

ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS PARA DEFINIR EL  
TIPO DE CIMENTACIÓN A EMPLEAR EN EL EDIFICIO  
DELEGACIONAL Y CENTRO DE SERVICIO DE INFONAVIT  
QUE SE PROYECTA CONSTRUIR EN AV. DE LOS HÉROES  
NO. 298, COLONIA CENTRO CÍVICO, MEXICALI, BAJA  
CALIFORNIA NORTE, MÉXICO.

AGOSTO 2017  
EMS/123/2017

# C O N T E N I D O

## 1. INTRODUCCIÓN

## 11. ANTECEDENTES

### 111. ASPECTOS GEOLÓGICOS

## IV. EXPLORACIÓN

## v. PRUEBAS DE LABORATORIO

## VI . ESTRATIGRAFÍA

## VII. ANÁLISIS GEOTÉCNICO

- A. Propuesta de Cimentación
- B. Capacidad de Carga
- C. Análisis de Asentamientos
- D. Empujes del Suelo
- E. Procedimiento Constructivo

## VIII. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

## IX. REFERENCIAS

### ANEXOS

- Anexo I.  
Figuras y Localización
- Anexo II.  
Reporte de Laboratorio
- Anexo 111.  
Propuesta de Cimentación
- Anexo IV.  
Reporte Fotográfico

---

## 1. INTRODUCCIÓN

A solicitud del Ing. Issac Himelfarb Offman, Grupo LAC Mecánica de Suelos y Geotecnia S.A. de C.V., realizó los trabajos de campo, laboratorio y gabinete para emitir los resultados del estudio de mecánica de suelos, correspondiente al predio ubicado en Av. de los Héroes no. 298, Colonia Centro CIVico, Mexicali, Baja California Norte, México, con la finalidad de proponer el tipo de cimentación más adecuada para soportar y transmitir al suelo de apoyo las cargas producidas por la construcción del Edificio Delegacional y Centro de Servicio de INFONAVIT.

El presente corresponde al informe final del Estudio de Mecánica de suelos y en él se dan a conocer entre otros aspectos los siguientes:

En el capítulo II se describen brevemente las características del proyecto por construir.

En el capítulo III, se proporciona una semblanza del marco geológico de la cuenca del valle de México, enfocada a describir los depósitos de suelo característicos que la conforman.

Para poder conocer las características del subsuelo en el sitio fue necesario obtener muestras de suelo a diferentes profundidades mediante un sondeo de penetración estándar a la profundidad de 15.00 m y la ejecución de un pozo a cielo abierto a la profundidad de 2.00 m. Las técnicas empleadas para la obtención de muestras se describen en el capítulo IV.

Las muestras obtenidas en la campaña de exploración se sometieron a diferentes pruebas de laboratorio para determinar las propiedades índice, las propiedades mecánicas de resistencia y de compresibilidad de los diferentes depósitos encontrados en la campaña de exploración, las cuales se describen en forma más detallada en el capítulo V de éste estudio.

En el capítulo VI, se describe la columna estratigráfica identificada durante la exploración, mencionando su espesor, clasificación y comportamiento mecánico.

En el capítulo VII, se presenta la alternativa de cimentación propuesta, al igual que el análisis geotécnico realizado, describiendo los métodos utilizados, así como los resultados obtenidos.

En el capítulo VIII, se presentan las conclusiones y recomendaciones, emitidas a partir de los trabajos de exploración, de los resultados de laboratorio, así como del análisis geotécnico realizado.

En los anexos de este estudio se presentan las figuras generales de proyecto y cimentación, así como los reportes de laboratorio y fotográfico.

## II. ANTECEDENTES

Descripción del Sitio: El sitio en estudio es un predio que se encuentra ubicado en Av. de los Héroes no. 298, Colonia Centro Cívico, Mexicali, Baja California Norte, México



Descripción del Proyecto: El proyecto consta de la construcción de un edificio con sótano, planta baja y dos niveles.

DATOS GENERALES DEL PROYECTO		
Planta	N.p.t. (m)	Superficie (m <sup>2</sup> )
Sótano		815.46
Planta Baja		815.46
Nivel 1		762.16
Nivel 2		762.16
Nivel de Azotea		762.16

**Bajada de Cargas:** De acuerdo con la información proporcionada por el Ing Himelfarb, se tiene la siguiente información del análisis estructural del proyecto:

Bajada de carga total a cimentación: 3054.49 toneladas

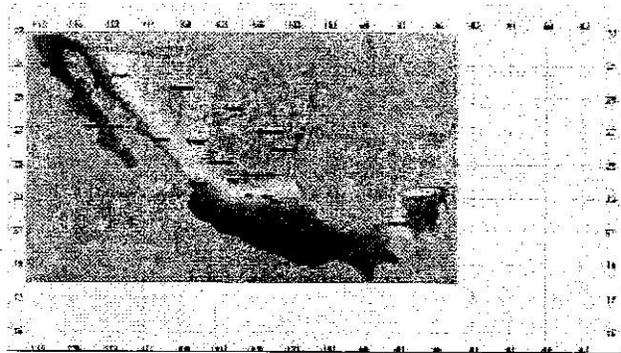
Presión al terreno: 3.75 t/m<sup>2</sup>

Centro Geométrico: 15.48 m      — 13.39 m

Centro de cargas: 15.38 m      Y— 13.00 m

**Alcance y Objetivo:** La finalidad de este estudio es determinar la configuración estratigráfica del sitio donde se ubicara el proyecto, definiendo el comportamiento mecánico de los depósitos de suelo detectados; lo anterior con el objetivo de realizar el diseño geotécnico de la alternativa de cimentación que mejor interactúe con el suelo del sitio y la estructura proyectada, garantizando el buen comportamiento de la cimentación durante el periodo de vida útil del proyecto.

### **III. ASPECTOS GEOLOGICOS.**



Las condiciones geológicas y los esfuerzos tectónicos a los que estuvo sometida la península, dieron origen a su eje geológico estructural, que presenta la misma orientación, y está integrado por la cordillera peninsular cuyo núcleo granítico masivo (batolito) aflora en el Norte y se oculta en el Sur bajo materiales volcánicos.

Este eje tiene la forma de un bloque alargado e inclinado hacia el Sureste; presenta un flanco abrupto hacia el Golfo de California, otro más suave hacia el Océano Pacífico, lo que determina

la configuración alargada y angosta de la península. Esto ha dado lugar a la formación de una gran variedad de topografías, tales como valles, llanuras, sierras, etc.

**Topografía:** El principal sistema orográfico de Baja California cruza longitudinalmente al Estado; se inicia al Norte, en la Sierra de Juárez, y continúa al Sur con el nombre de Sierra de San Pedro Mártir, donde se divide en sierras más pequeñas, con diferentes nombres, hasta el límite con Baja California Sur.

La Sierra Cucapah constituye otro sistema orográfico, y se encuentra ubicada en forma paralela a la Sierra de Juárez, quedando entre ambas una depresión arenosa de baja permeabilidad llamada Laguna Salada; las sierras de Las Tinajas y La Peralta, relativamente pequeñas, se localizan al Noroeste y al Oeste, respectivamente, de la parte Sur de la Sierra de Juárez.

Otros sistemas orográficos de importancia, tales como las sierras de San Felipe, Santa Isabel y San Miguel, se encuentran al Este y Oeste de la Sierra de San Pedro Mártir. Las sierras de menor importancia por su magnitud son: La Asamblea, Las Animas, Agua de Soda, La Libertad y la de San Borja, que se localizan aisladamente al Sur del Estado.

Entre las llanuras más importantes podemos mencionar la de Mexicali (deltáica), Laguna Salada (aluvial con inundación), Maneadero, Camalú y San Quintín (costeras), Calamajué (aluvial) y El Berrendo (desértica). Los que realmente se consideran valles son el de Guadalupe, Santo Tomás, San Telmo, Et Rosario y La Trinidad.

**Relieve:** San Pedro Mártir porción Norte de Baja California, tiene una superficie variable donde contrastan lomeríos, sierras, valles y grandes desiertos. Las altitudes van desde el nivel del mar hasta los picos más altos de las sierras de Juárez (1,800 msnm) y San Pedro Mártir (3,100 msnm). El sistema montañoso recorre todo lo largo de la península, con pendientes a menudo muy abruptas, que descienden directamente hacia el Golfo de California, y mucho más suaves en la vertiente opuesta. Esta cadena montañosa presenta un mayor desarrollo en el cuarto septentrional de la península, donde forma las sierras Juárez y San Pedro Mártir.

El sistema orográfico peninsular se enlaza con las montañas de la Alta California, sobre todo con la Sierra Nevada. Las tres cuartas partes del territorio corresponden a grandes llanuras desérticas. A este gran desierto se le llama Desierto Sonorense, y está ubicado en la cabeza del Golfo de California; abarca la parte Oeste del Estado de Sonora, así como grandes áreas de Baja California, del Sureste de California y del Suroeste de Arizona.

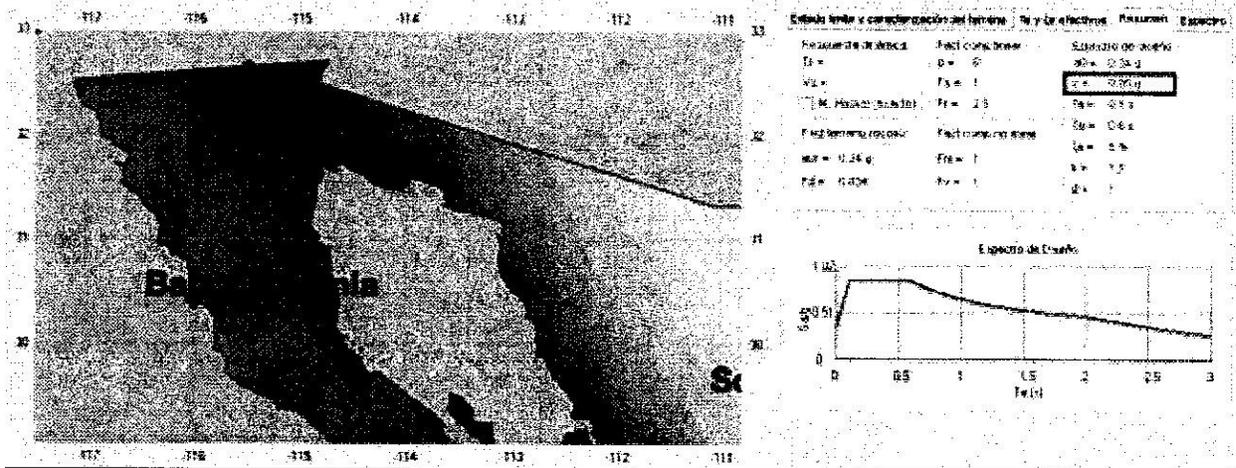
**Litología:** La entidad está constituida por rocas ígneas, sedimentarias y metamórficas, con edades que van desde el período paleozoico hasta el cuaternario, y se clasifican en rocas pre-batolíticas, batolíticas y postbatolíticas.

Las rocas pre-batolíticas son ígneas volcanoclásticas, sedimentarias y metamórficas del paleozoico y mesozoico inferior; las rocas batolíticas son ígneas intrusivas de composición granítica y cuarzodiorítica, que se formaron en el mesozoico superior (cretácico medio), y las rocas post-batolíticas son sedimentarias clásticas y volcánicas pertenecientes al cretácico superior, al terciario y al cuaternario.

En general, se puede decir que las rocas ígneas se distribuyen de Norte a Sur, abarcando la mayor parte del territorio. Las rocas sedimentarias se localizan principalmente en la zona costera y las metamórficas se encuentran distribuidas en pequeños afloramientos dispersos, a lo largo de todo el Estado.

**Coefficiente Sísmico:**

El proyecto en estudio se encuentra en la zona "D" de alta sismicidad de la república mexicana, le corresponde un coeficiente sísmico de 0.85 de acuerdo al programa de diseño sísmico emitido por la Comisión Federal de Electricidad (PRODISIS)



## **IV. EXPLORACIÓN**

Con la finalidad de conocer la configuración estratigráfica del sitio así como las propiedades de los depósitos detectados, se llevó a cabo una campaña de exploración consistente en la ejecución de un sondeo de penetración estándar a la profundidad de 15.00 m y la ejecución de un pozo a cielo abierto a la profundidad de 2.00 m.

La **penetración estándar** consiste en el hincado de la herramienta de muestreo denominada penetrómetro estándar cuya longitud total es de 60 cm, dicho muestreador está formado por 2 medias cañas, un cabezal y una zapata de ataque. El penetrómetro estándar se hinca en el suelo mediante golpes con un martinete de aproximadamente 63.5 kg de peso, dejándolo caer desde una altura aproximada de 76 cm, llevando un conteo del número de golpes necesarios para hincar cada una de las cuatro partes de 15 cm que cubren la longitud total del muestreador. Del muestreo con penetrómetro estándar, se obtienen muestras alteradas, de las cuales se obtiene en laboratorio las propiedades índices del material. Este ensaye también permite obtener algunos parámetros mecánicos mediante correlaciones empíricas, utilizando el número de golpes necesarios para hincar los 30 cm centrales de la herramienta.

## **V. PRUEBAS DE LABORATORIO**

Los trabajos de laboratorio efectuados sobre las muestras alteradas e inalteradas obtenidas de la campaña de exploración consistieron en lo siguiente:

**Clasificación Visual y al Tacto:** Se determinan las características físicas del suelo, como son: color, textura, olor, Dilatancia, Tenacidad y Resistencia en estado seco, para obtener la clasificación preliminar del material (ASTM D 2488),

**Contenido de Humedad (00%):** Se determina el contenido de humedad natural del suelo, secando el material a temperatura constante (ASTM D 2216).

**Granulometría y Porcentaje de Finos:** Se determina el porcentaje de finos, arena y grava, así como su distribución por tamaños (ASTM D 422).

**Densidad de Sólidos (ss):** Se determina la densidad de las partículas sólidas del suelo, con ayuda de matraces calibrados y dispositivos de succión de aire (ASTM 854).

**Peso Específico (Y):** Se determina por medio de la inmersión de una muestra de suelo, en parafina, y posteriormente en agua, utilizando el principio de Arquímedes.

**Límite Líquido y Límite Plástico:** Se determinan las características de plasticidad de la fracción fina del suelo, para lo cual se hace pasar el material por la malla No 40 (ASTM D 4318).

**Compresión Triaxial no Drenada no Consolidada (TXUU):** Se determina la resistencia al esfuerzo cortante de tres probetas cilíndricas de suelo, así como sus propiedades elásticas, por medio de una prensa y cámara triaxial, con lo cual pueden ejercerse esfuerzos en todas las direcciones de la probeta (ASTM D 2850).

**Consolidación Unidimensional:** Se determinan los parámetros de deformación del suelo, por medio de consolidómetros, aplicando incrementos de carga al suelo cada 24 horas (ASTM D 24.35).

En los anexos de este estudio se presentan los resultados de cada uno de los ensayos a que se sometieron las muestras recuperadas durante la campaña de exploración, así como la interpretación estratigráfica del sitio.

## VI. ESTRATIGRAFÍA

De acuerdo a las observaciones realizadas durante la campaña de exploración, así como los resultados de laboratorio, se realizó la interpretación estratigráfica de los depósitos de suelo detectados, la cual se resume a continuación:

Estratigrafía: Sondeo Mixto 1 (SM-I)				
Estrato	Profundidad (m)	SUCS	Número de golpes SPT promedio	Descripción
1	0.00 - 1.40	SM	41	Arena limosa de grano fino color café. Presenta una compacidad relativa compacta.
11	1.40 - 15.00		50	Limo de alta plasticidad color café. Presenta una consistencia dura y muy poca deformabilidad.

El nivel de aguas freáticas no fue detectado a la profundidad máxima de exploración a partir de la cota del brocal.

En el Anexo II se presentan los perfiles obtenidos de la interpretación estratigráfica del sitio, y en el Anexo I se muestran los cortes estratigráficos generales.

## VII. ANÁLISIS GEOTÉCNICO

### A. Propuesta de Cimentación

Tomando en consideración las características físicas y propiedades mecánicas de los depósitos encontrados, considerando así como el proyecto a ejecutar se propone cimentar la estructura mediante una losa de cimentación desplantada a la profundidad mínima de 3.00 m rigidizada con trabes invertidas desplantadas a la profundidad de 3.20 m.

Antes de construir la cimentación se deberá colocar el siguiente mejoramiento:

Espesor	Material	Nivel (m)
20 cm	Tepetate compactado al 95% de su PVSM de la prueba Proctor.	-3.20
20 cm		-3.40

Será necesario estabilizar la excavación para la construcción de la cimentación mediante taludes y bermas, las cuales se deberán retirar en tramos de 5 m.

## B. Capacidad de Carga.

El análisis geotécnico dio inicio con el cálculo de la capacidad de carga admisible, la cual se calculó con la teoría del Dr. Karl Terzaghi, para suelos cohesivos, y se expresa en la siguiente ecuación:

$$Qa = \frac{cNc + qNq + 0.5\gamma B N\gamma}{Fs}$$

Donde:

Qa= Capacidad de carga admisible

Nq y Ny = Factores de capacidad de carga, en función del ángulo de fricción interna del suelo  
q= Sobrecarga a nivel de desplante de la cimentación = Peso volumétrico del suelo

B = Ancho de la cimentación

Fs = Factor de seguridad igual a 3

La capacidad de carga en condición de carga dinámica se obtuvo mediante la aplicación de la siguiente expresión:

$$Q = (C * Nc + Po) * Frs$$

En donde:

Q' — Capacidad de carga última de la cimentación en condiciones dinámicas

Frs — Factor de reducción por sismo, el cual se determinó de acuerdo a la siguiente igualdad

$$FRs = 1 - \frac{0.12 * cs * b * FC * \gamma}{FR * C}$$

cs — Fracción de la componente horizontal de la aceleración sísmica, igual a la cuarta parte del coeficiente sísmico de la zona (C.S.=0.45).

— Peso específico del suelo bajo la zona de influencia de esfuerzos de la cimentación

b — Espesor efectivo de la masa de suelo potencialmente vibrante

FR — Factor de reducción igual a 0.70

FC — Factor de carga igual a 1.10

En base a las consideraciones anteriores y sustituyendo cada uno de los parámetros anteriormente descritos por sus valores correspondientes dentro de las expresiones, se obtuvo la capacidad de carga admisible para el análisis de la cimentación en condición estática y dinámica, la cual se muestra en la Tabla-I.

**Tabla-I. Capacidad de carga admisible.**

Tipo de Cimentación	Profundidad de desplante, Df (m)	Peso desalojado (t/m <sup>2</sup> )	(m)	Capacidad de carga admisible estática (t/m <sup>2</sup> )	Capacidad de carga admisible dinámica (t/m <sup>2</sup> )
Losa de Cimentación con trabes invertidas	3.20	5,92	10	61.67	80.17
	3.40	6.29		62.46	81.20
	3.60	6.66		63.25	82.22
	3.80	7.03		64.04	83.25
	4.00	7.40		64.83	84.27
	4.20	7.77		65.62	85.30

El suelo en el sitio de estudio presenta una capacidad de carga admisible en condiciones estáticas de 61.67 t/m<sup>2</sup> y de 80.17 t/m<sup>2</sup> en condiciones dinámicas, para una cimentación desplantada a la profundidad de 3.20 m, mediante trabes invertidas.

### C. Análisis de Expansiones

El análisis de los asentamientos se realizó tomando en consideración el efecto de compensación debido al retiro de material, para la construcción del semisótano

Peso de la estructura= 3.75 t/m<sup>2</sup>  
 Peso máximo del material desalojado por la excavación = 5.92 t/m<sup>2</sup>  
 Alivio de presión = **0.71 t/m<sup>2</sup>**

Debido a que el peso desalojado resulta mayor al peso de la construcción, considerando el retiro de material para la construcción de la cimentación, se determinaron las expansiones esperadas que tendrá el fondo de la excavación como resultado de la liberación de esfuerzos en dicho nivel. El análisis de expansiones, se realizó utilizando la teoría de la elasticidad la cual se expresa de la siguiente manera:

$$\Delta\delta = \frac{(1-\mu^2)PB}{E_s} I_f$$

**Donde:**

- Aô = Expansiones esperadas cm.
- g = Modulo de POISSON del suelo.
- P = Alivio de presiones en Kg/cm<sup>2</sup>
- B = Ancho de la cimentación en cm.
- Es = Modulo de elasticidad del suelo.
- If = Factor de forma o de influencia de la cimentación.

Tomando en consideración las propiedades de los suelos, las características geométricas de la excavación y la magnitud de la descarga, la expansión máxima esperada se muestra en la tabla II.

**Tabla-II: Ex ansiones**

Tipo de Cimentación	Profundidad de desplante Df (m)	Expansión (cm)
LOSA DE CIMENTACIÓN CON TRABES INVERTIDAS	3.20	9.12

Debido a la magnitud de las expansiones se recomienda realizar la excavación para alojar los sótanos de estacionamiento en 6 áreas como se muestra en el anexo III, una vez excavada la etapa correspondiente se deberán colocar de inmediato los 40 cm de material de mejoramiento de limo arenoso (tepetate) compactado al 95% de su PVSM de la prueba Proctor y ta plantilla de concreto

#### D. Empujes del Suelo

Se determinó la fuerza que generan los diagramas de presiones a las cuales estarán sujetos los muros estructurales del sótano y se relacionan con la carga por colindancias y el peso propio del suelo de relleno.

- Presión lateral debida al peso propio del suelo en estado de reposo

$$P_h = \gamma Z K_0$$

Donde:

$P_h$ =Presión horizontal debido al peso del suelo de relleno

$Z$ = Ancho del estrato

$\gamma$ =Peso específico del estrato

$K_0$ = Coeficiente de presión para suelos en reposo =  $1 - \sin \phi$

$\phi$  =Ángulo de fricción interno del material que confina a los muros.

- Presión por sobrecarga, debida a que hay edificaciones colindantes o vialidades determinándola de la siguiente manera:

$$P_q = q K_0$$

Donde:

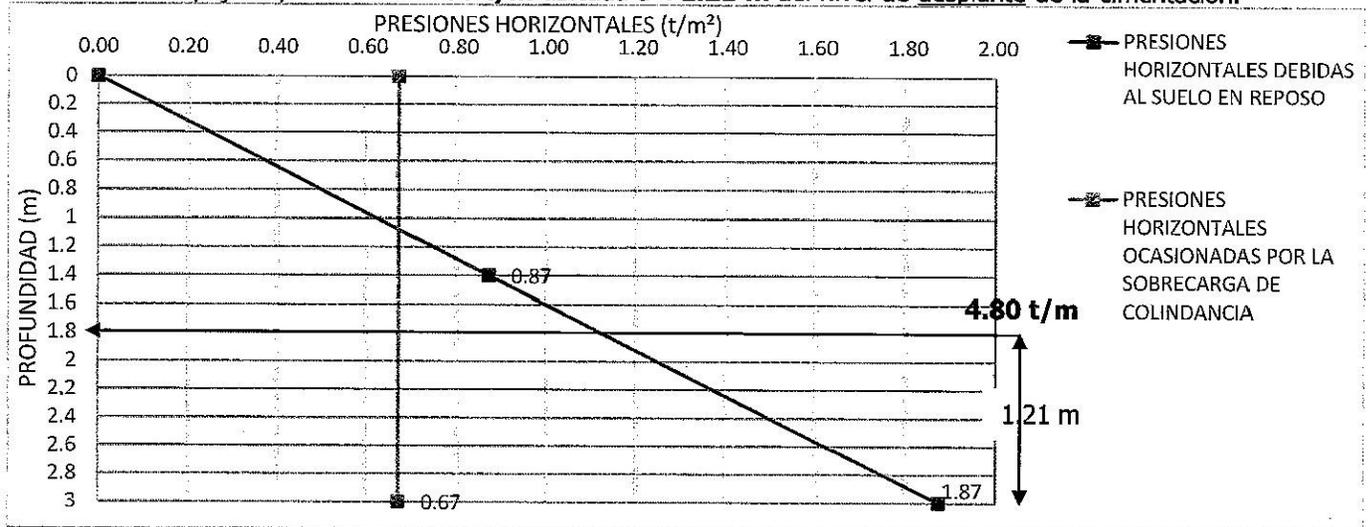
$P_q$ =Presión horizontal debida a la sobrecarga

$q$ = Peso de servicio de la sobrecarga considerando

$K_0$ = Coeficiente de presión para suelos en reposo =  $1 - \sin \phi$

$\phi$  =Ángulo de fricción interno del material que confina a los muros.

La fuerza de empuje  $E_0$ , resultó de **4.80 t/m** ubicada a **+1.21 m** del nivel de desplante de la cimentación.



### E. Procedimiento Constructivo

A continuación se presentan algunas recomendaciones al proceso constructivo de la propuesta de cimentación planteada en este estudio (Ver Anexo III).

En estas especificaciones se describe el procedimiento constructivo generat que deberá seguirse para la construcción de la alternativa de cimentación propuesta, dichas especificaciones deberán Conciliarse con el proyecto estructural definitivo.

La cimentación se construirá como se indica en el proyecto ejecutivo desarrollado por la empresa a cargo del proyecto y diseño estructural, la cual deberá de seguir las recomendaciones adelante planteadas.

En general, el procedimiento constructivo se ha dividido en siete etapas, las cuales se enlistan a continuación:

- Etapa I      Trabajos preliminares
- Etapa II     Limpieza y trazo
- Etapa III    Excavación
- Etapa IV    Conformación del suelo de mejoramiento
- Etapa V     Fabricación de la plantilla
- Etapa VI    Colocación de acero de refuerzo y colado de la cimentación
- Etapa VII   Conformación del suelo de relleno

#### I. Trabajos preliminares:

Deberá realizarse un exhaustivo levantamiento de todas las obras inducidas (drenaje, agua potable, teléfono, luz, etc.)

Además será necesario un levantamiento notariado o Fe de Hechos de las condiciones que presentan cada una de las colindancias.

Instrumentación: Con el propósito de verificar que la construcción se realice dentro de los rangos de seguridad establecidos por el reglamento vigente, así como advertir oportunamente el desarrollo de condiciones de inestabilidad, se establecerá el programa de instrumentación que se describe a continuación

Bancos de nivel superficiales: Servirán de apoyo para el control de los testigos superficiales para determinar los movimientos superficiales causados por la excavación y construcción del proyecto; podrán ser 2 0 más y se colocarán fuera del área de influencia de la construcción.

Referencias superficiales: Se colocarán puntos fijos en la superficie perimetral a la excavación a cada 3.5m, definiendo líneas de control, Estarán constituidos por pernos metálicos y servirán para medir los desplazamientos horizontales y verticales que ocurran en la superficie del terreno.

Testigos en fisuras: Servirán para conocer a lo largo de la construcción del edificio, la evolución de las fisuras existentes en las construcciones colindantes, permitiendo así detectar oportunamente, el desarrollo de deformaciones inadmisibles. Serán de yeso y se colocarán en todas las fisuras que se observen en las colindancias.

Frecuencia de mediciones: Las mediciones de los controles aquí propuestos se efectuaran 2 veces por semana en el periodo comprendido entre el inicio y la terminación de la excavación; posteriormente se continuara con lecturas semanales y lecturas mensuales..

Presentación de resultados: En la obra se deberá llevar un registro gráfico de cada una de las mediciones, para poder determinar directamente en el sitio, cualquier correlación de movimientos con posibles asentamientos en la superficie y de las construcciones colindantes, así como el desarrollo del procedimiento constructivo, de tal forma que puedan detectarse oportunamente deformaciones inadmisibles o bien, condiciones de inestabilidad.

## **II. Limpieza y trazo:**

Se deberá retirar por completo cualquier material que impida la correcta ejecución de los trabajos en la proyección del área de desplante de la cimentación, tales como restos de estructuras antiguas, escombros, materia vegetal, etc.

El trazo para la construcción de la cimentación, deberá realizarse con ayuda de un levantamiento topográfico, así como de instrumentos de medición en campo.

Se deberán colocar señales de seguridad durante la construcción del proyecto.

## **III. Excavación:**

a).- Se procederá a excavar el área correspondiente hasta 3.40 m con respecto al nivel de terreno natural, dejando bermas de 0.80 m de ancho y taludes en proporción 1.00:0.60 (Vertical-Horizontal) en el perímetro de la excavación.

b).- La parte de la cimentación correspondiente a las colindancias, se deberá retirar la berma perimetral en tramos alternos de 5.00 m de longitud e inmediatamente se deberá construir el muro del sótano de estacionamiento.

c) - Se colocará una cama de trabajo (suelo de mejoramiento) consistente en dos capas de tepetate compactado al 95 % de su PVSM de la prueba Proctor.

d).- Conforme se vayan retirando las bermas se deberá construir el muro del sótano de estacionamiento así como la losa de cimentación para contener las caras descubiertas del corte y la colindancia no sufra daños.

e).- El procedimiento descrito en los incisos A al D, se repetirá para cada una de las etapas de excavación que se realicen, se recomienda que se divida el predio en seis etapas.

#### **IV. Conformación del suelo de mejoramiento**

Se colocará una cama de trabajo conformado por la siguiente estructura:

Espesor	Material	Nivel (m)
20 cm	Tepetate compactado al 95% de su PVSM de la prueba Proctor.	-3.20
20 cm		-3.40

#### **V. Fabricación de la plantilla**

Se colocará una plantilla de concreto simple de  $f'c = 100 \text{ kg/cm}^2$  de 5.0 cm de espesor, esto con el fin de evitar la contaminación del concreto de cimentación con el suelo de desplante.

#### **VI. Colado de elementos estructurales:**

Para garantizar que el acero de refuerzo no esté en contacto con el terreno, garantizando así su recubrimiento.

#### **VII. Conformación del suelo de relleno:**

Una vez que haya fraguado el concreto de los elementos estructurales de la cimentación, se procederá a conformar el suelo de relleno necesario para cerrar la excavación, para lo cual se recomienda usar tepetate compactado en capas máximo de 20 cm al 95% de su peso volumétrico seco máximo de la prueba Proctor estándar, el material deberá cumplir con las normas de calidad vigentes.

### VIII. CONCLUSIONES

A continuación se presentan las conclusiones del presente estudio de mecánica de suelos, emitidas a partir de los trabajos realizados en el predio ubicado en Av. de los Héroes no. 298, Colonia Centro Cívico, Mexicali, Baja California Norte, México, en donde se proyecta la construcción del Edificio Delegacionaf y Centro de Servicio de INFONAVIT.

- El proyecto en estudio se encuentra en la zona '\*D' de alta sismicidad de la república mexicana, le corresponde un coeficiente sísmico de 0.85 de acuerdo al programa de diseño sísmico emitido por la Comisión Federal de Electricidad (PRODISIS)
- Para poder conocer las características del subsuelo en el sitio fue necesario obtener muestras de suelo a diferentes profundidades mediante un sondeo de penetración estándar a la profundidad de 15.00 m y la ejecución de un pozo a cielo abierto a la profundidad de 2.00 m. Las técnicas empleadas para la obtención de muestras se describen en el capítulo IV.

- La estratigrafía en el predio se describe en forma detallada en los anexos del estudio, en donde se presenta el registro de campo obtenido de la exploración realizada.
- El nivel de aguas freáticas no fue detectado a la profundidad máxima de exploración a partir de la cota del brocal.
- La estratigrafía en el predio se describe en forma detallada en los anexos del estudio, en donde se presenta el corte estratigráfico obtenido de la exploración realizada.
- Tomando en consideración las características físicas y propiedades mecánicas de los depósitos encontrados, considerando así como el proyecto a ejecutar se propone cimentar la estructura mediante una losa de cimentación desplantada a la profundidad mínima de 3.00 m rigidizada con traveses invertidos desplantados a la profundidad de 3.20 m.

- Antes de construir la cimentación se deberá colocar el siguiente mejoramiento:

Espesor	Material	Nivel (m)
20 cm	Tepetate compactado al 95% de su PVSM de la prueba Proctor.	-3.20
20 cm		-3.40

- Será necesario estabilizar la excavación para la construcción de la cimentación mediante taludes y bermas, las cuales se deberán retirar en tramos de 5 m.
  - El suelo en el sitio de estudio presenta una capacidad de carga admisible en condiciones estáticas de 61.67 t/m<sup>2</sup> y de 80.17 t/m<sup>2</sup> en condiciones dinámicas, para una cimentación desplantada a la profundidad de 3.20 m, mediante traveses invertidos.
  - El diseño estructural deberá garantizar que las presiones de contacto sean uniformes y así evitar movimientos diferenciales perjudiciales para la estructura.
  - La cimentación deberá ser rígida.
  - La construcción de la cimentación deberá realizarse siguiendo las recomendaciones presentadas en este estudio.
    - En caso de que se requiera la demolición de alguna estructura existente, será necesario retirar en su totalidad las cimentaciones antiguas asociadas a dicha estructura.
    - Si al realizar la excavación para construir la cimentación, se descubre que la cimentación de las estructuras colindantes se encuentra por arriba del nivel de desplante, será necesario recibirla con muros de tabique rojo recocido confinados con castillos de concreto reforzado.
  - Se deberá evitar que las caras exteriores de los taludes de la excavación para alojar la cimentación, pierdan humedad, esto para evitar agrietamientos en la pared, por lo que se deberá construir inmediatamente la cimentación.
  - Cualquier modificación que se requiera al presente, deberá ser notificada a Grupo LAC Mecánica de Suelos y Geotecnia S.A. de C.V., por escrito para realizar los cambios, modificaciones o adecuaciones necesarias.

- Las recomendaciones proporcionadas necesitan ser conciliadas con el diseñador estructural.
- Los procedimientos constructivos deberán someterse a una continua supervisión y los materiales a un continuo control de calidad, por lo cual nuestra empresa se pone a su disposición para realizar una adecuada supervisión y control de calidad.
- Para cualquier duda al presente ó si las consideraciones aquí tomadas en cuenta difieren de las condiciones reales en campo, favor de comunicarse a este despacho.

**A T E N T A M E N T E**

---

## IX. REFERENCIAS

- Reglamento de Construcciones para el Distrito Federal: Norma Técnica Complementaria para Diseño y Construcción de Cimentaciones; Luis Arnal Simón y Max Betancourt Suárez, 2005.
- Mecánica de Suelos: Tomo I Fundamentos de Mecánica de Suelos; Juárez Badillo y Rico Rodríguez, 2005.
- Mecánica de Suelos: Tomo II Teoría y Aplicaciones de la Mecánica de Suelos; Juárez Badillo y Rico Rodríguez, 2004.
  
- Manual de Diseño de Obras Civiles: Geotecnia, Mecánica de Suelos, B.2.2 Propiedades físicas y mecánicas de los suelos; Ing. Carlos Silva Echartea, Ing. José Luis León Torres, CFE 1980.
  
- Manual de Diseño Geotécnico: Volumen 1 Estudios Geotécnicos y Diseño del Metro en Cajón; Enrique Tamez, Enrique Santoyo, Federico Mooser y Carlos E. Gutiérrez, Covitur 1987.
  
- Síntesis Geotécnica de la Cuenca del Valle de México; Enrique Santoyo Villa, Efraín Ovando Shelley, Federico Mooser y Elvira León Plata, TGC 2005.
  
- Advanced Soil Mechanics; Braja M. Das, 1985.
  
- Foundation engineering for difficult subsoil conditions; Leonardo Zeevaert, 1973.