



**UNIVERSIDAD MICHOACANA DE SAN NICOLÁS DE HIDALGO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL**

**TESIS**

**UN ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS PARA UN  
FRACCIONAMIENTO FAMILIAR EN MORELIA, MICHOACÁN.**

**QUÉ PARA OBTENER EL GRADO DE:**

**INGENIERA CIVIL**

**PRESENTA:**

**ALMA CELESTE CALDERÓN GONZÁLEZ**

**ASESOR**

**ING. ALEJANDRO PERALTA ARNAUD**



**MORELIA, MICHOACÁN, NOVIEMBRE DE 2019.**



**UN ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS PARA UN  
FRACCIONAMIENTO FAMILIAR EN MORELIA,  
MICHOACÁN.**



## Agradecimientos

*Mateo 6:34, Así que, no os afanéis por el día de mañana, porque el día de mañana traerá su afán. Basta a cada día su propio mal.*

Gracias a mi Dios, por haberme permitido llegar a este día y poder disfrutar de mi titulación.

Agradezco a mi padre y a mi madre por darme el infinito amor que me profesan y que me dan cada día. Sin sus enseñanzas no sería lo que soy hoy.

A mi director de tesis el Ing. Alejandro Peralta Arnaud y a mis sinodales quienes estudiaron mi tesis y la aprobaron para ellos mi agradecimiento infinito, espero poder honrarlos siempre con sus enseñanzas y a mis sinodales el Ing. Luis Manuel Navarro Sánchez y el Ing. José Antonio Espinoza Mandujano.

Agradezco a la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo por haberme arropado durante todos estos años que siempre serán toda mi vida, por darme todos los conocimientos de las ciencias profesionales para hacerme el profesionista que ahora soy y así poder defenderme en el ámbito de este mundo cosmopolita.

Agradezco a todos mis profesores que me regalaron años y conocimiento de sus vidas.

A todos mis compañeros que su presencia hicieron más amenos mis días.

A mis Directores y profesores; Ing. Ernesto Núñez Aguilar y Ing. Felipe Sánchez Reyna. Y al Ing. José Muñoz Cháves (Pepe) Q.P.D.

Agradezco infinitamente su apoyo incondicional.

Agradezco a, dos mujeres extraordinarias y maravillosas que son muy valiosas e importantes en nuestro paso por vuestra facultad a Leonila Tapia Méndez y Graciela Loaiza Díaz, muchas gracias por todo su apoyo en todo momento.

A mi amiga hermosa Paola por apoyarme en todo momento.



## **Dedicatorias**

Esta tesis se la dedicó a mis padres Jorge y Alma y a mis hermanos Jorge, Christian, Michel y Joshua por q fuimos un equipo para poder llegar a concluir toda una carrera llena de obstáculos q no fue fácil. Los amo infinitamente.

A mi Padre e Ing. Jorge Calderón Z. Hoy quiero honrar con esta tesis y darle las gracias por todo lo que me ha enseñado y regalársela como él me ha regalado todo lo que se y la vida misma.

Quiero reconocer el corazón más noble de mi familia y por el cual he logrado todo lo q he hecho hasta hoy, sin su apoyo, su trabajo, su esfuerzo y dedicación y el gran amor infinito q me tiene como hermana no hubiera llegado a concluir mi tesis. Hoy le digo q le agradezco desde lo más profundo de mi corazón todo lo que ha hecho por mí siempre. Te amo al infinito Hermano y colega Ing. Christian Sinuhe Calderón González.



## Índice

RESUMEN.....	7
Palabras Clave .....	7
ABSTRAC.....	7
Key Words.....	7
CAPÍTULO I .....	8
INTRODUCCIÓN.....	8
Definición.....	9
Importancia.....	10
METODOLOGÍA.....	10
OBJETIVO.....	11
GENERALIDADES.....	12
Macro Localización del Sitio .....	15
CAPÍTULO II .....	39
Exploración y Muestreo.....	39
INVESTIGACIÓN DEL SUBSUELO .....	44
UBICACIÓN DE LOS SONDEOS .....	45
PERFIL ESTRATIGRÁFICO .....	45
POZO A CIELO ABIERTO N° 1.....	46
ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS.....	48
POZO A CIELO ABIERTO No. 2 .....	50
ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS.....	52
POZO A CIELO ABIERTO No. 3 .....	54
ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS.....	56
POZO A CIELO ABIERTO No.4 .....	58



ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS .....	60
POZO A CIELO ABIERTO No. 5 .....	61
ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS .....	63
CAPÍTULO III .....	64
TRABAJOS Y PRUEBAS REALIZADAS EN EL LABORATORIO.....	64
PROCEDIMIENTOS DE PRUEBA.....	65
DETERMINACIÓN DE LOS LIMITES DE PLASTICIDAD Y DE LA CONTRACCIÓN LINEAL.....	65
DETERMINACIÓN DE LA HUMEDAD O CONTENIDO DE AGUA DE LOS SUELOS. ....	68
DETERMINACIÓN DE LA COMPOSICIÓN GRANULOMETRICA MEDIANTE EL USO DE MALLAS. ....	70
CLASIFICACION E IDENTIFICACION DE SUELOS .....	72
COMPRESIÓN SIMPLE .....	75
OBJETIVOS .....	76
PRUEBA TRIAXIAL RAPIDA NO DRENADA .....	78
Prueba rápida – Prueba sin consolidación y sin drenaje (UU) .....	80
CAPÍTULO IV.....	82
MEMORIA DE CÁLCULO.....	82
Capacidad de carga.....	82
Pozo a cielo abierto 1. ....	83
PRUEBA TRIAXIAL RAPIDIDAD NO DRENADA.....	83
PAVIMENTO RÍGIDO.....	86
Determinación de la intensidad del tránsito .....	86
Determinación de la resistencia o VRS del material que forma parte de la subrasante o terracerías. ....	86



Determinación de los espesores. ....	86
Conclusiones y recomendaciones .....	91
CIMENTACION.....	92
AREA DE EDIFICIO PARA DEPARTAMENTOS .....	92
CIMENTACION ÁREA DE VIVIENDAS .....	94
PAVIMENTO RIGIDO.....	95
AREA DE ESTACIONAMIENTO Y VIALIDAD .....	95
BANQUETAS.....	97
Curva granulométrica. ....	100
CAPÍTULO V .....	101
ANEXOS (GRAFICAS Y FIGURAS) .....	101
Resultados de las Pruebas de Laboratorio .....	104
Informe Fotográfico .....	116
Área de estudio. ....	116
Pozo a cielo abierto. ....	117
POZO A CIELO ABIERTO 2 .....	118
POZO A CIELO ABIERTO 3 .....	119
POZO A CIELO ABIERTO 4 .....	120
POZO A CIELO ABIERTO 5 .....	121
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	122
BIBLIOGRAFÍAS.....	122
FUENTES ELECTRÓNICAS.....	122



## RESUMEN

La importancia del conocimiento de los caracteres propios del suelo se pone de manifiesto desde el momento de la propia ejecución de la obra por su influencia sobre la seguridad de los trabajadores en la realización de excavaciones y movimientos de tierras así como en la de los elementos auxiliares de la construcción: cimbras, encofrados, pozos y zanjas de cimentación líneas enterradas, etc.

Una cimentación inadecuada para el tipo de terreno, mal diseñada o calculada se traduce en la posibilidad de que tanto el propio edificio como las fincas colindantes sufran asientos diferenciales con el consiguiente deterioro de los mismos pudiendo llegar incluso al colapso.

### Palabras Clave

Mecánica de suelos, Construcción, Cimentación, Modulo habitacional, Fraccionamiento.

## ABSTRAC

The importance of knowledge of the characteristics of the soil is evident from the moment of the execution of the work itself because of its influence on the safety of workers in the excavation and earthworks as well as in the auxiliary elements Construction: formwork, formwork, wells and foundation trenches buried lines, etc.

An inadequate foundation for the type of land, poorly designed or calculated translates into the possibility that both the building itself and the adjacent farms suffer differential seats with the consequent deterioration of the same and may even lead to collapse.

### Key Words.

Mecánica de suelos, Construcción, Cimentación, Modulo habitacional, Fraccionamiento.



## CAPÍTULO I

### INTRODUCCIÓN

La cimentación puede definirse en general como el conjunto de elementos de cualquier edificación cuya misión es transmitir al terreno que la soportan las acciones procedentes de la estructura. Su diseño dependerá por tanto no solo de las características del edificio sino también de la naturaleza del terreno.

La importancia del conocimiento de los caracteres propios del suelo se pone de manifiesto desde el momento de la propia ejecución de la obra por su influencia sobre la seguridad de los trabajadores en la realización de excavaciones y movimientos de tierras así como en la de los elementos auxiliares de la construcción: cimbras, encofrados, pozos y zanjas de cimentación líneas enterradas, etc.

Una cimentación inadecuada para el tipo de terreno, mal diseñada o calculada se traduce en la posibilidad de que tanto el propio edificio como las fincas colindantes sufran asientos diferenciales con el consiguiente deterioro de los mismos pudiendo llegar incluso al colapso.

La mecánica de suelos es una importante asignatura del currículo de estudios de la Ingeniería Civil que se encarga de estudiar las fuerzas o cargas que son establecidas en la superficie terrestre y el comportamiento de las mismas para determinar el material aplicado y el suelo utilizado en el relleno, siendo obligatoriamente uno de los pasos preliminares, antes de levantar cualquier edificación, conocer las propiedades del suelo y como se pueden utilizar del modo más satisfactorio y económico, en función de la obra proyectada.

Karl Von Terzaghi y Arthur Casagrande son considerados los fundadores de estos importantes estudios. El estudio de mecánica de suelos en si es un análisis que nos ayuda a conocer el tipo de material del que está compuesto el terreno donde pensamos ejecutar la obra, dentro de estos materiales podemos encontrar distintos tipos de arenas, arcillas y rocas.



En base a este estudio puede calcularse y diseñar la cimentación y estructura adecuada para el proyecto, el proceso consiste en tomar muestras del suelo del terreno que posteriormente son analizadas en un laboratorio para descubrir los componentes exactos de los que está compuesto el suelo, con los datos arrojados por el estudio entonces podremos saber a ciencia cierta cuál es la capacidad de carga que tiene el suelo en cuestión así como las precauciones que deben tomarse en el cálculo y diseño estructural de la obra.

### **Definición**

La Mecánica de Suelos es la disciplina que se ocupa de la aplicación de las leyes de la mecánica y la hidráulica a los problemas geotécnicos del terreno, estudia las propiedades, el comportamiento y la utilización del suelo como material estructural, de tal manera que las deformaciones y resistencia de este ofrezcan seguridad, durabilidad y estabilidad a las estructuras.

Estudia, además, la firmeza del suelo, su deformación y el flujo de agua hacia su interior y hacia el exterior a través de su masa, tomando en cuenta que resulte económicamente factible usarlo como material de construcción.

Principales aspectos en que centra sus estudios

- Génesis y composición de suelos
- Transporte y deposición de los suelos.
- Mineralogía del suelo.
- Relación masa-suelo.
- Tensión efectiva y capilaridad.
- Presión total.
- Presión de poros de agua.
- Condiciones hidrostáticas.
- Clasificación de los suelos.
- Métodos de prospección de suelos.



## **Importancia**

Consecuencias de un mal estudio de la Mecánica de Suelos

Teniendo en cuenta que cualquier obra edificada por la Ingeniería Civil se sostiene inevitablemente sobre la corteza terrestre, es de vital importancia para la trascendencia de la misma el estudio de los parámetros del suelo, necesarios para su ejecución, permanencia e integridad.

La importancia de los estudios de la Mecánica de Suelos radica en el hecho de que si se sobrepasan los límites de la capacidad resistente del suelo o si, aún sin llegar a ellos, las deformaciones son considerables, se pueden producir esfuerzos secundarios en los miembros estructurales, quizás no tomados en consideración en el diseño, produciendo a su vez deformaciones importantes, fisuras, grietas, alabeo o desplomos que pueden producir, en casos extremos, el colapso de la obra o su inutilización y abandono.

## **METODOLOGÍA.**

Como curiosidad puede citarse el inclinamiento de la conocida Torre de Pisa que se considera es resultado del resquebrajamiento del suelo que la sostiene. Con un buen estudio de Mecánica de Suelos esta torre no había alcanzado su renombre.

La actividad experimental proporciona una importante conexión entre la teoría y la realidad a través de la observación (Couto, 2011). Precisamente esta observación experimental permite al alumnado visualizar, comprender y afianzar conceptos teóricos estudiados en clase mediante herramientas convencionales, para posteriormente aplicar el conocimiento adquirido a la resolución de problemas reales (Jinks, 1994). En el presente artículo se presentan algunos experimentos sencillos que, en su mayoría, pueden realizarse mediante objetos de uso cotidiano, durante las clases prácticas o de forma independiente por el alumnado. A través de estos “experimentos caseros” pretendemos también, a su vez, hacer más sugerente, ameno y divertido el aprendizaje de conceptos geotécnicos, de un alumnado altamente desmotivado y con una elevada tasa de absentismo de las clases teóricas, que alcanza niveles superiores al 35% en la asignatura de Mecánica de Suelos y de las Rocas de segundo curso de ingeniería Civil. Hasta el



momento únicamente se han desarrollado una parte de los ensayos previstos que pueden ser divididos en dos grandes grupos: 1. Ensayos cuyo fin es determinar las propiedades geotécnicas de los suelos (e.g. determinación de los pesos específicos seco y de las partículas sólidas de un suelo), que generalmente disponen del correspondiente procedimiento normativo; 2. Ensayos que permiten la comprensión de fenómenos geotécnicos (e.g. sifonamiento de una arena). Para cada uno de estos ensayos se han preparado fichas explicativas con los fundamentos físico-matemáticos del ensayo de una forma didáctica y fácil de entender. Los ensayos que permiten obtener las propiedades de los suelos se han simplificado al máximo, profundizando en los conceptos básicos. Han sido despojados de toda su carga formal y de sus referencias a las distintas normativas, que en ocasiones hacen perderse al estudiante en detalles exentos de importancia.

#### **OBJETIVO.**

A continuación el presente trabajo está realizado en base a un proyecto en el cual se presenta el informe técnico de los trabajos de mecánica de suelos realizado en el predio donde se pretende hacer **UN ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS PARA UN FRACCIONAMIENTO FAMILIAR EN MORELIA, MICHOACÁN.**

En dicho informe, se describen las condiciones actuales que presenta el área en cuestión, así como su estratigrafía, y los datos obtenidos de los ensayos de laboratorio realizados. Se presentan los resultados de los trabajos de campo, laboratorio y gabinete, incluyendo en estos últimos la determinación de la capacidad de carga, recomendaciones para el tipo de cimentación de la estructura.



## GENERALIDADES

La zona en estudio se encuentra ubicada al sur del municipio de Morelia, Michoacán y las condiciones actuales que presenta el área en estudio son las siguientes:

- No presenta superficie de construida actualmente
- El terreno natural está constituido por ARENAS LIMOSAS, por lo que este material es apto como terreno de cimentación pero se tendrán que hacer las modificaciones correspondientes.
- Por lo antes expuesto el tipo de material encontrado presenta un buen funcionamiento como superficie de apoyo para recibir los esfuerzos transmitidos por LA ESTRUCTURA DEL INMUEBLE.
- No obstante, se procedió a realizar CINCO sondeo o pozo a cielo abierto para determinar las características mecánicas que tiene dicho material, y proponer una estructura de pavimento sobre el terreno natural, así como las plataformas para la ESTRUCTURA DEL INMUEBLE..
- La zona en estudio se encuentra dentro de la formación geológica de la zona sur de Morelia, por lo que se prevé la presencia de material inorgánico de baja plasticidad, así como de suelos residuales, lo cual se puede observar en la siguiente exposición:
- El objetivo principal de este estudio es la realización del diseño adecuado para la formación de la estructura del pavimento y de la cimentación que servirá de soporte para LA ESTRUCTURA DEL INMUEBLE.

Específicamente se busca definir la estratigrafía del subsuelo y las propiedades de cada estrato, así como la ubicación del nivel de aguas freáticas, para en base a



ello determinar la capacidad de carga y la profundidad de desplante de la cimentación.

Para ello, y a consecuencia de la visita al lugar, se determinó la realización de 5 sondeos directo con pruebas de campo (Sondeo a Cielo Abierto) para determinar las características índices y propiedades mecánicas del material encontrado como terreno natural.

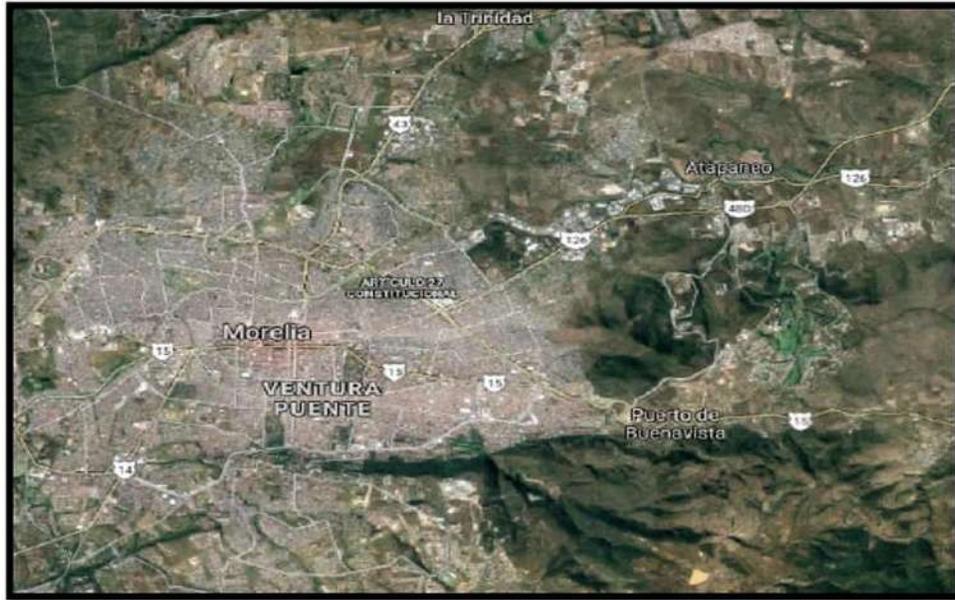
El terreno estudiado está ubicado dentro de la localidad de Morelia, en el municipio de Morelia, Michoacán.

Se puede considerar la zona en general como topografía tipo lomerío Suave y el predio en particular es plano, se trata de un terreno en el que actualmente no existe ninguna construcción del tipo vivienda o con uso tipo de comercio, además NO existen indicios de que exista material de relleno producto de algún movimiento de tierras o para relleno, es decir se trata de una zona tipo suelo o terreno natural

Cabe destacar que el predio estudiado se encuentra en zona urbana, y tiene colindancias con construcciones; actualmente el terreno no tiene ningún uso, por lo que para fines de mecánica de suelos consideramos que el subsuelo no ha estado sujeto a cargas previas.

De acuerdo con la información que se nos proporcionó, el proyecto contempla la construcción de un **EDIFICIO PARA DEPARTAMENTOS**.

Hasta el momento no se tienen datos relativos a la distribución ni magnitud de las descargas, pero suponemos que estas serán de mediana magnitud.



*Ilustración 1, Ubicación del Municipio.*



*Ilustración 2, Vista general del predio.*

### Macro Localización del Sitio



- Datos Generales
- Capital: Morelia Municipio: 113

**Localización:** El estado de Michoacán se sitúa hacia la porción centro - oeste de la República Mexicana, entre las coordenadas 20°23'27" y 17°53'50" de la latitud norte y entre 100°03'32" y 103°44'49" la longitud oeste del meridiano de Greenwich. Limitado al norte con los estados de Jalisco y Guanajuato, al noroeste con el estado de Querétaro, al este con los estados de México y Guerrero, al oeste con el Océano Pacífico y los estados de Colima y Jalisco, al sur con el Océano Pacífico y el estado de Guerrero.

**Extensión:** Por su extensión territorial ocupa el décimo sexto lugar nacional, con una superficie de 58,836.95 kilómetros cuadrados, que representa el 3.04 % de la extensión del territorio nacional. La entidad cuenta con 213 km. de litoral y 1,490 km. cuadrados de aguas marítimas.



*Ilustración 3, Extensión Territorial.*

**Orografía:** Al estado de Michoacán lo conforman dos grandes regiones montañosas o provincias fisiográficas, que son: la Sierra Madre del Sur y el Sistema Volcánico Transversal y Valles Intermontañosos (Cordillera Neovolcánica o Tarasco - Náhuatl).

La Sierra Madre del Sur cruza al Estado en aproximadamente 200 kilómetros en la zona Suroeste (entre los municipios de Chinicuila y Arteaga). Se le considera como la continuación de la Sierra Madre Occidental y de otras Sierras de América del Norte (Sierra Nevada, Montañas Rocallosas). Presenta una dirección de Noroeste a Sureste, extendiéndose a lo largo de la costa del océano Pacífico y muy próxima a él: tiene una anchura de casi 100 km., una altitud más o menos constante en sus partes altas de más de 2,900 m. y una superficie de 13,126.5 km<sup>2</sup>.

La mayor prominencia en esta Sierra es el Cerro de las Canoas que tiene 2,985 m. de altitud y se localiza a 7 km. al Noroeste de la población de Coalcomán, en el municipio de este mismo nombre. Otra es el Cerro Cantador con 2,436 m. de altura, localizado a 35 km., al Suroeste de Aguililla, también en el municipio de Coalcomán.

La otra región montañosa del Estado, la constituye el Sistema Volcánico Transversal (o Cordillera Neovolcánica) se localiza al sur de la altiplanicie mexicana y se formó como consecuencia de la aparición de numerosos volcanes. Este sistema tiene una longitud de 300 km. y una anchura aproximada de 130 km. La mayor parte del mismo se sitúa entre los paralelos 19<sup>o</sup> y 20<sup>o</sup> de latitud Norte y presenta líneas estructurales que siguen una dirección Noroeste Sureste.



En este Sistema, hay una región orográfica que queda representada por la Sierra de Tancítaro, que se conecta en el Noroeste con la de Peribán y se enlaza con las Sierras de San Ángel y Tarécuaro, y por el Este con las de Paracho y Carapan (en esta zona se ubica la Meseta Tarasca donde se localiza el Volcán Parícutín).

En la parte Este del Sistema, está la Sierra Mil Cumbres (Otzumatlán, la zona silvícola más importante del Estado) que es la continuación de la Sierra de Acuitzio. Más al Este se localizan las Sierras de San Andrés, (región conocida también como Los Azufres, cerca de Ciudad Hidalgo), Maravatío, Talpujahuá, Angangué y Zitácuaro.

Las elevaciones orográficas más notables en esta región, son: el Tancítaro (3,857 m. en el municipio de Tancítaro); Patambán (3,525 m. en el municipio de Tangancícuaro); Cerro de Quinceo (2,750 m. en el municipio de Morelia); el Tzirate (3,300 m. en el municipio de Quiroga) y el Volcán de San Andrés (3,605 m. en el municipio de Ciudad Hidalgo).

Hidrografía: En el estado de Michoacán se presenta una red fluvial de mucha consideración, que tiene como arterias principales a dos grandes ríos del país, el Lerma y el Balsas; por otra parte los ríos de la región de Arteaga y Coalcomán no tienen ninguno principal, pues desembocan directamente en el Océano Pacífico y por último la pequeña red interna representada por los Lagos de Cuitzeo, Pátzcuaro y Zirahuén.

Tres grandes sistemas hidrográficos denominados por su posición geográfica del Norte, Centro y Sur, además del sistema fluvial costanero, son los que se encuentran en la entidad.

Sistema del Norte. - Cuenca del Lerma, incluye al importante río Lerma que nace en el Estado de México, atravesando el territorio michoacano en su porción nororiental, con una dirección de noreste a suroeste; en esta parte se encuentra la Presa Tepuxtepec con una capacidad de 371 millones de metros cúbicos.



Los afluentes del Lerma se localizan abajo de dicha presa, siendo los principales los ríos Tlalpujahuá, Cachiví y Duero, este último considerado como el tributario más importante en la margen izquierda del Lerma, y sus afluentes desembocan finalmente en el Lago de Chapala en su extremo noreste.

La Cuenca de Cuitzeo, ocupa una superficie dentro del Estado de 3,618 kilómetros cuadrados, teniendo como principales afluentes los ríos Grande de Morelia y Queréndaro, que recibe los aportes de los ríos de San Lucas y Zinapécuaro, nace en la Sierra de Oztumatlán siguiendo su curso una dirección de sur a norte. Ambos desembocan en el Lago de Cuitzeo, considerado como el más grande en el estado.

El Lago de Chapala ocupa sólo una porción en el estado, la parte Sureste del lago, con aproximadamente 125 kilómetros cuadrados, recibe aportes de los ríos Duero y Lerma.

El Sistema del Centro está representado por los Lagos de Pátzcuaro y Zirahuén, el primero ocupa una superficie de 1,525 kilómetros cuadrados aproximadamente, comprendiendo los municipios de Erongarícuaro, Pátzcuaro, Quiroga y Tzintzuntzan. La cuenca que da origen al Lago se alimenta de numerosas corrientes tanto superficiales como subterráneas. Entre las primeras se destacan las de los ríos San Gregorio y Chapultepec, así como los arroyos de Santa Fe y Soto. En el interior del lago se levantan los islotes denominados Janitzio, Yunuén, La Pacanda, Tecuén, Jarácuaro, Urandén y Carián.

El Lago de Zirahuén, una cuenca de 615 kilómetros cuadrados, recibe los aportes de los arroyos Manzanilla y Zinamba, los cuales nacen en el municipio de Santa Clara del Cobre.

Tanto el Lago de Pátzcuaro como el de Zirahuén, localizados en la región centro - norte del estado, en una de las partes más altas del Eje Volcánico Transversal, constituyen los centros de mayor atracción turística de la entidad, siendo la actividad pesquera una de las más importantes.



En el Sistema del Sur se sitúan la mayoría de los ríos y arroyos del estado. Es el río Balsas el más importante, el cual junto con sus numerosos afluentes ocupa una superficie de 32,950 kilómetros cuadrados. Los afluentes que en Michoacán recibe el Balsas son los ríos Cutzamala, Carácuaro y Tepalcatepec.

El río Cutzamala se une al Balsas por su margen derecha, siendo sus formadores principales los ríos Tuzantla y Tilostoc.

El Río Carácuaro (5,300 kilómetros cuadrados de superficie) que corre en una dirección de norte a sur, recibe los aportes de varios ríos y arroyos, entre los que destacan los arroyos de Inguarán, Las Truchas y Los Limones, así como los ríos de Pedernales y Puruarán.

El río Tepalcatepec o Grande, considerado de mayor extensión en la cuenca del Balsas, tiene una superficie de 18,000 kilómetros cuadrados y su origen en el estado de Jalisco, en donde recibe el nombre de Quitupan, correspondiendo a Michoacán una superficie de 15,120 kilómetros cuadrados. Ingresa al estado por el municipio de Tangamandapio, corriendo en dirección noroeste a Sureste. El principal afluente del Tepalcatepec es el Río Marqués, que se origina en Uruapan en el manantial denominado “Rodilla del Diablo”, recibiendo el nombre de Cupatitzio, atravesando los terrenos de las municipalidades de Uruapan, Parácuaro y La Huacana y que afluye al Tepalcatepec en jurisdicción de este último municipio.

La importancia del río Tepalcatepec se da desde el punto de vista agrícola, porque en su curso cruza el Plan de Tierra Caliente, zona eminentemente agrícola; además de ello, su importancia como fuente generadora de electricidad queda manifiesta por la construcción de varias presas entre las que destacan las del Cóbano, Zumpimito, Taretan, Salto Escondido y la del Infiernillo, considerada como una de las más importantes de Latinoamérica, con una capacidad de 12,500 millones de metros cúbicos de agua, que es utilizada en la generación de energía eléctrica y el riego.



En el sistema fluvial costero del estado, las corrientes fluviales que por ella drenan quedan enmarcadas dentro de la vertiente sur de la Sierra Madre del Sur, contándose entre las más importantes las de los ríos Coahuayana, Aquila, Ostula, Motín del Oro, Coire, Cachán y Nexpa. La cuenca del río Coahuayana comprende los estados de Colima, Jalisco y Michoacán, abarcando en este último los municipios de Coalcomán y Chinicuilá. Tiene una extensión superficial de 1,260 kilómetros cuadrados, sus tributarios más importantes son el río Becerra y el arroyo Agua Fría; la desembocadura se ubica en la Bahía de San Telmo en la Boca de Apiza.

El río Aquila abarca parte de los municipios de Aquila, Coalcomán y Chinicuilá, su cuenca cubre una superficie de 2,070 kilómetros cuadrados, se forma en la unión de los ríos Palo Dulce y Guayaba.

El río Ostula conforma una de las cuencas más pequeñas de la entidad, tiene aproximadamente 572 kilómetros cuadrados, quedando comprendida entre los municipios de Aquila y Coalcomán. Lo forman los arroyos de la Cofradía y la Mina, corriendo en una dirección de norte a sur; desemboca en el Océano Pacífico.

El río Motín del Oro, de corto curso, tiene como afluentes a los ríos Zilapa y Cacalula.

La lista de ríos y arroyos que desembocan en el Océano Pacífico asciende a más de cincuenta. Todos se originan en la Sierra Madre del Sur y fluyen en una dirección general del norte a sur. Sus cuencas son de relieve accidentado, de manera que el aprovechamiento del agua para actividades agrícolas es de escasa importancia.

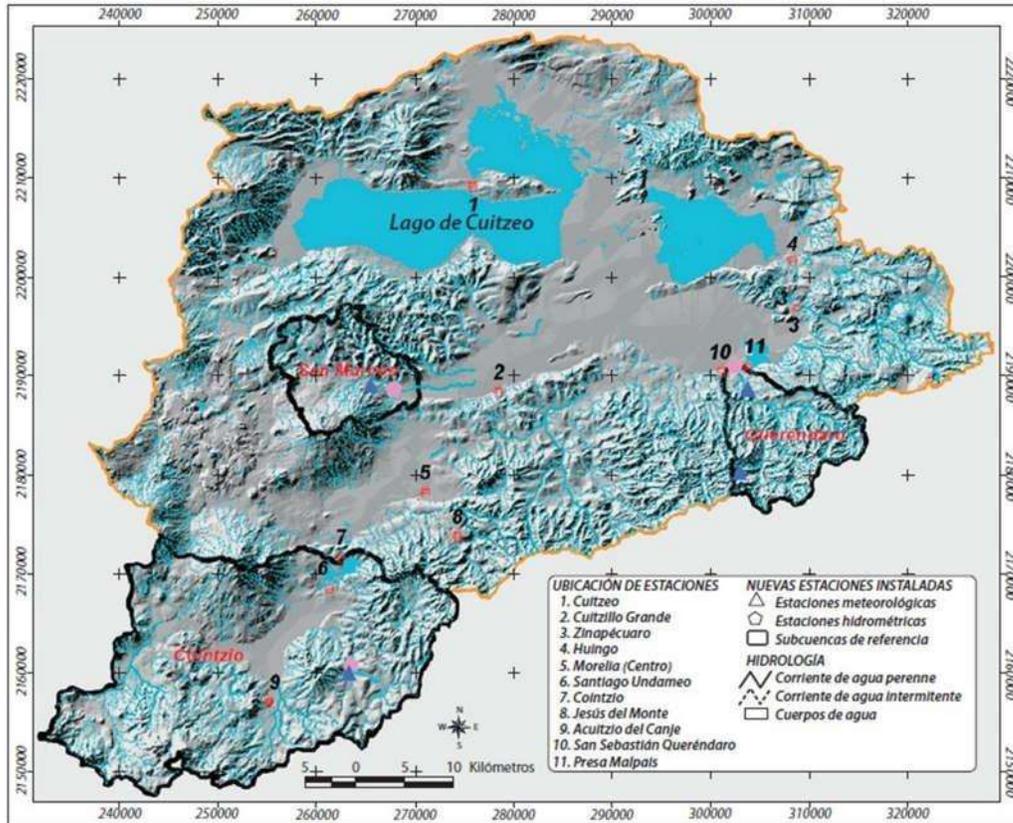


Ilustración 4, Ubicación de las estaciones hidrometeorológicas.

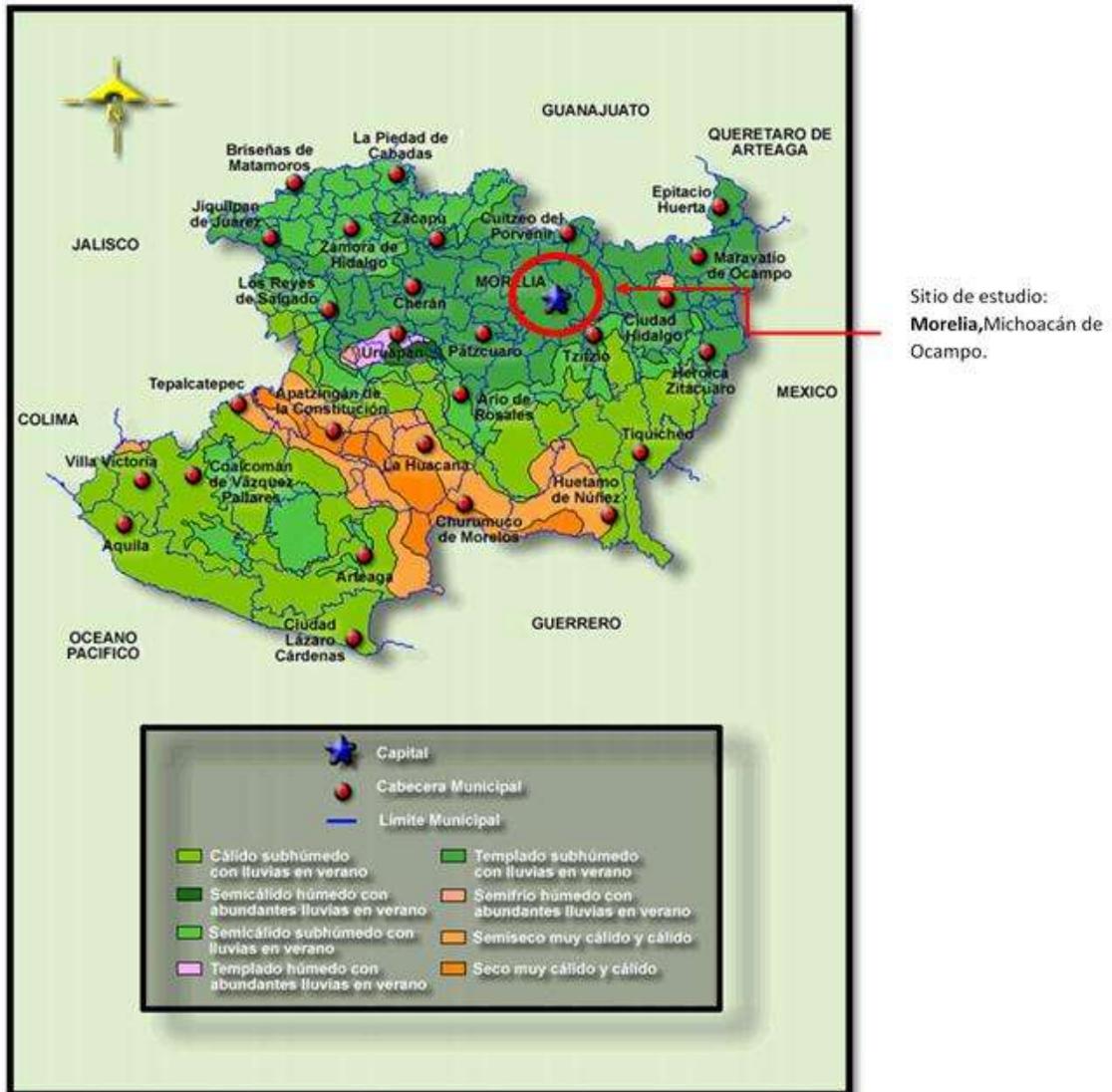


Ilustración 5, Mapa del clima.

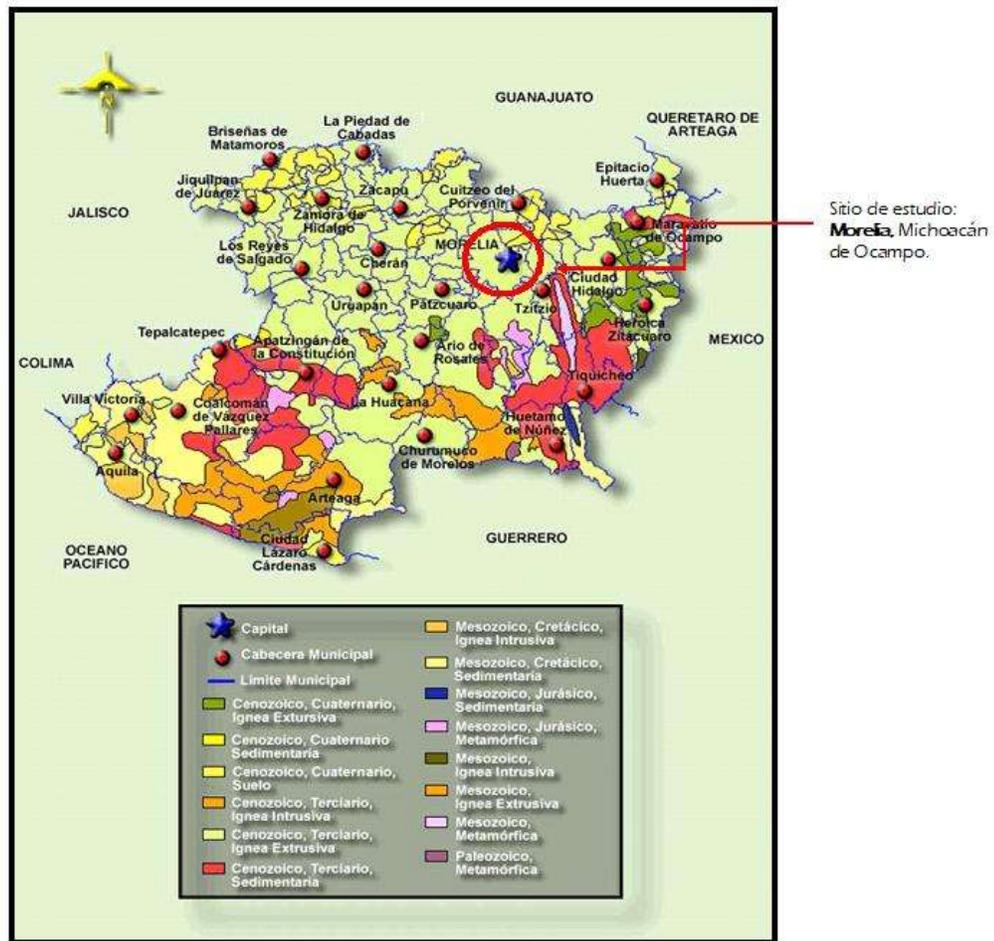


Ilustración 6, Mapa geológico.

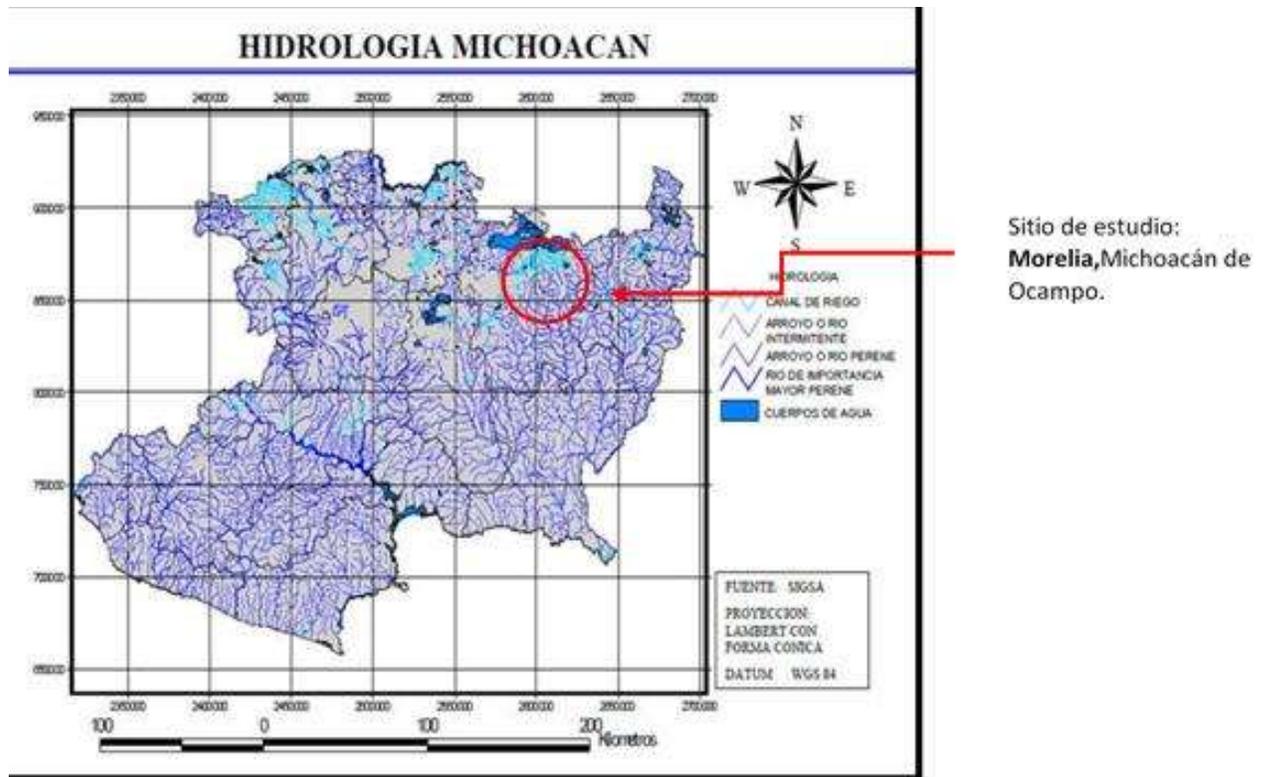


Ilustración 7, Mapa de hidrología.

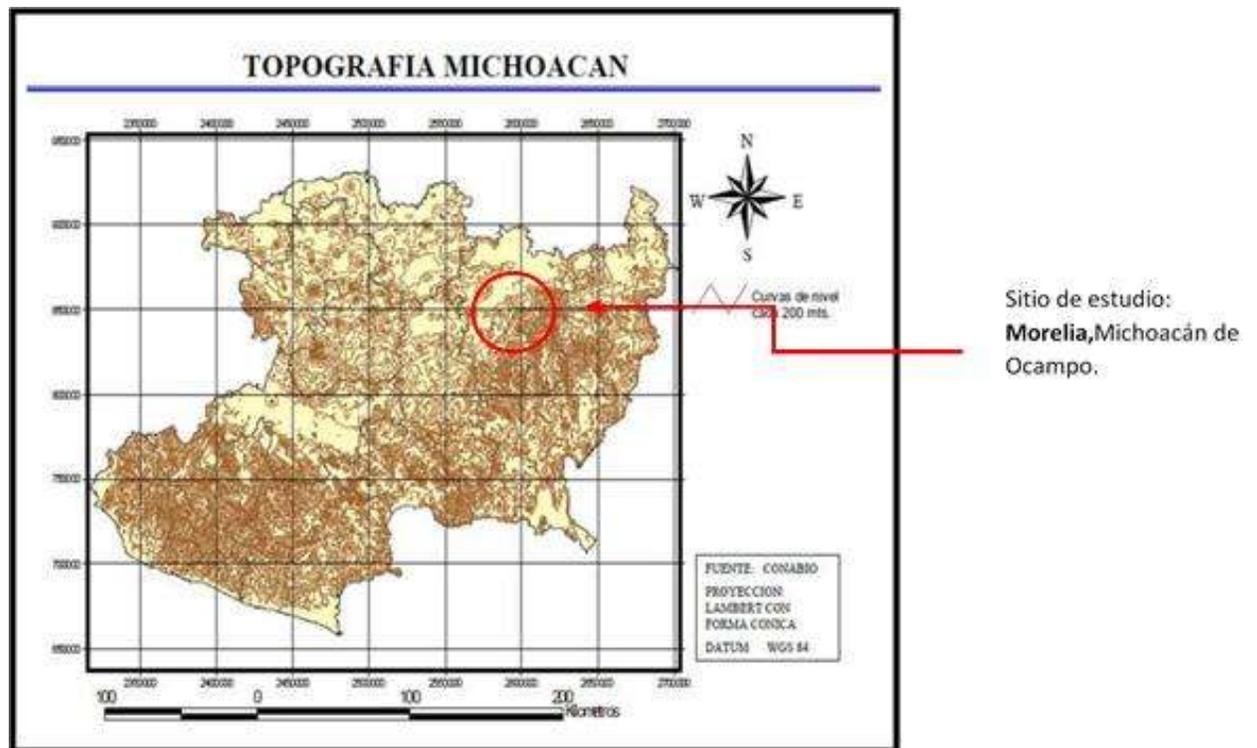
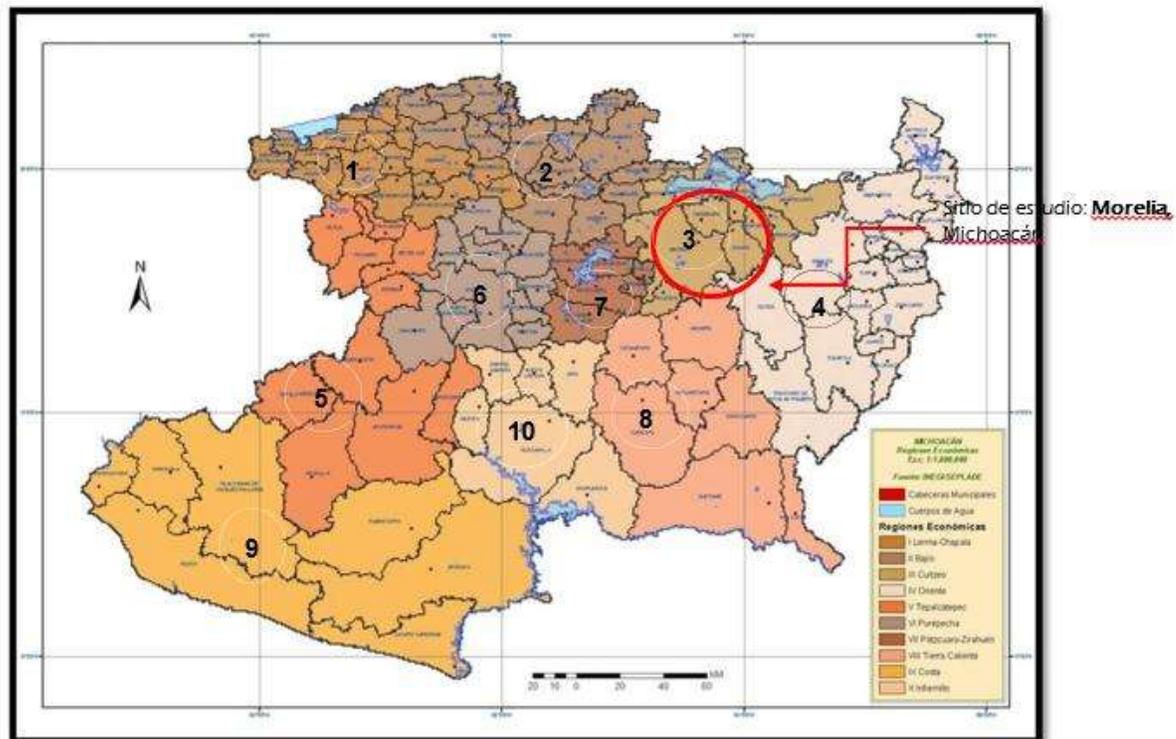


Ilustración 8, Mapa de la topografía.



- Michoacán se divide en 10 regiones

Ilustración 9, Mapa de regiones.

<i>1. Lerma – Chapala</i>	<i>2. Bajío</i>
<i>3. Cuitzeo</i>	<i>4. Oriente</i>
<i>5. Tepalcatepec</i>	<i>6. Purepecha</i>
<i>7. Patzcuaro - Zirahuen</i>	<i>8. Tierra caliente</i>
<i>9. Sierra Costa</i>	<i>10. Infiernillo</i>

Localización Geográfica del Municipio de **Morelia**.

### Micro localización



**Morelia, Michoacán.** Se localiza en la zona centro-norte del estado. Su cabecera es la capital del estado de Michoacán. Se ubica en las coordenadas 19°42' de latitud norte y 101°11.4' de longitud oeste, a una altura de 1,951 metros sobre el nivel del mar. Limita al norte con tarímbaro, chucándiro y huaniqueo; al este con charo y tzitzio; al sur con villa madero y acuitzio; y al oeste con lagunillas, coeneo, tzintzuntzan y quiroga. Su distancia a la capital de la república es de 315 km.



*Ilustración 10, Micro localización de la Ciudad de Morelia, Michoacán.*

**Extensión:** Su superficie es de 1,199.02 km<sup>2</sup> y representa el 2.03 por ciento del total del estado.

*Micro localización del sitio (Morelia, Michoacán de Ocampo).*



Ilustración 11, Mico localización del sitio.

### Ubicación Geográfica

<b>Coordenada</b>	Entre los paralelos 19°52' y 19°26' de latitud norte; los meridianos 101°02' y 101°31' de longitud oeste; altitud entre 1 500 y 3 000 m.
<b>Colindancias</b>	Colinda al norte con los municipios de Huaniqueo, Chucándiro, Copándaro y Tarímbaro; al este con los municipios de Tarímbaro, Charo, Tzitzio y Madero; al sur con los municipios de Madero, Acuitzio, Pátzcuaro y Huiramba; al oeste con los municipios de Huiramba, Lagunillas, Tzintzuntzan, Quiroga, Coeneo y Huaniqueo.
<b>Otros Datos</b>	Ocupa el 2.04% de la superficie del estado. Cuenta con 207 localidades y una población total de 684 145 habitantes.

Mapa de carreteras existentes (Morelia, Mich.)

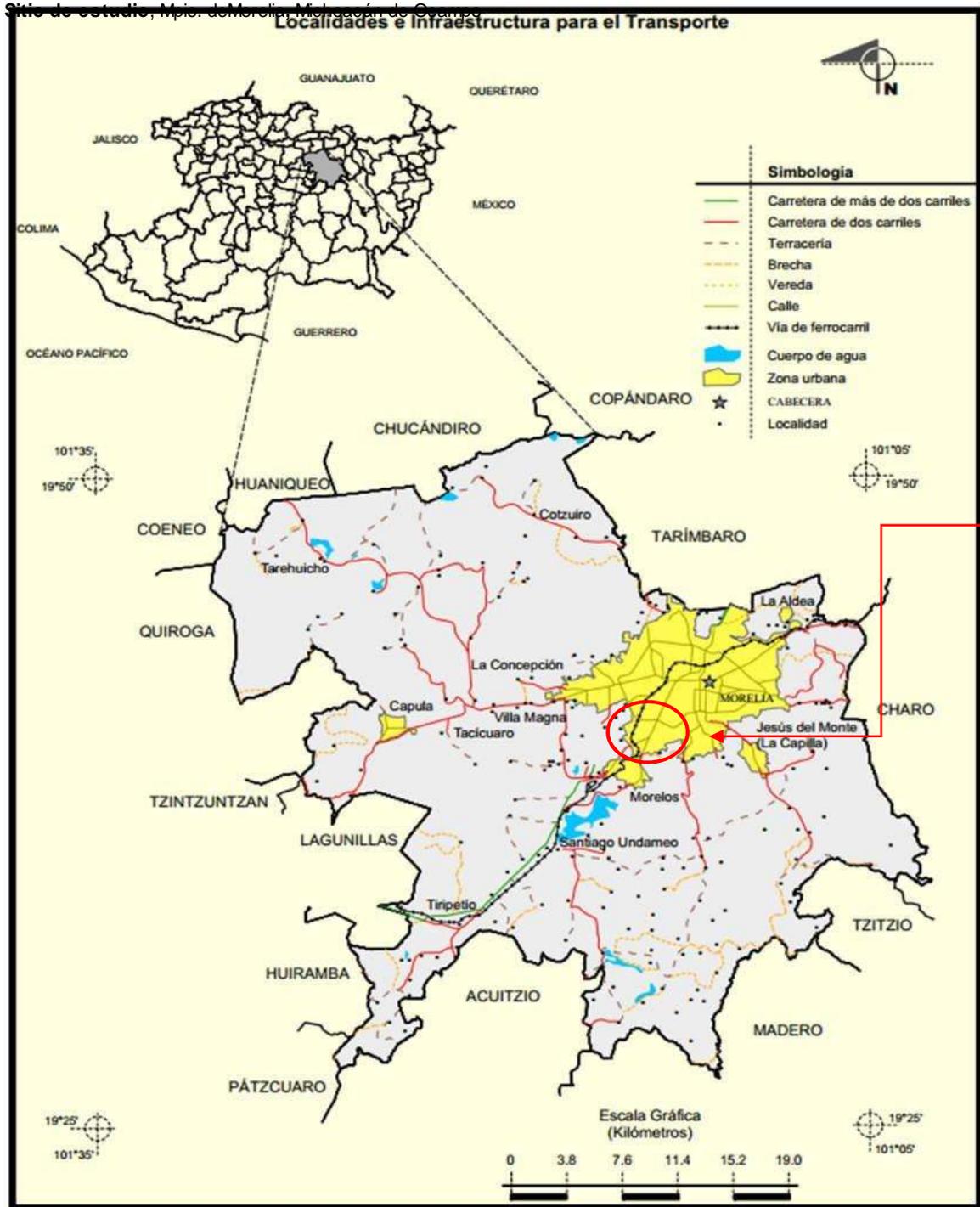


Ilustración 12, Sitio de estudio, Municipio de Morelia, Michoacán de Ocampo.



## Zona Urbana

### **Zona urbana**

Las zonas urbanas están creciendo sobre suelo aluvial del Cuaternario y roca ígnea extrusiva del PliocenoCuaternario y del Neógeno, en llanura aluvial, escudo volcanes, sierra volcánica con estrato volcanes o estrato volcanes aislados, lomeríos de basalto y sierra volcánica con estrato volcanes o estrato volcanes aislados con llanuras; sobre áreas donde originalmente había suelos denominados Luvisol, Phaeozem, Leptosol y Vertisol; tienen clima templado subhúmedo con lluvias en verano, de humedad media, y están creciendo sobre terrenos previamente ocupados por agricultura, selva caducifolia, pastizales y bosque de encino

## **Hidrología**



<b>Región hidrológica</b>	Lerma-Santiago (93.00%) y Balsas (7.00%)
<b>Uso potencial de la tierra</b>	
<b>Agrícola</b>	Para la agricultura mecanizada continua (16.38%) Para la agricultura de tracción animal continua (26.94%) Para la agricultura de tracción animal estacional (14.75%) Para la agricultura manual continua (20.19%) Para la agricultura manual estacional (4.95%) No aptas para la agricultura (16.79%)
<b>Pecuario</b>	Para el desarrollo de praderas cultivadas (16.38%) Para el aprovechamiento de la vegetación natural diferente del pastizal (66.73%) Para el aprovechamiento de la vegetación natural únicamente por el ganado caprino (7.07%) No aptas para uso pecuario (9.82%)

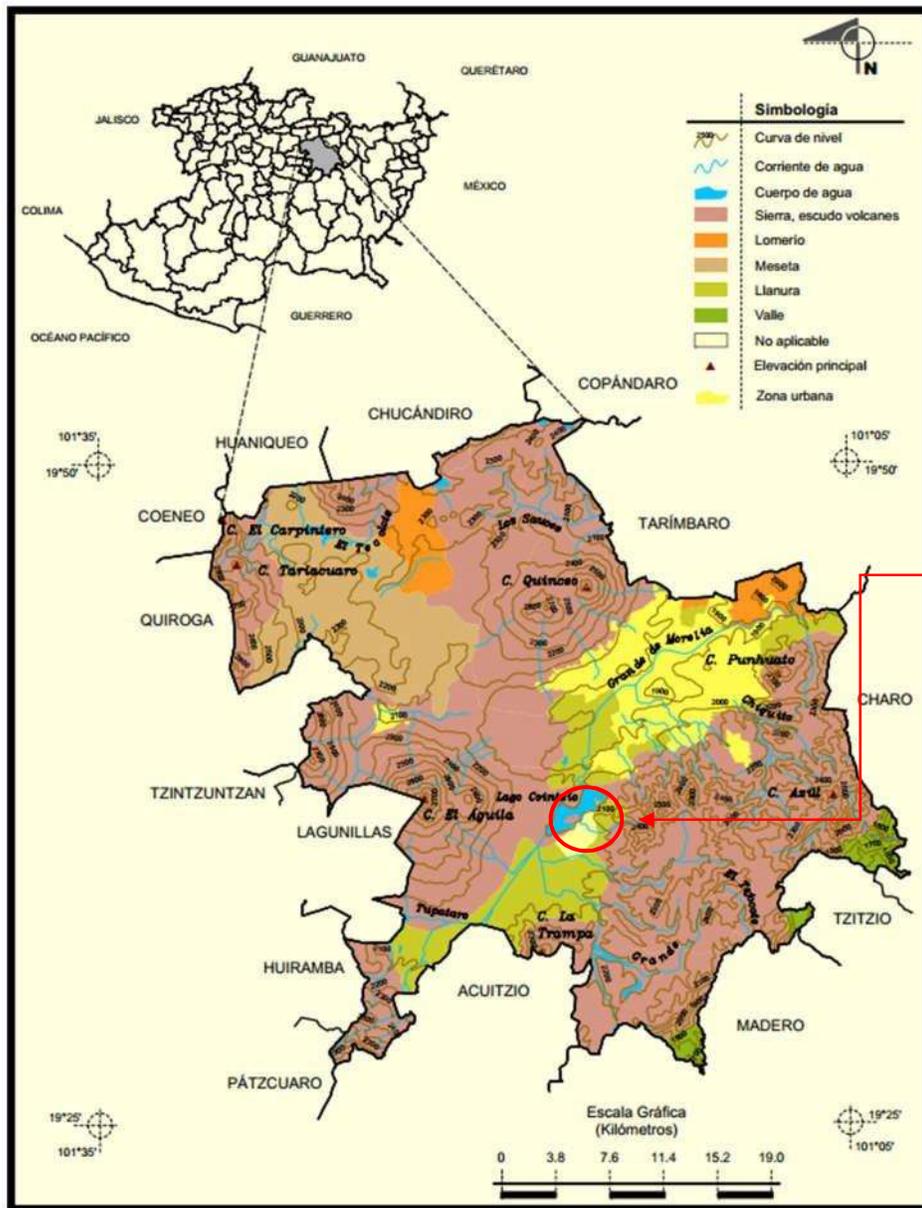


### Uso potencial de la tierra

<b>Agrícola</b>	Para la agricultura mecanizada continua (16.38%) Para la agricultura de tracción animal continua (26.94%) Para la agricultura de tracción animal estacional (14.75%) Para la agricultura manual continua (20.19%) Para la agricultura manual estacional (4.95%) No aptas para la agricultura (16.79%)
<b>Pecuario</b>	Para el desarrollo de praderas cultivadas (16.38%) Para el aprovechamiento de la vegetación natural diferente del pastizal (66.73%) Para el aprovechamiento de la vegetación natural únicamente por el ganado caprino (7.07%) No aptas para uso pecuario (9.82%)

### Fisiografía

<b>Provincia</b>	Eje Neovolcánico (98.40%) y Sierra Madre del Sur (1.60%)
<b>Subprovincia</b>	Neovolcánica Tarasca (50.68%), Sierras y Bajíos Michoacanos (25.14%), Mil Cumbres (22.14%) y Depresión del Balsas (1.60%) Sierra volcánica con estrato volcanes o estrato volcanes aislados (22.14%), Escudo volcanes (20.06%), Sierra volcánica con estrato volcanes o estrato volcanes aislados con llanura (16.58%), Llanura aluvial (14.60%), Meseta basáltica con lomerío y malpaís (11.12%), Sierra con laderas de escarpa de falla (5.98%), Lomerío de basalto (4.00%), Sierra volcánica de laderas tendidas (3.49%) y Valle ramificado con lomerío (1.59%)
<b>Sistema de topoformas</b>	



Sitio de estudio, Mpio. de Morelia, Michoacán

Ilustración 13, Mapa de relieve (Morelia, Michoacán)

### Edafología

<b>Suelo dominante</b>	Luvisol (50.59%), Andosol (13.22%), Vertisol (9.57%), Leptosol (9.27%), Phaeozem (6.24%), Planosol (0.75%) y Regosol (0.14%)
------------------------	--

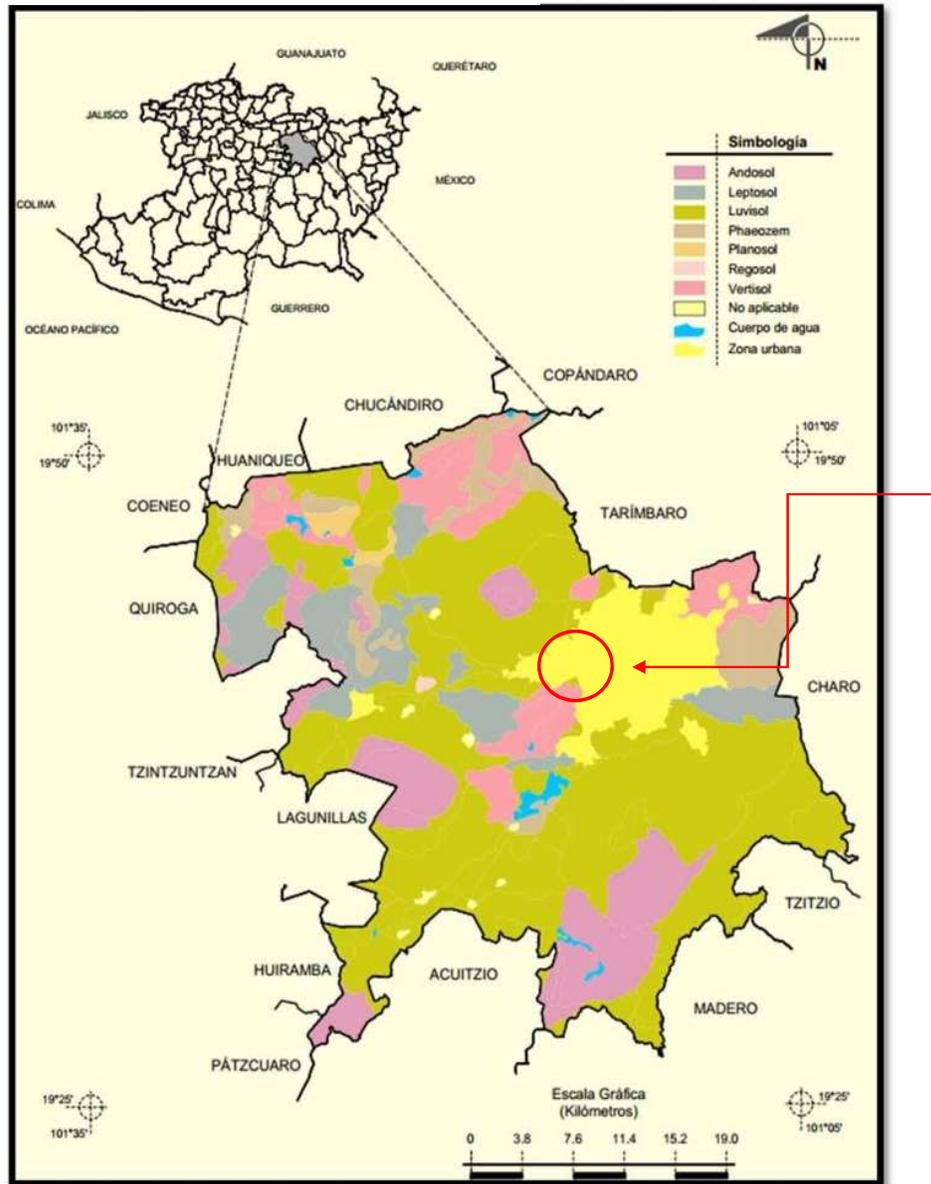


Ilustración 14, Mapa de suelos dominantes.

### Uso de suelo y vegetación.

**Uso de suelo**

Agricultura (30.64%) y Zona urbana (9.11%)

**Vegetación**

Bosque (33.65%), Pastizal (13.07) y Selva (9.70%)

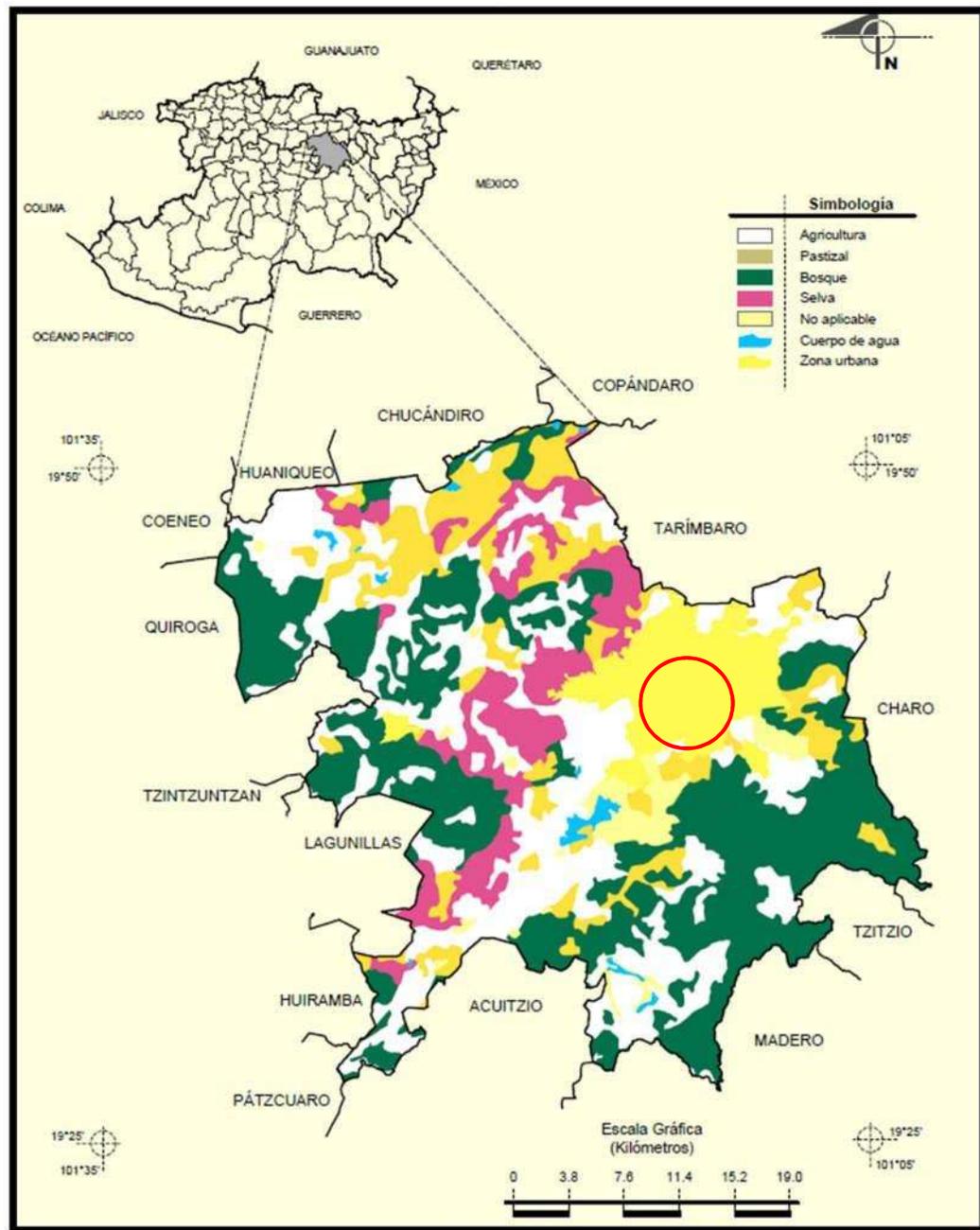
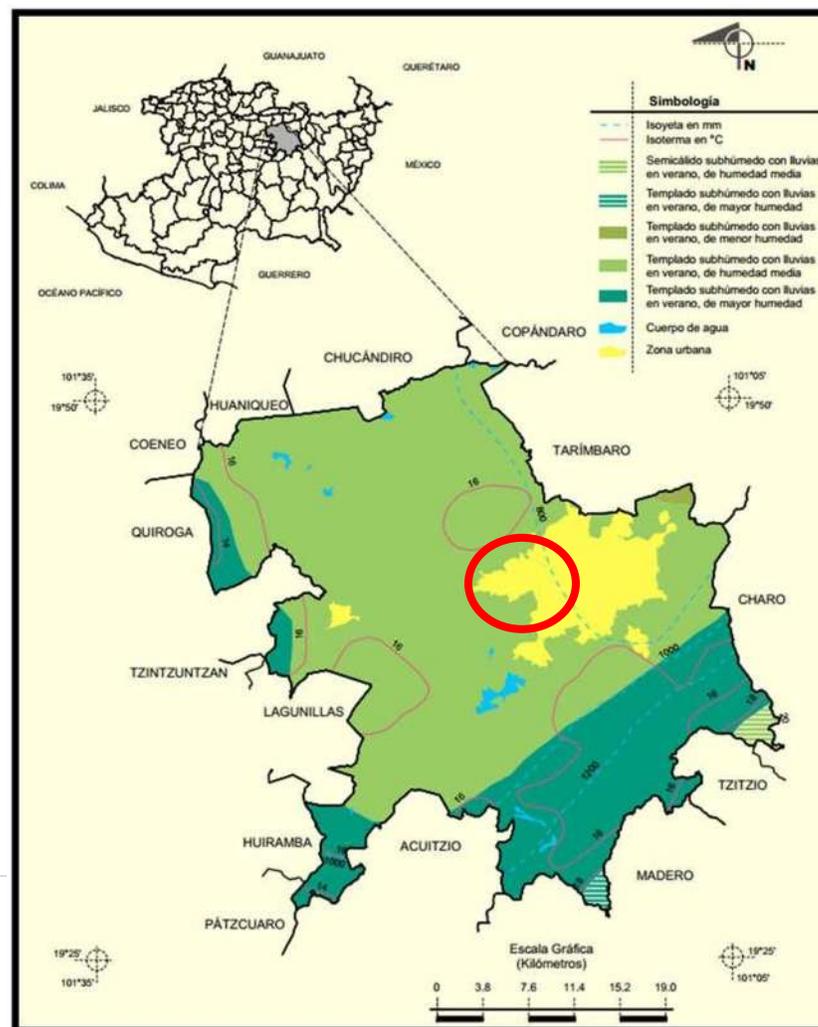


Ilustración 15, Mapa de suelos dominantes.

### Clíma

<b>Rango de temperatura</b>	de	12 - 22°C
<b>Rango de precipitación</b>	de	600 - 1 500 mm
<b>Clíma</b>		Templado subhúmedo con lluvias en verano, de humedad media (74.67%), templado subhúmedo con lluvias en verano, de mayor humedad (23.98%), semicálido subhúmedo con lluvias en verano, de humedad media (0.65%), semicálido subhúmedo con lluvias en verano, de mayor humedad (0.39%) y templado subhúmedo con lluvias en verano, de menor humedad (0.31%)



### Geología

**Periodo**

12 - 22°C

**Roca**

600 - 1 500 mm

**Sitio de interés**

Templado subhúmedo con lluvias en verano, de humedad media

(74.67%), templado subhúmedo con lluvias en verano, de mayor

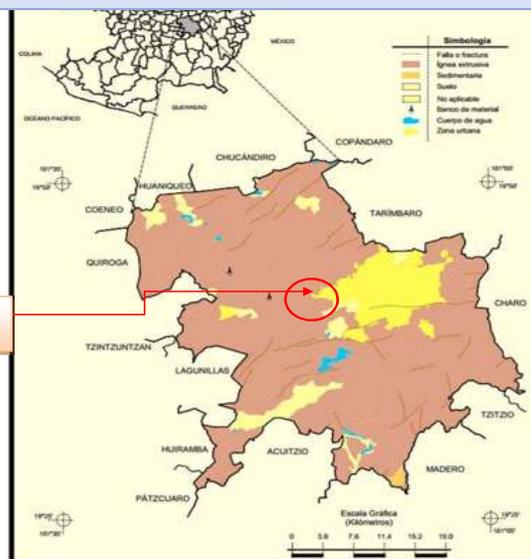
humedad (23.98%), semicálido subhúmedo con lluvias en verano, de humedad media (0.65%), semicálido subhúmedo con

lluvias en verano, de mayor humedad (0.39%) y templado subhúmedo con lluvias en verano, de menor humedad (0.31%)

Sedimentaria: conglomerado (0.29%)

Suelo: aluvial (5.16%) y lacustre (0.22%) Banco de material: agregados

Sitio de







**Ilustración 19, Localización del municipio.**



## CAPÍTULO II

### Exploración y Muestreo.

El muestreo consistirá en la obtención de una porción del material con el que se pretende construir una estructura terrea o bien del material que ya forma parte de la misma, de tal manera que las características de la porción obtenida sean representativas del conjunto. El muestreo además, incluye las operaciones de envase, identificación y transporte de las muestras.

*El muestreo de suelos comprende 2 tipos de muestras:*

1. Muestras inalteradas.- Son aquellas en las que se conserva la estructura y la humedad que tiene el suelo en el lugar donde se obtenga la muestra.
2. Muestras alteradas.- Son aquellas que son constituidas por el material disgregado o fragmentado en las que se toman precauciones especiales para conservar las características de estructura y humedad; no obstante, en algunas ocasiones conviene conocer el contenido de agua original del suelo, para lo cual las muestras se envasan y transportan en forma adecuada.

Las **Muestras inalteradas** se obtendrán de suelos finos que puedan labrarse sin que se disgreguen. La obtención puede efectuarse en el piso o en las paredes de una excavación, en la superficie del terreno natural o en la de una terracería. La excavación debe ser de tales dimensiones que permitan las operaciones de labrado y extracción de la misma.

En la extracción de muestras inalteradas se emplean herramientas y materiales, tales como picos, barretas, cuchillos, espátulas, cucharas de albañil, machetes, arcos de segueta con alambre de acero, estufa o lámpara para secado, brochas, cinta métrica de lienzo de 20 mts., flexo metro, recipiente metálico, manta de cielo, brea, parafina, cajones de madera. El procedimiento para su extracción es el siguiente:

Si la muestra va a ser obtenida del piso de una excavación o de una superficie prácticamente horizontal, se marca en un cuadro de 40 cm. Por lado aprox. Y con



el objeto de labrar un cubo de suelo de las dimensiones mencionadas, se excava alrededor de las marcas con la herramienta apropiada, sin dañar la estructura de la muestra ya sea por presión o por impacto; se profundizará lo necesario para poder efectuar un corte horizontal en la muestra, inmediatamente después se cubre con la manta de cielo recién embebida en una mezcla previamente preparada, de 4 partes de parafina, por una parte de brea, licuadas por medio de calor; la manta así preparada quedara bien adherida a la muestra.

Una vez protegidas las 5 caras descubiertas, se procede a preparar la muestra cuidadosamente para no dañarla e inmediatamente después, se cubre su cara inferior con una capa de manta de cielo embebida en la mezcla de brea con parafina, en la forma antes descrita. A continuación, a toda la muestra se le aplica con una brocha otra capa de parafina y brea fundidas y aprovechando la temperatura de la mezcla, se fija la tarjeta de identificación en la cara que originalmente estaba en la parte superior.

Si la muestra va a ser extraída de una pared, se procede a excavar a su alrededor una bóveda, con el objeto de facilitar el labrado de las caras superior y laterales del cubo y poder efectuar el corte horizontal en la parte inferior del mismo. La obtención de la muestra, así como su forma, dimensiones, protección e identificación, son idénticas a lo señalado anteriormente.

Una vez extraída y protegida la muestra se colocará en un cajón de dimensiones adecuadas y relleno los espacios libres con aserrín, paja, papel u otro material similar, a fin de amortiguar el efecto de los golpes que pudieran sufrir durante el transporte.

Las muestras deberán contener los siguientes datos:

1. Obra y localización.
2. Numero de sondeo.
3. Ubicación del sondeo.
4. Número de la muestra.



5. Profundidad a la que se tomó la muestra. 6.- Espesor del estrato correspondiente.
6. Clasificación de campo.
7. Uso del material.
8. Nombre del operador.
9. Observaciones y fechas.

Las **Muestras alteradas** de suelos podrán obtenerse en una excavación, de un frente, ya sea de corte o de un banco, o bien, de perforaciones llevadas a profundidad con herramientas especiales. Las muestras deberán ser representativas de cada capa que se atravesase, hasta llegar a una profundidad que puede corresponder al nivel más bajo de la explotación, al nivel de aguas freáticas o aquel en la cual sea necesario extender el estudio.

El peso mínimo de la muestra será de 40 kg. Que es la cantidad de suelo que comúnmente se requiere para realizar las pruebas de materiales de terracerías; esta cantidad deberá obtenerse de una muestra representativa mediante el procedimiento de cuarteo. El espaciamiento de los sondeos y el número de muestras que se tomen deberán estar de acuerdo con la homogeneidad del suelo y el tipo de estudio que se trate. En suelos que presenten pocas variaciones en sus características, el espaciamiento de los sondeos será mayor que los suelos heterogéneos. Igualmente en los estudios preliminares el espaciamiento será mayor que en estudios definitivos.

En préstamos laterales continuos y en préstamos de banco dentro del derecho de vía, que contengan materiales homogéneos, se recomienda que los sondeos se hagan a distancias no mayores de 250 mts. Y a la profundidad suficiente para definir el espesor del material aprovechable, en el caso de bancos localizados fuera del derecho de vía, se recomienda hacer un sondeo por cada 1600 m<sup>2</sup> de superficie de acuerdo con el volumen requerido, formando una cuadrícula.

Tratándose de cortes se recomienda hacer 3 sondeos como mínimo, en el sentido del cadenamiento que abarque el ancho de la terracería. Las herramientas y materiales que se emplean en la obtención de muestras alteradas son: picos,



palas, barretas, posteadoras, barretas helicoidales, tubos galvanizados para extensiones, llaves Stillson, estufa o lámpara de secado, brochas, bolsas de lona ahulada, frascos o cápsulas de aluminio con tapa, cinta métrica de lienzo de 20 m., cordel, brea, parafina y cinta adhesiva.

Los procedimientos de muestreo, de acuerdo con el lugar donde se obtengan las porciones representativas serán como sigue:

Las muestras superficiales se tomarán a profundidades variables del orden de 1 m., este muestreo puede ser aplicable para los estudios del terreno de cimentación y algunos préstamos o bancos.

En este caso se eliminan primeramente los materiales extraños que existan en la zona elegida y cuando sea necesario también se descartará la parte superficial intemperizada o con un alto contenido de materia orgánica.

Para el muestreo a mayor profundidad que el señalado anteriormente se excava un pozo a cielo abierto y se muestrean los estratos en una de las paredes del mismo o también se puede obtener la muestra o muestras del material que se extraiga al hacer una perforación con herramientas especiales. Estos procedimientos de muestreo son los que comúnmente se emplean para el estudio de bancos de materiales, de cimentaciones superficiales y del terreno en general cuando su naturaleza se los permita.

Las muestras alteradas se envasarán en bolsas de lona, cerrándolas para evitar pérdidas o contaminación y llevarán tarjetas de identificación tanto en su interior como en su exterior, atadas en la parte exterior. Cuando se requiere determinar el contenido de agua del suelo, se envasan en cápsulas de aluminio o bien en frascos de tamaño adecuado y que no propicien la evaporación del agua, cuyas tapas quedarán selladas perfectamente, mediante la aplicación de cinta adhesiva o de un baño de brea y parafina. El transporte de las muestras se hará en forma cuidadosa sin exponerlas a sufrir alteraciones y en el caso de usar frascos de vidrio, a fin de que se rompan, se empacarán en cajas de madera relleno los espacios libres con aserrín, papel, paja o similar.

Durante la visita técnica se realizó un recorrido sobre la superficie del terreno, esto con la finalidad de conocer las condiciones actuales e indicar en qué zona se realizaría los sondeos o pozos a cielo abierto.

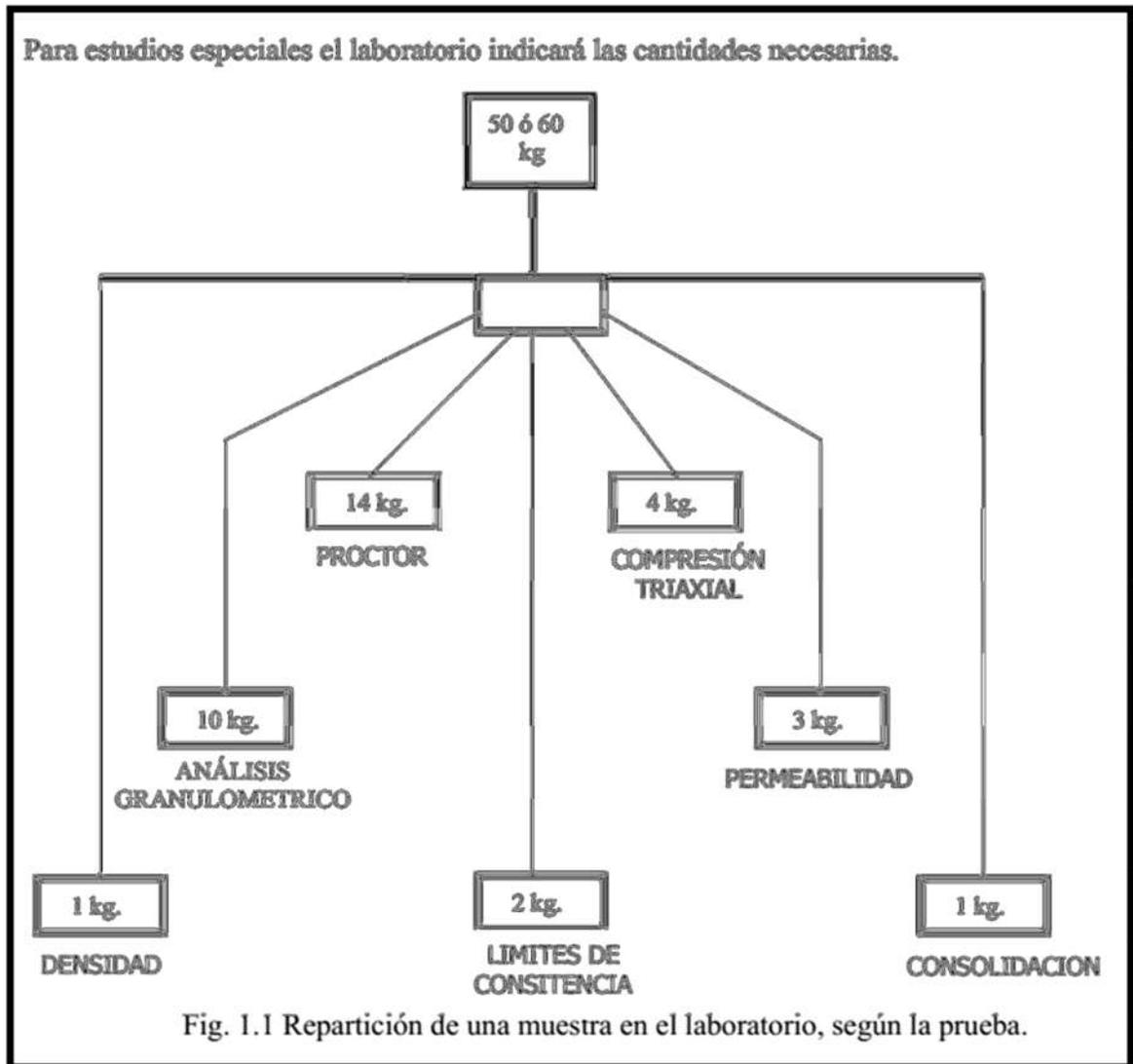


Ilustración 20, Repartición de una muestra en el laboratorio según la prueba.

## INVESTIGACIÓN DEL SUBSUELO

El material que predomina en la zona lo constituyen una arena limosa de baja plasticidad color café.

En los reportes de la exploración aparecen las estratigrafías encontradas.

Durante la visita técnica se realizó un recorrido sobre la superficie del terreno, esto con la finalidad de conocer las condiciones actuales e indicar en que zona se realizaría el sondeo o pozo a cielo abierto.

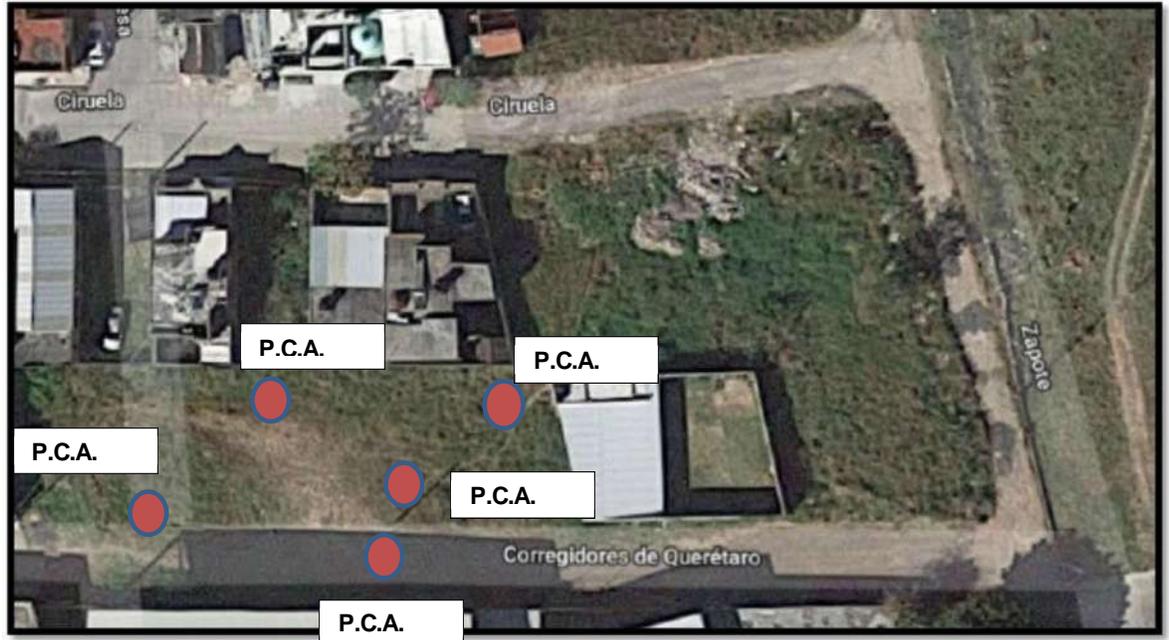
En función al tamaño del lote y al lugar de la construcción del fraccionamiento,

Se determinó realizar 1 sondeo o pozo a cielo abierto, cuya ubicación se encuentra indicada en el croquis siguiente:

Una vez determinado el área de estudio se procedió a realizar los pozos en el área de la superficie de rodamiento como se muestra en la siguiente fig.



*Ilustración 21, Macro localización.*



*Ilustración 22, Ubicación de los sondeos.*

## **UBICACIÓN DE LOS SONDEOS**

Los sondeos se iniciaron al nivel actual del terreno, profundizándose lo necesario (inicialmente se pensó en 3.0 mts) para establecer los estratos que presentan condiciones más favorables para apoyar la cimentación. Finalmente, de acuerdo a lo encontrado en campo, el sondeo se profundizó a 1.80 mts.

Se hicieron además, las observaciones necesarias donde se corroboró la homogeneidad del subsuelo. Se obtuvieron muestras alteradas para la determinación de la capacidad de carga, mediante el ensaye de espécimen o probeta a compresión simple sin confinar. La perforación se llevó a cabo mediante la ayuda de una máquina retroexcavadora.

Durante la exploración NO se detectaron NIVELES FREÁTICOS, la exploración se detuvo a esa profundidad de 1.80 mts.

## **PERFIL ESTRATIGRÁFICO**

Para fines de la interpretación del perfil se ha considerado que las profundidades se refieren al nivel actual del terreno.

Resulta conveniente describir el perfil estratigráfico a continuación:



**POZO A CIELO ABIERTO N° 1**

ÁREA DE EDIFICIO.





*Ilustración 23, Subsuelo.*



## **ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS**

Obra: EDIFICIO PARA DEPARTAMENTOS Ubicación: CALLE CORREGIDORES  
DE QUERÉTARO # 40

Colonia: FRACCIONAMIENTO VISTA HERMOSA MORELIA, MICH.

Fecha: 11 de Mayo del 2018.

Pozo a Cielo Abierto

No. 1

AREA DE EDIFICIO

**PERFIL ESTRATIGRÁFICO.**



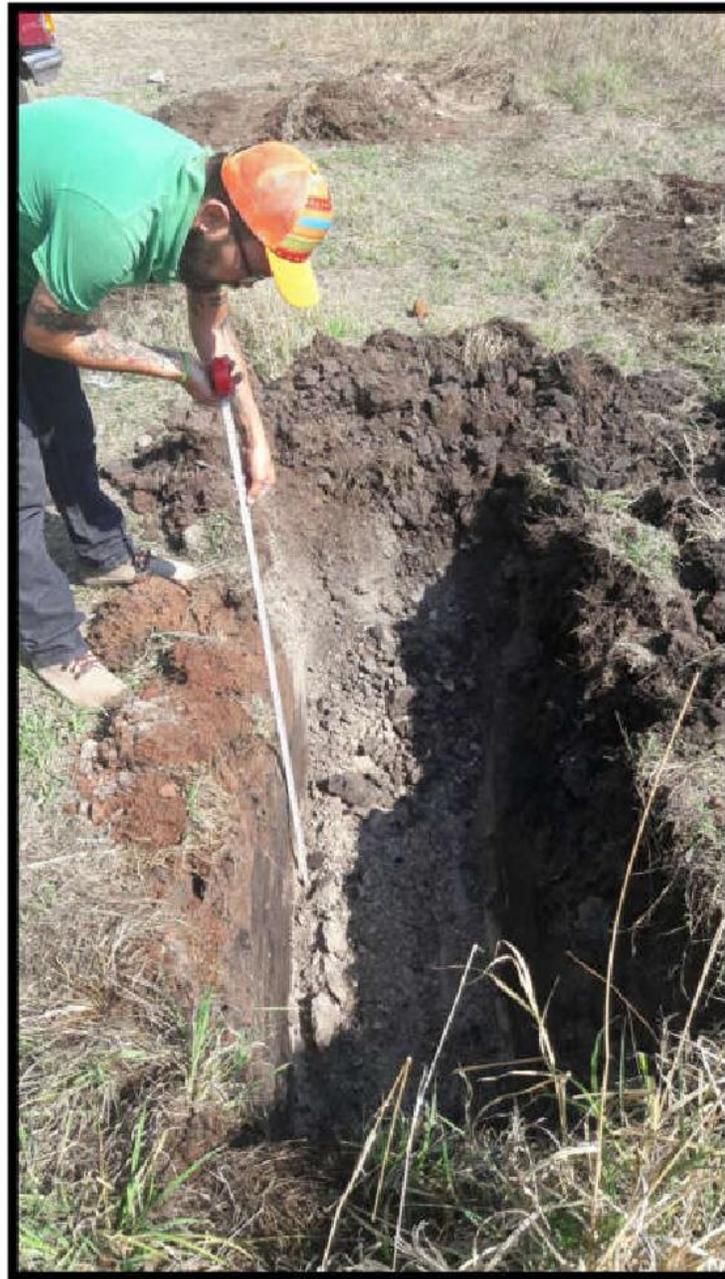
*Ilustración 24, No se detectó nivel de aguas freáticas.*



**POZO A CIELO ABIERTO No. 2**

**ÁREA DE EDIFICIO**





*Ilustración 25, Área de edificio, pozo a cielo abierto N° 2.*



## **ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS**

Obra: EDIFICIO PARA DEPARTAMENTOS

Ubicación: CALLE CORREGIDORES DE QUERÉTARO # 40

Colonia: FRACCIONAMIENTO VISTA HERMOSA MORELIA, MICH.

Fecha: 11 de Mayo del 2018

PERFIL ESTRATIGRÁFICO

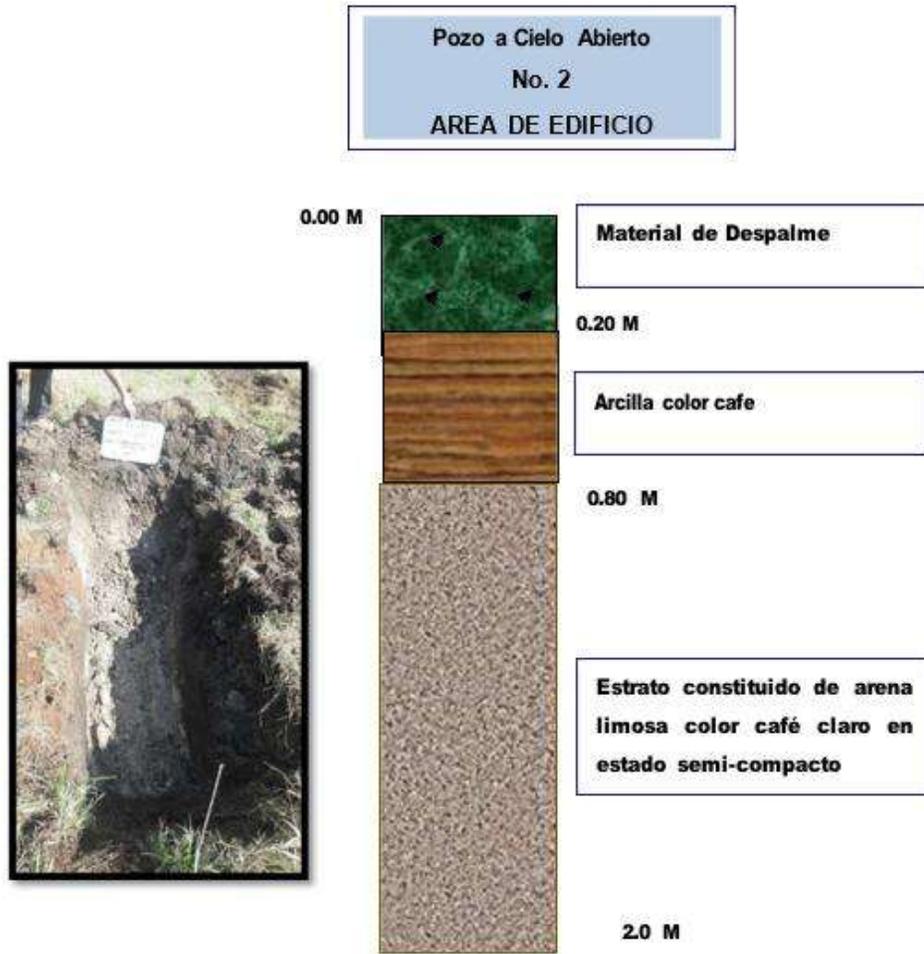
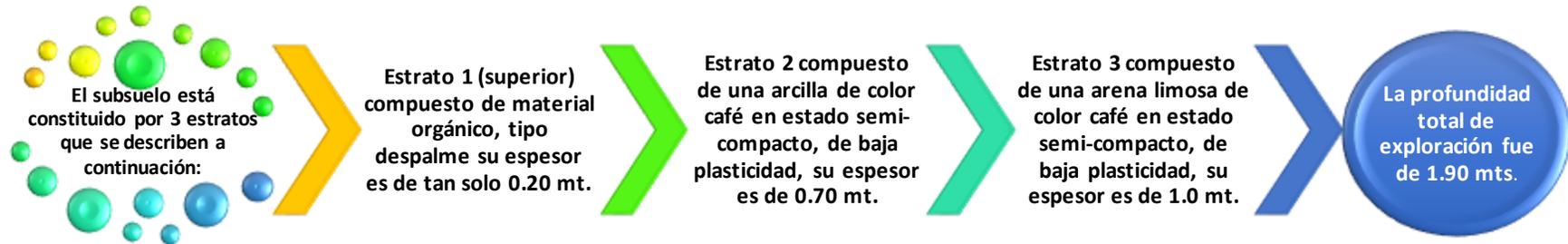


Ilustración 26, No se detectó el nivel de aguas freáticas.



**POZO A CIELO ABIERTO No. 3**

ÁREAS DE VIVIENDAS.





*Ilustración 27, Área de viviendas.*



**ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS**

**Obra:** EDIFICIO PARA DEPARTAMENTOS Ubicación: CALLE CORREGIDORES DE QUERÉTARO # 40

**Colonia:** FRACCIONAMIENTO VISTA HERMOSA MORELIA, MICH.

**Fecha:** 11 de Mayo del 2018 PERFIL ESTRATIGRÁFICO

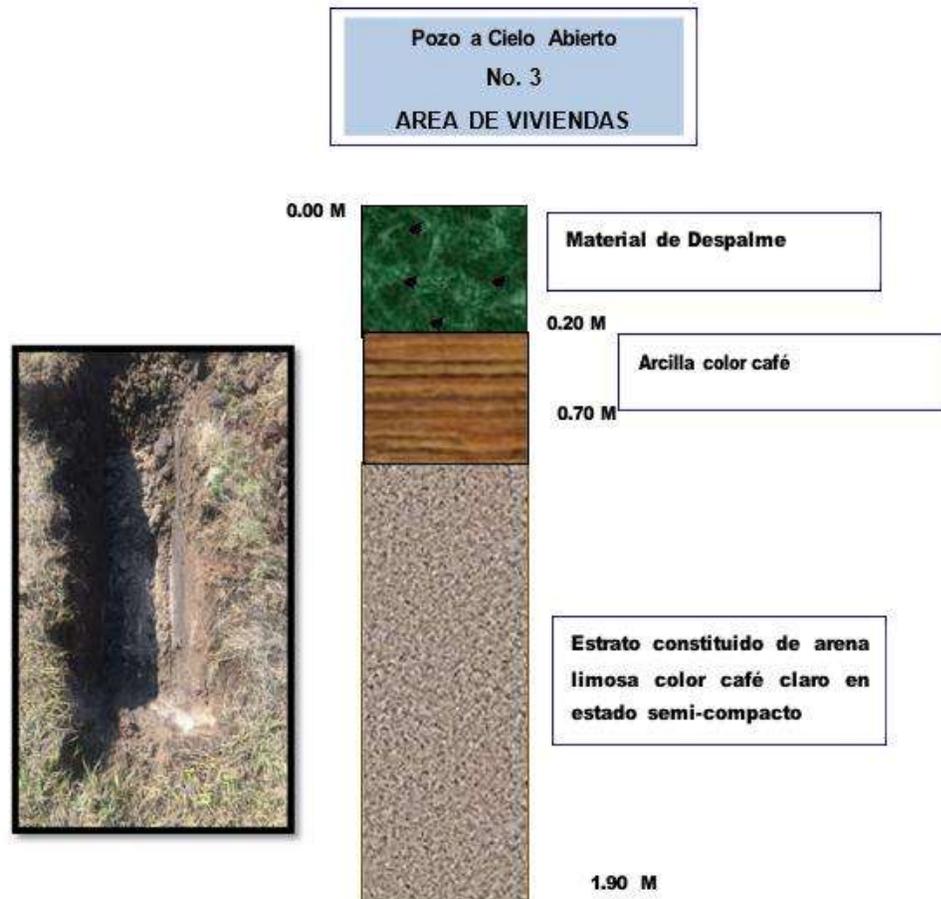


Ilustración 28, Pozo a cielo abierto N° 3, no se encontró el nivel de aguas freáticas.



**POZO A CIELO ABIERTO No.4**

**AREA DE VIVIENDAS**



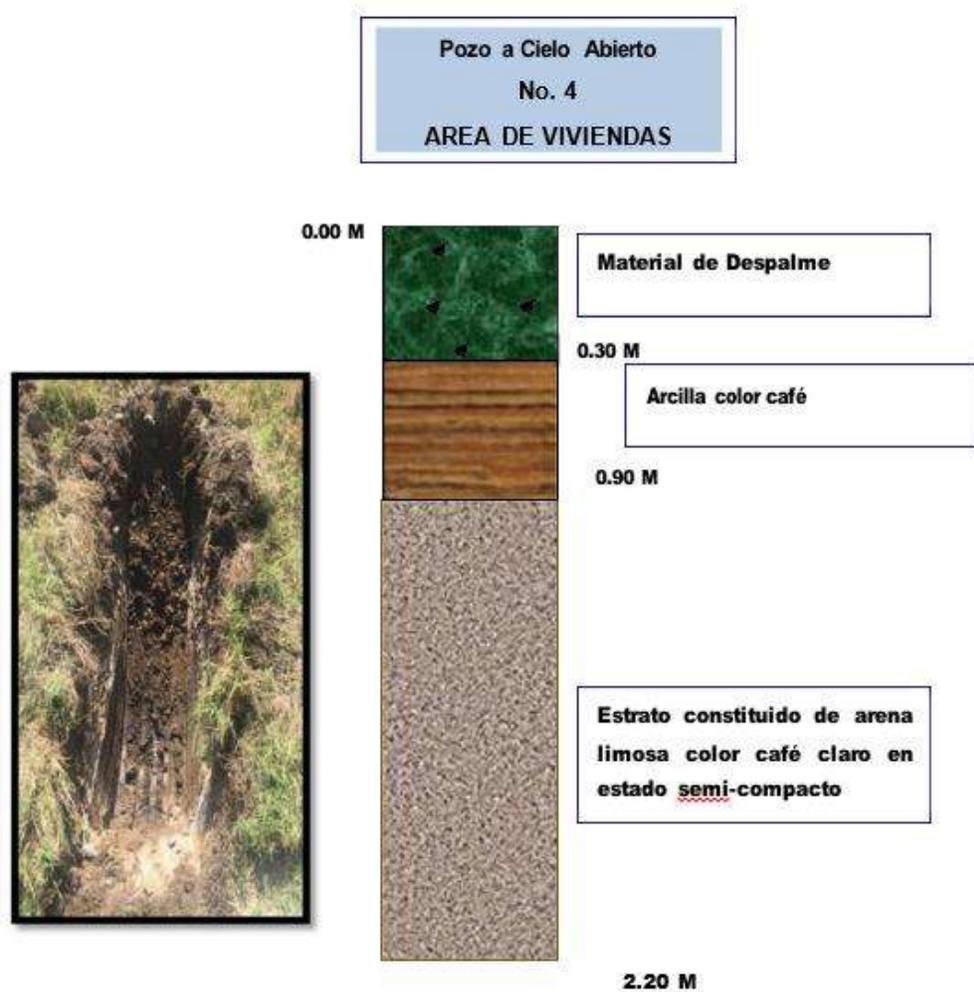


### ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS

**Obra:** EDIFICIO PARA DEPARTAMENTOS Ubicación: CALLE CORREGIDORES DE QUERÉTARO # 40

**Colonia:** FRACCIONAMIENTO VISTA HERMOSA MORELIA, MICH.

**Fecha:** 11 de Mayo del 2018 PERFIL ESTRATIGRÁFICO



*Ilustración 30, Perfil estratigráfico, no se detectó el nivel del aguas freáticas.*



**POZO A CIELO ABIERTO No. 5**

ÁREA DE VIALIDAD





*Ilustración 31, Pozo a cielo abierto N° 5.*

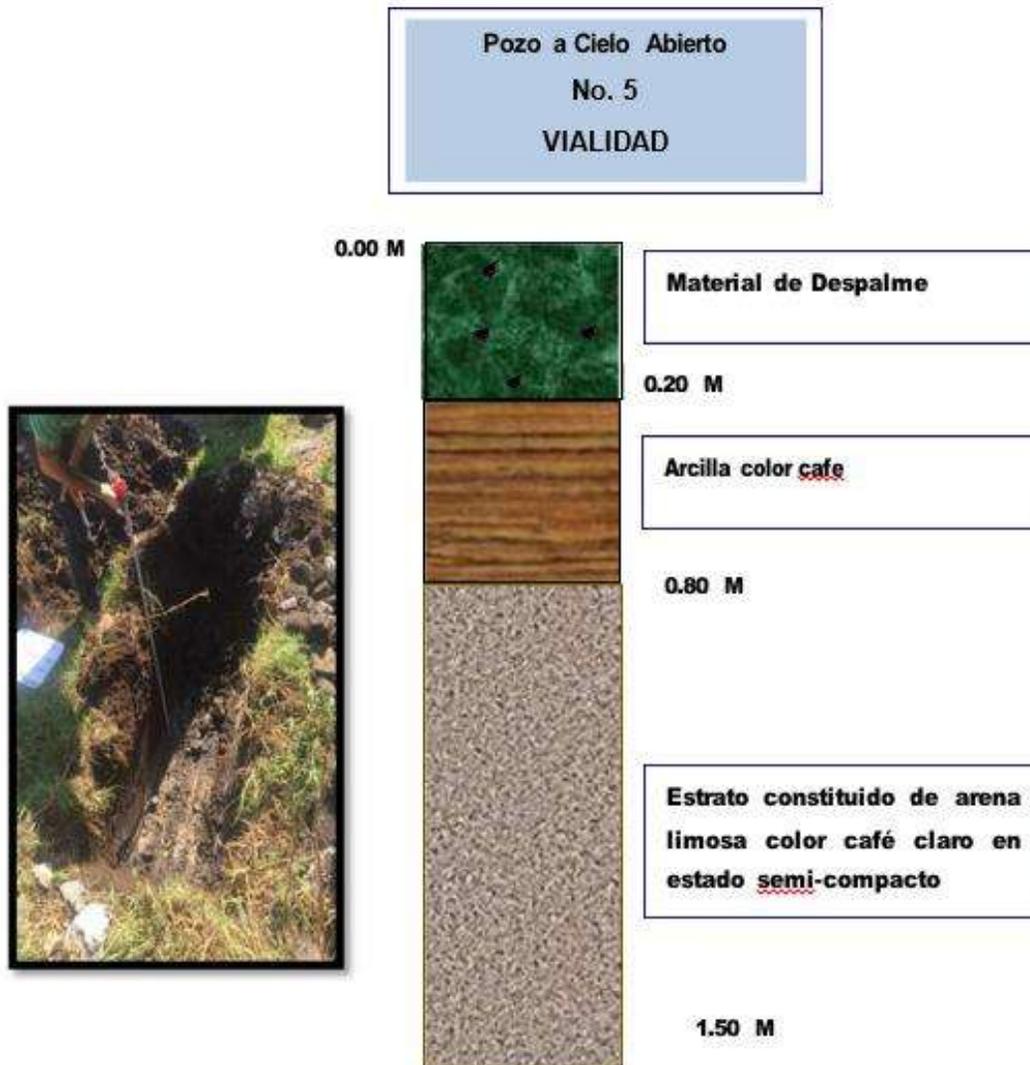


***ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS***

Obra: EDIFICIO PARA DEPARTAMENTOS Ubicación: CALLE CORREGIDORES  
DE QUERÉTARO # 40

Colonia: FRACCIONAMIENTO VISTA HERMOSA MORELIA, MICH.

Fecha: 11 de Mayo del 2018 PERFIL ESTRATIGRÁFICO



*Ilustración 32, Pozo a cielo abierto N° 5, no se detectó el nivel de aguas freáticas.*

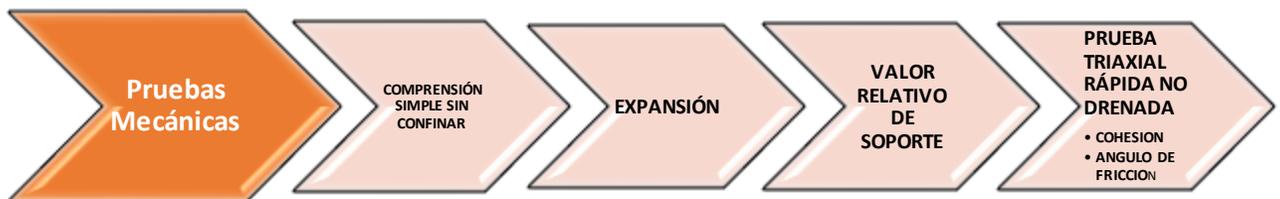
### CAPÍTULO III

#### TRABAJOS Y PRUEBAS REALIZADAS EN EL LABORATORIO.

Las pruebas realizadas a las muestras alteradas son las siguientes:



Por las condiciones que presentan los materiales, no fue posible realizar muestras inalteradas por lo que se decidió realizar muestras RE MOLDEADAS, a las cuales se les realizaron los siguientes ensayos:



## PROCEDIMIENTOS DE PRUEBA

### ***DETERMINACIÓN DE LOS LÍMITES DE PLASTICIDAD Y DE LA CONTRACCIÓN LINEAL.***

Los métodos de prueba a que se refiere esta cláusula tienen por objeto conocer las características de plasticidad de la porción de suelo que pasa la malla núm.



0.425, cuyos resultados se utilizan principalmente para la identificación y clasificación de los suelos.

- A.** La plasticidad es la propiedad de algunos suelos que les permite, bajo ciertas condiciones de humedad, mantener la deformación producida por un esfuerzo que les ha sido aplicado en forma rápida, sin agrietarse, desmoronarse o sufrir cambios volumétricos apreciables. Esta propiedad es originada por fenómenos electroquímicos, que propician la formación de una capa de agua absorbida de consistencia viscosa, alrededor de las partículas, cuyo efecto en la interacción de dichas partículas determina el comportamiento plástico del suelo.
- B.** De acuerdo con su contenido de agua, los suelos pueden estar en alguno de los siguientes 5 estados de consistencia.
- Estado líquido, es el que presentan los suelos cuando manifiestan las propiedades de una suspensión.
  - Estado semilíquido, cuando los suelos tienen el comportamiento de un fluido viscoso.
  - Estado plástico, en el cual los suelos presentan las propiedades de plasticidad señaladas en el párrafo A) de este inciso.
  - Estado semisólido, en el que la apariencia de los suelos es la de un sólido; sin embargo, al secarse disminuyen de volumen.
  - Estado sólido, en el que el volumen de los suelos no varían aun cuando se les someta a secado.
- C.** Las fronteras entre los estados de consistencia mencionados en el párrafo B) de este inciso, fueron establecidos por ATTERBERG bajo el nombre general de límites de consistencia, los cuales se indican a continuación:
- Limite líquido, es el contenido de agua que marca la frontera entre los estados semilíquido y plástico.
  - Limite plástico, es el contenido de agua que marca la frontera entre los estados plásticos y semisólido.
  - Límite de contracción, es el contenido de agua que marca la frontera entre los estados semisólido y sólido.



- D. A la diferencia aritmética entre el límite líquido y el límite plástico, se le denomina índice plástico.
- E. La contracción lineal de un suelo es la reducción del volumen del mismo, mediante en una de sus dimensiones y expresada como porcentaje de la dimensión original, cuando la humedad se reduce desde la correspondiente al límite líquido o hasta la del límite de contracción.
- F. Para definir las características de plasticidad de los suelos se utilizan el límite líquido, el índice plástico y la contracción lineal.

#### PARA LA DETERMINACIÓN DEL LIMITE LIQUIDO DE UN SUELO POR EL

método estándar, se emplea el procedimiento de Casagrande, según el cual se define como límite líquido el contenido de agua de la fracción del suelo que pasa la malla núm. 0.425, cuando al ser colocada en la copa de Casagrande y efectuar en ella una ranura trapecial de dimensiones especificadas, los bordes inferiores de la misma se ponen en contacto en una longitud de trece punto cero (13.0) milímetros, después de golpear la copa veinticinco (25) veces, dejándola caer contra una superficie dura de características especiales, desde una altura de un (1) centímetro, a la velocidad de dos (2) golpes por segundo. En el método estándar el límite líquido se determina gráficamente mediante la curva de fluidez, la que se obtiene uniendo los puntos que representan los contenidos de agua correspondientes a diversos números de golpes, para los cuales la ranura se cierra en la longitud especificada.

El límite plástico de un suelo se define como el mínimo contenido de agua de la fracción que pasa por la malla Núm. 0.425, para que se pueda formar con ella cilindros de tres (3) milímetros, sin que se rompan o desmoronen.

El índice plástico de un suelo mide el intervalo de variación de la humedad dentro del cual el suelo presenta una consistencia plástica, de acuerdo con los conceptos expresados los límites líquidos y plásticos corresponden a las fronteras superior e inferior de dicha consistencia, respectivamente.

La contracción lineal de un suelo se define como la reducción en la mayor dimensión de un espécimen de forma prismática rectangular, elaborado con la fracción de suelo que pasa la malla Núm. 0.425, cuando su humedad disminuye desde la correspondiente al límite líquido hasta la del límite de contracción, expresada como un porcentaje de la longitud inicial del espécimen.

La determinación del valor relativo de soporte mediante la prueba Porter estándar se lleva a cabo sobre la fracción del suelo que pasa por la malla Núm. 25.0, elaborando un espécimen con la humedad óptima del material a estudiar, de acuerdo con el procedimiento de compactación por carga estática, descrito en el inciso 108-11.6; dicho espécimen se somete a un periodo de saturación antes de efectuar la determinación del valor relativo de soporte, y se obtiene como dato adicional la expansión originada por su saturación:



## **DETERMINACIÓN DE LA HUMEDAD O CONTENIDO DE AGUA DE LOS SUELOS.**

Para la determinación de la humedad o contenido de agua de los suelos, se tomara en cuenta lo siguiente:

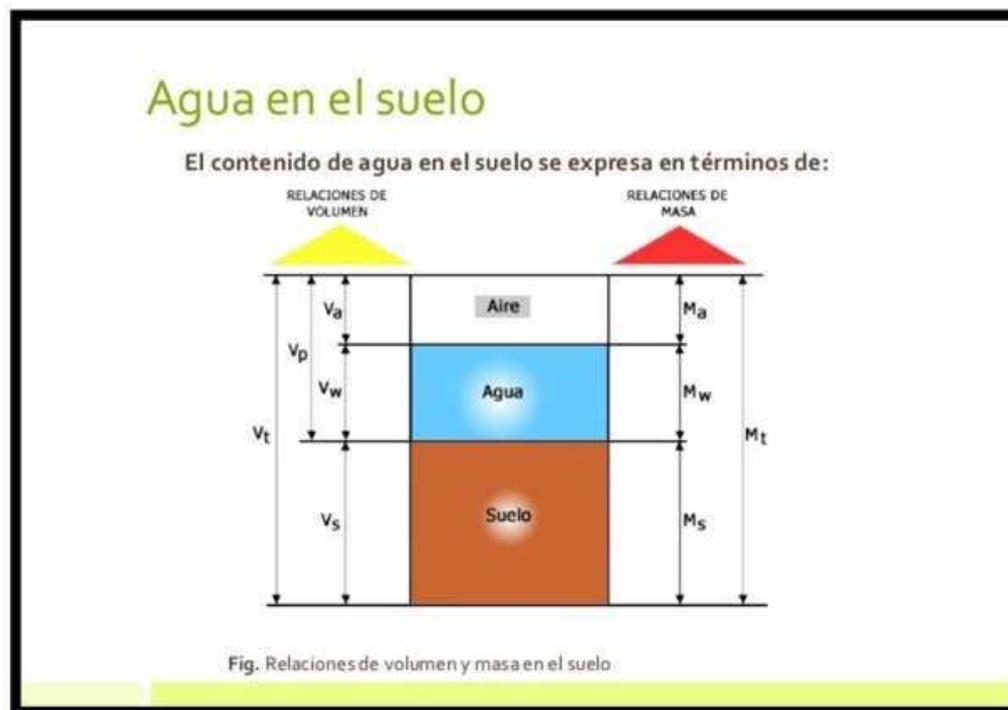


- A. La humedad o contenido de agua de un suelo es la relación expresada en por ciento, entre el peso del agua que tiene el suelo y el peso de sus partículas sólidas. Para los fines de esta prueba el contenido de agua es el peso que pierde la muestra al someterla a un proceso de secado en horno a ciento cinco más menos cinco grados centígrados ( $105 \pm 5$  °C) y el peso de las partículas sólidas es el que tiene la muestra después de someterla a dicho proceso. Su determinación proporciona una información complementaria y en ciertos casos constituye una etapa fundamental de otras pruebas que se efectúan a los suelos. Por otra parte, el conocimiento del contenido natural de agua de un suelo en algunas ocasiones puede dar idea cualitativa de su consistencia o de su probable comportamiento.
- B. La determinación de la humedad se efectuara siguiendo el procedimiento de prueba estándar descrito en el inciso 108-05.2, o bien cuando no se requiera mucha exactitud se podrá aplicar la prueba rápida que se describe en el inciso 108-05.3 de esta cláusula.
- C. La muestra que se destine para la prueba deberá tomarse de tal manera que sea representativa del material cuyo contenido de agua se desea obtener. Cuando se trate de conocer la humedad natural de un suelo, es conveniente que al tomar en el campo la muestra se determine de inmediato el peso inicial del material húmedo con todo y recipiente; cuando haya necesidad de transportarla al laboratorio para determinarle su humedad, deberá observarse las precauciones indicadas del inciso 108-02.3 relativo a la obtención y transporte de muestras alteradas.
- D. La cantidad de muestra que debe tomarse para la determinación de la humedad será la indicad en el método de prueba correspondiente; si no hay indicación al respecto, los pesos mínimos estarán de acuerdo con lo siguiente:

TAMAÑO MÁXIMO DEL MATERIAL, EN MILIMETROS	PESO MÍNIMO DE LA MUESTRA EN GRAMOS
4.75 PASA MALLA Núm. 4.75	100

25.0 PASA MALLA Núm. 25.0	500
50.0 PASA MALLA Núm. 50.0	1000

La prueba estándar para la determinación de la humedad u contenido de agua, consiste en obtener una muestra de suelo cuyo peso estará de acuerdo con lo indicado en el párrafo D) del inciso 108-05.1, someterla a un proceso de secado al horno y determinar la relación que existe entre el peso del agua que



*Ilustración 33, Relación de volumen y masa en el suelo.*

contiene y el peso seco del material.

## DETERMINACIÓN DE LA COMPOSICIÓN GRANULOMETRICA MEDIANTE EL USO DE MALLAS.

ESTA prueba consiste en separar por tamaños las partículas de suelo, pasándolo a través de una sucesión de mallas de aberturas cuadradas y en pesar las



porciones que se retienen en cada una de ellas, expresando dichos retenidos como porcentajes en peso de la muestra total.

- A.** La sucesión de tamaños obtenida mediante el empleo de mallas, da una idea de la composición granulométrica únicamente en dos dimensiones, por lo que las curvas resultantes solo serán representativas de materiales constituidos por partículas de forma equidimensional, si las partículas de un material tienen forma laminar o acicular, es de lajas o agujas, respectivamente, los resultados que se obtengan no serán representativos de los tamaños reales del material y, en consecuencia, de su comportamiento. Así mismo la curva granulométrica no dará una idea correcta de la sucesión de tamaños en los materiales con partículas de pesos específicos muy diferentes, en cuyo caso será necesario efectuar la corrección correspondiente, para transformar los porcentajes obtenidos en función de pesos, a porcentajes en función de volúmenes.
- B.** Las características granulométricas de un suelo influyen en la mayor o menor facilidad para lograr una compactación adecuada y tienen importancia en su comportamiento mecánico, principalmente en los suelos gruesos. Generalmente, la mayor estabilidad de un suelo se alcanza cuando la cantidad de vacíos es mínima y para que esta condición pueda lograrse, se requiere que el material tenga una sucesión adecuada de tamaños que permita que los huecos resultantes del acomodo de las partículas mayores, sean ocupados por partículas menores y que a su vez, los huecos que dejen estas últimas sean ocupados por partículas más finas y así sucesivamente.
- C.** La prueba tiene dos (2) variantes, el análisis granulométrico y el análisis granulométrico simplificado, los cuales se describen en los incisos 108-08.2 y 108-08.3, respectivamente.

El análisis granulométrico estándar consiste esencialmente en separar y clasificar por tamaños las partículas que compone el suelo, utilizando el procedimiento de

cribado, es decir, haciendo pasar el material a través de un juego de mallas de aberturas cuadradas que comprende de la Núm. 75.0 a la Núm. 0.075.



## CLASIFICACION E IDENTIFICACION DE SUELOS

**GRANULOMETRIA**

**GRANULOMETRÍA**

*Ilustración 34, Granulometría.*

Fuente: Gallardo, 2015

MEDIANTE EL TAMIZADO SE PUEDE CONOCER EL TAMAÑO DE LAS DIFERENTES PARTÍCULAS QUE COMPONEN EL SUELO.

**MECANICA DE SUELOS — Prof: R.G.A.**

GIGMA

www.fppt.info



Los suelos se presentan como una variedad y complejidad prácticamente infinita. Así, cualquier intento de sistematización científica acompañada de la correspondiente tendencia generalizadora, debe ir precedido por otro, en que se procure clasificar a los suelos del modo más completo posible.

De hecho, los sistemas de clasificación de suelos son tan antiguos como la propia Mecánica de Suelos, pero por el escaso conocimiento que se tenía sobre los suelos, los sistemas que aparecieron en un principio estaban basados en características poco relevantes (olor, color, textura, etc), o muy difíciles de correlacionar con los fundamentales; estos sistemas están hoy superados y no conviene dedicarles atención, entonces dado el escaso conocimiento que sobre los suelos se tenía, fundándose en criterios puramente descriptivos nacieron así varios sistemas, de los cuales, los basados en las características granulométricas, ganaron popularidad rápidamente.

La granulometría ofrece un medio sencillo y evidente para clasificar suelos. En verdad, basta dividir un suelo en sus fracciones granulométricas para tenerlo "clasificado", si previamente se conviene en dar una denominación particular a las distintas fracciones según queden comprendidas en una determinada gama de tamaños. Los sistemas de clasificación granulométrica, tan populares en el pasado, tuvieron esa génesis tan simple y los términos grava, arena, limo y arcilla aún tienen para muchos un significado relacionado únicamente con el tamaño de las partículas constitutivas de esos suelos o fracciones.

Es evidente que un sistema de clasificación de suelos debe agruparlos de acuerdo con sus propiedades mecánicas básicas, por ser estas las que interesan para la aplicación en la construcción. A la vez, el criterio clasificador ha de ser preponderantemente de naturaleza cualitativa, puesto que un sistema que incluyera relaciones cuantitativas resultaría excesivamente engorroso y complicado.

Probablemente lo menos que puede esperar un técnico de un sistema de clasificación es que sirva, para formar su criterio respecto al suelo en cuestión, antes de que adquiera conocimientos más profundos y extensos de las



propiedades del mismo; así, al usar el sistema será posible, entre otras cosas, obtener criterios para saber en qué direcciones es conveniente profundizar la investigación.

A pesar de su sencillez, los criterios de clasificación puramente granulométricos resultan hoy poco apropiados porque la correlación de la distribución granulométrica con las propiedades fundamentales (resistencia, compresibilidad, relaciones, esfuerzo, deformación, permeabilidad, etc), resultan demasiado inseguros y sujetos a excepciones y casos especiales.

La identificación aproximada de los suelos se efectuará mediante las pruebas de granulometría, dilatancia, tenacidad y resistencia en estado seco.

Dada la complejidad y prácticamente la infinita variedad con que los suelos se presentan en la naturaleza, cualquier intento de sistematización científica, debe ir precedido por otro de clasificación completa. Es evidente que un sistema de clasificación que pretenda cubrir hoy las necesidades correspondientes, debe de estar basado en las propiedades mecánicas de los suelos, por ser estas lo fundamental para las aplicaciones ingenieriles. Entre los diversos estudios tendientes a encontrar un sistema de

clasificación que satisfaga los distintos campos de aplicación a Mecánica de Suelos, destacan los efectuados por el doctor A. Casagrande en la Universidad de Harvard, los cuales cristalizaron en el conocido Sistema de Clasificación de Aeropuerto, así originalmente llamado, debido a que estaba orientado para uso en aquel tipo de obras.

Un suelo se considera grueso si el más del 50% de sus partículas son gruesas, y fino, si más de la mitad de sus partículas, en peso, son finas. Se describirán en primer lugar los diferentes grupos referentes a suelos gruesos.

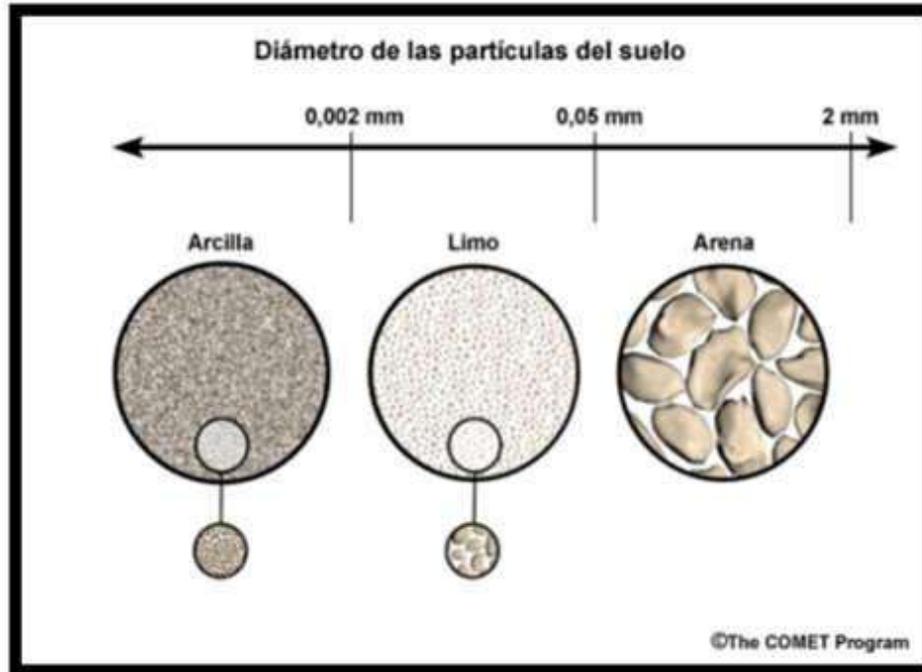


Ilustración 35, Diámetro de las partículas de suelo.

## COMPRESIÓN SIMPLE

El ensayo de compresión no confinada, también conocido con el nombre de ensayo de compresión simple o ensayo de compresión uniaxial, es muy importante en Mecánica de Suelos, ya que permite obtener un valor de carga última del suelo, el cual, como se verá más adelante se relaciona con la resistencia al corte del suelo y entrega un valor de carga que puede utilizarse en proyectos que no requieran de un valor más preciso, ya que entrega un resultado conservador. Este ensayo puede definirse en teoría como un caso particular del ensayo triaxial. Es importante comprender el comportamiento de los suelos sometidos a cargas, ya que es en ellos o sobre ellos que se van a fundar las estructuras, ya sean puentes, edificios o carreteras, que requieren de una base firme, o más aún que pueden aprovechar las resistencias del suelo en beneficio de su propia capacidad y estabilidad, siendo el estudio y la experimentación las herramientas para conseguirlo, y finalmente poder predecir, con una cierta



aproximación, el comportamiento ante las cargas de estas estructuras. Debido a la compleja y variable naturaleza de los suelos, en especial en lo referido a la resistencia al esfuerzo cortante, existen muchos métodos de ensayo para evaluar sus características. Aun cuando se utilizan otros métodos más representativos, como el triaxial, el ensayo de compresión simple cumple el objetivo buscado, sin tener que hacer un método tan complejo ni usar un equipo que a veces puede ser inaccesible, lo que significa menor costo. Este método de ensayo es aplicable solo a materiales cohesivos que no expulsan agua durante la etapa de carga del ensayo y que mantienen su resistencia intrínseca después de remover las presiones de confinamiento, como las arcillas o los suelos cementados. Los suelos secos friables, los materiales fisurados, laminados o varvados, los limos, las turbas y las arenas no pueden ser analizados por este método para obtener valores significativos de la resistencia a la compresión no confinada.

El ensayo de compresión simple se realiza con el fin de determinar la resistencia o esfuerzo último de un suelo cohesivo a la compresión no confinada, mediante la aplicación de una carga axial con control de deformación y utilizando una muestra de suelo inalterada tallada en forma de cilindro, generalmente con una relación alto/diámetro igual a 2. Esta prueba tiene la ventaja de ser de fácil realización y de exigir equipo relativamente sencillo, en comparación con las pruebas triaxiales, si se desea ir al fondo de los mecanismos de falla que tienen lugar; por el contrario, los resultados de la prueba son de fácil aplicación a los trabajos de rutina, por lo menos en apariencia.

También se determinara la resistencia por medio de carga triaxial con control de deformación.

### **OBJETIVOS**

- Determinar la resistencia a la compresión simple. Definir adecuadamente el parámetro de resistencia “c”.
- Interpretar debidamente el tipo de falla que sufrió el material conforme a sus características. Reconocer y utilizar correctamente los materiales y el



equipo necesario para realizar el ensayo de compresión no confinada, aprendiendo las características de cada uno, y los cuidados que se deben tomar para realizar la experiencia.

- Obtener datos a partir de los ensayos y anotarlos en un registro ordenado de acuerdo a un método establecido.
- Comprender con exactitud la metodología y procedimientos usados en el ensayo, incluido el tiempo e intervalos con los que será ensayada la muestra.
- Construir el gráfico esfuerzo-deformación a partir de los datos obtenidos de la experiencia y de las fórmulas teóricas necesarias.

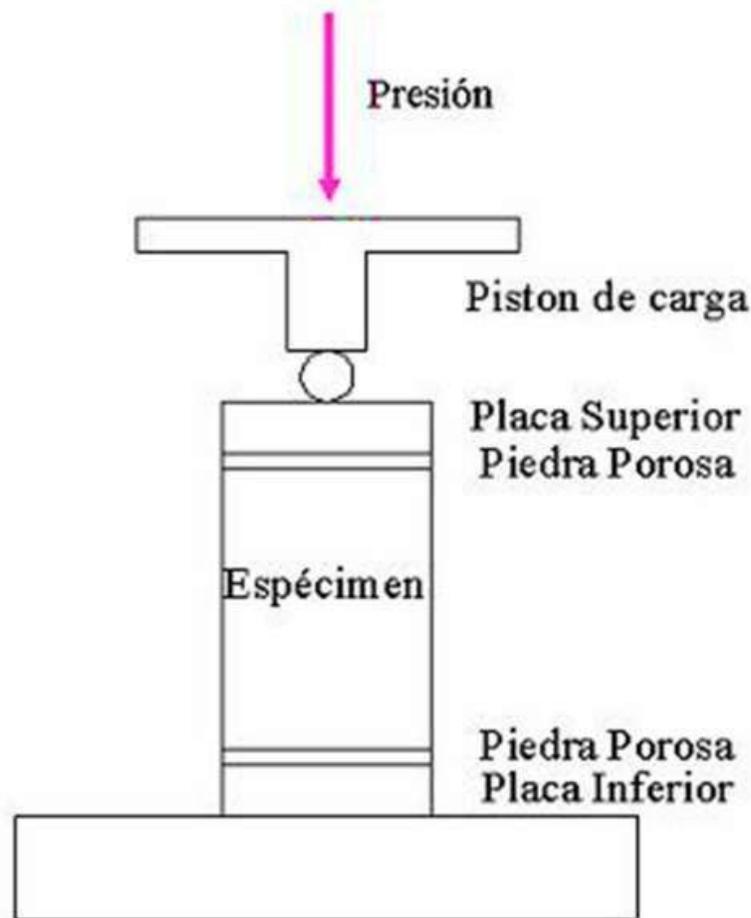


Ilustración 36, Esfuerzo-deformación.

## PRUEBA TRIAXIAL RAPIDA NO DRENADA

El esfuerzo cortante en los suelos es el aspecto más importante de la ingeniería geotécnica. La capacidad de soporte de cimentaciones superficiales como profundas, la estabilidad de los taludes y el diseño de muros o paredes de retención, llevan implícito el valor de la resistencia al esfuerzo cortante. Desde otro punto de vista, el diseño de los pavimentos, se ve influenciado de una forma indirecta por la resistencia al cortante de los suelos, ya sea en el análisis de la estabilidad de un talud o en el diseño de los muros de retención y de forma directa, a través del diseño de las fundaciones que soportan el pavimento, específicamente, en la subrasante. Por consecuencia, tanto las estructuras como



los taludes deben ser estables y seguros frente a un colapso total, cuando éstos sean sometidos a una máxima aplicación de cargas.

El esfuerzo cortante de un suelo se ha definido como la última o máxima resistencia que el suelo puede soportar. Específicamente, se ha expresado como la resistencia interna que ofrece la masa de suelo por área unitaria para resistir la falla al deslizamiento a lo largo de cualquier plano dentro de él.

El esfuerzo cortante puede ser determinado de muchas maneras, algunos de los ensayos más comunes inclinadas son la veleta (ASTM D 4648), ensayos de penetración estándar – SPT (ASTM D 1586), así como algunos otros tipos de penetrómetros, los cuales en su mayoría no evitan los problemas asociados con la alteración de la muestra debido a su extracción en el campo, sin dejar de lado que ofrecen información sumamente importante. Sin embargo, muchos de esos métodos determinan la resistencia al cortante indirectamente a través de correlaciones. Por otra parte, en el laboratorio existe una serie de ensayos que usualmente se realizan dentro del ámbito de la ingeniería para evaluar las propiedades de resistencia de cada material que conforma el subsuelo. Entre estos se pueden citar la resistencia a la compresión uniaxial (ASTM D 2166), corte directo (ASTM D 3080 y ASTM D 6528) y los ensayos de compresión triaxial (ASTM D 4767 y ASTM D 2850).

La prueba de ensayo triaxial es uno de los métodos más confiables para determinar los parámetros de la resistencia al cortante.

En un ensayo triaxial, un espécimen cilíndrico de suelo es revestido con una membrana de látex dentro de una cámara a presión. La parte superior e inferior de la muestra tiene discos porosos, los cuales se conectan al sistema de drenaje para saturar o drenar el espécimen. En estas pruebas se pueden variar las presiones actuantes en tres direcciones ortogonales sobre el espécimen de suelo, efectuando mediciones sobre sus características mecánicas en forma completa. Los especímenes usualmente están sujetos a presiones laterales de un líquido, generalmente agua.



El agua de la cámara puede adquirir cualquier presión deseada por la acción de un compresor comunicado con ella. La carga axial se transmite al espécimen por medio de un vástago que atraviesa la parte superior de la cámara.

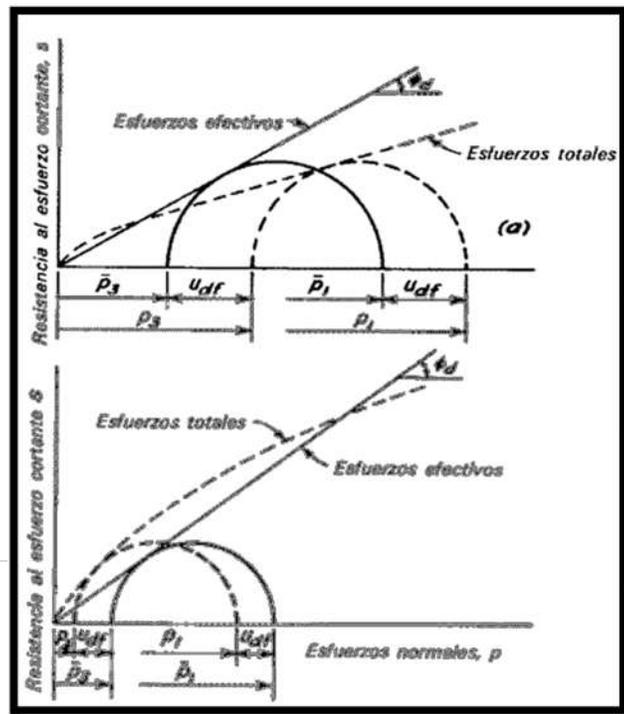
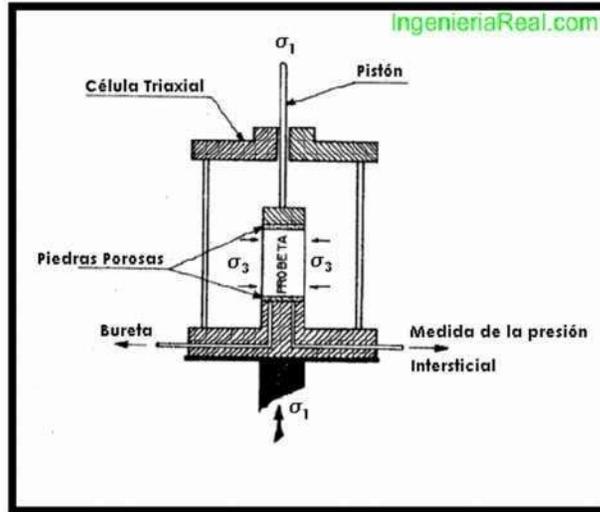
La presión que se ejerce con el agua que llena la cámara es hidrostática y produce por lo tanto, esfuerzos principales sobre el espécimen, iguales en todas las direcciones, tanto lateral como axialmente. En las bases del espécimen actuará además de la presión del agua, el efecto transmitido por el vástago de la cámara desde el exterior.

Es usual llamar  $\sigma_1$ ,  $\sigma_2$  y  $\sigma_3$  a los esfuerzos principales mayor, intermedio y mínimo, respectivamente. En una prueba de compresión, la presión axial siempre es el esfuerzo principal mayor,  $\sigma_1$ ; los esfuerzos intermedios y menor son iguales ( $\sigma_2 = \sigma_3$ ) y son iguales a la presión lateral.

#### ***Prueba rápida – Prueba sin consolidación y sin drenaje (UU)***

En este tipo de prueba no se permite en ninguna etapa la consolidación de la muestra. La válvula de comunicación entre el espécimen y la bureta permanece siempre cerrada impidiendo el drenaje. En primer lugar, se aplica al espécimen una presión hidrostática y de inmediato, se falla el suelo con la aplicación rápida de la carga axial. Los esfuerzos efectivos en esta prueba no se conocen bien.

El ensayo UU es usualmente llevado a cabo sobre especímenes de arcilla, enmarcando la realización del ensayo dentro del concepto de resistencia para suelos cohesivos saturados, en donde se expresan los resultados en términos de esfuerzos totales. La envolvente de falla para los criterios de Mohr del esfuerzo total se convierte en una línea horizontal, con una condición de  $\phi = 0^\circ$  (ángulo de fricción) y  $\tau_f = c_u$ , siendo  $c_u$  la resistencia al cortante no drenada, la cual es igual al radio de los círculos de Mohr.





## CAPÍTULO IV

### MEMORIA DE CÁLCULO

#### *Capacidad de carga*

#### COMPRESION SIMPLE SIN CONFINAR

Considerando: que se trata de un material tipo fragmentos de roca grandes empacados en limo no plástico, y el nivel del terreno natural del sondeo como desplante de la estructura, entonces:

Debido a la estructura y al desplante tentativo se considera la capacidad de carga de una zapata de cimentación en suelo arenoso con falla general, aplicando el criterio de terzaghi la relación correspondiente para la presión neta admisible es:

$$QC = 1.30 X 5.7 C + \gamma DF$$

Donde:

**QC** = Capacidad de Carga (T/m<sup>2</sup>)

**C** = Cohesión del material

**$\gamma$**  = Peso Volumétrico del material

**DF** = Profundidad de desplante

En la misma tabla de la estratigrafía se presenta el cálculo de la capacidad de carga a distintas profundidades df, para el sondeo llevado a cabo donde recomendamos se colocará losa de cimentación, para las que se consideró un ancho de 2.0 m.

Así mismo se presenta un valor de qa= capacidad de carga admisible donde qa =qc/f.s. (f.s.=factor de seguridad = 3)



**Pozo a cielo abierto 1.**

Prof (Df)	C	B	pvss	F.S	Qc	QAD	Estrato	Compacidad
1.00	2.90	2.00	0.914	3	25.03	8.34	2	BAJA
1.50	2.90	2.00	0.914	3	26.38	8.79	2	MEDIA
2.00	2.90	2.00	0.914	3	28.00	9.33	2	MEDIA
2.50	2.90	2.00	0.914	3	28.93	9.64	2	ALTA
3.00	2.90	2.00	0.914	3	29.57	9.86	2	ALTA
3.50	2.90	2.00	0.914	3	29.92	9.97	2	ALTA

Simbología:

**PROF:** profundidad, en m.

**C:** cohesión del material, en kg/cm<sup>2</sup> **B:** ancho del cimiento, en m.

**F.S.:** factor de seguridad.

**Qc:** capacidad de carga ultima, en ton/m<sup>2</sup>

**QAD:** capacidad de carga admisible, en ton/m<sup>2</sup>.

**COMP:** compacidad del material.

**PRUEBA TRIAXIAL RAPIDAD NO DRENADA**

**OBRA:** CONSTRUCCION DE EDIFICIO PARA DEPARTAMENTOS

**UBICACIÓN:** CALLE CORREGIDORES DE QUERÉTARO # 40 DEL  
FRACCIONAMIENTO VISTA HERMOSA

**LOCALIDAD:** MORELIA, MICH.

**SOLICITANTE:** ARQ. GABRIELA ABURTO

**CIMIENTO CUADRADO**

**SUPERFICIALES**



**FORMÚLA DE TERZAGHI:  $q_c = 1.3 c N_c + \gamma D_f N_q + 0.4 \gamma B N_\gamma$**

Datos:	
C=	2.6
N <sub>c</sub> =	7
BASE	2
N <sub>q</sub> =	2
N <sub>γ</sub> =	0.5
φ =	5

SONDEO (PCA) 2				
PROFUNDIDAD (MTS)	P.V.H. ( $\gamma$ ) ton/m <sup>3</sup>	q <sub>c</sub> (ton/m <sup>2</sup> )	F.S.	Q <sub>adm</sub> (ton/m <sup>2</sup> )
1.00	1.20	26.54	3	8.85
1.50	1.20	27.98	3	9.33
2.00	1.20	29.18	3	9.73
2.50	1.20	30.38	3	10.13
3.00	1.20	31.58	3	10.53
3.50	1.20	32.78	3	10.93



Los resultados anteriores corresponden a la prueba de compresión simple del material fino que constituye el terreno natural, donde se realizó el pozo a cielo abierto 1, siendo este en mayoría una arcilla color gris claro de baja plasticidad.



**DEBIDO A LOS MATERIALES QUE SE ENCUENTRAN FORMANDO PARTE DEL SUBSUELO...**

De acuerdo con los resultados anteriores se recomienda utilizar el siguiente tipo de cimentación:

1. **PARA EL EDIFICIO DE DEPARTAMENTOS**

**ZAPATAS AISLADAS RIGIDIZADAS CON CONTRATRABES DE LIGA**

La profundidad para el desplante de la estructura se recomienda de:

$$Z = 3.50 \text{ mts}$$

**A partir del nivel de terreno actual**

2. **PARA LAS VIVIENDAS:**

**LOSA DE CIMENTACION**

La profundidad para el desplante de la estructura se recomienda de:

$$Z = 0.80 \text{ mts}$$



A partir del nivel de terreno actual

**LAS RECOMENDACIONES Y PROCEDIMIENTOS DE CONSTRUCCION SE MENCIONAN MAS ADELANTE.**

## **PAVIMENTO RÍGIDO**

### ***Determinación de la intensidad del tránsito.***

Para efectuar dicha determinación se auxilia el proyectista de aforos del tránsito y estudios de origen y destino efectuados en caminos, colonias o fraccionamientos con características similares al que se va a construir. Estos estudios se pueden obtener de la secretaría por medio de la comisión de ingeniería de tránsito. Para el conteo de vehículos, se utilizan contadores manuales o electrónicos, clasificándolos en vehículos:

- Ligeros (a),
- Autobuses (b)
- Vehículos pesados (c).
- Vehículos articulados o especiales (t)

### ***Determinación de la resistencia o VRS del material que forma parte de la subrasante o terracerías.***

La prueba de VRS deberá de efectuarse siempre en condiciones de humedad cercanas a las más desfavorables que se considere pueda alcanzar el material para una compactación de proyecto existente.

### ***Determinación de los espesores.***

Para determinar los espesores de un pavimento flexible se utiliza la gráfica que señala el método del instituto de ingeniería de la UNAM, la cual se utiliza de la manera siguiente:

La secuela de cálculo es la siguiente:

- a) Se determina el VRS del material de cada capa que va a utilizarse en la construcción del pavimento.



b) Se estima el TDPA, con el cual se determina el tránsito equivalente ( $\Sigma ce$ ).  
En ejes sencillos de 8.2 ton.

$$\Pi = 6.7 \left( \frac{CE}{10} \right)^{0.119} \dots\dots\dots (1).$$

Donde ce es la carga equivalente, de terminada por la expresión:

$$CE = \Sigma CE \cdot F_p \dots\dots\dots (2)$$

Dónde: p = periodo de diseño, que para este método es de 10 años.

$f_p$  = factor de proyección. Expresión que se determina con:

$$F_p = \frac{1 + \frac{(TDPA)_f}{(TDPA)_i}}{2} \dots\dots\dots (3)$$

Dónde:  $tdpa$  = tránsito diario promedio anual, es decir el tránsito que pasa en el día medio del año.

F, i = se refiere al instante final e inicial del periodo de diseño de 10 años. De la fórmula del interés compuesto:  $p$



$$(TDPA) F = (TDPA) I (1 + TC \% ) 100$$

Por lo que:

$$\frac{(TDPA) f}{(TDPA) i} = (1 + \frac{tc\%}{100})^p \dots\dots\dots (4)$$

Dónde: tc = tasa de crecimiento anual.

Este cálculo se realiza en función de la tasa de crecimiento anual, vida de proyecto del pavimento, composición del tránsito, variación del coeficiente de daño con la profundidad y nivel de confianza asignado al pavimento. El tránsito equivalente represente el número medio de ejes por cada vehículo que circula por la carretera al cabo de cierto número de años.

- c) Se estima el TDPA, con el cual se determina el tránsito equivalente (ΣI). En ejes sencillos de 8.2 ton.

En este método no se toma en cuenta el efecto de los automóviles (a).

1. Se suman todos los productos, obteniéndose así la carga equivalente total (Σce), para un año.
2. Se determina el índice de tránsito (it), con la expresión:

$$IT = 6.7 \left( \frac{CE}{10} \right)^{0.119} \dots\dots\dots (1).$$

Donde ce es la carga equivalente, de terminada por la expresión:



$$CE = \sum CE \cdot F_p \dots\dots\dots (2)$$

Dónde: p = periodo de diseño, que para este método es de 10 años. fp = factor de proyección. Expresión que se determina con:

$$F_p = \frac{1 + \frac{(TDPA)_f}{(TDPA)_i}}{2} \quad (3)$$

Dónde: tdpa = tránsito diario promedio anual, es decir el tránsito que pasa en el día medio del año.

F, i = se refiere al instante final e inicial del periodo de diseño de 10 años. De la fórmula del interés compuesto:

$$(TDPA)_F = (TDPA)_I (1 + \frac{TC\%}{100})^p$$

Por lo que:

$$\frac{(TDPA)_f}{(TDPA)_i} = \frac{(1 + \frac{tc\%}{100})^p}{1} \dots\dots\dots (4)$$

Dónde: tc = tasa de crecimiento anual.

Este cálculo se realiza en función de la tasa de crecimiento anual, vida de proyecto del pavimento, composición del tránsito, variación del coeficiente de daño con la profundidad y nivel de confianza asignado al pavimento. El tránsito equivalente represente el número medio de ejes por cada vehículo que circula por la carretera al cabo de cierto número de años.



Determinación de los espesores del pavimento.

Para determinar los espesores del pavimento se utilizan las gráficas de las figuras siguientes, según el nivel de confianza que se halla elegido.

### Valores de los niveles de confiabilidad

* NIVELES DE CONFIABILIDAD	
CLASIFICACIÓN FUNCIONAL:	NIVEL RECOMENDADO POR AASHTO PARA CARRETERAS
Carretera Interestatal o Autopista.	80 - 99.9
Red Principal o Federal.	75 - 95
Red Secundaria o Estatal.	75 - 95
Red Rural o Local.	50 - 80

A continuación se presentan los parámetros para el diseño del pavimento flexible:

Los parámetros de diseño para determinar los espesores de la estructura del pavimento, son los que se describen a continuación:

### Con los resultados anteriores se propone la siguiente estructura

- **Capa de material tipo filtro de 20.0 cms. de espesor.**
  - Con un diámetro máximo de 1-1/2" pulgadas y con un espesor mínimo de 30.0 cms.
- **Capa de base con un espesor mínimo de 20.0 cms.**

Esta capa deberá de estar formada por un material que cumpla con las características de calidad señaladas posteriormente.



- Losa de concreto hidráulico con un espesor mínimo de acuerdo a lo siguiente:
  - De 15.0 cms de espesor para vialidades internas y un  $F'c = 250$  kg/cm<sup>2</sup>
  - Para la modulación de las losas se recomienda lo siguiente:
    - Separación máxima de juntas transversales: 2.44 mts.
    - Rango de separación de juntas longitudinales: de 3.00 a 4.50 mts.
- **No será mayor a 20 veces el espesor de la losa de concreto hidráulico que corresponda a cada vialidad para el tipo de pavimento rígido de este estudio.**

**Se recomienda colocar el mejoramiento descrito posteriormente, como soporte del área de contacto entre la zapata de cimentación y el terreno natural a la profundidad recomendada.**

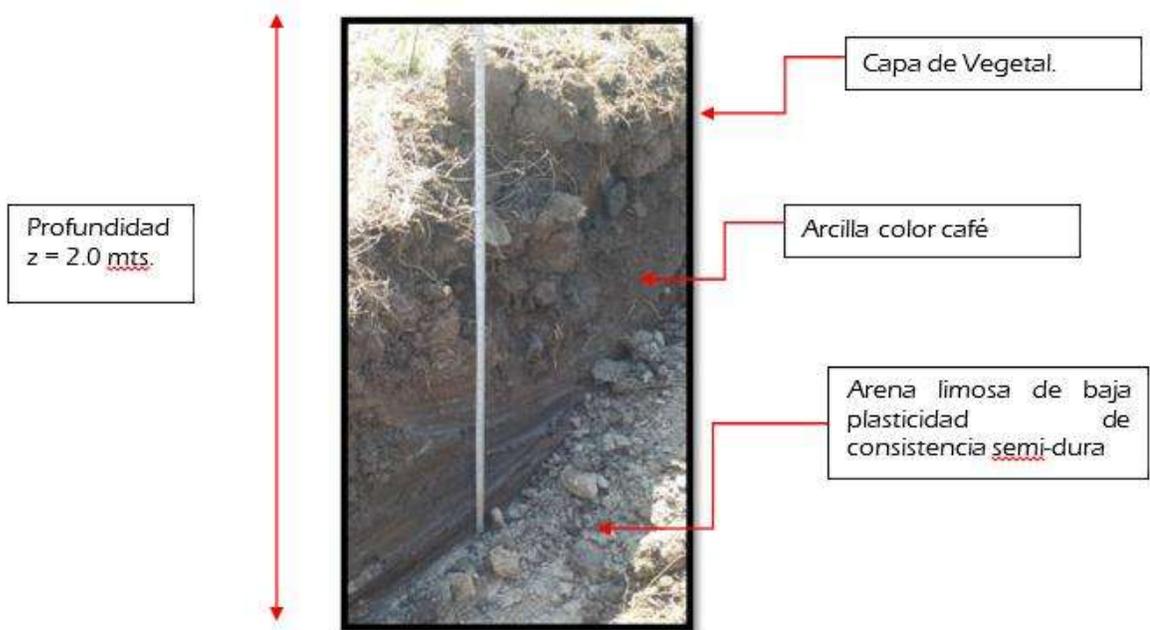
### **Conclusiones y recomendaciones**

Basándonos en los trabajos de campo y gabinete se establece lo siguiente.

El terreno objeto de este estudio donde se pretende construir un EDIFICIO PARA DEPARTAMENTOS, ubicada en la CALLE CORREGIDORES DE QUERÉTARO # 40 DEL FRACCIONAMIENTO VISTA HERMOSA DE ESTA CIUDAD DE MORELIA MICHOACÁN

Los materiales que se detectaron formando parte de la plataforma son los siguientes

- Se tiene sobre la superficie un espesor de 0.20 mts de capa vegetal.
- Enseguida se tiene el terreno natural formado por una arena limosa de baja plasticidad de color café de consistencia semi-dura. sin presencia de nivel freático.



*Ilustración 37, Vista al interior de uno de los pozos.*

## CIMENTACION

### **AREA DE EDIFICIO PARA DEPARTAMENTOS**

De acuerdo al tipo de suelo encontrado se recomienda realizar los siguientes trabajos para la cimentación de la estructura:

De los análisis realizados para determinar los esfuerzos y deformaciones presentados bajo la losa de cimentación y que se muestran en el anexo siguiente, se recomienda realizar los trabajos enseguida descritos:

1. La profundidad mínima para llevar a cabo el desplante de la cimentación (de acuerdo al sondeo a cielo abierto) es **de 3.50 m** con respecto al nivel del terreno actual en la zona del inmueble y considerar una capacidad de carga de 10.50 DIEZ PUNTO CINCO ton/m<sup>2</sup> y realizar el método de mejoramiento siguiente:



2. Colocar una capa niveladora de material inerte tipo filtro de 0.40 m. de espesor, hasta alcanzar un acomodo compacto. por razones de nivelación para los drenajes se recomienda colocar un material inerte tipo greña volcánica de espesor según proyecto.
3. Enseguida colocar una capa de material inerte tipo greña de espesor variable de acuerdo a la topografía que se presente, si el espesor es menor a 0.10 m. se tendrá que tomar como espesor de la capa de base quedando esta de 0.20 m. y compactarla hasta alcanzar el 95% P.V.S.M., con una humedad cercana a la óptima.
4. Enseguida colocar una capa de material inerte tipo base de 0.30 m. de espesor y compactarla hasta alcanzar el 100% de su pvs m. con una humedad cercana a la óptima.
5. Enseguida colocar un firme de concreto simple  $f'c=200$  kg/cm<sup>2</sup> entre el desplante de la cimentación a fin de garantizar la adecuada transmisión de esfuerzos al subsuelo como se muestra en la figura.
6. El tipo de cimentación que se recomienda es a base de ZAPATAS ASILADAS. RIGIDIZADAS CON CONTRATRABES DE LIGA.
7. LA PROFUNDIDAD PARA EL DESPLANTE ES DE 3.50 MTS.

Sin embargo si por razones arquitectónicas o constructivas se requiriera otra profundidad de desplante. deberá considerarse el uso de la tabla profundidad capacidad de carga para el sondeo.

8. De cualquier manera, sea cual fuera la profundidad de desplante que se tome, deberá de incorporarse el material tipo filtro en espesor hasta alcanzar el nivel de desplante y acomodarlo con equipo mecánico adecuado hasta lograr un acomodo compacto.

9. Las excavaciones podrán realizarse mediante taludes verticales, sin apuntalamiento, siempre y cuando éstas no rebasen el metro de altura y no estén abiertas más de ocho días.



10. No se prevé la aparición del nivel de aguas freáticas en por lo menos 3.0 m de profundidad. Mas sin embargo no se detectaron filtraciones y escurrimientos en el material tipo filtro, esto solo en el caso de que la lluvia este presente durante los trabajos.

Se recomienda que durante la ejecución de la obra se lleve un estricto control de calidad, para garantizar que los materiales cumplan con las especificaciones y lo indicado en este informe.

### **CIMENTACION ÁREA DE VIVIENDAS**

#### **AREA DE VIVIENDAS**

De acuerdo al tipo de suelo encontrado se recomienda realizar los siguientes trabajos para la cimentación de la estructura:

De los análisis realizados para determinar los esfuerzos y deformaciones presentados bajo la losa de cimentación y que se muestran en el anexo siguiente, se recomienda realizar los trabajos enseguida descritos:

11. La profundidad mínima para llevar a cabo el desplante de la cimentación (de acuerdo al sondeo a cielo abierto) es de 0.80 m con respecto al nivel del terreno actual en la zona del inmueble y considerar una capacidad de carga de 8.0 OCHO PUNTO CERO ton/m<sup>2</sup> y realizar el método de mejoramiento siguiente:
12. Colocar una capa niveladora de material inerte tipo filtro de 0.30 m. de espesor, hasta alcanzar un acomodo compacto. por razones de nivelación para los drenajes se recomienda colocar un material inerte tipo greña volcánica de espesor según proyecto.
13. Enseguida colocar una capa de material inerte tipo greña de espesor variable de acuerdo a la topografía que se presente, si el espesor es menor a 0.10 m. se tendrá que tomar como espesor de la capa de base quedando esta de 0.20 m. y compactarla hasta alcanzar el 95% P.V.S.M., con una humedad cercana a la optima.



14. Enseguida colocar una capa de material inerte tipo base de 0.20 m. de espesor y compactarla hasta alcanzar el 100% de su pvs<sub>m</sub>, con una humedad cercana a la óptima.
15. Enseguida colocar un firme de concreto simple  $f_c=200$  kg/cm<sup>2</sup> entre el desplante de la cimentación a fin de garantizar la adecuada transmisión de esfuerzos al subsuelo como se muestra en la figura.
- 16. El tipo de cimentación que se recomienda es a base de LOSA DE CIMENTACION.**
- 17. LA PROFUNDIDAD PARA EL DESPLANTE ES DE 0.80 MTS.**
18. De cualquier manera, sea cual fuera la profundidad de desplante que se tome, deberá incorporarse el material tipo filtro en espesor hasta alcanzar el nivel de desplante y acomodarlo con equipo mecánico adecuado hasta lograr un acomodo compacto.
19. Las excavaciones podrán realizarse mediante taludes verticales, sin apuntalamiento, siempre y cuando éstas no rebasen el metro de altura y no estén abiertas más de ocho días.
20. No se prevé la aparición del nivel de aguas freáticas en por lo menos 3.0 m de profundidad. mas sin embargo no se detectaron filtraciones y escurrimientos en el material tipo filtro, esto **solo en el caso de que la lluvia este presente durante los trabajos.**

Se recomienda que durante la ejecución de la obra se lleve un estricto control de calidad, para garantizar que los materiales cumplan con las especificaciones y lo indicado en este informe.

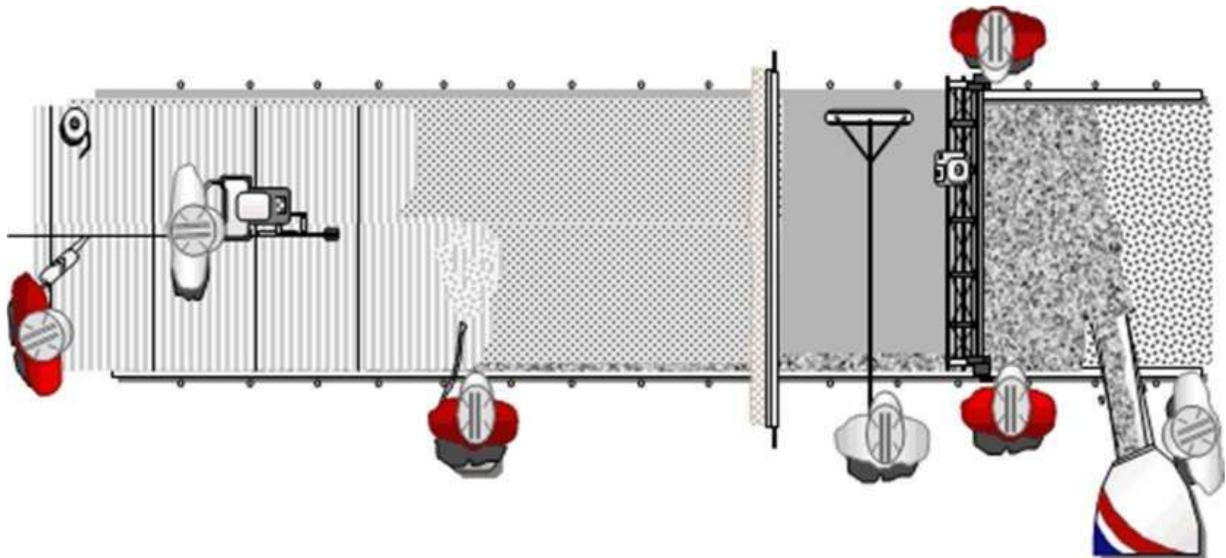
## **PAVIMENTO RIGIDO**

### **AREA DE ESTACIONAMIENTO Y VIALIDAD**

Una vez que se obtuvieron los resultados de las pruebas de laboratorio se proponen las siguientes recomendaciones:

1. Debido a las condiciones actuales del terreno natural se recomienda re nivelar la superficie existente.

2. Enseguida se recomienda compactar el material con rodillo liso, hasta alcanzar la compactación del 90% de su peso volumétrico seco máximo y una humedad cercana a la óptima.
3. Se recomienda estabilizar el terreno natural con un material tipo filtro grueso, y acomodarlo con rodillo vibratorio, hasta que las partículas pétreas ya no se incrusten en el terreno natural. para alojar el espesor de la capa subrasante O FILTRO de 30.0 cms. libres.
4. Enseguida colocar una capa de material tipo base de 20.0 cms. de espesor y que cumpla con lo especificado anteriormente.
5. Enseguida colocar la losa de concreto hidráulico de 15.0 cms. de espesor,  $f'c = 250 \text{ kg/cm}^2$ , módulos y pasa juntas según propuesto.
  - a. Separación máxima de juntas transversales: 2.44 mts.
  - b. Rango de separación de juntas longitudinales: de 3.00 a 4.50 mts.
  - c. La modulación de las losas **NO SERA MAYOR A 20 VECES EL ESPESOR DE LA LOSA DE CONCRETO HIDRAULICO QUE CORRESPONDA A CADA VIALIDAD PARA EL TIPO DE PAVIMENTO RIGIDO DE ESTE ESTUDIO.**





En el caso de los pavimentos convencionales de concreto hidráulico los requisitos pueden variar considerablemente dependiendo del tipo de suelo de la subrasante, las condiciones ambientales y cantidad de tráfico pesado.

El objetivo deberá ser el poder obtener una condición de apoyo uniforme y una estructura de rodamiento que permita darle al usuario un manejo confortable durante toda su vida útil acorde a los lineamientos de diseño que se considere.

De acuerdo con el criterio de los métodos internacionales para el diseño de losas soportadas sobre el terreno, como el método AASHTO, el método PCA y elementos finitos, entre otros, empleados para el diseño de pavimentos de concreto y de pisos industriales, el concreto a emplearse en este tipo de losas será especificado en su resistencia a la flexión por tensión o módulo de ruptura (MR) como se conoce en México, en vez de la resistencia tradicional a la compresión (F'C) que es comúnmente usado en otro tipo de estructuras de concreto.

### **BANQUETAS.**

- Capa de material tipo filtro de 15.0 cms. de espesor
  - Con un diámetro máximo de 1-1/2" pulgadas y con un espesor mínimo de 30.0 cms.
- Capa de base con un espesor mínimo de 15.0 cms.

Esta capa deberá de estar formada por un material que cumpla con las características de calidad señaladas posteriormente.

- Losa de concreto hidráulico con un espesor mínimo de acuerdo a lo siguiente:
  - De 10.0 cms de espesor para vialidad y un  $F'c = 200 \text{ kg/cm}^2$
- La modulación de las losas **NO SERA MAYOR A 20 VECES EL ESPESOR DE LA LOSA DE CONCRETO HIDRAULICO QUE CORRESPONDA A CADA VIALIDAD PARA EL TIPO DE PAVIMENTO RIGIDO DE ESTE ESTUDIO.**



Los materiales pétreos a utilizar deberán de cumplir con los requisitos de calidad señalados en las normas SCT vigentes. Y con las especificaciones particulares del proyecto. Que se muestran enseguida:

Una vez que se obtuvieron los resultados de las pruebas de laboratorio se proponen las siguientes recomendaciones:

- ❖ El material que se tiene sobre la superficie como rodamiento presenta características inaceptables para la formación de capa tipo subrasante.
- ❖ Por las condiciones superficiales que presenta el área en estudio se recomienda cortar un espesor según proyecto y re nivelar la superficie con material procedente de banco, el cual debe ser un material en greña inerte tipo filtro grueso, se deberá de acomodar con rodillo liso vibratorio hasta lograr el acomodo requerido, de compacto a muy compacto. Esta capa se debe de dejar libre de terreno natural, con el objeto de que los 30 cms. De capa subrasante sean libres.
  - El grado de compactación para la capa de base y de sub base que se requiere como mínimo es del 100% de p.v.s.m. (peso volumétrico seco máximo), con una humedad cercana a la óptima, la cual deberá de cumplir con los siguientes parámetros:
  - **Capa de base:**

Las capas de sub-base y base están principalmente relacionadas con los pavimentos flexibles de superficie asfáltica, adoquinada o empedrada. Constituyen un elemento estructural muy importante. La base es el corazón de los pavimentos flexibles.

- **Materiales a utilizarse en la base:**

Actualmente podemos considerar dos clases de bases:

- A) Base granular: de grava triturada y mezcla natural de agregado y suelo.
- B) Base estabilizada: suelos con cemento pórtland, cal o asfalto.

En las bases granulares la estabilidad del material depende de la fricción interna y de su cohesión.

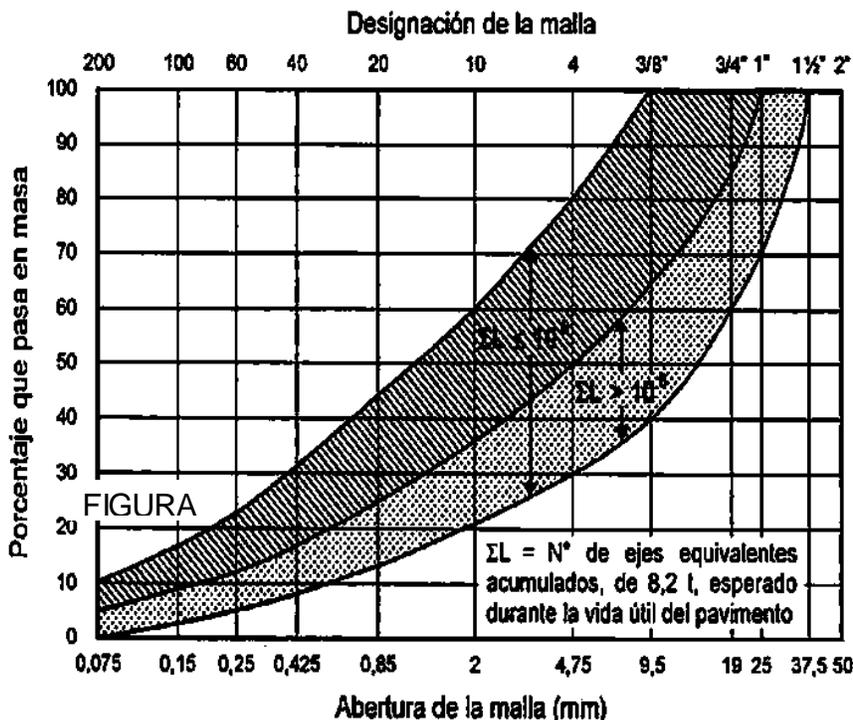


En la tabla siguiente se muestran los parámetros mecánicos que deben de cumplir los materiales a utilizarse en la formación de capa de base:

**Requisitos de granulometría de los materiales para bases de pavimentos con carpetas de mezclas asfálticas de granulometría densa.**

Malla		Porcentaje que pasa	
Abertura Mm	Designación	$\xi \leq 10^{6(1)}$	$\xi > 10^{6(1)}$
37,5	1 1/2"	100	100
25	1"	70-100	70-100
19	3/4 "	60-100	60-86
9,5	3/8"	40-100	40-65
4,75	No.4	30-80	30-50
2	No.10	21-60	21-36
0,85	No.20	13-44	13-25
0,425	No.40	8-31	8-17
0,25	No.60	5-23	5-12
0,15	No.100	3-17	3-9
0,075	No.200	0-10	0-5

**Curva granulométrica.**



**FIGURA 2.- Zonas granulométricas recomendables de los materiales para bases de pavimentos con carpetas de mezcla asfáltica de granulometría densa**

[1]  $\Sigma L$  = número de ejes equivalentes de 8,2 t, esperado durante la vida útil del pavimento.

**TABLA 4.- Requisitos de calidad de los materiales para bases de pavimentos asfálticos**

Característica	Valor %	
	$\Sigma L \leq 10^6$ [1]	$\Sigma L > 10^6$ [1]
Límite líquido <sup>[2]</sup> , máximo	25	25
Índice plástico <sup>[2]</sup> , máximo	6	6
Equivalente de arena <sup>[2]</sup> , mínimo	40	50
Valor Soporte de California (CBR) <sup>[2, 3]</sup> , mínimo	80	100
Desgaste Los Ángeles <sup>[2]</sup> , máximo	35	30
Partículas alargadas y lajeadas <sup>[2]</sup> , máximo	40	35
Grado de compactación <sup>[2, 4]</sup> , mínimo	100	100

[1]  $\Sigma L$  = Número de ejes equivalentes acumulados, de 8,2 t, esperado durante la vida útil del pavimento.

[2] Determinado mediante el procedimientos de prueba que corresponda, de los Manuales que se señalan en la Cláusula C. de esta Norma.

[3] Con el grado de compactación indicado en esta Tabla.

[4] Respecto a la masa volumétrica seca máxima obtenida mediante la prueba AASHTO Modificada, salvo que el proyecto o la Secretaría indiquen otra cosa.

## CAPÍTULO V

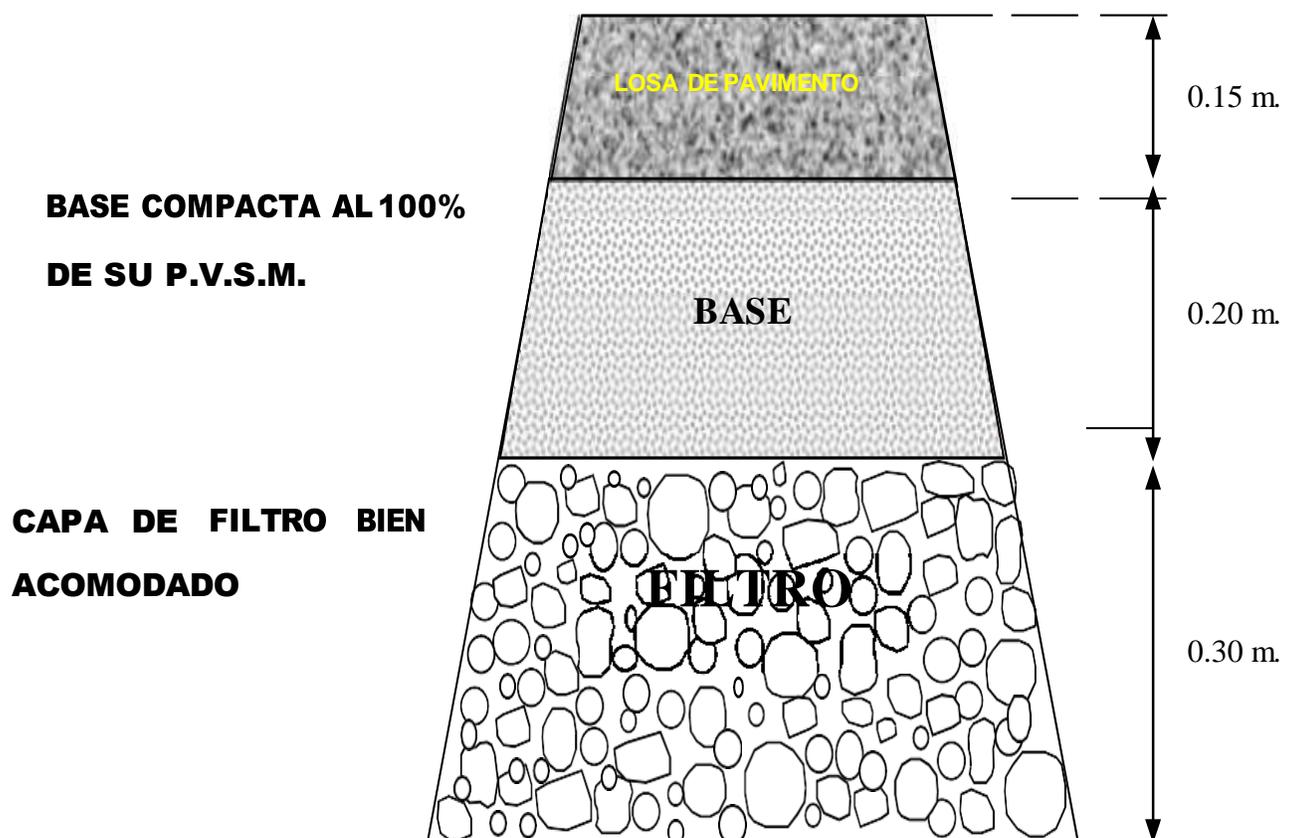
### ANEXOS (GRAFICAS Y FIGURAS)

#### ***SUPERFICIE DE RODAMIENTO ESTACIONAMIENTO Y VIALIDAD***

Obra: CONSTRUCCIÓN DE UN EDIFICIO PARA DEPARTAMENTOS

Calle: CALLE CORREGIDORES DE QUERÉTARO # 40 FRACCIONAMIENTO  
VISTA HERMOSA

CIUDAD ORELIA MICHOACÁN FECHA DEL ESTUDIO: 11 DE MAYO DE 2018.

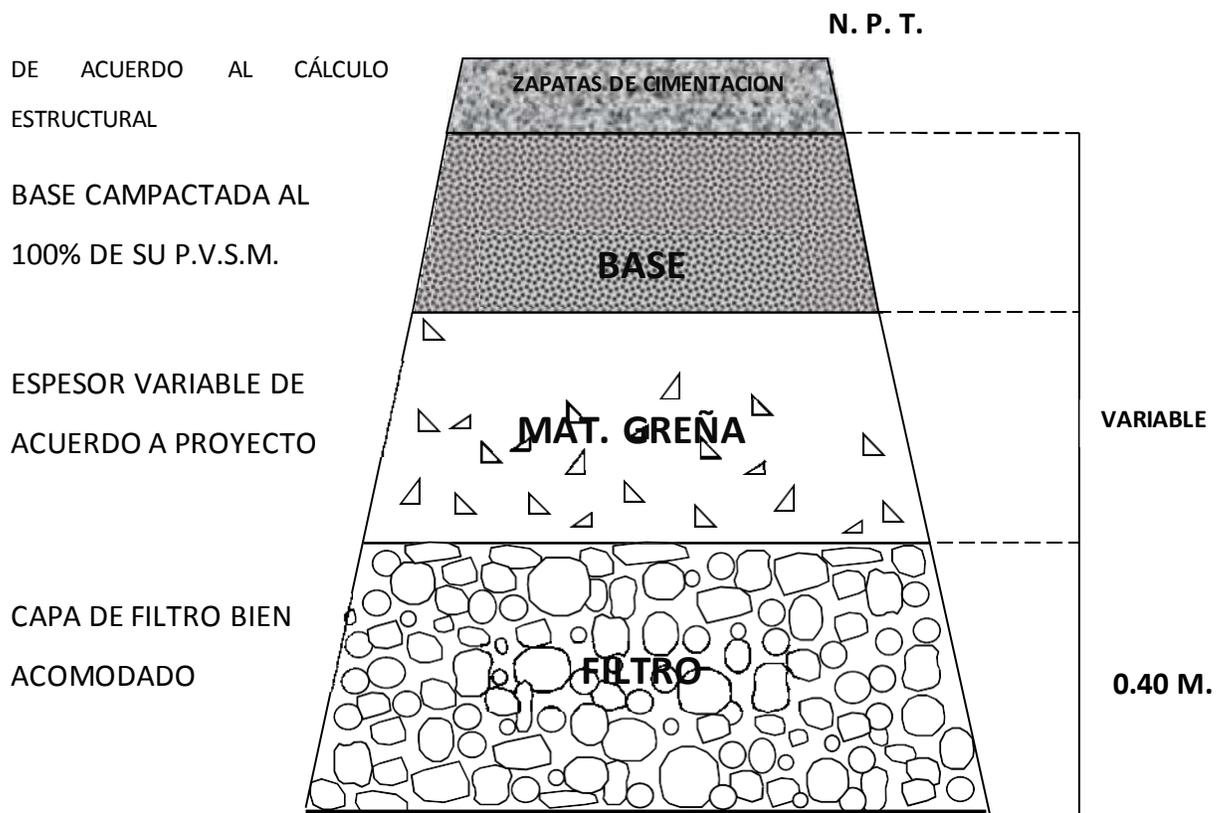


## PLATAFORMA PARA CIMENTACION AREA DE EDIFICIO PARA DEPARTAMENTOS

Obra: CONSTRUCCIÓN DE UN EDIFICIO PARA DEPARTAMENTOS

Calle: CALLE CORREGIDORES DE QUERÉTARO # 40 FRACCIONAMIENTO VISTA HERMOSA

CIUDAD MORELIA MICHOACÁN FECHA DEL ESTUDIO: 11 DE MAYO DE 2018.



*Ilustración 39, Espesores mínimos requeridos.*

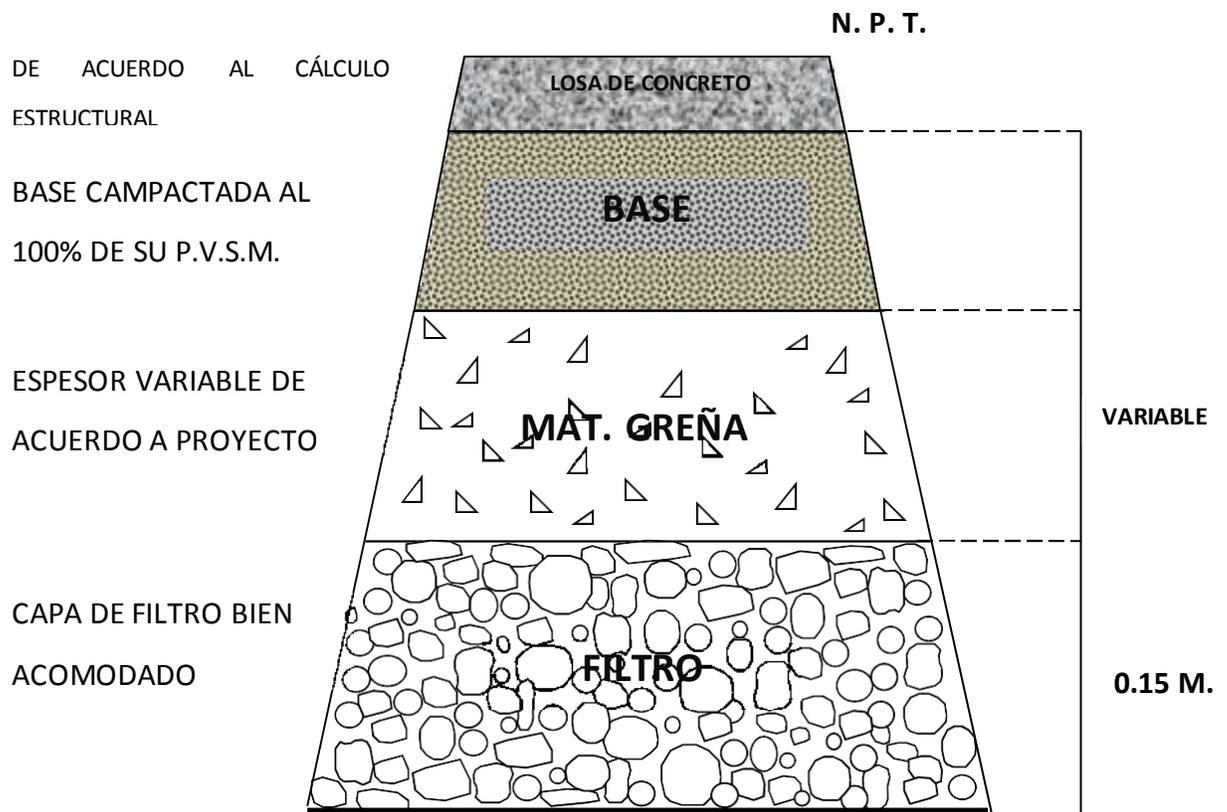
**NOTA:** Si el espesor de la capa de material tipo greña es menor de 10 cm. según se presente la topografía se tendrá que tomar con espesor en la capa de base de 30 cms.

## BANQUETAS

Obra: CONSTRUCCIÓN DE UN EDIFICIO PARA DEPARTAMENTOS

Calle: CALLE CORREGIDORES DE QUERÉTARO # 40 FRACCIONAMIENTO VISTA HERMOSA

CIUDAD ORELIA MICHOACÁN FECHA DEL ESTUDIO: 11 DE MAYO DE 2018.





**NOTA:** Si el espesor de la capa de material tipo greña es menor de 10 cm. según se presente la topografía se tendrá que tomar con espesor en la capa de base de 30 cms.

## Resultados de las Pruebas de Laboratorio

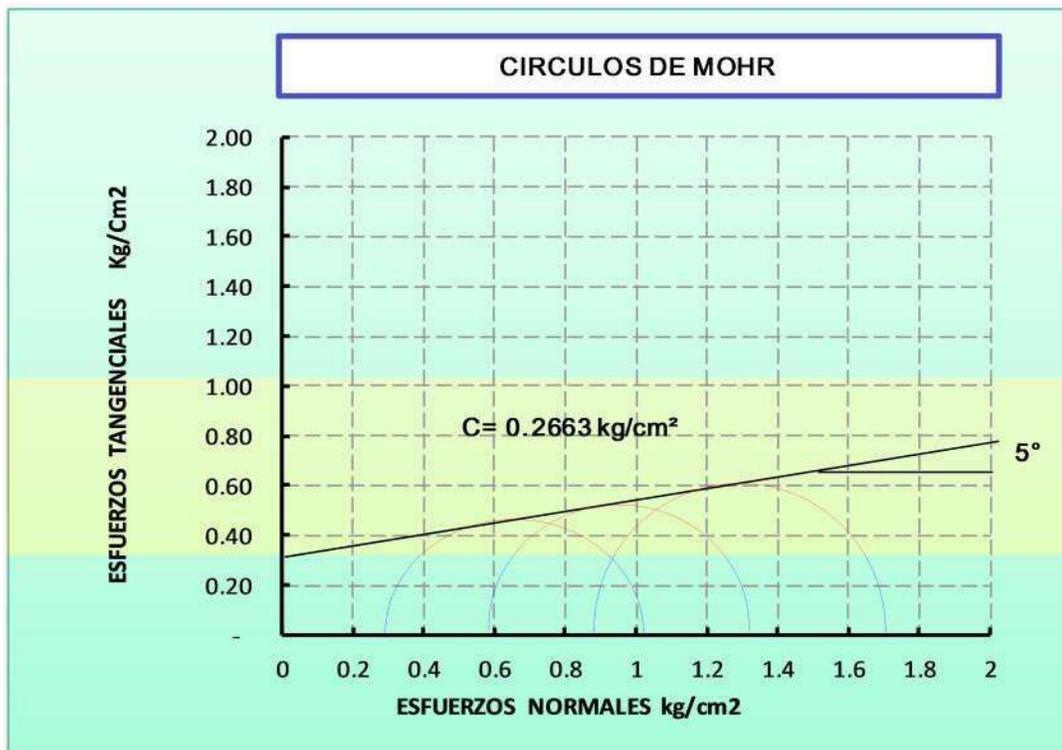
*Ilustración 40, Banquetas, espesor mínimos requeridos.*



**ESTUDIO DE MECANICA DE SUELOS**

Prueba: Compresion Triaxial Rapida	Obra: Construccion de edificio de Departamentos 4 niveles
Circulos de Mohr	Ubicación: CORREGIDORES DE QUERÉTARO # 40 DEL FRACCIONAMIENTO VISTA HERMOSA Morelia, Mich.

Prueba No.	$\sigma_3$	$\sigma_1 - \sigma_3$	$\gamma_m$	Parametros de restencia al esfuerzo cortante	
	kg/cm <sup>2</sup>	kg/cm <sup>2</sup>	grs/cm <sup>3</sup>	c	$\phi$
1	0.3	1.2	1.176	kg/cm <sup>2</sup>	°
2	0.6	1.5	1.001	0.2663	5.0
3	0.9	1.7	1.210		



Atentamente

Ing. Alejandro Peralta Arnaud



Solicitante:

P. Ing. Alma Celeste Calderón González.

OBRA:	EDIFICIO PARA DEPARTAMENTOS de 4 niveles			
UBICACIÓN:	CALLE CORREGIDORES DE QUERÉTARO # 40 DEL FRACCIONAMIENTO VISTA HERMOSA			
LOCALIZACIÓN:	Morelia, Mich.			
SONDEO N.º.	1	ENSAYE N.º.	1	
MUESTRA N.º.	1	PROF.	1.0 mts.	
DESCRIPCIÓN:	arena limosa café claro			

**ESTUDIO DE MECANICA DE SUELOS  
COMPRESION SIMPLE SIN CONFINAR**

Diametros		Areas		Altura	Volumen	Peso humedo	P.V.Hum.
Ds	4.12 cm.	13.332 cm <sup>2</sup> .		8.42 cm.	120.89 cm <sup>3</sup> .	140.50 grs.	1.162
Dm	4.32 cm.	14.657 cm <sup>2</sup> .	14.358 cm <sup>2</sup> .	peso seco	humedad		
Di	4.25 cm.	14.186 cm <sup>2</sup> .		120.2	16.9		
Cargas Y Deformaciones							
Lectura del micro metro de deb macio n	Lectura del micro metro de carga	Carga	Deformacion Total	Deformacion unitaria	1-Deformacion Unitario.	Area Corregida	Esfuerzo
mm	mm	kg.	mm	-	-	cm <sup>2</sup>	kg/cm <sup>2</sup>
10	22.0	3.527	0.254	0.0030	0.9970	14.4014	0.2449
20	23.0	3.704	0.508	0.0060	0.9940	14.4451	0.2564
30	25.0	4.058	0.762	0.0090	0.9910	14.4891	0.2801
40	26.0	4.235	1.016	0.0121	0.9879	14.5333	0.2914
50	27.0	4.413	1.270	0.0151	0.9849	14.5778	0.3027
60	29.0	4.767	1.524	0.0181	0.9819	14.6226	0.3260
70	30.0	4.944	1.778	0.0211	0.9789	14.6677	0.3371
80	32.0	5.298	2.032	0.0241	0.9759	14.7130	0.3601
90	34.0	5.652	2.286	0.0271	0.9729	14.7587	0.3830
100	35.0	5.830	2.540	0.0302	0.9698	14.8046	0.3938
110	37.0	6.184	2.794	0.0332	0.9668	14.8508	0.4164
120	39.0	6.538	3.048	0.0362	0.9638	14.8972	0.4389
130	40.0	6.715	3.302	0.0392	0.9608	14.9440	0.4494
140	42.0	7.070	3.556	0.0422	0.9578	14.9911	0.4716
150	43.0	7.247	3.810	0.0452	0.9548	15.0384	0.4819
160	45.0	7.601	4.064	0.0483	0.9517	15.0861	0.5038



Solicitante: P. Ing. Alma Celeste Calderón González.

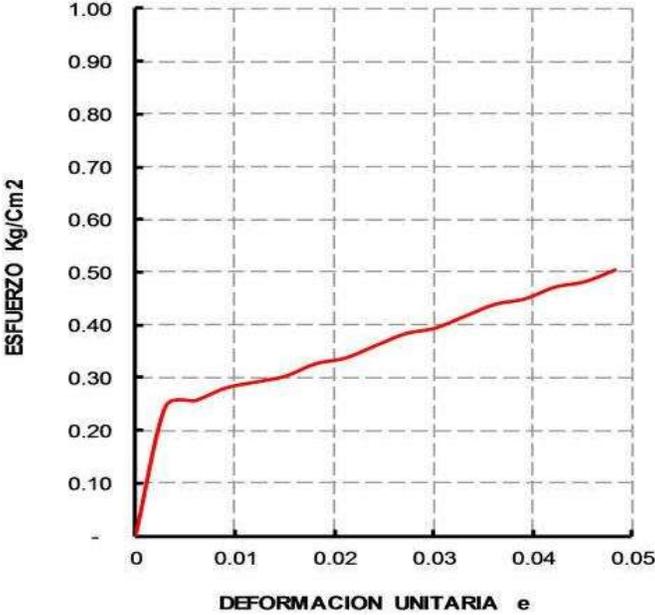
**ESTUDIO DE MECANICA DE SUELOS  
COMPRESION SIMPLE SIN CONFINAR**

Prueba	Compresion Simple sin confirmar	P.C.A. No. 1 Y 2 Est. No. 2
		Localidad: Morelia, Mich.
Obra:	EDIFICIO PARA DEPARTAMENTOS de 4 niveles	ubicación: CALLE CORREGIDORES DE QUERÉTARO # 40 DEL FRACCIONAMIENTO VISTA

**CURVA ESFUERZO DEFORMACION**

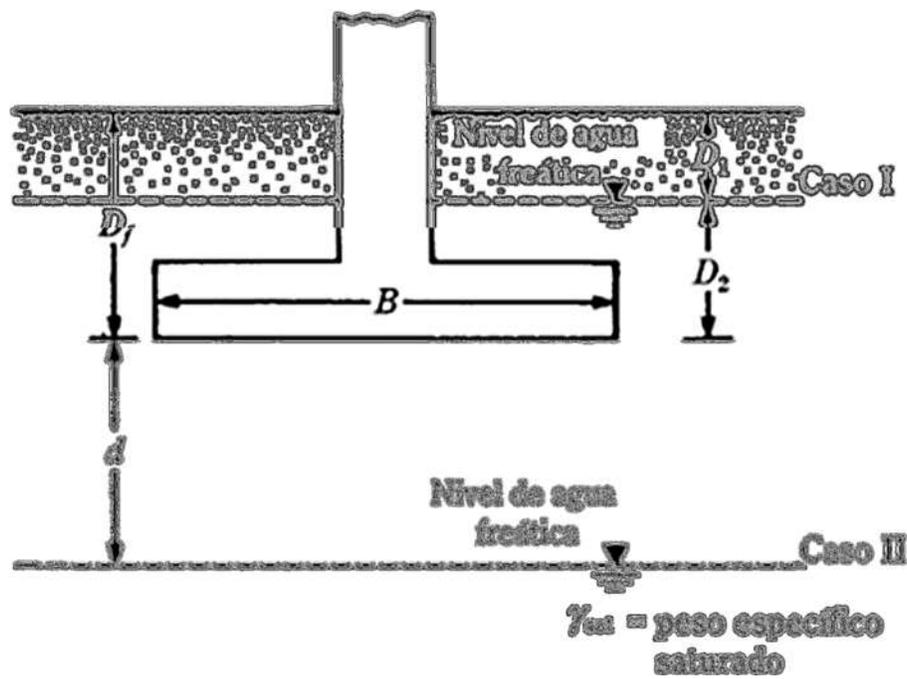
ENSAYE No.	1
Df=	1.0 mts.

Peso Volumétrico = 1.162 T/M<sup>3</sup>  
 qu= 0.504 Kg/Cm<sup>2</sup>  
 c= 0.252 kg/Cm<sup>2</sup>



Grafica	
Defomacion unitaria	Esfuerzo
0.0030	0.245
0.0060	0.256
0.0090	0.280
0.0121	0.291
0.0151	0.303
0.0181	0.326
0.0211	0.337
0.0241	0.360
0.0271	0.383
0.0302	0.394
0.0332	0.416
0.0362	0.439
0.0392	0.449
0.0422	0.472
0.0452	0.482
0.0483	0.504

## CAPACIDAD DE CARGA



PROF (Df)	C	B	PVSS	F.S.	Qc	QAD	ESTRAT O	COMPACIDAD
<b>1.00</b>	2.50	2.00	1.150	3	23.76	7.92	2	<b>MEDIA</b>
<b>2.00</b>	2.50	2.00	1.150	3	27.87	9.29	2	<b>MEDIA</b>
<b>3.00</b>	2.50	2.00	1.150	3	29.15	9.72	2	<b>MEDIA</b>
<b>4.00</b>	<b>2.50</b>	<b>2.00</b>	<b>1.150</b>	<b>3</b>	<b>34.95</b>	<b>11.65</b>	<b>2</b>	<b>MEDIA</b>



CALIDAD DE MATERIAL TIPO TERRENO NATURAL			
Tabla de resultados de los ensayos realizados			
Proyecto:	EDIFICIO PARA DEPARTAMENTOS		Fecha: 11 de mayo de 2018
Solicitante:	P. Ing. Alma C. Calderón González	Localidad:	CORREGIDORES DE QUERETARO # 40 DEL FRACCIONAMIENTO VISTA HERMOSA MORELIA, MICH.
Determinación de las pruebas índices			
Granulometría		Límites de consistencia	
Pozo No.	1	Humedad natural (%)	5.0
Estrato No.	2	Límite líquido (%)	33.82
Malla No.	Pasa en (%)	Límite plástico (%)	26.45
2"	100.0	Índice plástico (%)	7.38
1-1/2"		Contracción lineal (%)	5.00
1"		Clasificación SUCS	SM
3/4"		Arena Limosa	
1/2"			
3/8"			
4	100.0		
10			
20			
40	0.9		
60			
100			
200	0.0		
Porcentaje del suelo			
Grava %	0.0		
Arena %	100.0		
Finos %	0.0		
Resultados de las pruebas mecánicas			
		Pozo	1
Compresión sin confinamiento			
Resistencia (Kg/Cm <sup>2</sup> ) qu		10	
Cohesión (Kg/Cm <sup>2</sup> ) c		2.500	
Compresión triaxial rápida			
Angulo de fricción interna (°)			
Cohesión (Kg/Cm <sup>2</sup> )			
Peso volumétrico natural (Kg/M <sup>3</sup> )			
Valor relativo de soporte estándar			
V.R.S. 90 %			
Expansion 90%			
V.R.S. 95 %			
Expansion 95%			
V.R.S. 100 %		8.50%	
Expansion 100 %		3.60%	
Pesos volumétricos			
Peso volumétrico suelto (kg/m <sup>3</sup> )		1,050.68	
Peso volumétrico seco máximo (kg/m <sup>3</sup> )		1,420.91	
Humedad óptima (%)		19.0	
Coefficiente de abundamiento		-	

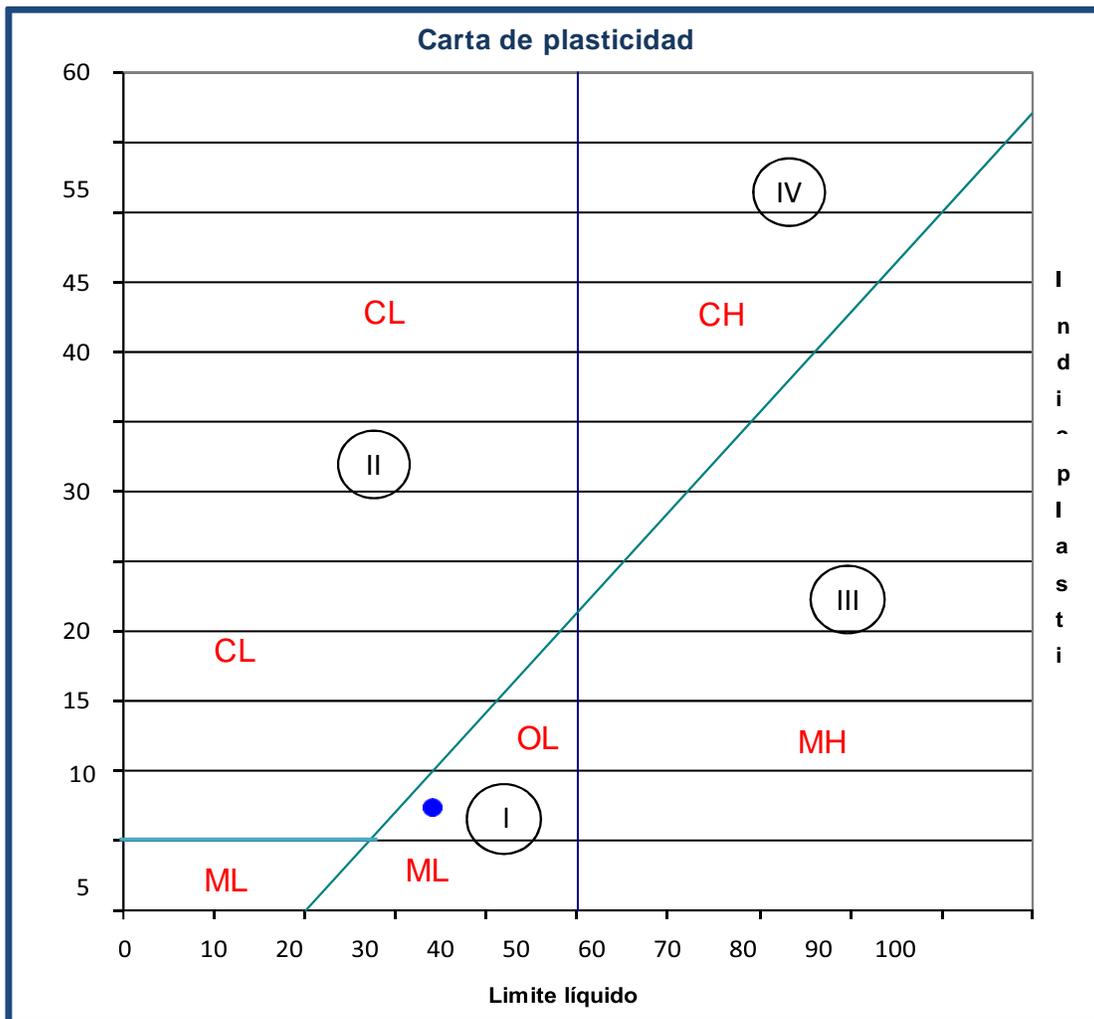
Atentamente

Ing. Alejandro Peralta Arnaud



OBRA:	EDIFICIO PARA DEPARTAMENTOS
Localidad:	CORREGIDORES DE QUERÉTARO # 40 DEL FRACCIONAMIENTO VISTA HERMOSA MORELIA, MICH.

CARTA DE PLASTICIDAD





POZO No.	1
ESTRATO No.	2

CALIDAD DE MATERIAL TIPO TERRENO NATURAL			
Tabla de resultados de los ensayos realizados			
Proyecto:	EDIFICIO PARA DEPARTAMENTOS		Fecha: 11 de mayo de 2018
Solicitante:	P. Ing. Alma C. Calderón González	Localidad:	CORREGIDORES DE QUERETARO # 40 DEL FRACCIONAMIENTO VISTA HERMOSA MORELIA, MICH.
Determinación de las pruebas índices			
Granulometría		Límites de consistencia	
Pozo No.	2	Humedad natural (%)	3.9
Estrato No	3	Límite líquido (%)	57.12
Malla No.	Pasa en (%)	Límite plástico (%)	50.64
2"	100.0	Índice plástico (%)	6.47
1-1/2"		Contracción lineal (%)	5.41
1"		Clasificación SUCS	SM
3/4"		Arena Limosa	
1/2"			
3/8"			
4	100.0		
10	.		
20	.		
40	0.9		
60	.		
100	.		
200	0.0		
Porcentaje del suelo			
Grava %	0.0		
Arena %	100.0		
Finos %	0.0		
Resultados de las pruebas mecánicas			
		Pozo	2
Compresión sin confinamiento			
Resistencia (Kg/Cm <sup>2</sup> ) qu		10	
Cohesión (Kg/Cm <sup>2</sup> ) c		2.500	
Compresión triaxial rápida			
Angulo de fricción interna (°)		-	
Cohesión (Kg/Cm <sup>2</sup> )		-	
Peso volumétrico natural (Kg/M <sup>3</sup> )		-	
Valor relativo de soporte estandar			
V.R.S. 90 %			
Expansion 90%			
V.R.S. 95 %			
Expansion 95%			
V.R.S. 100 %		7.30%	
Expansion 100 %		4.20%	
Pesos volumétricos			
Peso volumétrico suelto (kg/m <sup>3</sup> )		1,134.32	
Peso volumétrico seco máximo (kg/m <sup>3</sup> )		1,313.52	
Humedad óptima (%)		12.4	
Coeficiente de abundamiento		-	

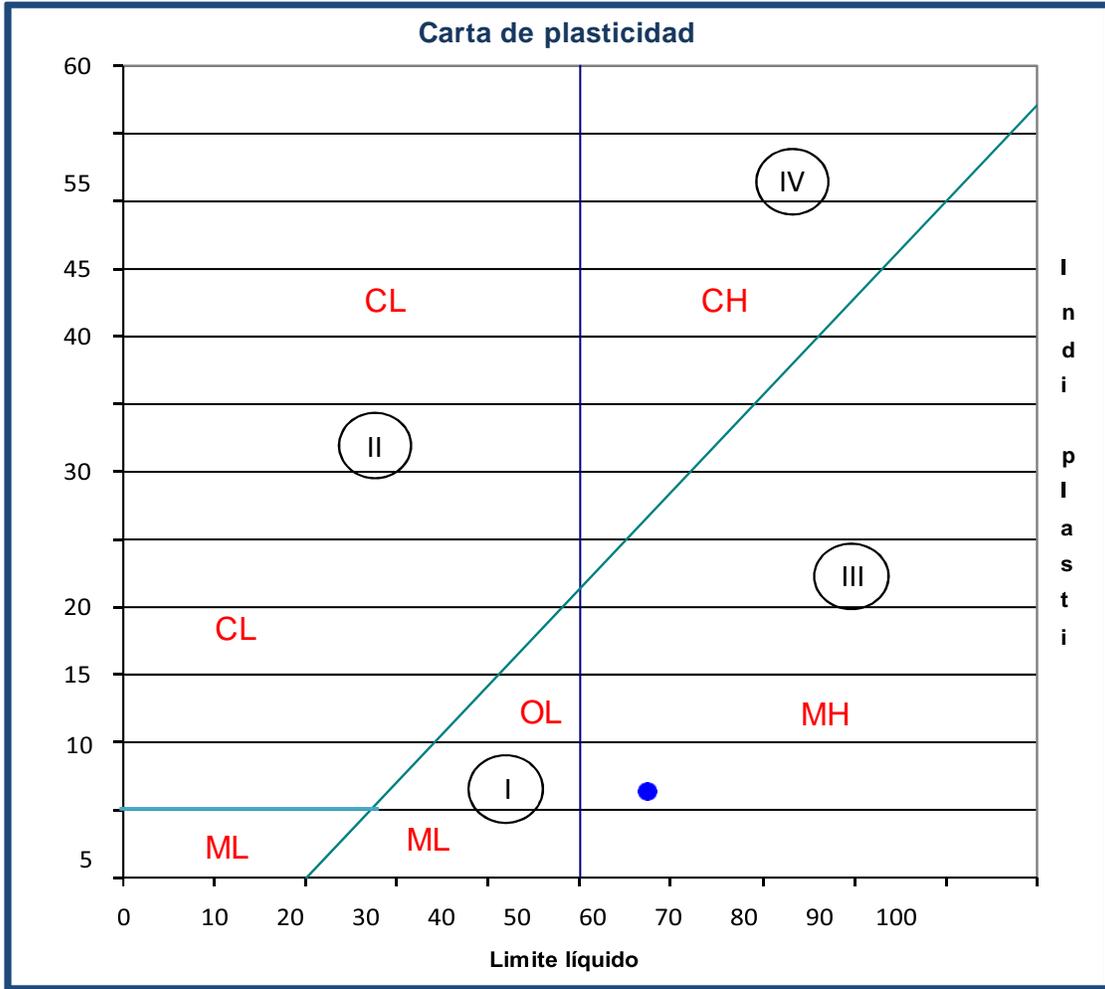
Atentamente

Ing. Alejandro Peralta Arnaud



<b>OBRA:</b>	EDIFICIO PARA DEPARTAMENTOS
<b>Localidad:</b>	CORREGIDORES DE QUERÉTARO # 40 DEL FRACCIONAMIENTO VISTA HERMOSA MORELIA, MICH.

**CARTA DE PLASTICIDAD**



POZO No.	2
ESTRATO No.	3



**CALIDAD DE MATERIAL TIPO TERRENO NATURAL**

**Tabla de resultados de los ensayos realizados**

Proyecto:	<b>EDIFICIO PARA DEPARTAMENTOS</b>		Fecha:	11 de mayo de 2018
Solicitante:	P. Ing. Alma C. Calderón González	Localidad:	CORREGIDORES DE QUERÉTARO # 40 DEL FRACCIONAMIENTO VISTA HERMOSA MORELIA, MICH.	

**Determinación de las pruebas índices**

Granulometría		Límites de consistencia	
Pozo No.	3	Humedad natural (%)	4.7
Estrato No	2	Límite líquido (%)	40.75
Malla No.	Pasa en (%)	Límite plástico (%)	35.32
2"	100.0	Índice plástico (%)	5.43
1-1/2"		Contracción lineal (%)	8.82
1"		Clasificación SUCS	SM
3/4"		Arena Limosa	
1/2"			
3/8"			
4	69.4		
10	.		
20			
40	1.2		
60	.		
100	.		
200	0.0		
Porcentaje del suelo			
Grava %	30.6		
Arena %	69.4		
Finos %	0.0		

**Resultados de las pruebas mecánicas**

	Pozo	3
<b>Compresión sin confinamiento</b>		
Resistencia (Kg/Cm <sup>2</sup> ) $q_u$		10
Cohesión (Kg/Cm <sup>2</sup> ) $c$		2.500
<b>Compresión triaxial rápida</b>		
Ángulo de fricción interna (°)		-
Cohesión (Kg/Cm <sup>2</sup> )		-
Peso volumétrico natural (Kg/M <sup>3</sup> )		-
<b>Valor relativo de soporte estándar</b>		
V.R.S. 90 %		
Expansion 90%		
V.R.S. 95 %		
Expansion 95%		
V.R.S. 100 %		8.00%
Expansion 100 %		3.20%
<b>Pesos volumétricos</b>		
Peso volumétrico suelto (kg/m <sup>3</sup> )		1,133.09
Peso volumétrico seco máximo (kg/m <sup>3</sup> )		1,306.17
Humedad óptima (%)		11.9
Coefficiente de abundamiento		-

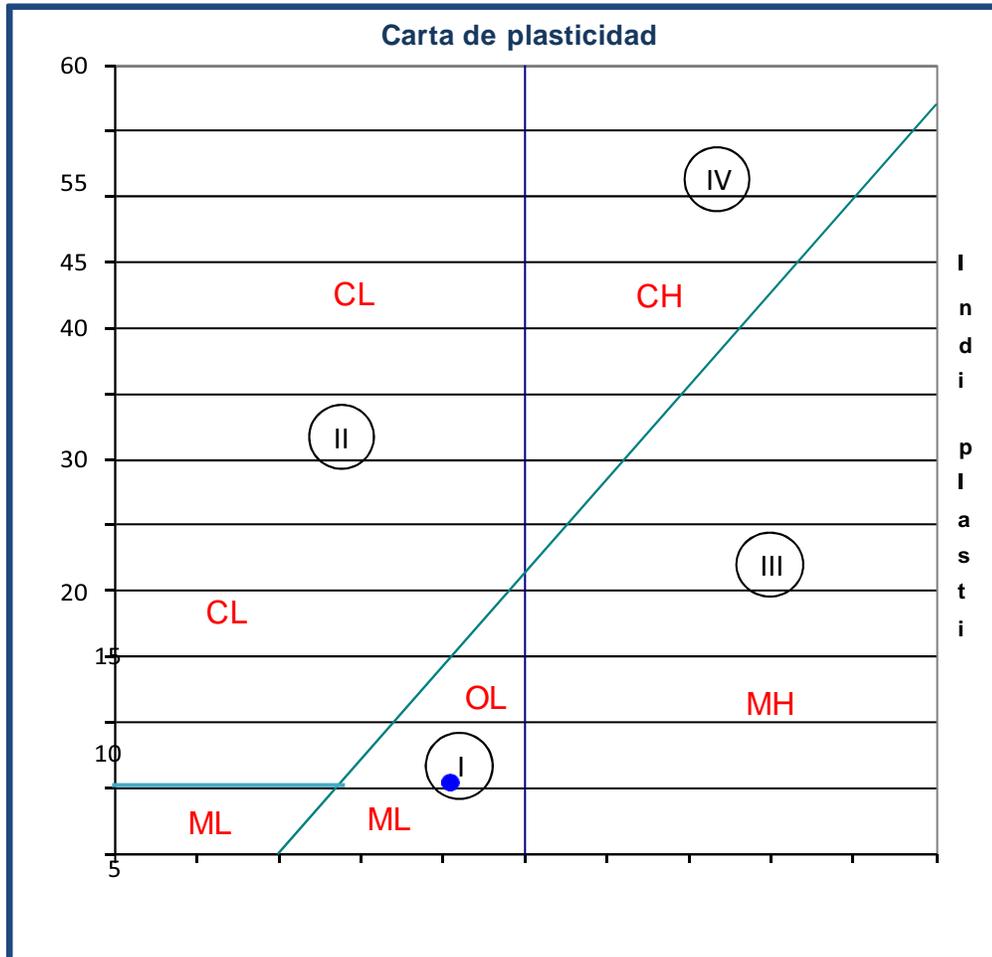
Atentamente

Ing. Alejandro Peralta Arnaud



OBRA:	EDIFICIO PARA DEPARTAMENTOS
Localidad:	CORREGIDORES DE QUERETARO # 40 DEL FRACCIONAMIENTO VISTA HERMOSA MORELIA, MICH.

CARTA DE PLASTICIDAD



POZO No.	3
ESTRATO No.	2

## Informe Fotográfico



*Ilustración 41, Foto 1, vista al área de estudio.*



*Ilustración 42, Foto 2, vista al área de estudio.*

**Área de estudio.**

**Pozo a cielo abierto.**



*Ilustración 43, Foto 3, Vista al sitio para la realización del P.CA. 1*



**Ilustración 44, Foto 4, Vista al sitio para la realización del P.CA.1, Mostrándose el material a una profundidad de 2.0 mts.**

## **POZO A CIELO ABIERTO 2**



**Ilustración 45, Foto 5, Vista al sitio para la realización del P.CA. 2**



**Ilustración 46, Foto 6, Vista al sitio para la realización del P.CA.2, Mostrándose el material a una profundidad de 2.0 mts.**

### **POZO A CIELO ABIERTO 3**



**Ilustración 47** Foto 7, Vista al sitio para la realización del P.C.A. 3



**Ilustración 48**, Foto 8, Vista al sitio para la realización del P.C.A.3, Mostrándose el material a una profundidad de 1.90 mts.

## **POZO A CIELO ABIERTO 4**



*Ilustración 49, 9, Vista al sitio para la realización del P.CA. 4*



*Ilustración 50, Foto 10, Vista al sitio para la realización del P.CA.4, Mostrándose el material a una profundidad de 2.20 mts.*

## POZO A CIELO ABIERTO 5



*Ilustración 51, Foto 11, Vista al sitio para la realización del P.CA. 5.*



*Ilustración 52, Foto 12, Vista al sitio para la realización del P.CA.5, Mostrándose el material a una profundidad de 1.50 mts.*



## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.

### BIBLIOGRAFÍAS.

Crespo, C., (2007) Mecánica de Suelos y Cimentación, Editorial Limusa, 6ª Edición, ISBN 978681869632

González, L., (2002) Ingeniería Geológica, Editorial Pearson Educación, 1ª Edición, ISBN 978-8420531045.

Muelas, A., (2010), Manual de Mecánica del Suelo y cimentaciones.

Lamber,W., y Whitman, R., (2008) Mecánica de suelos, Editorial, Limusa, México, ISBN 968-18-1894-6

Couto, J.M.M. (2011). Experimental, Numerical and Virtual Tools in Civil Engineering. IEEE Global Engineering Education Conference (EDUCON) – "Learning Environments and Ecosystems in Engineering Education". April 4 - 6, 2010, Amman, Jordan. 1162-1165.

Jinks, R. (1994). Developing experimental skills in engineering undergraduates.

Engineering Science and Education Journal 3, 287-290.

### FUENTES ELECTRÓNICAS.

Prontuario características técnicas de los terrenos y cimentaciones adecuadas a los mismos [https://www.mapfrere.com/reaseguro/es/images/Prontuario-Suelos-Cimentaciones\\_tcm636-81027.pdf](https://www.mapfrere.com/reaseguro/es/images/Prontuario-Suelos-Cimentaciones_tcm636-81027.pdf).

Valcarcel, J., Conceptos Generales de la Mecánica de Suelos. <https://www.udc.es/dep/dtcon/estructuras/ETSAC/Profesores/valcarcel/MaterMRH-E-0809/1a-Mecanica%20Suelo.pdf>

Lamber,W., y Whitman, R., (2008) Mecánica de suelos, Editorial, Limusa, México, ISBN 968-18-1894-6



[http://caminos.udc.es/info/asignaturas/grado\\_tecic/211/algloki/pdfs/Resumen%20S  
uelos.PDF](http://caminos.udc.es/info/asignaturas/grado_tecic/211/algloki/pdfs/Resumen%20Suelos.PDF)