIS ELABORÓ
	ING. ARNULFO GUERRERO CAMACHO REVISÓ
	ING. ERNESTO MONSIVAIS CONTRERAS SIGNATARIO LABORATORIO

Fecha de entrada en vigor 2020-07-02

FOR 242 Rev. 02
Pag 1 de 1



ECN LABORATORIO, S.A. DE C.V.

GEOTECNIA, CONTROL DE CALIDAD EN MATERIALES Y PROCESOS DE CONSTRUCCION
CALLE EUCALIPTO No. 1037 COL. LOS GIRASOLES 4TO SECTOR, ESCOBEDO N.L. C.P. 66073
RFC ELA210804GTA

INFORME DE CALIDAD EN LABORATORIO PARA MATERIALES DE TERRACERIA

Obra:	Proyecto ejecutivo para la construcción de carretera "Libre Laredo - Monterrey"	Informe N°:	10
Localización:	Municipio de Anáhuac, N.L.	Archivo:	
Atención:	Arq. Edgar A. Hinojosa	Folio:	15,362
Cliente:	Secretaría de seguridad y Planeación urbana	Fecha de recepción:	2022-12-05
Dirección del cliente:		Fecha de Informe:	2022-12-20

Datos de muestreo	
Descripción visual-manual del material en campo:	
Muestreo en:	Obra ☒ Banco ☐ Planta ☐
Procedimiento operativo de muestreo:	POP-043 "NMX-467-ONNCE-2019 Materiales Para Terracería - Métodos de Muestreo"
Banco de origen:	
Ubicación del banco o muestra tomada:	
De tramo:	PMR-04
a tramo:	M-1 1,00m M-2 2,00m
De cadenamiento km:	
a cadenamiento km:	

Propiedades físicas de los suelos	
Analisis granulométrico	Carta de plasticidad
Tamaño máximo de partícula (mm)	19
Desperdicio (%)	
Designación	que pasa (%) retenido (%)
Malla 75 (mm) (3")	100
Malla 19 (mm) (3/4")	100
Malla 4,75 (mm) (Nº 4)	71
Malla 0,425 (mm) (Nº 40)	56
Malla 0,075 (mm) (Nº 200)	48
Gravedad específica de los sólidos del suelo	
Gravedad específica del material retenido en la malla Nº4	
Abstracción del material retenido en la malla Nº4 (%)	
Relaciones volumétricas	
Masa volumétrica seca suelta (kg/m³)	
Masa volumétrica seca máxima	
Procedimiento operativo N°	
Método	
Masa volumétrica seca máxima* (kg/m³)	
Humedad óptima (%)	
Humedad natural (%)	
Masa vol. seca máxima corregida (kg/m³)	
Humedad óptima (%)	
Clasificación SUCS	GC-GM
Clasificación AASHTO	
Clasificación SCS	Grava limosa arcillosa con arena
California bearing ratio	
Esfuerzo de compactación (golpes)	
Masa volumétrica seca del espécimen (mvse) (kg/m³)	
Mvse con relación a la masa volumétrica seca máxima (%)	
Contenido de humedad de moldeado promedio (%)	
CBR (%)	
Expansión (%)	
Porcentaje especificado con relación a la masa volumétrica seca máxima*	90%
CBR de diseño (%)	95%
	100%

Normas aplicadas	
ASTM D7575M-14 Práctica estándar para muestreo de agregados Incisos 5.3, 5.4 y 6**	
NMX-467-ONNCE-2019 Materiales Para Terracería - Métodos de Muestreo *	
AASHTO T 248-11 Método de prueba estándar para la reducción de muestras de agregados a un tamaño de ensaye mediante métodos manuales, Incisos 9, 9.1, 10, 10.1, 10.1.1 y 10.1.2 **	
NMX-468-ONNCE-2018 Materiales para Terracerías - Método de Preparación de Muestras *	
AASHTO T 265-15 Método de prueba estándar para la determinación del contenido de humedad de suelos en laboratorio, Incisos del 1 al 8 *	
NMX-503-ONNCE-2019 Materiales Térreos-Determinación del Contenido de Agua de los Suelos Mediante Secado Rápido *	
AASHTO T 311-02 (2010) Método de prueba estándar para el análisis granulométrico en suelos granulares **	
AASHTO T 11-05 (2013) Método de prueba estándar para materiales mas finos que la malla 75 µm (Nº 200) en agregados minerales mediante lavado **	
AASHTO T 224-10 Método de prueba estándar para la corrección por partículas de sobretamaño en suelos para ensayos de compactación **	
AASHTO T 99-19 Masa Volumétrica Seca Máxima de los suelos, pisón de 2,5 kg (5,5 lb) altura de caída de 305 mm (12 in) Incisos 6, 7, 10, 11, 12 y 13*	
AASHTO T 180-19 Masa Volumétrica Seca Máxima de los suelos, pisón de 4,54 kg (10 lb) altura de caída de 457 mm (18 in) Incisos 6, 7, 10, 11, 12 y 13*	
AASHTO T 89-13 Método de prueba estándar para la determinación del límite líquido en suelos **	
AASHTO T 90-14 Método de prueba para la determinación del límite plástico y el índice plástico de los suelos **	
AASHTO T 193-13 Método de prueba estándar para la determinación del valor de soporte california (CBR) en laboratorio *	
*Normas Acreditadas / **Norma no Acreditada	



Número de acreditación N° C-0420-052/12
Vigente a partir de 2012-12-06

Especificaciones vigentes SCT			
N-CMT-1-01/21	Material Calidad Terraplén	N-CMT-1-02/21	Material Calidad Subyacente
	Límite líquido; %, máximo	50	Límite líquido; %, máximo
	Valor soporte de california (CBR) % mín	5	Valor soporte de california (CBR) % mín
	Expansión; %, máximo	5	Expansión; %, máximo
	Grado de compactación, %	90 ± 2	Grado de compactación, %
N-CMT-1-03/21	Material Calidad Subrasante		
	Tamaño máximo, mm	76	
	Límite líquido; %, máximo	40	
	Índice plástico; %, máximo	12	
	Valor soporte de california (CBR) % mín	20	
	Expansión; %, máximo	2	
	Grado de compactación, %	100 ± 2	

Observaciones de resultados	
Contenido de Humedad:	
MUESTRA 1 ; PROF: 1,00 m: 3.1%	
MUESTRA 2 ; PROF: 2,00 m: 4.6%	
	TEC. EDGAR SÁNCHEZ MONSIVAIS ELABORÓ
	ING. ARNULFO GUERRERO CARRASCO REVISÓ
	ING. ERNESTO MONSIVAIS CONTRERAS SIGNATARIO LABORATORIO

Fecha de entrada en vigor 2020-09-02

FOR 242 Rev. 02
Pag 1 de 1

LOS RESULTADOS SOLO ESTAN RELACIONADOS CON LOS ÍTEMES ENSAYADOS.

ESTE INFORME NO PUEDE SER REPRODUCIDO SIN LA AUTORIZACION POR ESCRITO DE ECN LABORATORIO S A DE C V.



ECN LABORATORIO, S.A. DE C.V.

GEOTECNIA, CONTROL DE CALIDAD EN MATERIALES Y PROCESOS DE CONSTRUCCION
CALLE EUCALIPTO No. 1037 COL. LOS GIRASOLES 4TO SECTOR, ESCOBEDO N.L. C.P. 66073
RFC ELA210804GTA

INFORME DE CALIDAD EN LABORATORIO PARA MATERIALES DE TERRACERIA

Obra:	Proyecto ejecutivo para la construcción de carretera "Libre Laredo - Monterrey"	Informe N°:	11
Localización:	Municipio de Anáhuac, N.L.	Archivo:	
Atención:	Arq. Edgar A. Hinojosa	Folio:	15,362
Cliente:	Secretaría de seguridad y Planeación urbana	Fecha de recepción:	2022-12-05
Dirección del cliente:		Fecha de informe:	2022-12-20

Datos de muestreo	
Descripción visual-manual del material en campo:	
Muestreo en:	Banco ☐ Planta ☐
Procedimiento operativo de muestreo:	POP-043 "NMX-467-ONNCE-2019 Materiales Para Terracería - Métodos de Muestreo"
Banco de origen:	
Ubicación del banco o muestra tomada:	
De tramo:	PMR-04
A tramo:	M-3 6,00m
De cadenamiento km:	
A cadenamiento km:	

Propiedades físicas de los suelos	
Análisis granulométrico	
Tamaño máximo de partícula (mm)	0.850
Desperdicio (%)	
Designación	que pasa (%) retenido (%)
Malla 75 (mm) (3")	100
Malla 19 (mm) (3/4")	100
Malla 4,75 (mm) (Nº 4)	100
Malla 0,425 (mm) (Nº 40)	89
Malla 0,075 (mm) (Nº 200)	76
Gravedad específica de los sólidos del suelo	
Gravedad específica del material retenido en la malla Nº4	
Absorción del material retenido en la malla 3/4" (%)	
Relaciones volumétricas	
Masa volumétrica seca suelta (kg/m³)	
Masa volumétrica seca máxima	
Procedimiento operativo N°	
Método	
Masa volumétrica seca máxima* (kg/m³)	
Humedad óptima (%)	
Humedad natural (%)	
Masa volumétrica seca máxima corregida	
Masa vol. seca máxima corregida (kg/m³)	
Humedad óptima (%)	
Carta de plasticidad	
Límite líquido, %	
Límite plástico, %	
Índice plástico, %	
Contracción lineal (%)	
Límites de consistencia	
Límite líquido (%)	46
Límite plástico (%)	21
Índice plástico (%)	25
Contracción lineal (%)	
Clasificación SUCS	
CL	
Arcilla de baja plasticidad (ligera) con arena	
Clasificación AASHTO	
California bearing ratio	
Esfuerzo de compactación (golpes)	
Masa volumétrica seca del espécimen (mvse) (kg/m³)	
Mvse con relación a la masa volumétrica seca máxima (%)	
Contenido de humedad de moldeado promedio (%)	
CBR (%)	
Expansión (%)	
Porcentaje especificado con relación a la masa volumétrica seca máxima*	90% 95% 100%
CBR de diseño (%)	

Normas aplicadas	
ASTM D75/75M-14 Práctica estándar para muestras de agregados Incisos 5.3, 5.4 y 6**	
NMX-467-ONNCE-2019 Materiales Para Terracería - Métodos de Muestreo *	
AASHTO T 248-11 Método de prueba estándar para la reducción de muestras de agregados a un tamaño de ensayo mediante métodos manuales, Incisos 9, 9.1, 10, 10.1, 10.1.1 y 10.1.2 **	
NMX-468-ONNCE-2018 Materiales para Terracerías - Método de Preparación de Muestras *	
AASHTO T 285-15 Método de prueba estándar para la determinación del contenido de humedad de suelos en laboratorio, Incisos del 1 al 8 *	
NMX-503-ONNCE-2019 Materiales Terrestres-Determinación del Contenido de Agua de los Suelos Mediante Secado Rápido *	
AASHTO T 311-02 (2010) Método de prueba estándar para el análisis granulométrico en suelos granulares **	
AASHTO T 11-05 (2013) Método de prueba estándar para materiales mas finos que la malla 75 µm (Nº 200) en agregados minerales mediante lavado **	
AASHTO T 224-10 Método de prueba estándar para la corrección por partículas de sobretamaño en suelos para ensayos de compactación **	
AASHTO T 99-19 Masa Volumétrica Seca Máxima de los suelos, pisón de 2,5 kg (5,5 lb) altura de caída de 305 mm (12 in) Incisos 6, 7, 10, 11, 12 y 13*	
AASHTO T 180-19 Masa Volumétrica Seca Máxima de los suelos, pisón de 4,54 kg (10 lb) altura de caída de 457 mm (18 in) Incisos 6, 7, 10, 11, 12 y 13*	
AASHTO T 89-13 Método de prueba estándar para la determinación del límite líquido en suelos **	
AASHTO T 90-14 Método de prueba para la determinación del límite plástico y el índice plástico de los suelos **	
AASHTO T 193-13 Método de prueba estándar para la determinación del valor de soporte califorma (CBR) en laboratorio *	
*Normas Acreditadas / **Norma no Acreditada	



Número de acreditación N° C-0420-052/12
Vigente a partir de 2012-12-06

Especificaciones vigentes SCT			
N-CMT-1-01/21	Material Calidad Terraplén	N-CMT-1-02/21	Material Calidad Subyacente
	Límite líquido, %, máximo	50	Límite líquido, %, máximo
	Valor soporte de califorma (CBR) % mín	5	Valor soporte de califorma (CBR) % mín
	Expansión, % máximo	5	Expansión, % máximo
	Grado de compactación, %	90 ± 2	Grado de compactación, %
N-CMT-1-03/21	Material Calidad Subrasante		
	Tamaño máximo, mm	76	Tamaño máximo, mm
	Límite líquido, %, máximo	40	Límite líquido, %, máximo
	Índice plástico, %, máximo	12	Índice plástico, %, máximo
	Valor soporte de califorma (CBR) % mín	20	Valor soporte de califorma (CBR) % mín
	Expansión, % máximo	2	Expansión, % máximo
	Grado de compactación, %	100 ± 2	Grado de compactación, %

Observaciones de resultados	
Contenido de Humedad:	
MUESTRA 3 ; PROF: 6,00 m: 11.3%	
TEC. EDGAR SÁNCHEZ MONSIVAIS ELABORÓ	
ING. ARNULFO GUERRERO CAMACHO REVISÓ	
ING. ERNESTO MONSIVAIS CONTRERAS SIGNATARIO LABORATORIO	

Fecha de entrada en vigor 2020-07-02

FOR 242 Rev. 02

Pag 1 de 1

LOS RESULTADOS SOLO ESTAN RELACIONADOS CON LOS ITEMS ENSAYADOS.

ESTE INFORME NO PUEDE SER REPRODUCIDO SIN LA AUTORIZACION POR ESCRITO DE ECN LABORATORIO S A DE C V.



ECN LABORATORIO, S.A. DE C.V.

GEOTECNIA, CONTROL DE CALIDAD EN MATERIALES Y PROCESOS DE CONSTRUCCION
CALLE EUCALIPTO No. 1037 COL. LOS GIRASOLES 4TO SECTOR, ESCOBEDO N.L. C.P. 66073
RFC ELA210804GTA

ANEXO 5

CARTA RESPONSIVA Y CÉDULA PROFESIONAL





ECN LABORATORIO, S.A. DE C.V.

GEOTECNIA, CONTROL DE CALIDAD EN MATERIALES Y PROCESOS DE CONSTRUCCION
CALLE EUCALIPTO No. 1037 COL. LOS GIRASOLES 4TO SECTOR, ESCOBEDO N.L. C.P. 66073
RFC ELA210804GTA

Diciembre 2022

**DIRECCIÓN GENERAL DE DESARROLLO URBANO
DEL MUNICIPIO DE ANÁHUAC, NUEVO LEÓN.**

C. ROSA MARÍA MUÑIZ GARCÍA.

P R E S E N T E:

Por medio de la presente, manifiesto a Usted, ser el Responsable de la realización del **Estudio de Mecánica de Suelos**, elaborado en el predio en el cual se tiene proyectado realizar la obra identificada como **Proyecto ejecutivo para la construcción de carretera "Libre Laredo – Monterrey"**, ubicado en carretera Monterrey - Nuevo Laredo, San Francisco, Municipio de Anáhuac, Nuevo León, México

Sin más de momento y de antemano agradeciendo su atención, quedo de usted.



ING. ERNESTO MONSIVAÍS CONTRERAS.
CED. PROF. 5204881



ECN LABORATORIO, S.A. DE C.V.

GEOTECNIA, CONTROL DE CALIDAD EN MATERIALES Y PROCESOS DE CONSTRUCCION
CALLE EUCALIPTO No. 1037 COL. LOS GIRASOLES 4TO SECTOR, ESCOBEDO N.L. C.P. 66073
RFC ELA210804GTA



PARA USO EXCLUSIVO DEL ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS, ELABORADO EN EL PREDIO EN EL CUAL SE TIENE PROYECTADO LA REALIZACIÓN DE LA OBRA IDENTIFICADA COMO PROYECTO EJECUTIVO PARA LA CONSTRUCCIÓN DE CARRETERA "LIBRE LAREDO - MONTERREY", UBICADO EN CARRETERA MONTERREY, NUEVO LAREDO, SAN FRANCISCO, MUNICIPIO DE ANÁHUAC, NUEVO LEÓN, MÉXICO