



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA  
DE MEXICO

---

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES  
ARAGON

*“ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS  
PARA UNA ESTRUCTURA ANEXA  
AL EDIFICIO SEDE DEL PODER  
JUDICIAL DE LA FEDERACIÓN,  
TOLUCA EDO. MEX”*

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE  
INGENIERO CIVIL

PRESENTA:

GALVÁN FERRER JUAN CARLOS

DIRECTOR DE TESIS:

ÁLVAREZ BAUTISTA GABRIEL

NEZAHUALCÓYOTL, EDO.MEX. NOVIEMBRE 2015



Universidad Nacional  
Autónoma de México



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

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

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

<b>1. ANTECEDENTES.</b>	<b>1</b>
1.1 Antecedentes.	1
1.2 Localización y descripción del predio.	1
1.3 Descripción descripción del proyecto	2
1.4 Objetivos y alcance.	2
<b>2. ESTUDIO DEL SUBSUELO.</b>	<b>2</b>
2.1 Geología regional.	2
2.2 Exploración y muestreo en campo.	2
2.3 Ensayes de laboratorio.	4
2.4 Características estratigráficas.	5
<b>3. ANÁLISIS GEOTECNICOS.</b>	<b>7</b>
3.1 Tipo de cimentación.	7
3.2 Análisis de la compensación del cajón de cimentación.	7
3.3 Revisión estados límite de falla.	7
3.4 Análisis de flotación de la cimentación.	8
3.5 Expansiones diferidas por sobrecompensación.	9
3.6 Módulo de reacción del subsuelo.	9
<b>4. DISEÑO DE LA EXCAVACIÓN.</b>	<b>10</b>
4.1 Estructura de contención.	10
4.2 Estabilidad de zanjas ademadas con lodo.	10
4.3 Empujes horizontales a corto plazo.	12
4.4 Empujes horizontales a largo plazo.	13
4.5 Empuje pasivo.	14
4.6 Estabilidad de la excavación.	15
4.7 Falla general de fondo.	15
4.8 Falla por el empotramiento de la pata del muro Milán.	17
4.9 Estabilidad de taludes internos.	19
4.10 Asentamiento por bombeo previo.	20
4.11 Expansión inicial elástica por excavación.	21
4.12 Sistema de bombeo por gravedad.	23

<b>5. PROGRAMA DE INSTRUMENTACIÓN.</b>	<b>24</b>
5.1 Referencia superficiales.	24
5.2 Puntos de control sobre las losas de fondo.	25
5.3 Piezómetro abierto tipo Casagrande.	25
5.4 Tubo de observación de nivel freático.	25
5.5 Banco de nivel semiprofundo.	25
5.6 Frecuencia de medición de la instrumentación.	26
<b>6. PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO.</b>	<b>26</b>
6.1 Brocales.	26
6.2 Muro tablestaca.	27
6.3 Instrumentación.	30
6.4 Bombeo.	30
6.5 Procedimiento de excavación etapa 1 central.	31
6.6 Procedimiento de excavación etapas perimetrales.	32
6.7 Control de filtraciones.	33
<b>7. CONCLUSIONES.</b>	<b>33</b>
Figura 1	Localización del predio.
Figura 2	Topografía del predio.
Figura 3	Planta arquitectónica de planta baja.
Figura 4	Corte arquitectónico A-A´.
Figura 5	Corte arquitectónico B-B´.
Figura 6	Geología Regional.
Figura 7	Ubicación de sondeos, tubo de observación y piezómetros.
Figura 8	Columna estratigráfica Sondeo SM-1.
Figura 9	Columna estratigráfica Sondeo SM-2.
Figura 10	Prueba de permeabilidad Lefranc- Mendel
Figura 11	Piezómetro abierto Tipo Casagrande.
Figura 12	Instalación de Piezómetros Tipo Casagrande.
Figura 13	Tubo de Observación de Nivel Freático.
Figura 14	Análisis Granulométricos de Sondeo Mixto SM-1.

Figura 15	Análisis Granulométricos de Sondeo Mixto SM-1.
Figura 16	Análisis Granulométricos de Sondeo Mixto SM-2.
Figura 17	Ensaye de Compresión Triaxial UU
Figura 18	Ensaye de Compresión Triaxial UU
Figura 19	Curva de compresibilidad. Sondeo SM-1, M-17.
Figura 20	Curva de compresibilidad. Sondeo SM-2, M-6.
Figura 21	Corte Estratigráfico.
Figura 22	Análisis de la compensación de la cimentación.
Figura 23	Análisis de la flotación de la cimentación.
Figura 24	Expansiones diferidas por sobrecompensación. Presión neta = -5.40 ton/m <sup>2</sup> .
Figura 25	Diagramas de empujes horizontales a corto plazo (empuje activo).
Figura 26	Diagramas de empujes horizontales a largo plazo (empuje en reposo).
Figura 27	Empuje pasivo sobre el Muro Milán.
Figura 28	Falla general por el fondo de la excavación.
Figura 29	Ubicación de pozos de bombeo
Figura 30	Instrumentación de obra.
Figura 31	Referencias superficiales
Figura 32	Banco de nivel profundo
Figura 33	Etapas de excavación
Figura 34	Taludes internos

## RELACION DE ANEXOS

Anexo 1	Información estructural proporcionada por Colinas de Buen, S.A. de C.V.
Anexo 2	Registro de exploración y pruebas de permeabilidad Lefranc.
Anexo 3	Resultados de laboratorio.
Anexo 4	Expansiones diferidas por sobrecompensación.
Anexo 5	Memoria de cálculo geotécnico. Estabilidad de zanjas con ademadas con lodo.
Anexo 6	Memoria de cálculo geotécnico. Muro Milán.
Anexo 7	Memoria de cálculo geotécnico. Estabilidad de Taludes internos.
Anexo 8	Memoria de cálculo geotécnico. Expansiones elásticas por excavación del terreno.

## 1. ANTECEDENTES.

### 1.1 Antecedentes.

El Consejo de la Judicatura Federal asignó a la empresa 4A Arquitectos, S. C. P. mediante licitación pública, el proyecto ejecutivo para la construcción del Edificio Anexo al Edificio Sede del Poder Judicial de la Federación en Toluca. El presente documento contiene el estudio complementario de mecánica de suelos, el cual forma parte de dicho proyecto ejecutivo. El Consejo de la Judicatura entregó a 4A Arquitectos el estudio original de mecánica de suelos que fue elaborado por la empresa Investigación, Geotecnia y Desarrollo, S. A. de C. V. (Ref. 1).

### 1.2 Localización y descripción del predio.

El predio donde se construirá el Edificio Anexo, actualmente se utiliza como estacionamiento a descubierto del Edificio Sede del Poder Judicial de la Federación de Toluca (fotos 1 y 2). Dicho predio se encuentra al sur del Edificio Sede actual, y se localiza en la Av. Dr. Nicolás san Juan, casi esquina con la Calle Pies Negros, Col. Ex rancho Cuauhtémoc, Toluca, Estado de México. (Figura 1).

El predio es de forma trapezoidal en planta con una superficie aproximada de 4,090 m<sup>2</sup>. Sus medidas y colindancias son: al norte, en 70.5 m con la barda del edificio existente; al sur, en 62.0 m con la calle Pies Negros; al este, en 72.5 m con malla ciclónica de propiedad privada; al oeste, en 53.0 m con la Av. Dr. Nicolás San Juan.

En la figura 2 se presenta una planta esquemática de la topografía del predio, el cual prácticamente es de superficie horizontal. La parte más alta se encuentra en la colindancia norte con elevación +96.50, mientras que la parte más baja se encuentra en la colindancia sur con elevación +97.00; por tanto, el desnivel máximo es del orden de 0.5 m, descendiendo de sur a norte, con pendiente máxima del orden del 0.4%.

### 1.3 Descripción del proyecto.

En la figura 3 se muestra la planta arquitectónica de planta baja y en las figuras 4 y 5 dos cortes esquemáticos de proyecto. El edificio anexo se construirá adyacente al lado sur del edificio actual y tendrá un área en planta de 44.3 m de ancho por 54 m de largo. El proyecto arquitectónico contempla la construcción de un edificio de oficinas con 3 sótanos para estacionamiento con profundidad máxima de 11.10 m, planta baja, seis niveles adicionales y planta de azotea. Los sótanos S-1 y S-2 de proyecto se comunicarán con los sótanos del edificio existente. En el anexo 1 se presenta la información estructural proporcionada por la empresa Colinas de Buen, S. A. de C. V., para el desarrollo de este estudio complementario de mecánica de suelos.

#### 1.4 Objetivos y alcance.

El objetivo principal de este estudio consiste en definir las características estratigráficas y propiedades del subsuelo, con el fin de determinar el tipo de cimentación más adecuado para el edificio de estacionamiento, así como revisar el procedimiento constructivo de la cimentación seleccionada.

El alcance del estudio incluye una descripción de los trabajos de campo, resultados de laboratorio y características estratigráficas del sitio. Se presentan los análisis geotécnicos de: tipo de cimentación, compensación de cimentaciones, revisión de estados límites de falla, análisis de flotación de cimentaciones, expansiones diferidas, y módulo de reacción del subsuelo.

Para el diseño de la excavación para la construcción de los sótanos, se analiza la necesidad de utilizar una estructura de contención para delimitar la excavación, que pudiera ser un muro tablaestaca, para su diseño estructural se determinan los empujes horizontales a corto y largo plazo, y también los empujes pasivos. Se analizan también la estabilidad de las zanjas además con lodo, la falla general de fondo, la falla por el empotramiento de la pata del muro Milán, la estabilidad de taludes internos y se calcula el asentamiento por bombeo previo y las expansiones elásticas del subsuelo por efecto de la excavación. Se diseña el sistema de bombeo por gravedad mediante puntas eyectoras, se propone una instrumentación geotécnica y se define un procedimiento constructivo. Finalmente se dan las conclusiones y recomendaciones de este estudio complementario.

## 2. ESTUDIO DEL SUBSUELO.

### 2.1 Geología regional.

Con base en la Carta Geológica de la región (Ref. 2), el sitio en estudio se encuentra en una zona plana de suelos aluviales, constituidos superficialmente por estratos de arenas arcillosas y de arcillas arenosas. En la figura 6 se muestra la ubicación del sitio, en referencia a las diferentes formaciones geológicas del sitio y sus alrededores.

### 2.2 Exploración y muestreo en campo.

Con objeto de determinar las características estratigráficas del subsuelo en el predio, se efectuaron dos sondeos profundos denominados SM-1 y SM-2, cuatro pruebas de permeabilidad tipo Lefranc denominadas PPL-1 a PPL-4, y se instalaron dos piezómetros abiertos tipo Casagrande denominados PZ-1 y PZ-2 y un tubo de observación del nivel de agua freática denominado TO-1; todas estas exploraciones se ubicaron dentro del predio según se muestra en la figura 7.

Los sondeos realizados fueron del tipo mixto continuo, ya que se obtuvieron en ambos sondeos muestras continuas de suelo, alteradas e inalteradas. El sondeo SM-1 llegó a 20.20 m de profundidad (fotos 3 y 4) y el sondeo SM-2 a 10.20 m de profundidad (foto 5 y 6). El muestreo alterado se efectuó con la herramienta de penetración estándar, lo que permitió obtener muestras alteradas representativas además de medir el índice estándar de resistencia a la penetración (N) mediante el número de golpes en la prueba SPT (Standard Penetration Test).

El muestreo inalterado se realizó mediante el procedimiento de hincado a presión de un tubo de pared delgada tipo “Shelby” de 4 pulgadas de diámetro interior. El nivel de agua freática se midió a 2.5 m de profundidad. En el Anexo 2 se presentan los registros de exploración de ambos sondeos.

Todas las muestras obtenidas de los sondeos, se enviaron al laboratorio de mecánica de suelos para su posterior análisis. Los resultados obtenidos durante la exploración, en cuanto a la resistencia a la penetración estándar, al tipo y ubicación de las muestras y a la estratigrafía de los materiales muestreados, se presentan gráficamente en las figuras 8 y 9.

Se realizaron cuatro pruebas de permeabilidad tipo Lefranc, denominadas PPL-1 a PPL-4 (Fotos 7 a 10), cuya longitud de prueba fue de 3 a 6 m (PPL-1), de 5 a 10 m (PPL-2), de 10 a 15 m (PPL-3) y de 15 a 20 m (PPL-4). Se obtuvieron los siguientes valores de coeficiente de permeabilidad:  $1.02 \times 10^{-4}$ ,  $1.01 \times 10^{-4}$ ,  $1.07 \times 10^{-5}$ , y  $1.02 \times 10^{-5}$  cm/seg, respectivamente. En la figura 10 se muestra un croquis de la realización de la prueba y al final del anexo 2 la memoria de cálculo respectiva de cada prueba.

Adicionalmente se instalaron dos piezómetros abiertos tipo Casagrande, denominados PZ-1 y PZ-2 (fotos 11 a 14), cuyos bulbos de medición se instalaron a 9.5 y 18.0 m de profundidad respectivamente. En las figuras 11 y 12 se muestra esquemáticamente las características y el procedimiento de instalación de estos piezómetros.

También se instaló un tubo de observación de nivel freático denominado TO-1 (fotos 15 y 16), hasta una profundidad de 5.0 m. En la figura 13 se muestra esquemáticamente las características y el procedimiento de instalación de este tubo de observación.

Los trabajos de exploración profunda, pruebas de permeabilidad e instalación de piezómetros y tubo de observación, fueron realizados por una brigada integrada por un perforista y dos ayudantes de perforación, para lo cual se empleó una máquina perforadora marca Long Year modelo 34 y una bomba de lodos marca Moyno modelo 3L6. La supervisión geotécnica de toda la exploración efectuada, fue realizada por un ingeniero especialista en geotecnia apoyado por un pasante de ingeniería con experiencia en trabajos de exploración y muestreo.

### 2.3 Ensayes de laboratorio.

Las muestras obtenidas de los sondeos se ensayaron en el laboratorio para conocer sus características y propiedades. Se efectuaron los ensayos siguientes:

A todas las muestras de suelo:

- Clasificación visual y al tacto, de acuerdo al Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS).
- Determinación del contenido natural de agua.

En muestras típicas seleccionadas se realizaron los siguientes ensayos índices:

- Límites de plasticidad, líquido y plástico.
- Porcentaje de partículas finas.
- Granulometría con mallas.

En muestras inalteradas además de las pruebas anteriores, se realizaron los siguientes ensayos mecánicos:

- Peso volumétrico natural.
- Densidad de sólidos.
- Compresión triaxial no consolidada no drenada (UU).
- Consolidación unidimensional en anillo flotante.

Los perfiles estratigráficos de los sondeos definidos mediante los trabajos de campo y laboratorio, se muestran gráficamente en las figuras 8 y 9; ahí se incluyen la descripción y clasificación de los materiales encontrados, la variación con la profundidad del número de golpes y contenido de humedad natural. Se grafican los resultados de los límites de plasticidad y se resumen los resultados de granulometrías y porcentajes de finos, y de los parámetros de resistencia, compresibilidad y pesos volumétricos obtenidos de los ensayos mecánicos.

En las figuras 14 a 16 se presentan los resultados de los ensayos granulométricos realizados, junto con sus curvas respectivas. En las figuras 17 y 18 se resumen los resultados de los ensayos de compresión triaxial no consolidados-no drenados (UU) realizados, junto con las curvas esfuerzo-deformación de cada probeta y los círculos de Mohr respectivos de cada prueba. Finalmente, en las figuras 19 y 20 se presentan las curvas de compresibilidad obtenidas de los ensayos de consolidación efectuados.

En el Anexo 3 se presentan en forma detallada, los resultados de los ensayos de laboratorio realizados a todas las muestras de suelo obtenidas.

#### 2.4 Características estratigráficas.

Con base en la exploración efectuada en campo y mediante los resultados obtenidos de los ensayos de laboratorio, se determinó la estratigrafía del predio, que consiste básicamente de cinco estratos de suelo detectados en el sondeo SM-1 y de cuatro estratos en el sondeo SM-2, los cuales se describen a continuación, apoyándose en el corte estratigráfico dibujado en la figura 21.

## **Sondeo SM-1**

**Arena media y gruesa, poco limosa. Superficialmente y hasta una profundidad de 2.4 m, se encuentra un estrato de arena media y gruesa, poco limosa, con gravillas, café claro y gris claro, de compacidad media a muy densa, clasificada de acuerdo al Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS) como SW-SM. De ensayos realizados en laboratorio se obtuvieron los siguientes valores promedio: Contenido natural de agua 12%, grava 36%, arena 54%, finos 10%, límite líquido 22%, límite plástico 21% e índice plástico 1%. El número de golpes en la prueba de penetración estándar (SPT) varió entre 11 y más de 50, con promedio de 38 golpes que corresponde a una compacidad densa.**

**Arena fina y media, limosa. Debajo de la arena media y gruesa y hasta 5.40 m de profundidad, se encontró un estrato de arena fina y media, limosa, con gravillas, café claro y gris claro, de compacidad muy densa, clasificada de acuerdo al SUCS como SM y SP. De ensayos realizados en laboratorio se obtuvieron los siguientes valores promedio: Contenido natural de agua 14%, grava 18%, arena 62%, finos 20%, límite líquido 20%, límite plástico 19% e índice plástico 1%. El número de golpes en la prueba Arena fina a gruesa, limosa. Debajo del estrato anterior y hasta 9.00 m de profundidad, se encontró un estrato de arena fina a gruesa, limosa, con gravas, café claro y gris claro, de compacidad media a muy densa, clasificada de acuerdo al SUCS como SM. De ensayos realizados en laboratorio se obtuvieron los siguientes valores promedio: Contenido natural de agua 23%, grava 16%, arena 53%, finos 31%, límite líquido 29%, límite plástico 23% e índice plástico 6%. El número de golpes en la prueba de penetración estándar (SPT) varió entre 25 y más de 50, con promedio de 46 golpes que corresponde a una compacidad densa.**

**Arcilla arenosa café claro. De 9.0 m y hasta una profundidad de 14.2 m, se encuentra un estrato de arcilla arenosa, café claro, de mediana a alta plasticidad, de consistencia muy firme a dura, clasificado según el SUCS como CL, CH. De ensayos realizados en laboratorio se obtuvieron los siguientes valores promedio: Contenido natural de agua 36%, grava 0%, arena 27% y finos 73%, límite líquido 56%, límite plástico 23%, índice plástico 33%, peso volumétrico natural 1.79 ton/m<sup>3</sup>, relación de vacíos 0.82, grado de saturación 95%, cohesión 2.7 ton/m<sup>2</sup> y ángulo de fricción interna 39°. El número de golpes en la prueba de penetración estándar (SPT) varió entre 19 y 36, con promedio de 27 golpes que corresponde a una consistencia muy firme de penetración estándar (SPT) resultó mayor de 50, que corresponde a una compacidad muy densa.**

**Arcilla arenosa con algunas gravillas, café claro y gris claro. Finalmente, de 14.2 m y al menos hasta la profundidad máxima de exploración de 20.2 m, se encuentra un estrato de arcilla arenosa, con algunas gravillas, café claro y gris claro, de ligera a mediana plasticidad, de consistencia muy firme a dura, clasificado según el SUCS como CL. De ensayos realizados en laboratorio se obtuvieron los siguientes valores promedio: Contenido natural de agua 24%, grava 1%, arena 39% y finos 60%, límite líquido 37%, límite plástico 22% e índice plástico 15%. El número de golpes en la prueba de penetración estándar (SPT) varió entre 27 y más de 50, con promedio de 44 golpes que corresponde a una consistencia dura.**

## **Sondeo SM-2**

**Arena fina arcillosa café y gris claro.** Superficialmente y hasta una profundidad de 2.4 m, se encontró un estrato de arena fina a gruesa, arcillosa, con gravas, café claro y gris claro, de compacidad suelta a muy densa, clasificado de acuerdo al Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS) como SC, SP. De ensayos realizados en laboratorio se obtuvieron los siguientes valores promedio: Contenido natural de agua 15%, grava 28%, arena 49%, finos 23%, límite líquido 36%, límite plástico 21% e índice plástico 15%. El número de golpes en la prueba de penetración estándar (SPT) varió entre 10 y más de 50, con promedio de 33 golpes que corresponde a una compacidad densa.

**Arcilla arenosa café claro.** Debajo de la arena fina a gruesa, y hasta una profundidad de 4.2 m, se encuentra un estrato de arcilla arenosa, café claro, de alta plasticidad, de consistencia muy firme, clasificado de acuerdo al SUCS como CH. De ensayos realizados en laboratorio se obtuvieron los siguientes valores promedio: Contenido natural de agua 30%, grava 0%, arena 33%, finos 67%, límite líquido 55%, límite plástico 22%, índice plástico 33%, peso volumétrico natural 1.85 ton/m<sup>3</sup>, relación de vacíos 0.75, grado de saturación 94%, cohesión 17.9 ton/m<sup>2</sup> y ángulo de fricción interna 15°. El número de golpes en la prueba de penetración estándar (SPT) varió entre 25 y 30, con promedio de 28 golpes que corresponde a una consistencia muy firme.

**Arena arcillosa café claro.** Debajo del estrato de arcilla y hasta 9.0 m de profundidad, se encuentra un estrato de arena arcillosa cementada, con algunas gravillas, café claro, de mediana plasticidad y de compacidad media a muy densa, clasificado según el SUCS como SC. De ensayos realizados en laboratorio se obtuvieron los siguientes valores promedio: Contenido natural de agua 23%, grava 6%, arena 58%, finos 36%, límite líquido 42%, límite plástico 19% e índice plástico 23%. El número de golpes en la prueba de penetración estándar (SPT) varió entre 27 y más de 50, con promedio de 28 golpes que corresponde a una compacidad media.

**Arcilla arenosa café claro y gris claro.** De 9.0 m y hasta una profundidad de 10.2 m, se encuentra un estrato de arcilla arenosa, café claro y gris claro, de mediana plasticidad, de consistencia muy firme, clasificado según el SUCS como CL. De ensayos realizados en laboratorio se obtuvieron los siguientes valores promedio: Contenido natural de agua 28%, grava 0%, arena 28% y finos 72%, límite líquido 46%, límite plástico 20%, índice plástico 26%. El número de golpes en la prueba de penetración estándar (SPT) varió entre 20 y 19, con promedio de 20 golpes que corresponde a una consistencia muy firme.

## **3. ANALISIS GEOTECNICOS.**

### **3.1 Tipo de cimentación.**

Con base en el proyecto arquitectónico, el nivel de piso terminado del sótano 3 del estacionamiento estará a 11.1 m de profundidad. Considerando que la losa de fondo del sótano tendrá un espesor de 0.8 m y que debajo de ella se construirá una plantilla de 10 cm de espesor, entonces, el nivel máximo de excavación llegará a 12 m de profundidad. La losa de fondo del sótano y el muro perimetral que lo conformará, formarán un cajón rígido que podrá constituir el elemento de cimentación del edificio.

### 3.2 Análisis de la compensación del cajón de cimentación.

Comparando la presión total transmitida en forma permanente por la estructura (carga muerta más carga viva media), con el esfuerzo total inicial al nivel de desplante del cajón (descarga por excavación), se determinan las condiciones de trabajo de la cimentación. Según que el incremento neto de carga aplicado al suelo en la base del cajón resulte positivo, nulo o negativo, la cimentación será parcialmente compensada, compensada o sobrecompensada, respectivamente.

La descarga por excavación es de 21.0 ton/m<sup>2</sup> y considerando que el peso unitario del edificio en su condición de carga muerta más carga viva media incluyendo el peso del cajón de cimentación, sea de 15.6 ton/m<sup>2</sup>; entonces, la presión neta resultante es negativa y por tanto se trata de un cajón de cimentación sobrecompensado, con una presión de sobrecompensación de 5.4 ton/m<sup>2</sup>. En la figura 22 se muestra en forma esquemática este análisis de sobrecompensación.

### 3.3 Revisión estados límite de falla.

Esta revisión se efectuó con base en el Reglamento de Construcción para el D. F. (Ref. 3). Para cimentaciones someras desplantadas en suelos cohesivos sensiblemente uniformes, se verificará el cumplimiento de la desigualdad siguiente para las distintas combinaciones posibles de acciones verticales:

$$\sum Q * F_c / A < C_u * N_c * FR + P_v$$

Con:  $N_c = 5.14 ( 1 + 0.25 D_f / B + 0.25 B / L )$

Donde:

$\sum Q * F_c =$  Suma de las acciones verticales a tomar en cuenta en la combinación considerada en el nivel de desplante, afectada por su respectivo factor de carga.

A = Área del cimiento, igual a 2,392.2 m<sup>2</sup>.

C<sub>u</sub> = Cohesión aparente, igual a 18.57 ton/m<sup>2</sup>.

FR = Factor de resistencia, igual a 0.35.

P<sub>v</sub> = Presión vertical total a la profundidad de desplante por peso propio del suelo, igual a 21.0 ton/m<sup>2</sup>.

N<sub>c</sub> = Coeficiente de capacidad de carga, en función de D<sub>f</sub>, B y L.

D<sub>f</sub> = Profundidad de desplante del cajón, igual a 12 m.

B = Ancho del cajón, supuesto de 44.3 m.

L = Largo del cajón, supuesto de 54.0 m.

Para la combinación de carga muerta más carga viva máxima, afectadas por un factor de carga de 1.5, se obtienen los siguientes valores:

$$23.4 \text{ ton / m}^2 < 63.52 \text{ ton / m}^2$$

Desigualdad que se cumple. Estructuralmente se deberá verificar que la máxima presión que transmita la estructura al subsuelo (incluyendo la presión adicional por efecto de momentos estáticos inducidos y para cualquier combinación de acciones, incluyendo las sísmicas), no exceda la capacidad admisible del subsuelo, calculada precisamente en 63.5 ton/m<sup>2</sup>.

#### 3.4 Análisis de flotación de la cimentación.

En cimentaciones sobrecompensadas deberá verificarse que la estructura no tienda a flotar por pérdida de la fricción en las paredes del cajón después de un sismo, o por recuperación del nivel freático.

Para garantizar que la estructura no tenderá a flotar, la presión hidrostática al nivel del fondo de la excavación, no deberá exceder del 70% de la presión media transmitida por el peso de la estructura a ese mismo nivel (Ref. 4).

Considerando el nivel freático a 2.5 m de profundidad, la presión de flotación es de 9.5 ton/m<sup>2</sup>, valor menor que 10.92 ton/m<sup>2</sup>, que representa el 70% del peso de la estructura. Por lo que la estructura es segura contra flotación. En la figura 23 se esquematiza este análisis. Aún en el caso de que el nivel freático llegara a subir hasta 1.5 m con respecto a la superficie del terreno, la presión de flotación sería de 10.5 ton/m<sup>2</sup>, que representaría el 67% del peso medio del edificio.

#### 3.5 Expansiones diferidas por sobrecompensación.

En cimentaciones sobrecompensadas deben evaluarse las expansiones a largo plazo por efecto de la absorción de agua de los suelos arcillosos. Para valuar estas expansiones se aplicó la teoría de la consolidación de Terzaghi mediante la utilización de la siguiente expresión (Ref. 3):

$$\Delta H = \sum [ ( e_0 - e_f ) / ( 1 + e_0 ) ] \Delta H$$

Donde:

$\Delta H$  = Expansión diferida, en m.

$e_0$  = Relación de vacíos inicial de cada estrato deformable.

$e_f$  = Relación de vacíos final de cada estrato deformable.

$\Delta H$  = Espesor de cada estrato deformable, en m.

Para el análisis de las expansiones diferidas, se consideró una descarga neta del terreno al nivel de desplante del cajón, equivalente a la presión de sobrecompensación de -5.4 ton/m<sup>2</sup>. Enseguida, en la parte media de cada estrato deformable se determinó la presión efectiva inicial y el decremento de esfuerzo inducido por la presión de sobrecompensación, estos valores se introdujeron en la curva de compresibilidad mostrada en la figura 19 con objeto de determinar los valores de  $e_0$  y  $e_f$ .

Las expansiones diferidas calculadas bajo 6 puntos del área del cajón de cimentación que se construirá a 11.1 m de profundidad, se muestran esquemáticamente en la figura 24, donde se observa que la expansión máxima calculada resultó de 14.28 cm (punto 1) y la mínima de 3.41 cm (punto 6). Al considerar la gran rigidez que tendrá la estructura, estos valores calculados se reducirán considerablemente. En el Anexo 4 se presenta la corrida de computadora realizada para estos cálculos.

### 3.6 Módulo de reacción del subsuelo.

Para el cálculo del Módulo de reacción del subsuelo en suelos arcillosos, se utilizó la siguiente expresión (Ref. 5):

$$k_s = k_{s1} (n + 0.5) / 1.5 n$$

Donde:

$k_s$  = Módulo de reacción del subsuelo, en kg/cm<sup>3</sup>

$k_{s1}$  = Módulo de reacción unitario promedio, de una placa de acero rígida de 3.48 x 30.48 cm de lado, en Kg/cm<sup>3</sup>

$n$  = Relación largo/ancho del cimiento, adimensional.

Asignando un valor a  $k_{s1}$  de 5.64 Kg/cm<sup>3</sup> para las arcillas blandas que subyacen al cajón de cimentación, y considerando un largo y ancho hipotéticos de 54 m y 44.3 m para el cajón de cimentación, respectivamente, se obtiene un módulo de reacción del subsuelo de 5.3 kg/cm<sup>3</sup>.

## 4. DISEÑO DE LA EXCAVACIÓN.

### 4.1 Estructura de contención.

Considerando que la máxima profundidad de excavación será del orden de los 12 m, y que entre los límites del predio y el perímetro del edificio en proyecto no hay suficiente espacio para efectuar la excavación con taludes inclinados, se hace necesario diseñar y construir una estructura de contención perimetral. Dicha estructura de contención podrá ser diseñada como parte de la estructura definitiva del cajón, o podrá ser diseñada como elemento temporal, que únicamente tendrá utilidad durante la etapa de excavación y servirá también como barrera para minimizar o reducir las filtraciones de agua hacia el cajón del sótano, el cual deberá permanecer estanco durante toda su vida útil. El muro tablaestaca (Milán) puede ser colado en sitio ó prefabricado y colocado en la excavación previa.

### 4.2 Estabilidad de zanjas ademas con lodo.

Al excavar las zanjas para la construcción del muro Milán con ayuda del efecto estabilizador del lodo bentonítico, se hace necesario analizar la factibilidad de que efectivamente se produzca dicho efecto estabilizador.

La fórmula de análisis que aquí se presenta ha sido desarrollada en base a la teoría de Rankine para el caso de empujes activos de suelo, comparando por un lado el empuje activo del suelo (EA) más el hidrostático del agua freática (EH) contra el empuje hidrostático del lodo bentonítico (EL) . Para asegurar la estabilidad de la zanja, podría entonces definirse un factor de seguridad (FS) como la relación:

$$FS = \frac{EL}{EA + EH}$$

Aplicando esta expresión a zanjas excavadas en suelos cohesivos-friccionantes, se obtiene la expresión (Ref. 6):

$$FS = \frac{\gamma_l * n^2}{K_a * \gamma * F_1 + \gamma_w * m^2 - 4 * c / (H \sqrt{N\phi})}$$

$$F_1 = \{ 1 - m^2 ( 1 - \gamma' / \gamma ) \}$$

Donde:

$\gamma_l$  = Peso volumétrico del lodo, supuesto igual a 1.06 ton/m<sup>3</sup>.

$n$  = Relación entre el tirante de lodo dentro de la excavación y la profundidad de ésta,  $H_l / H$ .

$H_l$  = Tirante del lodo dentro de la excavación, en m.

$\gamma$  = Peso volumétrico medio del suelo excavado, igual a 1.75 ton/m<sup>3</sup>.

$\gamma_w$  = Peso volumétrico del agua, igual a 1 ton/m<sup>3</sup>.

$m$  = Relación entre el tirante de agua respecto al fondo de la excavación y la profundidad de ésta,  
 $H_w / H$ .

$H_w$  = Tirante de agua respecto al fondo de la excavación, igual a 11.5 m.

$c$  = Cohesión media del suelo excavado, igual a 2.5 t/m<sup>2</sup>.

$H$  = Profundidad de la excavación, igual a 14 m.

$K_a$  = Coeficiente de empuje activo, según Rankine ( $1 / N\phi$ )

$N\phi = \tan^2 (45 + \phi/2)$ , siendo  $\phi$  = ángulo de fricción interna del suelo (°)

$\gamma'$  = Peso volumétrico medio sumergido del suelo excavado, igual a 0.75 ton/m<sup>3</sup>.

Para diferentes tirantes del lodo dentro de la excavación, se obtienen los siguientes factores de seguridad:

**Cuadro 1. Factor de seguridad de zanjas de muro Milán.**

Tirante de lodo (m)	n <sup>2</sup>	Factor de seguridad
1.0	0.005	0.01
2.0	0.020	0.03
3.0	0.046	0.07
4.0	0.082	0.13
5.0	0.128	0.20
6.0	0.184	0.28
7.0	0.250	0.39
8.0	0.327	0.51
9.0	0.413	0.64
10.0	0.510	0.79
11.0	0.617	0.96
12.0	0.735	1.14
13.0	0.862	1.34
14.0	1.000	1.55

Para un tirante de lodo de 13 m, se obtiene un factor de seguridad de 1.34, el cual se considera adecuado; por tanto el nivel del lodo dentro de las zanjas deberá permanecer a no más de 1 m de profundidad con respecto del nivel del terreno circundante exterior. En el anexo 5, se presenta la memoria de cálculo correspondiente.

#### 4.3 Empujes horizontales a corto plazo.

Los empujes horizontales a corto plazo sobre el muro Milán son de tipo activo, prevalece la resistencia no drenada del suelo. Se calcularon con las siguientes expresiones (Ref. 4):

a) En los estratos de arenas limo-arcillosas.

$$P_1 = 0.65 ( K_a * \gamma_1 * Z_1 - 2 * C_1 )$$

Donde:

$$K_a = \tan^2 (45^\circ - \varphi / 2)$$

b) En las arcillas arenosas.

$$P_2 = \gamma_1 * Z_1 + 0.5 * \gamma_2 * Z_2 - 2 * C_2$$

c) El empuje horizontal que debe considerarse para toda la profundidad de la excavación será el promedio de los dos empujes anteriores:

$$P = \frac{P_1 * Z_1 + P_2 * Z_2}{Z_1 + Z_2}$$

Donde:

- P1, P2** = Presión de suelo sobre los estratos de arenas limo-arcillosas y el estrato de las arcillas arenosas respectivamente, en ton/m<sup>2</sup>.
- Ka** = Coeficiente de presión de tierras activo, adimensional.
- γ1, γ2** = Peso volumétrico de los estratos de las arenas limo-arcillosas y el estrato de las arcillas arenosas al nivel de desplante del muro Milán, respectivamente, en ton/m<sup>3</sup>.
- Z1, Z2** = Espesor de los estratos de arenas limo-arcillosas y el estrato de las arcillas arenosas al nivel de desplante del muro Milán, respectivamente, en m.
- C1, C2** = Cohesión de los estratos de las arenas limo-arcillosas y el estrato de las arcillas arenosas al nivel de desplante del muro Milán, respectivamente, en ton/m<sup>2</sup>.
- Φ** = Angulo de fricción interna de los estratos de las arenas limo-arcillosas, en grados.
- P** = Presión promedio sobre el muro Milán, en ton/m<sup>2</sup>.

Adicionalmente, a las presiones horizontales así obtenidas, habrá que sumarle las presiones laterales que ocasionan las sobrecargas cercanas que existen en la superficie. Para cargas superficiales uniformemente distribuidas, el empuje lateral será equivalente a 0.25 de dicha sobrecarga.

En la figura 25 se presentan los diagramas de empujes laterales a corto plazo, para dos condiciones de sobrecarga diferentes; y en el Anexo 6 se presenta la memoria de cálculo correspondiente:

#### a) Colindancia norte

En esta colindancia se encuentra el edificio sede del Poder Judicial de la Federación en Toluca, con cajón de cimentación desplantado a 8.0 m de profundidad y cuyo peso unitario se estimó en 14.0 ton/m<sup>2</sup>. La presión total para esta condición es de 3.5 ton/m<sup>2</sup>.

#### b) Colindancias restantes.

Para esta condición se consideró una sobrecarga en la superficie de 1.6 ton/m<sup>2</sup>. La presión total es de 2.0 ton/m<sup>2</sup>.

#### 4.4 Empujes horizontales a largo plazo.

Los empujes horizontales a largo plazo sobre el muro Milán corresponden a las condiciones de empujes en reposo, prevalece la resistencia drenada del suelo. Se calcularon con las siguientes expresiones (Ref. 4):

##### a) Desde la superficie hasta el nivel freático a 2.5 m de profundidad.

$$P1 = K_0 (\gamma_1 * Z_a)$$

##### b) Desde la superficie hasta el segundo estrato, a 9.0 m de profundidad.

$$P2 = K_0 (\gamma_1 * Z_a + \gamma'_1 * Z_b)$$

##### c) Desde la superficie hasta el desplante del muro Milán, a 14 m de profundidad.

$$P3 = K_0 (\gamma_1 * Z_a + \gamma'_1 * Z_b + \gamma'_2 * Z_2)$$

Donde:

P1, P2, P3 = Presión de suelo a las profundidades indicadas, en ton/m<sup>2</sup>

Ko = Coeficiente de presión en reposo, igual a 0.5.

γ1, γ2 = Pesos volumétricos de los diferentes estratos, en ton/m<sup>3</sup>.

Za, Zb, Z2 = Espesores de los diferentes estratos, en m.

γ'1, γ'2 = Pesos volumétricos sumergidos de los estratos, en ton/m<sup>3</sup>.

Adicionalmente, a las presiones horizontales así obtenidas, habrá que sumarle las presiones laterales que ocasionan las sobrecargas cercanas que existen en la superficie. Para cargas superficiales uniformemente distribuidas, el empuje lateral será equivalente a 0.25 de dicha sobrecarga.

En la figura 26 se presentan los diagramas de empujes laterales a largo plazo, para dos condiciones de sobrecarga diferentes; y en el Anexo 6 se presenta la memoria de cálculo correspondiente:

a) Colindancia norte

En esta colindancia se encuentra el edificio sede del Poder Judicial de la Federación en Toluca, con cajón de cimentación desplantado a 8 m de profundidad y cuyo peso unitario se estimó en 14.0 ton/m<sup>2</sup>. La presión máxima para esta condición es de 5.84 ton/m<sup>2</sup>.

b) Colindancias restantes.

Para esta condición se consideró una sobrecarga en la superficie de 1.6 ton/m<sup>2</sup>. La presión máxima es de 5.66 ton/m<sup>2</sup>.

#### 4.5 Empuje pasivo.

Para diseñar estructuralmente el muro Milán, también se requiere conocer el empuje pasivo del suelo al frente del muro por debajo del nivel máximo de excavación. Para valuarlo se utilizó la siguiente expresión propuesta por Rankine para suelos cohesivos (Ref. 7):

$$E_p = 0.5 * \gamma * H^2 + 2 * C * H$$

Donde:

E<sub>p</sub> = Empuje pasivo, en ton/ml.

γ = Peso volumétrico del suelo, igual a 1.79 ton/m<sup>3</sup>.

H = Espesor del suelo frente al muro, igual a 2 m.

C = Cohesión del suelo frente al muro, igual a 9 ton/m<sup>2</sup>.

Sustituyendo valores, resulta un empuje pasivo horizontal de 39.58 ton/ml actuando en el centroide del área de presiones. En la figura 27 se muestra esquemáticamente este empuje.

#### 4.6 Estabilidad de la excavación.

Se revisó la estabilidad de la excavación para los siguientes mecanismos: a) falla general por el fondo, y b) estabilidad de taludes internos. Con estos análisis se determinan las longitudes máximas de avance de excavación de cada etapa y la inclinación estable de los taludes internos en cada etapa de excavación.

4.7 Falla general de fondo.

El factor de seguridad se calcula mediante las expresiones (Ref. 4):

$$FSf = \frac{(Nc + 2 * Hp / L)}{\gamma * He + p} \quad y \quad Nc = 5.14 ( 1 + 0.2 * Hm / B ) ( 1 + 0.2 * B / L )$$

Donde:

FSf = Factor de seguridad contra falla de fondo.

C = Cohesión media del suelo hasta una profundidad igual a Hm + B, igual a 10.54 ton/m2.

Nc = Factor de estabilidad.

Hp = Longitud de la pata del muro, igual a 2 m.

L = Longitud del tramo a excavar, en m.

$\gamma * He$  = Presión total inicial al nivel máximo de excavación, en ton/m2.

p = Valor de las presiones de sobrecarga en la superficie, en ton/m2.

Hm = Profundidad de desplante del muro, igual a 14 m.

B = Ancho del tramo a excavar, en m.

a) Colindancias restantes.

Considerando una sobrecarga superficial de 1.6 ton/m2 y una excavación de 28 m de largo, se obtienen los siguientes factores de seguridad en función de diferentes anchos de excavación:

Cuadro 2. Factor de seguridad contra falla de fondo en colindancias restantes

Ancho de excavación	Largo de excavación	Factor de estabilidad	Factor de seguridad
( m )	( m )		
6	28	7.86	3.60
8	28	7.34	3.36
10	28	7.05	3.23
12	28	6.88	3.15

Para falla general de fondo se recomienda adoptar un factor de seguridad mínimo de 1.5, por lo que se concluye que las etapas de excavación con las dimensiones analizadas, serán estables contra este mecanismo de falla. En la figura 28 se ilustra este análisis para una excavación de 8 por 28 m.

Cuadro 3. Factor de seguridad contra falla de fondo en colindancia norte

Ancho de excavación	Largo de excavación	Factor de estabilidad	Factor de seguridad
( m )	( m )		
6	38	7.78	2.31
8	38	7.23	2.15
10	38	6.93	2.06
12	38	6.74	2.00

Para el caso de falla general de fondo en las excavaciones contiguas a la colindancia norte donde existe el edificio sede del Poder Judicial de la Federación en Toluca, el factor de seguridad mínimo recomendado es de 1.7. Para excavaciones de 12 m de ancho hasta por 38 m de longitud, se obtienen factores de seguridad mayores de 2.00, por lo que estas excavaciones serán estables contra falla general de fondo. En el Anexo 6 se presenta la memoria de cálculo correspondiente.

#### 4.8 Falla por el empotramiento de la pata del Muro Milán.

Se analizó la falla por empotramiento del muro, considerando que al nivel del último troquel colocado en cada etapa de excavación se genera una articulación plástica, por lo cual el factor de seguridad se evalúa con la siguiente expresión (Ref. 4):

$$(FS)_p = \frac{CLr + WI + Mp}{P ( D2 / 2 )}$$

Donde:

- C = Resistencia al corte o drenada promedio en la superficie de falla.
- L = Longitud de la superficie de falla.
- r = Radio de la superficie de falla.
- W = Peso saturado del suelo dentro de los límites de la superficie de falla.
- I = Distancia del paño del muro al centro de gravedad del suelo resistente.
- Mp = Momento flexionante resistente del muro de contención, del diseño estructural preliminar.
- P = Presión promedio sobre el muro.
- D = Longitud del muro entre el último nivel de apuntalamiento y el nivel de desplante del muro.

#### a) Colindancias restantes.

Considerando una sobrecarga superficial de 1.6 ton/m<sup>2</sup> y dos niveles de apuntalamiento, se obtienen los siguientes factores de seguridad:

Cuadro 4. Factor de seguridad contra falla por el empotramiento de la pata del muro Milán

Nivel de troquel	Radio de la Superficie de falla ( m )	Factor de seguridad
Primer Nivel	10.0	12.25
Segundo Nivel	8.0	16.16

Para falla por el empotramiento de la pata del muro milán se recomienda adoptar un factor de seguridad mínimo de 1.5, por lo que se concluye que la longitud de empotramiento, resulta adecuada contra este mecanismo de falla, para los dos niveles de troqueles. En el Anexo 6 se presenta la memoria de cálculo correspondiente.

#### b) Colindancia Norte.

Considerando que el edificio colindante del Palacio de Justicia Federal tiene un peso unitario de 14.0 ton/m<sup>2</sup>, y un nivel de apuntalamiento, se obtienen los siguientes factores de seguridad:

Cuadro 5. Factor de seguridad contra falla por el empotramiento de la pata del muro milán.

Nivel de troquel	Radio de la Superficie de falla ( m )	Factor de seguridad
Primer Nivel	4.0	13.25

Para falla por el empotramiento de la pata del muro milán se recomienda adoptar un factor de seguridad mínimo de 1.5, por lo que se concluye que la longitud de empotramiento, resulta adecuada contra este mecanismo de falla, para un solo nivel de troqueles. En el Anexo 6 se presenta la memoria de cálculo correspondiente.

#### 4.9 Estabilidad de taludes internos.

Se analizó la estabilidad de los taludes de las excavaciones internas del predio, considerando la existencia de sobrecargas por equipo de construcción en la corona de los taludes. Se utilizaron las siguientes expresiones (Ref. 4):

$$\lambda_{c\varphi} = \frac{(\gamma * H + q) \tan \varphi}{uq * C}$$

$$FSq = \frac{Ncf * C}{\gamma * H + q}$$

Donde:

$\lambda_{c\varphi}$  = Parámetro adimensional.

$\gamma$  = Peso volumétrico medio del suelo excavado, en ton/m<sup>3</sup>.

H = Altura del talud, en m.

q = Sobrecarga en la corona del talud, supuesta de 1.6 ton/m<sup>2</sup>.

$\varphi$  = Angulo de fricción interna medio del suelo excavado, en grados.

uq = Factor de reducción por sobrecarga.

C = Cohesión media del suelo excavado, en ton/m<sup>2</sup>.

FSq = Factor de seguridad del talud.

Ncf = Número de estabilidad, que depende del valor  $\lambda_{c\varphi}$ .

En los siguientes cuadros se muestran los factores de seguridad obtenidos, en función de diferentes inclinaciones y alturas de talud.

Cuadro 6. Factor de seguridad de taludes internos de 7.4 m de altura

Talud	Inclinación	Numero de estabilidad	Factor de seguridad
Vertical	90°	5.9	0.94
0.25 a 1	76°	7.1	1.14
0.50 a 1	63°	8.4	1.37
0.75 a 1	53°	9.4	1.55
1.0 a 1	45°	10.1	1.68

El factor de seguridad mínimo recomendable para un talud con sobrecargas temporales es de 1.5. El talud 0.75 a 1 (relación horizontal a vertical) y más tendidos tienen factores de seguridad mayores que el mínimo especificado. Por tanto, para excavaciones de hasta 7.4 m de profundidad, se recomienda adoptar taludes 0.75 a 1. En el anexo 7, se presenta la memoria de cálculo correspondiente.

Cuadro 7. Factor de seguridad de taludes internos de 9 m de altura

Talud	Inclinación	Numero de estabilidad	Factor de seguridad
Vertical	90°	6.0	0.80
0.25 a 1	76°	7.3	1.00
0.50 a 1	63°	8.8	1.21
0.75 a 1	53°	9.8	1.36
1.0 a 1	45°	10.8	1.51

El factor de seguridad mínimo recomendable para un talud con sobrecargas temporales es de 1.5. El talud 1.0 a 1 (relación horizontal a vertical) tiene el factor seguridad mayor que el mínimo especificado. Por tanto, para excavaciones de hasta 9 m de profundidad, se recomienda adoptar taludes 1 a 1. En el anexo 7, se presenta la memoria de cálculo correspondiente.

#### 4.10 Asentamiento por bombeo previo.

Durante el periodo de bombeo previo a la excavación, se producirá en el área por excavar, un asentamiento por consolidación, el cual es función del tiempo de operación del sistema de bombeo y de la magnitud del abatimiento piezométrico. El asentamiento por consolidación, producido durante el tiempo de bombeo previo, puede calcularse con la siguiente expresión (Ref. 4):

$$\lambda_b = m_v * \gamma_w * h_a * B * F_f * U_t$$

Donde:

$\lambda_b$  = Asentamiento por consolidación, en m.

$m_v$  = Módulo de compresibilidad volumétrica representativo del subsuelo, igual a 0.012 cm<sup>2</sup>/kg.

$\gamma_w * h_a$  = Pérdida de presión por el abatimiento piezométrico hasta una prof. de 14 m, en kg/cm<sup>2</sup>

$B$  = Ancho de la excavación, igual a 44.30 m.

$F_f$  = Factor de forma que depende de la longitud  $L$  y el ancho  $B$  de la zona abatida, igual a 1.1.

$L$  = Largo de la excavación, igual a 54 m.

$U_t$  = Grado de consolidación alcanzado en el tiempo de bombeo previo a la excavación.

Para determinar  $U_t$  se aplica la solución para flujo radial hacia drenes verticales, que es función del factor tiempo  $T$  y de la relación de diámetros  $n$ ; cuyos valores se obtienen con las expresiones:

$$T = \frac{C_v * t_b}{d_e^2}$$

Donde:

- Cv = Coeficiente de consolidación medio, igual a 345 cm<sup>2</sup>/día.
- tb = Tiempo de bombeo previo, en días.
- de = Diámetro de influencia, aproximadamente igual a la separación entre pozos, en m.

$$n = \frac{de}{dw}$$

Siendo dw el diámetro del pozo.

Considerando pozos de bombeo de 0.25 m de diámetro, dispuestos en una retícula de 8 por 8 m, se obtiene un asentamiento por consolidación de 19 y 28 cm para tiempos de bombeo de 180 días (6 meses) y 360 días (12 meses), respectivamente. Mediante el abatimiento del nivel freático con bombeo, se está precargando el suelo, lo cual contrarresta las expansiones iniciales por excavación, las cuales se evalúan enseguida.

#### 4.11 Expansión inicial elástica por excavación.

Para estimar las expansiones elásticas por excavación del subsuelo, se recurrió a la teoría de la elasticidad y en particular al criterio aproximado de Steinbrenner (Ref. 7). De acuerdo con este criterio, la expansión vertical bajo una esquina de un área rectangular uniformemente descargada, sobre una capa de espesor D, está dado por:

$$\rho z = \frac{q * B}{E} [ ( 1 - \mu^2 ) F1 + ( 1 - \mu - 2\mu^2 ) F2 ]$$

Donde:

- $\rho z$  = Expansión en la esquina del área descargada, en m.
- q = Descarga por excavación, igual a 5.81 ton/m<sup>2</sup>.
- B = Ancho del área descargada, en m.
- E = Módulo de elasticidad del estrato de espesor D, en ton/m<sup>2</sup>
- $\mu$  = Relación de Poisson, igual a 0.45
- F1 y F2 = Factores que dependen de las relaciones D/B y L/B
- D = Espesor del estrato, en m.
- L = Largo del área descargada, en m.

Para estimar la expansión por excavación del cajón de cimentación, se consideraron los 2 sub-estratos existentes bajo el fondo de la excavación, con las siguientes características y propiedades:

Cuadro 8. Espesor y módulo de elasticidad de subestratos.

Subestrato	Profundidad	Espesor	Módulo de elasticidad
No.	( m )	( m )	( ton/m <sup>2</sup> )
1	12.00 – 14.20	2.20	1305
2	14.20-20.20	6.00	1925

Las expansiones elásticas por excavación del terreno, fueron calculadas bajo 4 puntos del área de excavación correspondiente a la primera etapa de excavación. En el siguiente cuadro se muestran los resultados obtenidos y en el Anexo 8 se presenta la memoria de cálculo correspondiente.

Cuadro 9. Expansiones elásticas por excavación

Punto	Expansión ( cm )
A	4.11
B	2.07
B	1.28
D	2.07

#### 4.12 Sistema de bombeo por gravedad.

En la figura 29 se presenta una propuesta del sistema del bombeo por gravedad mediante puntas eyectoras. Básicamente consiste de 42 pozos de bombeo dispuestos en una retícula de 8 m por 8 m. Este sistema es necesario para: a) abatir el nivel freático, b) contrarrestar las expansiones elásticas por efecto de excavación, y c) controlar el agua libre para facilitar los trabajos de construcción en seco o con un mínimo de filtraciones.

Los pozos de bombeo deben construirse a una profundidad de 2 m abajo del nivel máximo de excavación. Se proponen pozos a 14 m de profundidad máxima.

Los pozos se perforarán con un diámetro de 25 cm, empleando una máquina rotatoria e inyectando agua como fluido de perforación. Una vez alcanzada la profundidad máxima, se lavará cada pozo hasta que el agua de retorno salga limpia.

Enseguida, en cada perforación se colocará un ademe ranurado, formado por un tubo de PVC de uso industrial o similar, de 4" de diámetro. Los ademes se ranurarán con objeto de que el agua por bombear penetre libremente a su interior, con ranuras de 1 mm, espaciadas 10 mm entre sí; el tubo deberá estar ranurado en los 4 m inferiores.

Para evitar que el filtro de arena pase al interior del ademe, se deberá colocar una malla del número 8 ASTM a su alrededor. La malla deberá sujetarse firmemente al ademe con objeto de que no se vaya a desprender durante las maniobras de instalación y deberá cubrir perfectamente las ranuras.

Entre las paredes del pozo y las del ademe, se colocará un filtro de arena gruesa y grava fina limpias, cuya granulometría esté comprendida entre los siguientes diámetros: 1 cm para el máximo y 0.25 cm para el mínimo. El material empleado deberá contener partículas de todos los tamaños intermedios y deberá cribarse y lavarse previamente a su colocación para eliminar todos los materiales finos que contenga y que pueden obstruir el filtro durante su funcionamiento.

Con el fin de establecer el flujo hidráulico en el pozo y hacer con ello más eficaz el bombeo, después de colocado el ademe y el filtro se agitará el interior del ademe con una cuchara de percusión.

Una vez que se haya concluido la colocación del ademe y el filtro en el pozo, se introducirá en el fondo la punta eyectora que a su vez deberá quedar conectada al módulo de bombeo.

Para tener las perforaciones en condiciones necesarias para instalar el equipo de bombeo dentro de ellas, éstas deberán estar limpias y libres de azolve, para la limpieza se emplearán cucharas de percusión con objeto de extraer el azolve grueso y después de terminar esta operación, se lavará la perforación con agua a presión hasta que retorne libre de partículas. Por ningún motivo se instalará el ademe y el filtro dentro de una perforación hasta que no se haya limpiado. Antes de ademar la perforación, será necesario mantenerla llena de agua hasta rebosar, para evitar que sus paredes se cierren.

## **5. PROGRAMA DE INSTRUMENTACIÓN.**

Con el objeto de observar el comportamiento de la masa de suelo y del edificio colindante, durante todo el proceso constructivo del edificio y etapa posterior de operación, se propone un programa de instrumentación que incluye: Referencias superficiales, puntos de control sobre las losas de fondo, Piezómetros abiertos tipo Casagrande, tubos de observación de nivel freático, y banco de nivel profundo. En la figura 30 se indica el número y distribución de instrumentos sugeridos.

La instrumentación del suelo servirá para: a) verificar que la construcción se realice dentro de la seguridad proyectada, así como para advertir el desarrollo de condiciones de inestabilidad, y b) obtener información básica del comportamiento del suelo, que comparado con el previsto en el diseño, permita concluir sobre la confiabilidad del diseño, detectar errores y fundamentar modificaciones en los análisis y en la construcción.

En la referencia 4 puede consultarse con detalle la instalación de estos instrumentos. Enseguida se describe brevemente las características especiales de cada uno.

### **5.1 Referencias superficiales.**

Sirven para medir los desplazamientos horizontales y verticales que ocurren en la superficie del terreno, así como del edificio colindante que pudiera sufrir daños a consecuencia de la excavación y construcción de la cimentación. Estas mediciones permitirán detectar oportunamente el desarrollo de condiciones de inestabilidad, o bien de deformaciones inadmisibles.

Las referencias superficiales son testigos pintados en el muro del edificio colindante. Los testigos en el muro colindante se pintarán a cada 7.25 m sobre una línea horizontal a una altura aproximada de 1.5 sobre el nivel del terreno natural actual. Se propone la instalación de 5 testigos en muro, ubicados según se muestra en la figura 30.

El testigo en muros es una referencia de nivel horizontal formada por un triángulo rojo pintado sobre un fondo blanco. En la figura 31 se muestran esquemáticamente esta referencia superficial.

### **5.2 Puntos de control sobre las losas de fondo.**

En las esquinas de las losas de fondo de cada etapa de excavación, se deberán colocar referencias de pintura o clavos, 24 horas después de haberlas colocado, con el propósito de medir los movimientos verticales que pudieran sufrir durante el proceso de excavación y construcción del cajón. La toma de lecturas en cada losa será de tres veces por semana hasta concluir la construcción de la losa de techo del nivel de sótano 1.

### **5.3 Piezómetro abierto tipo Casagrande.**

Este dispositivo permite determinar la presión de poro en estratos relativamente permeables. Se propone instalar 3 estaciones piezométricas con dos bulbos de medición cada una; uno 8 m de profundidad y el otro a 17 m profundidad. Si el bulbo de medición del piezómetro abierto instalado a 17 m de profundidad, no tienen respuesta rápida debido a su relativa impermeabilidad, entonces tendrán que instalarse piezómetros neumáticos a esa profundidad, en lugar de piezómetros abiertos.

En la figura 11 se muestra el aparato y en la figura 12 su procedimiento de instalación. La parte superficial de los piezómetros, esto es, la salida de los tubos verticales deberá quedar alojada en un registro de protección.

### **5.4 Tubo de observación de nivel freático.**

Este dispositivo permite determinar la posición del nivel freático, así como su variación estacional en los periodos de lluvia y sequía; sirve también para detectar el abatimiento de ese nivel a largo plazo. Esta medición es indispensable para definir el estado de esfuerzos de la masa de suelo del sitio, así como su evolución con el tiempo. Se propone instalar 3 tubos de observación a 14.0 m de profundidad cada uno, ubicados según se indica en la figura 30.

En la figura 13 se muestra este dispositivo y su secuencia de instalación. El tubo debe salir a la superficie y protegerse con un tapón. Se recomienda que los tubos que queden fuera del área de excavación se protejan con un registro.

#### 5.5 Banco de nivel semiprofundo.

Es un punto fijo que no sufre los asentamientos regionales que pudieran estar ocurriendo en la superficie del terreno; sirve de referencia confiable para la medición de los desplazamientos verticales, que tendrán lugar durante la construcción y operación del edificio. Se propone la instalación de un banco de nivel semiprofundo dentro del predio, con ademe telescópico y empotrado a 20 m de profundidad. En la figura 32 se muestra un croquis del banco y las características de su instalación.

#### 5.6 Frecuencia de medición de la instrumentación.

La frecuencia de medición de la instrumentación propuesta, debe ser definida por la supervisión de obra y/o por la dirección técnica de la obra, en función de las condiciones iniciales de la obra, del avance de ésta y sobre todo en función de las primeras mediciones que se vayan obteniendo en cada aparato. Obviamente, al terminar la instalación de cada uno de los instrumentos se debe registrar una lectura inicial que servirá de referencia para futuras mediciones. Para fines de organización y logística de la obra, se puede considerar inicialmente una frecuencia de medición de cada aparato de tres veces por semana.

### 6. PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO.

A continuación se mencionan las actividades principales, para la ejecución de la excavación que alojará al cajón de cimentación del Edificio Anexo en proyecto.

#### 6.1 Brocales.

Primeramente se construirán los brocales que servirán de guía para la construcción del muro tablaestaca. Para cumplir adecuadamente como guía a la herramienta de excavación, es necesario que exista un espacio libre entre brocales, de 65 cm. Para construir estos brocales habrá que excavar primero la parte superior de las zanjas donde se van a alojar los muros tablestaca, hasta una profundidad de 2.5 m y un ancho mínimo de 1.25 m.

La zanja se excavará en etapas, de 4.0 m de longitud. La excavación se realizará a cielo abierto y entre paredes verticales, colocando una estructura de contención basándose en tablonces verticales de 5 cm de espesor y 20 cm de ancho, a cada 2.00 m, puntal polín de 10x10 cm a cada 2.00 m, en dos niveles, y viga madrina polín de 15x15 cm a lo largo de la zanja, en dos niveles.

La excavación se iniciará a partir del nivel del terreno natural y se deberá detener una vez que se alcance una profundidad de 20 cm por abajo del primer nivel de puntales y vigas mdrinas, para proceder a su colocación. Se continuará con la excavación, la cual se irá alternando con el hincado de los tablonces de madera de 5 cm de espesor, hasta llegar a una profundidad de 20 cm por abajo del segundo nivel de puntales y vigas mdrinas, punto en el cual se deberá detener para proceder a la colocación de éstos. Posteriormente se deberá alcanzar la profundidad máxima, la cual se indica en el proyecto estructural correspondiente.

Como se indico anteriormente, las zanjas se excavarán en etapas de 4.0 m de longitud, una vez que se haya concluido la excavación de una etapa, se procederá a colocar el armado y cimbrado del brocal, de acuerdo como se indica en los planos estructurales correspondientes, para luego proceder a su colado. Durante el armado y colado de los brocales, se deberán dejar en el acero las preparaciones necesarias para efectuar la liga con el tramo de brocal de la etapa subsecuente. Será condición para iniciar una nueva etapa de excavación, que se haya concluido el colado de los brocales de la etapa inmediata anterior.

#### 6.2 Muro tablaestaca.

Una vez concluida la construcción de los brocales y después de haber realizado los desvíos de tuberías y ductos de instalaciones que pudieran interferir con la excavación de los tablonces, se llevará a cabo la excavación de las zanjas que alojarán a los muros de concreto. Dicha excavación deberá hacerse con equipo o maquinaria cuya herramienta de corte sea guiada, con objeto de garantizar la verticalidad, alineamiento

e integridad de las paredes de la zanja, asimismo el equipo deberá alcanzar sin problemas la profundidad máxima de proyecto, la cual deberá considerar una excavación adicional de 0.6 a 1.0 m de espesor en el fondo de las zanjas, que servirá como un espacio donde se depositarán los caídos y azolve producto de la misma excavación.

La estabilidad en las paredes de las zanjas se dará mediante el uso de lodo bentonítico, el cual se deberá vaciar de manera simultánea al proceso de excavación de la zanja.

Para poder cumplir con las características antes descritas, la herramienta de excavación deberá cumplir con las recomendaciones siguientes: Se realizará con suavidad, sin chicoteos ni golpes. Se hincará evitando que choque o caiga libremente contra el lodo o contra las paredes de la zanja, para evitar desprendimientos o caídos. Se deberá meter y sacar sin brusquedad para evitar efectos de embolo en el lodo. Deberá cortar firmemente el material, hincándola a presión sin sacudirla repentinamente.

Por ningún motivo deberá emplearse para la excavación de las zanjas, maquinaria que utilice cucharón de almeja libre o cualquier herramienta no guiada, ya que dicho equipo además de no cumplir con las características antes mencionadas (verticalidad, alineamiento, etc.) podría provocar derrumbes durante la excavación.

El cumplimiento de estas indicaciones conjugado con el uso de un lodo bentonítico de buena calidad, evitará caídos y deslaves que azolven la zanja y provoquen socavación de las paredes. El lodo estabilizador deberá ser una suspensión estable de bentonita sódica en agua. Deberá tener una densidad mayor que la del agua con objeto de que el empuje hidrostático que ejerza sobre las paredes sea mayor que el de ésta. El lodo se deberá vaciar en el interior de los tableros excavados hasta alcanzar un nivel superior al nivel freático, con objeto de generar un gradiente de presiones sobre las paredes de la excavación que ayude a detenerlas o a mantenerlas estables.

Para que el lodo estabilizador cumpla adecuadamente su función se requiere tres aspectos:

1) Debe formar una película impermeable en la frontera con el suelo; si no se forma o si es muy gruesa y poco resistente, el lodo penetrará por los poros del suelo y no se logrará la estabilización. Para garantizar la formación de la película, el lodo deberá contener una cantidad importante de bentonita sódica. Las características de la película cambian notablemente con pequeñas variaciones en el proporcionamiento agua-bentonita o por la contaminación del lodo con arena u otras partículas sólidas no coloidales.

2) La cantidad de bentonita sódica que deberá contener el lodo, será tal que el lodo producido cumpla con las características que se mencionan más adelante; una proporción inicial agua-bentonita que se recomienda tomar como base para la dosificación del lodo, varía entre 12:1 y 15:1 en peso; sin embargo, la dosificación definitiva será aquella que de un lodo cuyas propiedades queden comprendidas dentro de los límites que se mencionan más adelante. No deberá usarse en la elaboración del lodo bentonita cálcica ya que ésta reacciona con el cemento del concreto, lo cual no es deseable para los fines que se persiguen con el empleo del lodo.

3) Que la suspensión de bentonita sódica en agua sea estable, es decir, no deberá existir sedimentación o floculación de las partículas de bentonita. El lodo será capaz de aceptar que se le añada un material inerte de más peso sin sedimentarse, como puede ser la barita, que permite lograr un lodo útil en la estabilización de tableros próximos a construcciones.

Adicionalmente será necesario controlar el límite de fluencia del lodo (que es el punto de cambio de la ley de variación del esfuerzo cortante con la velocidad de deformación), debido a que el radio de penetración del lodo en los poros del suelo, así como el tamaño de partículas sólidas no coloidales (limo y arena) que puede mantener en suspensión, están en función del límite de fluencia.

Otras propiedades que juegan un papel importante en la calidad de los lodos y por lo tanto en su utilización más económica son sus características tanto físicas como mecánicas, por lo que adicionalmente deberán controlarse los valores correspondientes a su viscosidad, su contenido en arena, su P.H. y su volumen de agua en prueba de infiltrado. Con todo lo anterior, los límites dentro de los cuales deberán mantenerse las propiedades de los lodos, son las siguientes:

Propiedad	Rango
Densidad	entre 1.03 y 1.05 g/cm <sup>3</sup>
Viscosidad Marsh	entre 35 y 55 segundos
Viscosidad plástica	entre 10 y 15 centipoises
Volumen de agua filtrada	máximo 20 cm <sup>3</sup>
Limites de fluencia	Entre 5 y 25 lb/ft <sup>2</sup>
Espesor de costra (cake)	entre 1.0 y 1.5 mm
Contenido de arena	máximo 10%
Potencial hidrógeno (P.H.)	entre 7 y 10

Todas las propiedades deberán controlarse en el laboratorio para establecer la relación agua-bentonita recomendable y además verificarse periódicamente en las muestras obtenidas de los lodos que se estén manejando en el campo. Este control se hará con equipo especializado para estos fines. Mediante desarenado o regeneración y recirculación, se le podrán dar al lodo varios usos; la recirculación podrá efectuarse pasando por la planta central de fabricación y almacenamiento, o bien, mediante una batería portátil de hidrociclones. En este último caso, se puede recircular localmente de un tramo de zanja a otro. El número de usos que se dé al lodo, estará limitado al cumplimiento de las propiedades ya mencionadas, por lo que cuando el lodo haya perdido dichas propiedades deberá desecharse y utilizarse un lodo nuevo. Por ningún motivo se usarán lodos que no cumplan con las propiedades listadas en párrafos anteriores. En todos los casos el nivel del lodo en la zanja o tablero estabilizado deberá quedar -1.00 m como máximo a partir del nivel del terreno. En ningún caso deberá aumentarse esta distancia.

La longitud de las zanjas para el colado de muros dependerá de la longitud del tablero, sin embargo no se podrá excavar una longitud mayor a 8.0 m. El nivel de fluido dentro de la zanja deberá mantenerse a una profundidad de 1.0 m evitando variaciones con respecto al mismo. Por ningún motivo deberán permitirse excavaciones de mayor longitud, así como abatir el nivel de fluido estabilizador arriba, ya que se podría favorecer la posibilidad de una falla general en la zanja. No podrá dejarse una zanja totalmente excavada y ademada con el fluido estabilizador por mucho tiempo, ya que el lodo inicia su proceso de fraguado una vez que se encuentra en reposo; por lo que no deberán pasar más de 24 horas entre el inicio de la excavación de un tablero y la colocación del tablero prefabricado. Terminada la excavación, deberá procederse a la limpieza del azolve del fondo, utilizando un tubo eyector que pasará por todo el piso de la zanja. Otra alternativa consiste en la recolección del azolve con la almeja.

Cuando se haya concluido la excavación y se haya verificado la profundidad de la zanja, se procederá a introducir el tablero de concreto prefabricado, éste deberá estar provisto con dos tubos verticales ahogados en los extremos del cuerpo del muro, los cuales servirán para que una vez que éste quede en su posición definitiva, se inyecte un lodo fraguante que desplazará al lodo bentonítico.

El lodo fraguante deberá tener la propiedad de adquirir una resistencia, posteriormente a la introducción de la tablestaca prefabricada, por lo que su composición será de cemento-bentonita-agua, con una proporción que deberá garantizar las siguientes características.

**Cuadro 11. Propiedades del lodo fraguante.**

Propiedad	Rango
Densidad	Mayor a 1.10 g/cm <sup>3</sup>
Viscosidad Marsh	entre 30 a 45 segundos
Resistencia a la compresión simple a los 28 días	8 Ton/m <sup>2</sup>

Se deberá tener en cuenta que en caso de que el muro tablestaca sea de tipo estructural, se dejen las preparaciones necesarias para posteriormente realizar la liga estructural de estos elementos con las losas. En caso de que durante la introducción del muro, se dificulte el desplazamiento vertical, se recurrirá a los mecanismos necesarios para garantizar la presión necesaria para su introducción evitando movimientos violentos que afecten la estabilidad de la zanja. Una vez introducido el muro en su zanja correspondiente, deberá asegurarse a un sistema de sujeción, mediante espárragos, de acuerdo como indique el proyecto estructural correspondiente.

### 6.3 Instrumentación.

Simultáneamente con la construcción del muro tablaestaca, se instalará la instrumentación de la obra, consistente en: 3 estaciones piezométricas, 3 tubos de observación de nivel freático, 1 banco de nivel semi-profundo y 5 testigos en muros, ubicados según se muestra en la figura 30, y atendiendo a lo indicado en el capítulo 5 "Instrumentación geotécnica".

### 6.4 Bombeo.

Al mismo tiempo que se instala la instrumentación geotécnica, se podrá iniciar también, la construcción del sistema de bombeo, consistente en la perforación de 42 pozos de 25 cm de diámetro, distribuidos en una retícula de 8 x 8 m ( figura 29) y perforados hasta 14 m de profundidad máxima.

Después de construido por completo el muro tablaestaca y terminada la instrumentación de la obra, se iniciará el bombeo para el abatimiento del nivel freático, previa instalación del sistema de bombeo por gravedad, constituido por pozos y puntas eyectoras. El bombeo se realizará antes y durante el proceso de excavación, con objeto de controlar las filtraciones, reducir las expansiones elásticas por efecto de excavación, aumentar el factor de seguridad de los taludes internos y mantener la excavación estanca. El sistema de bombeo se integrará por los pozos que en su interior llevarán las puntas eyectoras, la bomba centrífuga, el cárcamo y las conexiones de mangueras y tubos derivadores. El nivel dinámico de las puntas eyectoras se ubicará 50 cm arriba del nivel de desplante de cada pozo. Para el control del abatimiento del nivel freático, se deberá registrar cada 12 horas tanto el gasto de extracción como el nivel dinámico de cada pozo; con estos datos registrados se deberán elaborar gráficas de tiempo vs. nivel dinámico.

El bombeo se iniciará dos días antes de empezar la excavación de la primera etapa, y se suspenderá hasta cuando la estructura transmita una presión al subsuelo del orden de las 9.5 ton/m<sup>2</sup>, ya sea mediante su carga muerta o mediante lastre.

Una vez suspendido el bombeo, cada pozo de bombeo deberá rellenarse con un mortero cemento-arena, con una relación 1:3 en peso del cemento, hasta 30 cm por abajo del tope de colado de la losa en cuestión; la parte restante se rellenará con concreto provisto de aditivo estabilizador de volumen.

### 6.5 Procedimiento de excavación etapa 1 central.

El proceso constructivo consistirá en una excavación a cielo abierto en la zona central del cajón, indicada en la figura No. 33 como etapa 1, la cual quedará limitada lateralmente por taludes compuestos. De 0 a 9 m de profundidad se utilizarán taludes 1 a 1 y de 9 a 12 m de profundidad se utilizarán taludes 0.5 a 1 (relación horizontal a vertical), siempre y cuando a los 9 m de profundidad se encuentre el estrato arcilloso detectado en la exploración (figura 34); de no ser así, toda la excavación se realizará con taludes 1 a 1. Al realizar la excavación de esta etapa, sobre el perímetro se dejará una berma, la cual se excavará posteriormente (figura 34). Inmediatamente al término de la excavación de la primera etapa, se deberán proteger contra la erosión los taludes inclinados expuestos, anclándoles una tela de gallinero, la cual se protegerá con un mortero de cemento-arena. Cabe aclarar que el tamaño de esta etapa de excavación se ha modulado en función de los ejes de construcción, cortándola al quinto del claro entre ejes.

Será condición para iniciar la excavación de esta etapa central, que se cumpla con la construcción del tablestacado y con la instalación de los pozos de bombeo y el tiempo previo de operación (dos días). Se iniciará la excavación a partir del nivel de terreno natural, conformado el talud señalado en párrafos anteriores, hasta alcanzar una profundidad máxima; la cual se indica en el proyecto estructural correspondiente. Los últimos 20 cm de excavación se deberán realizar manualmente, a fin de evitar el remoldeo del terreno que estará en contacto con la losa de fondo.

Una vez concluida la excavación, se deberá colar de inmediato una plantilla de concreto simple  $f'c=100$  kg/cm<sup>2</sup>, de 10 cm de espesor, en toda el área excavada. Una vez colada la plantilla, se procederá a excavar las zanjas en las que se alojarán las contratrabes. La excavación se efectuará manualmente entre paredes verticales; una vez configuradas las zanjas, se deberán proteger sus paredes mediante una capa de 2 cm de espesor, de mortero cemento-arena en proporción 1:4, reforzada con una malla tipo tela de gallinero.

Concluido lo anterior, se procederá a introducir en las zanjas el armado de las contratrabes, colocando simultáneamente el armado de la losa de fondo a fin de colar ambos elementos estructurales simultáneamente. Se procederá al colocado de la losa de fondo y las contratrabes correspondientes, debiendo dejar las preparaciones necesarias para efectuar la liga posterior con las losas de etapas subsecuentes, columnas y muros estructurales del cajón.

Veinticuatro horas después de colada la losa de fondo, se iniciará el armado, cimbrado y colado de las columnas. Una vez que los muros adquieran por lo menos el 80 % de su resistencia de proyecto, se colocará la cimbra, el armado y se efectuará el colado de las trabes y de la losa de entepiso del nivel sótano 2, de acuerdo como se indica en el proyecto estructural correspondiente. Cabe mencionar que el proceso de construcción del cajón por ningún motivo se podrá retrasar, debiendo ser continuo, ya que en este periodo se estará bombeando el subsuelo. Cuando el proceso de construcción alcance la construcción de la losa de entepiso del nivel sótano 1, se podrá iniciar la excavación de las etapas Perimetrales, que hasta ese momento forma la berma.

#### 6.6 Procedimiento de excavación etapas perimetrales.

La excavación de las etapas perimetrales 2, 3 y 4 (figura 33) se realizarán una vez concluida la construcción de la losa de entepiso del nivel sótano 1. Las etapas se realizarán en la secuencia indicada, y se podrán realizar en forma simultánea las etapas con el mismo número.

Se iniciará la excavación a partir del nivel de terreno natural, hasta alcanzar una profundidad de 50 cm por abajo del primer nivel de troqueles, debiendo detener la excavación en ese momento para proceder de manera inmediata a la colocación de los puntales que haya sido descubiertos sus puntos de aplicación. Una vez colocados los troqueles correspondientes al primer nivel, se reiniciará la excavación hasta alcanzar la profundidad correspondiente a 50 cm por abajo del segundo nivel de puntales, donde se deberá detener nuevamente la excavación para proceder a la colocación de los puntales en los sitios que hayan sido descubiertos sus puntos de aplicación. Concluido lo anterior se continuará con la excavación hasta alcanzar el nivel máximo de proyecto; el cual se indica en el proyecto estructural correspondiente, cabe destacar que los últimos 20 cm de excavación se deberán efectuar en forma manual. Todos los niveles de troquelamiento se apuntalarán contra el núcleo central del edificio construido en la etapa 1.

Las etapas 3 y 4 adyacentes al edificio existente se excavarán en una sola etapa vertical, colocando en la parte inferior de la excavación solo un nivel de troqueles, apuntalados contra el edificio existente.

#### 6.7 Control de Filtraciones.

En caso de presentarse filtraciones hacia el interior de la excavación, estas deberán controlarse mediante la construcción de cárcamos de 0.30 m de profundidad, en número suficiente y colocados en las esquinas de las etapas de excavación, comunicados entre si por medio de zanjas perimetrales, y desde los cuales se extraerá el agua por medio de bombas autocebantes. Tanto en los cárcamos como en las zanjas deberá colocarse en su fondo una cama de 10 cm de espesor de grava limpia para evitar el arrastre de las partículas finas del suelo. Deberá preverse en la obra el número de bombas y personal necesario, con objeto de que durante la época de lluvia tanto en los periodos normales de trabajos como en días festivos, no se inunde la excavación. El control de filtraciones deberá iniciarse desde el momento en que estas aparezcan.

El proyecto arquitectónico y estructural, deberán diseñar en los sótanos de estacionamiento del cajón de cimentación, un sistema de drenaje adecuado, para la recolección, manejo, conducción, almacenaje temporal y bombeo hacia el exterior, del agua proveniente de eventuales filtraciones del subsuelo hacia el interior del estacionamiento del sótano.

## 7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

- Se realizó un estudio complementario de mecánica de suelos para determinar el tipo de cimentación más adecuado y su procedimiento constructivo, para el proyecto ejecutivo para la construcción del Edificio Anexo al Edificio Sede del Poder Judicial de la Federación en Toluca.
- De acuerdo con los resultados obtenidos en la exploración de campo y en los ensayos de laboratorio realizados, se determinó la estratigrafía del predio, que consiste básicamente de cinco estratos de suelo detectados en el sondeo SM-1 y de cuatro estratos en el sondeo SM-2. El nivel freático se midió a 2.5 m de profundidad.
- De acuerdo con el proyecto arquitectónico y estructural, se requiere de una excavación a 12 m de profundidad máxima para la construcción del sótano 3 de estacionamiento. La losa de fondo del sótano y el muro perimetral que lo conformará, formarán un cajón rígido que podrá constituir el elemento de cimentación del edificio, el cual deberá permanecer estanco durante toda su vida útil.
- La presión total transmitida en forma permanente por la estructura, será menor que la descarga por excavación del terreno, por lo que el cajón de cimentación será sobrecompensado, con una presión de sobrecompensación de 5.4 ton/m<sup>2</sup>.
- Las expansiones diferidas del terreno por el efecto de la sobrecompensación, se estimaron en un valor máximo de 14.28 cm y un mínimo de 3.41 cm (figura 24); valores admisibles al tipo de estructura, de acuerdo al Reglamento de Construcción para el Distrito Federal.
- Para el diseño estructural del muro tablaestaca, se determinaron los empujes horizontales del subsuelo a corto y largo plazo y el empuje pasivo. Se revisó la estabilidad de la excavación para los siguientes mecanismos: a) falla general por el fondo, b) falla por el empotramiento del muro milán, y c) estabilidad de taludes internos.
- En la figura 29 se presenta una propuesta del sistema del bombeo por gravedad. Básicamente consiste de 42 pozos de bombeo de 25 cm de diámetro, perforados a 14 m de profundidad máxima, dispuestos en una retícula de 8 m por 8 m. Este sistema es necesario para: a) abatir el nivel freático, b) contrarrestar las expansiones elásticas por efecto de excavación, y c) controlar el agua libre para facilitar los trabajos de construcción en seco o con un mínimo de filtraciones.
- Durante el periodo de bombeo previo a la excavación, se producirá en el área por excavar, un asentamiento por consolidación, el cual es función del tiempo de operación del sistema de bombeo y de la magnitud del abatimiento piezométrico. Considerando pozos de bombeo de 0.25 m de diámetro, dispuestos en una retícula de 8 por 8 m, se obtiene un asentamiento por consolidación de 19 y 28 cm para tiempos de bombeo de 180 días (6 meses) y 360 días (12 meses), respectivamente.
- Se calculó la expansión inicial elástica del terreno por efecto de la excavación. Para la primera etapa de excavación de 30 m de largo por 28 m de fondo, suponiéndola a 12 m de profundidad, se obtuvieron expansiones teóricas máximas del orden de 4 cm, las cuales son pequeñas y aceptables.
- Con el objeto de observar el comportamiento de la masa de suelo y del edificio colindante, durante todo el proceso constructivo del edificio y etapa posterior de operación, se propuso un programa de instrumentación que incluye: 5 testigos en muro colindante, puntos de control sobre las losas de fondo, 3 estaciones piezométricas con dos bulbos de medición cada una, 3 tubos de observación de nivel freático y 1 banco de nivel semiprofundo. En la figura 30 se indica la distribución sugerida de instrumentación de obra.
- La excavación para la construcción del cajón de cimentación del edificio en proyecto, se realizará por etapas. En la figura 33 se muestran las diferentes etapas de excavación propuestas. Primeramente se excavará el área central del cajón y después toda la periferia. La excavación de las etapas perimetrales 2, 3 y 4 se realizarán una vez concluida la construcción de la losa de entrepiso del nivel sótano 1. Las etapas se realizarán en la secuencia indicada, y se podrán realizar en forma simultánea las etapas con el mismo número.

- La función de la supervisión técnica de la obra, mediante acciones de inspección y verificación, es la de garantizar que el proceso de construcción se realice cumpliendo las recomendaciones y especificaciones derivadas del diseño. La supervisión técnica debe evaluar las modificaciones de campo que se justifiquen y requerir estudios complementarios en caso que surjan problemas no considerados en el diseño.
- La supervisión técnica debe estar encabezada por un ingeniero con experiencia en este tipo de obras y tener asesoría de especialistas en estructuras, geotecnia, construcción y programación, los cuales deben visitar frecuentemente la obra en compañía de dicho ingeniero supervisor.
- La supervisión técnica deberá iniciarse con la revisión de la conexión entre el diseño y la construcción, así como de todos los aspectos del proceso constructivo propuestos en el estudio y en el proyecto ejecutivo.

# FIGURAS

Proyecto: Edificio Anexo al Edificio Sede del Poder Judicial de la Federación en Toluca.

Ubicación: Av. Dr. Nicolás San Juan, Casi esquina con calle Pies Negros

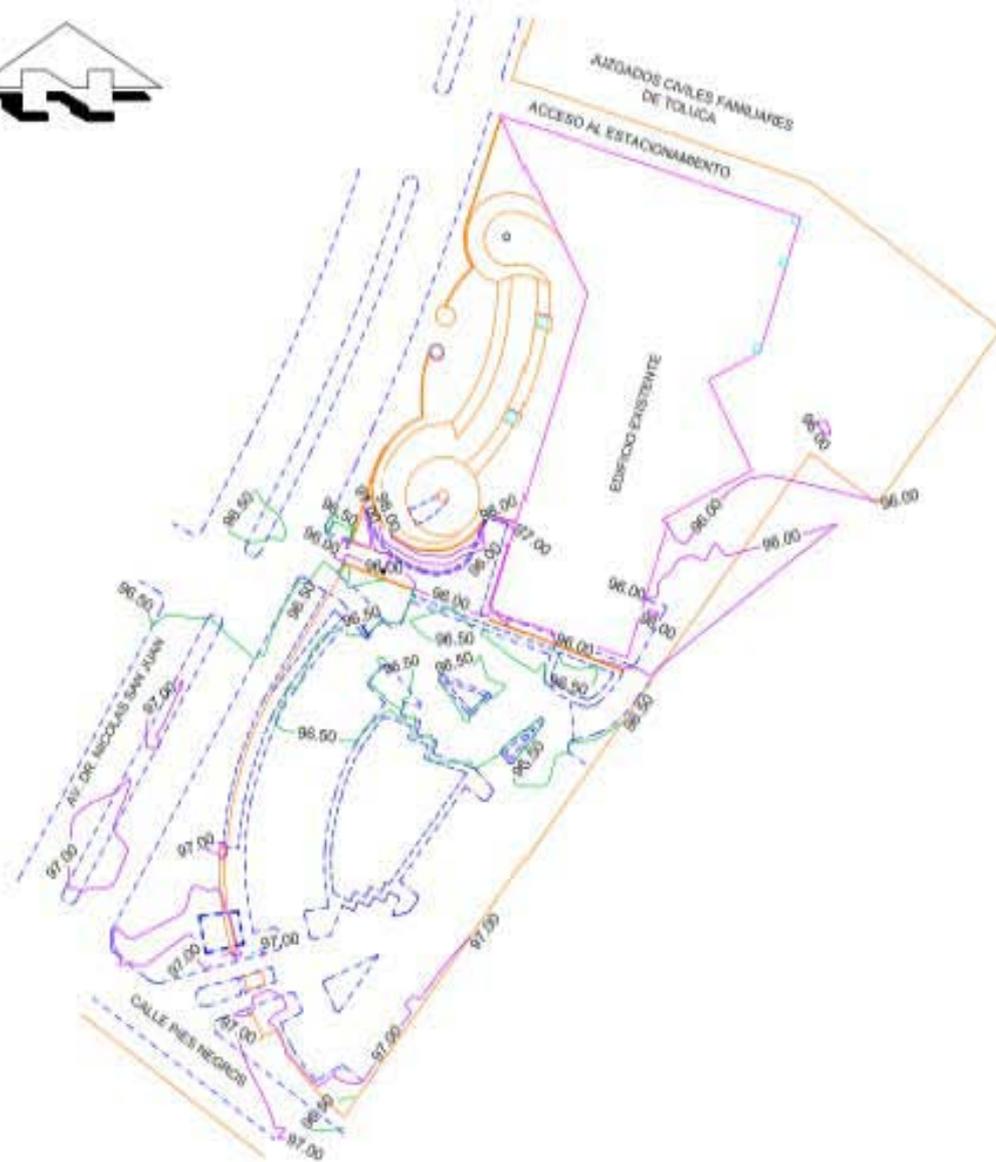
Col. Ex Rancho Cuauhtémoc, Toluca, Estado de México.



Localización del predio

Figura 1

Proyecto: Edificio Anexo al Edificio Sede del Poder Judicial de la Federación en Toluca.  
Ubicación: Av. Dr. Nicolás San Juan, Casi esquina con calle Pies Negros  
Col. Ex Rancho Cuauhtémoc, Toluca, Estado de México.

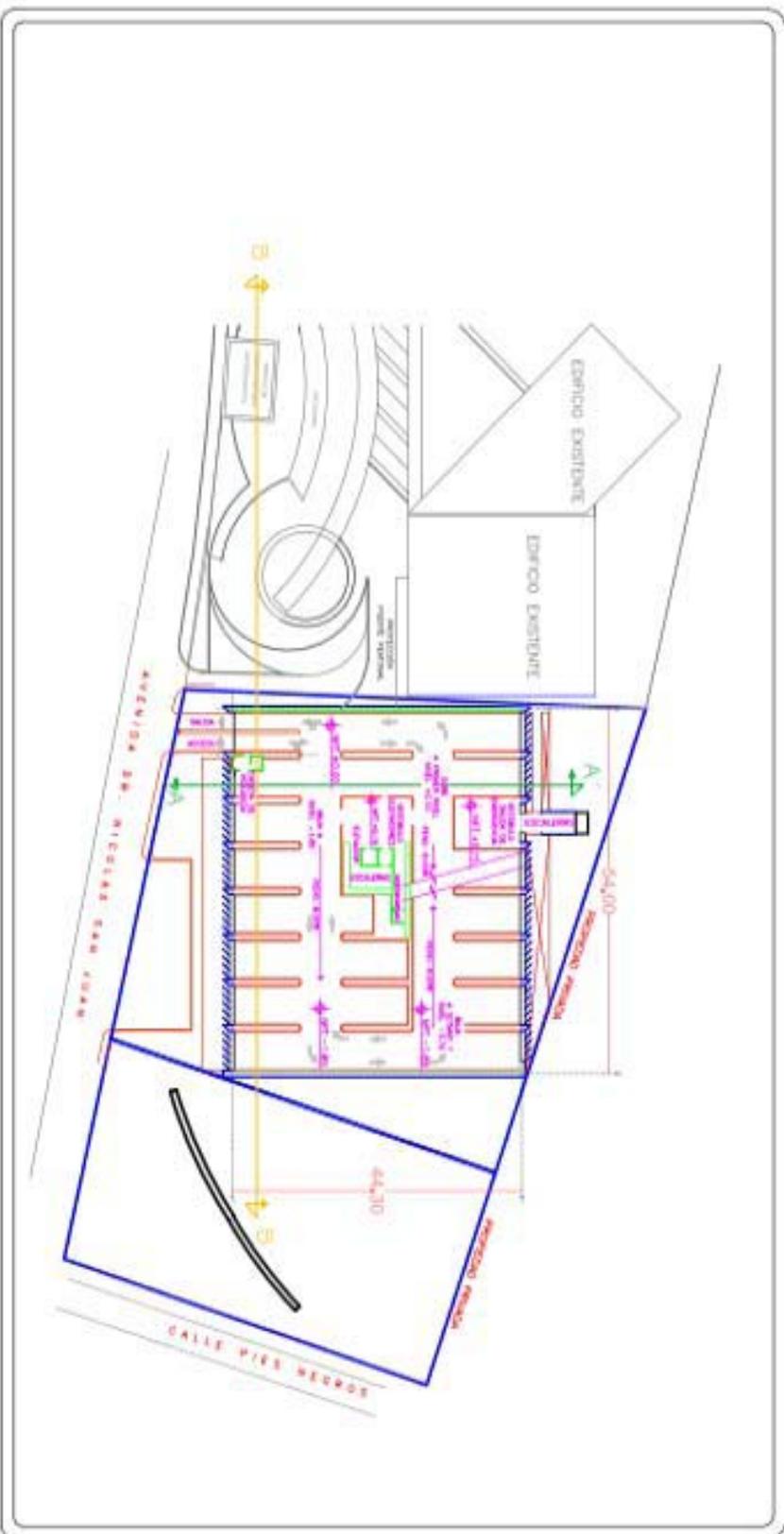


Topografía del Predio

Figura 2

Proyecto: Edificio Anexo al Edificio Sede del Poder Judicial de la Federación en Toluca.

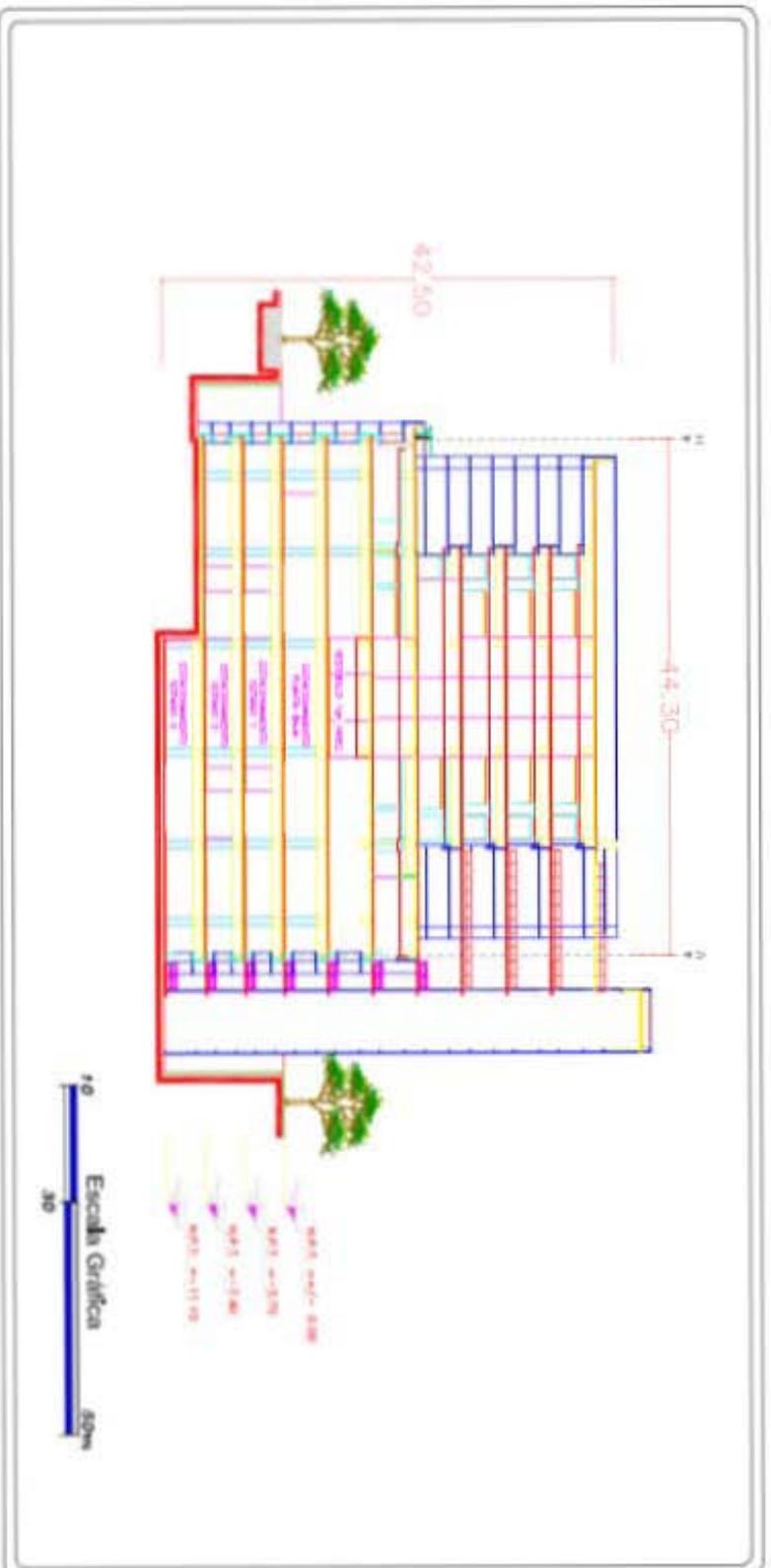
Ubicación: Av. Dr. Nicolás San Juan, Casi esquina con calle Pies Negros  
Col. Ex Rancho Cuautémoc, Toluca, Estado de México.



Planta Arquitectónica de Planta baja

Figura 3

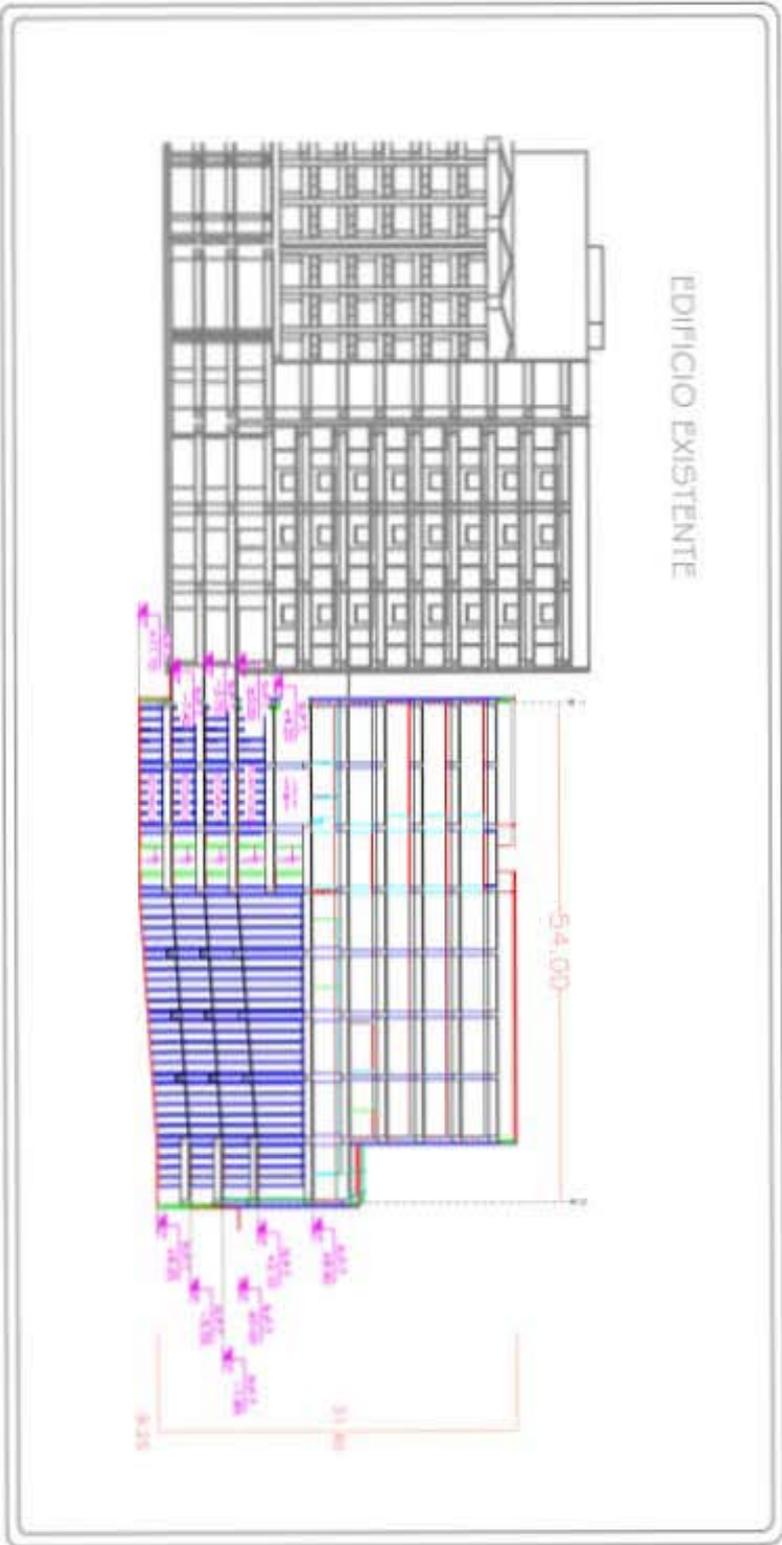
Proyecto: Edificio Anexo al Edificio Sede del Poder Judicial de la Federación en Toluca.  
Ubicación: Av. Dr. Nicolás San Juan, Casi esquina con calle Pies Negros  
Col. Ex Rancho Cuauhtémoc, Toluca, Estado de México.



Corte Arquitectónico A-A'

Figura 4

Proyecto: Edificio Anexo al Edificio Sede del Poder Judicial de la Federación en Toluca.  
Ubicación: Av. Dr. Nicolás San Juan, Casi esquina con calle Pies Negros  
Col. Ex Rancho Cuauhtémoc, Toluca, Estado de México.



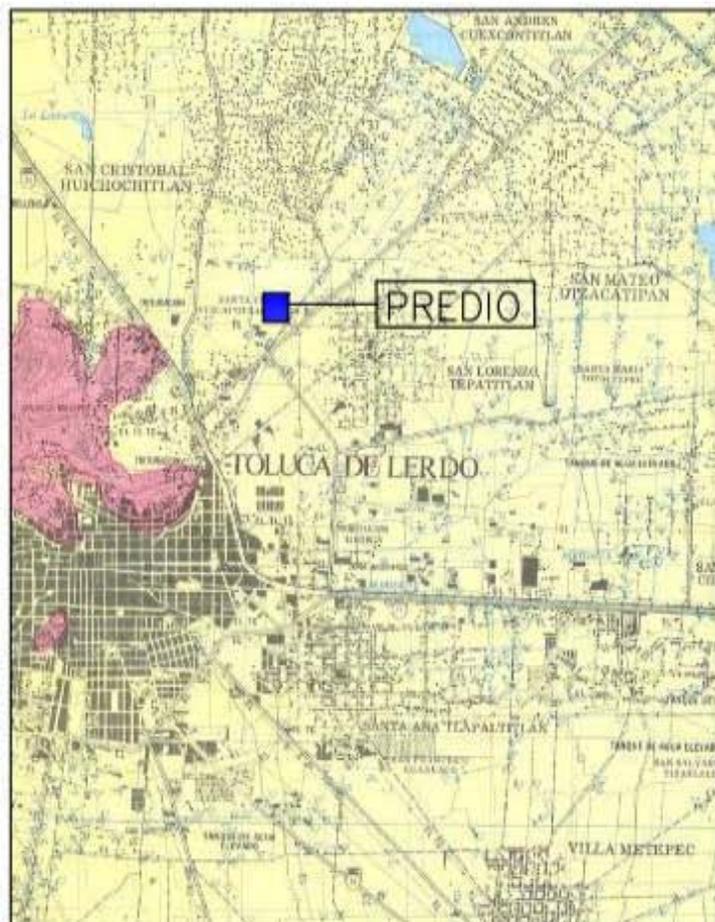
Corte Arquitectónico B-B'

Figura 5

Proyecto: Edificio Anexo al Edificio Sede del Poder Judicial de la Federación en Toluca.

Ubicación: Av. Dr. Nicolás San Juan, Casi esquina con calle Pies Negros

Col. Ex Rancho Cuauhtémoc, Toluca, Estado de México.



Aluvial

Andesita

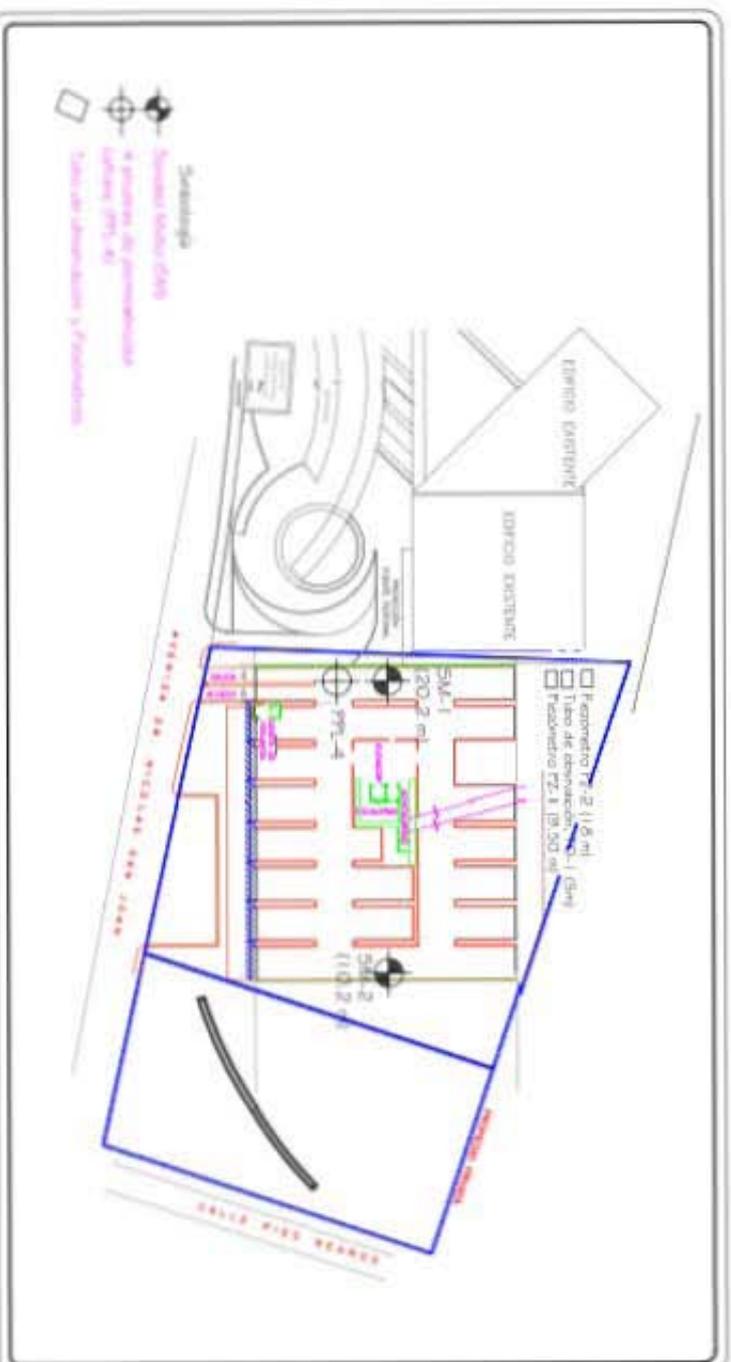
Toba

Geología Regional

Figura 6

Proyecto: Edificio Anexo al Edificio Sede del Poder Judicial de la Federación en Toluca  
Ubicación: Av. Dr. Nicolás San Juan, Casa esquina con calle Pies Negros

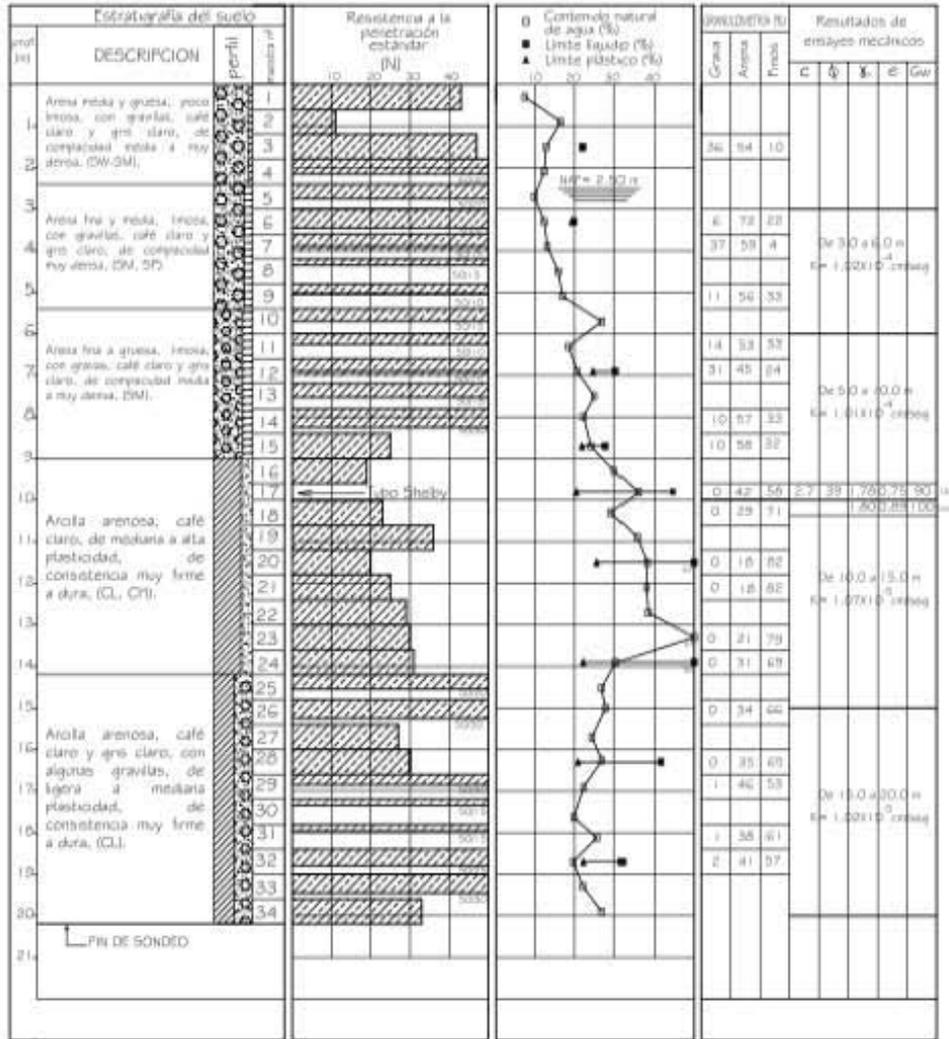
Col. Ex Rancho Cuartémoc, Toluca, Estado de México.



Ubicación de sondeos, Tubo de observación y piezómetros

Figura 7

Proyecto: Edificio Anexo al Edificio Sede del Poder Judicial de la Federación en Toluca.  
 Ubicación: Av. Dr. Nicolás San Juan, Casi esquina con calle Pies Negros  
 Col. Ex Rancho Cuauhtémoc, Toluca, Estado de México.



OBSERVACIONES:



SIMBOLOGIA

c = Cohesión en ton/m<sup>2</sup>  
 $\phi$  = Ángulo de fricción interna, en grados  
 $\gamma_s$  = Peso volumétrico natural en ton/m<sup>3</sup>  
 e = Relación de vacíos  
 Gw = Grado de saturación  
 P.H. = Peso de Herramienta  
 T.Sh. = Tubo Shelby  
 NAF = Nivel de Agua Freatica

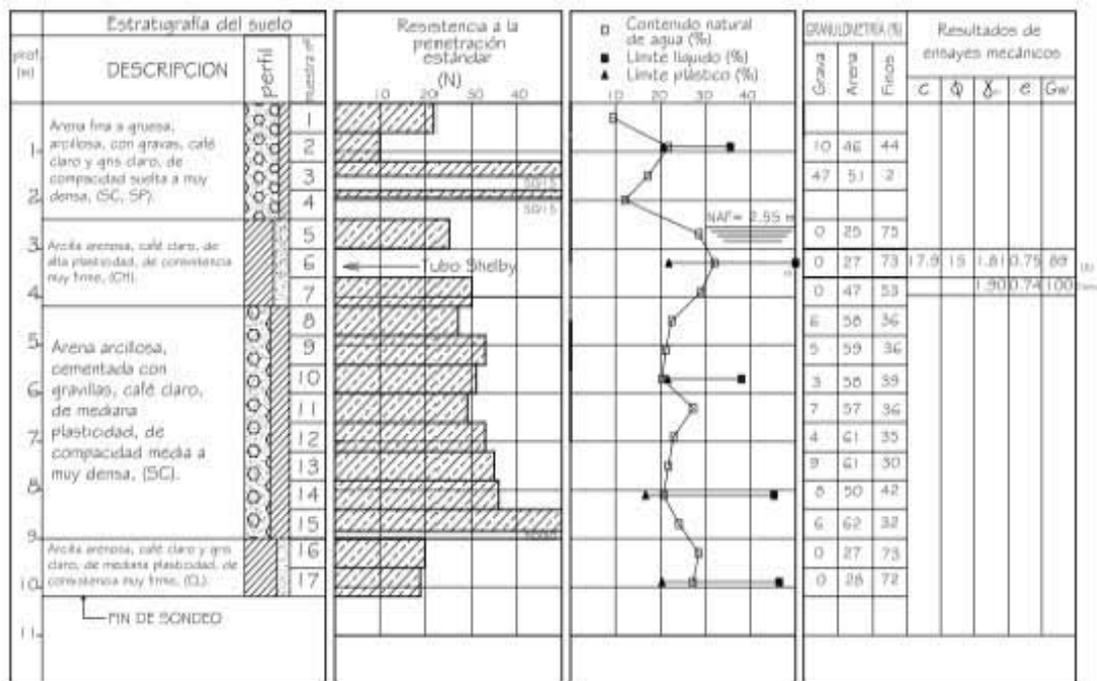
Columna Estratigráfica Sondeo SM-1

Figura 8

Proyecto: Edificio Anexo al Edificio Sede del Poder Judicial de la Federación en Toluca,

Ubicación: Av. Dr. Nicolás San Juan, Casi esquina con calle Pies Negros

Col. Ex Rancho Cuauhtémoc, Toluca, Estado de México.



OBSERVACIONES: \_\_\_\_\_



SIMBOLOGIA

- c = Cohesión en ton/m<sup>2</sup>
- $\phi$  = Ángulo de fricción interna, en grados
- $\gamma_n$  = Peso volumétrico natural en ton/m<sup>3</sup>
- e = Relación de vacíos
- Gw = Grado de saturación
- P.H. = Peso de Herramienta
- T.S.H. = Tubo Shelby
- NAF = Nivel de Agua Freática

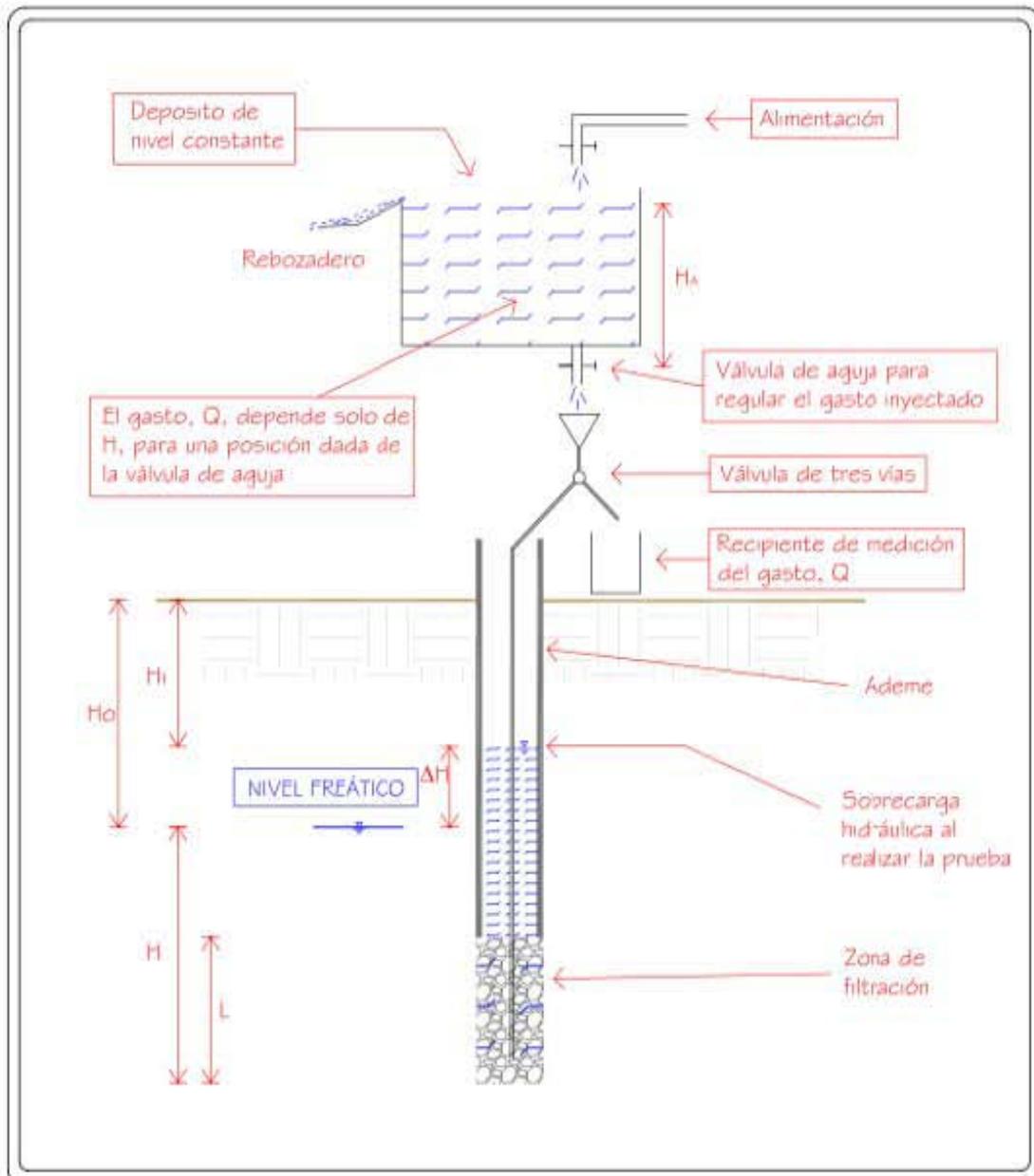
Columna Estratigráfica Sondeo SM-2

Figura 9

Proyecto: Edificio Anexo al Edificio Sede del Poder Judicial de la Federación en Toluca.

Ubicación: Av. Dr. Nicolás San Juan, Casi esquina con calle Pies Negros

Col. Ex Rancho Cuauhtémoc, Toluca, Estado de México.

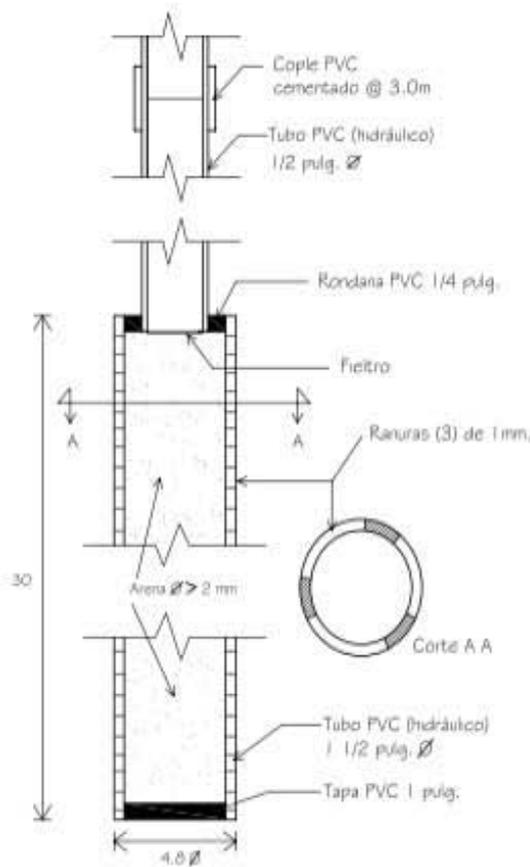


Prueba de Permeabilidad Lefranc-Mendel

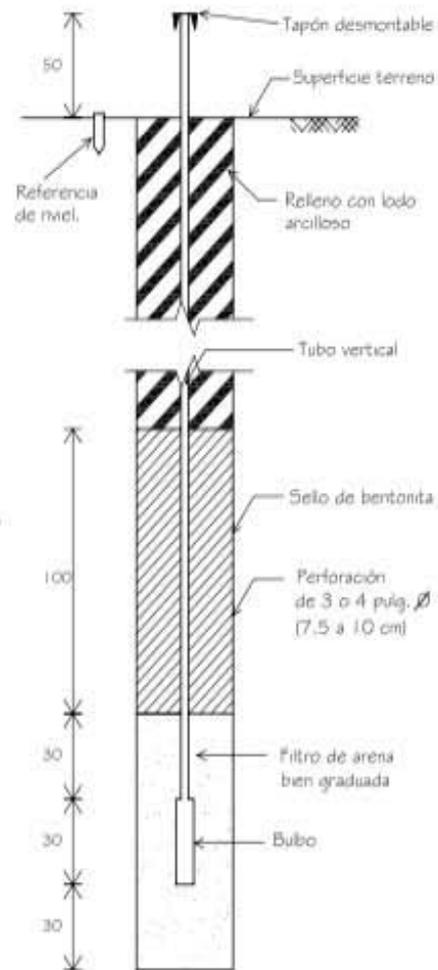
Figura 10

Proyecto: Edificio Anexo al Edificio Sede del Poder Judicial de la Federación en Toluca.  
 Ubicación: Av. Dr. Nicolás San Juan, Casi esquina con calle Pies Negros  
 Col. Ex Rancho Cuauhtémoc, Toluca, Estado de México.

a) celda permeable



b) Instalación



Acotaciones en cm  
 Figura sin escala

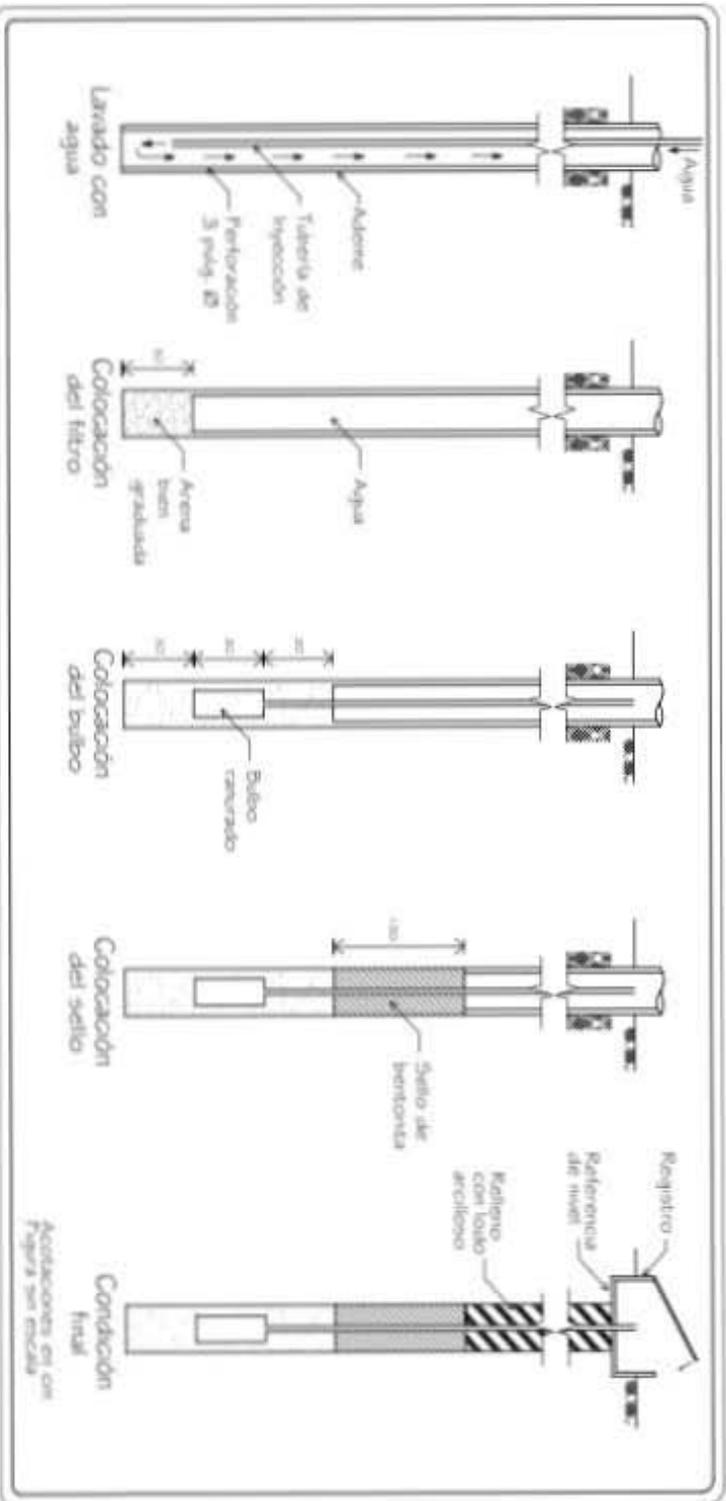
Piezómetro abierto tipo Casagrande

Figura 11

Proyecto: Edificio Anexo al Edificio Sede del Poder Judicial de la Federación en Toluca.

Ubicación: Av. Dr. Nicolás San Juan, Casu esquina con calle Pies Negros

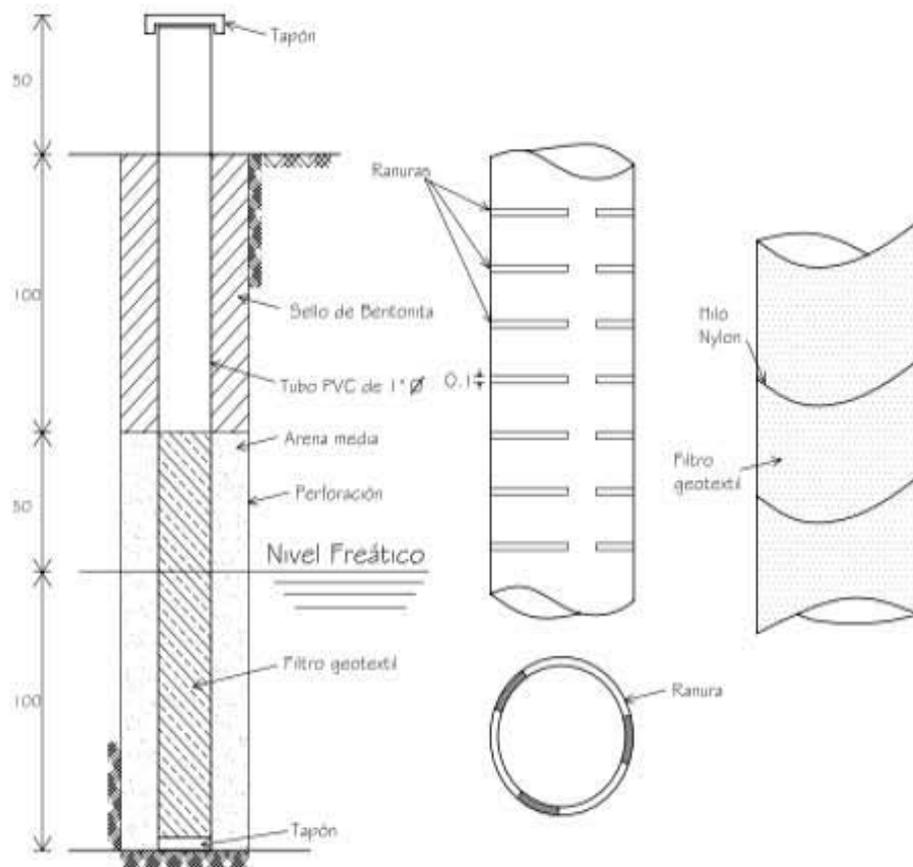
Col. Ex Rancho Cuauhtémoc, Toluca, Estado de México.



Instalación de Piezómetros tipo Casagrande

Figura 12

Proyecto: Edificio Anexo al Edificio Sede del Poder Judicial de la Federación en Toluca.  
Ubicación: Av. Dr. Nicolás San Juan, Casi esquina con calle Pies Negros  
Col. Ex Rancho Cuauhtémoc, Toluca, Estado de México.

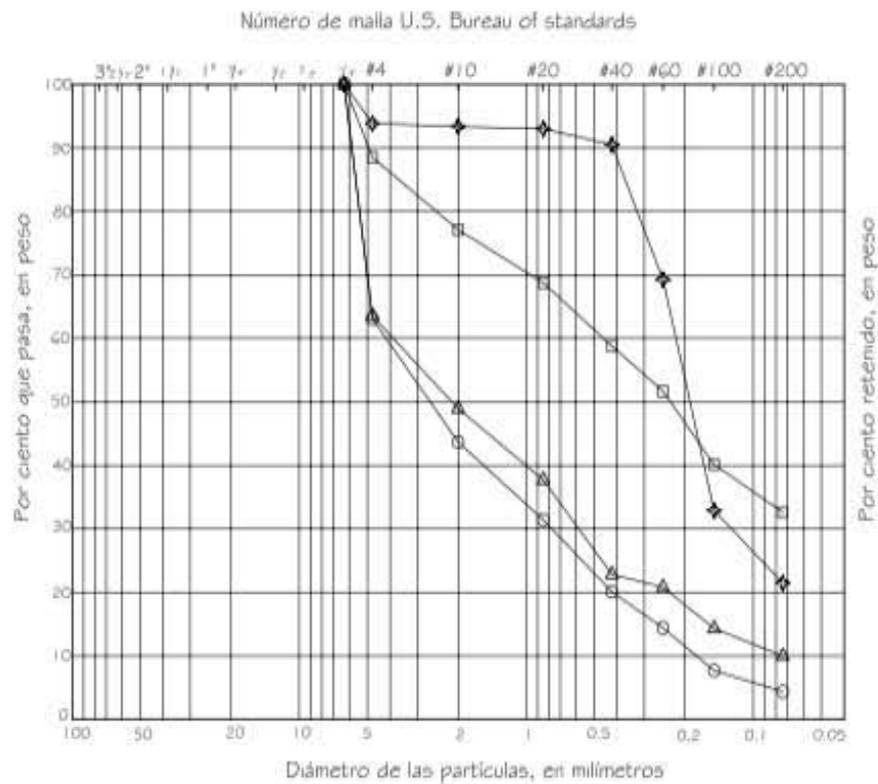


Acotaciones en cm  
Figura sin escala

Tubo de observación de nivel freático

Figura 13

Proyecto: Edificio Anexo al Edificio Sede del Poder Judicial de la Federación en Toluca.  
 Ubicación: Av. Dr. Nicolás San Juan, Casi esquina con calle Pies Negros  
 Col. Ex Rancho Cuauhtémoc, Toluca, Estado de México.

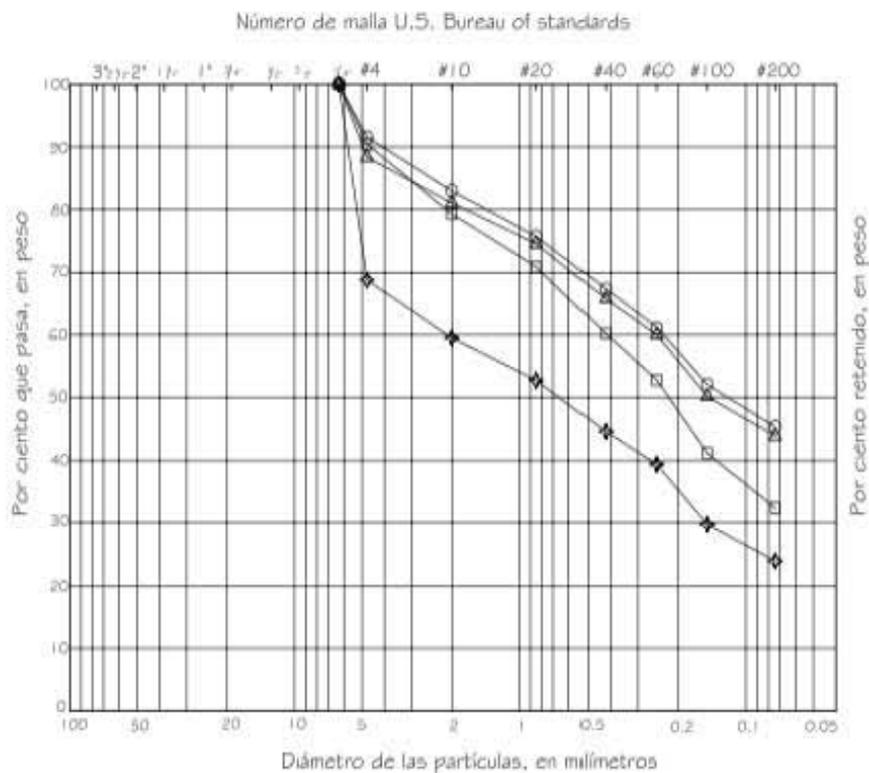


Sondeo	Muestra	Profundidad	Símbolo	Grava			Arena			C <sub>u</sub>	C <sub>c</sub>	grava	arena	finos	Clasif. SUCS
				Gruesa	Fina	Gruesa	Meda	Fina	%						
SM-1	3	1.20-1.60	▲			0.075	0.58	3.85	52.03	1.16	36	54	10	Sw-SM	
SM-1	6	3.00-3.45	◆								6	72	22	SM	
SM-1	7	3.60-3.90	○			0.18	0.77	4.14	23.00	0.79	37	59	4	SP	
SM-1	9	4.60-5.00	□								11	56	33	SM	

Análisis Granulométricos de Sondeo Mixto SM-1

Figura 14

Proyecto: Edificio Anexo al Edificio Sede del Poder Judicial de la Federación en Toluca.  
 Ubicación: Av. Dr. Nicolás San Juan, Casi esquina con calle Pies Negros  
 Col. Ex Rancho Cuauhtémoc, Toluca, Estado de México.

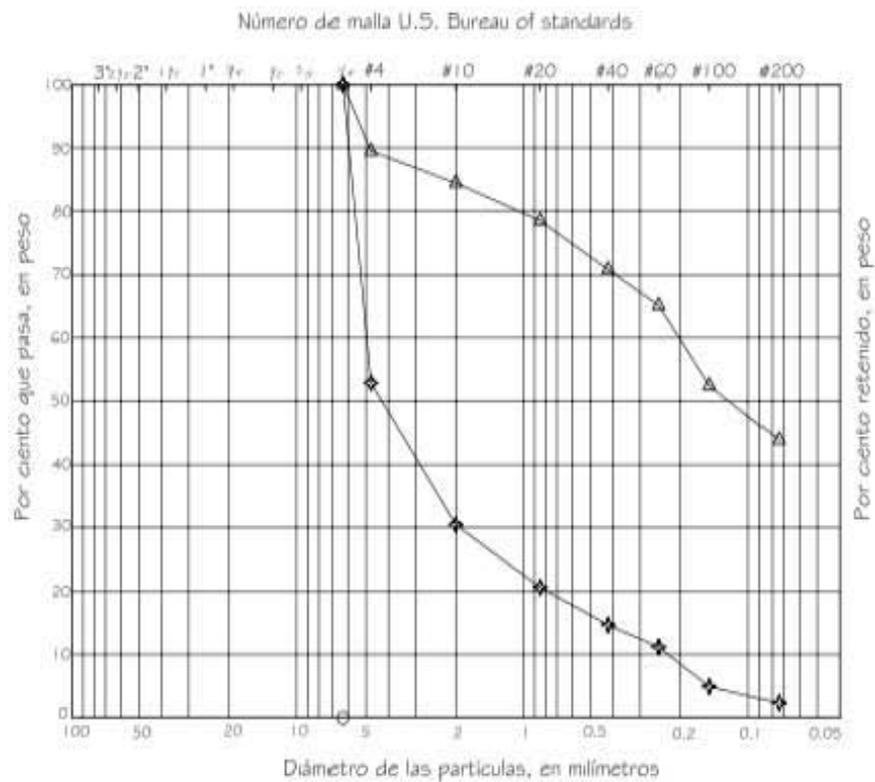


			Grava		Arena			Limo y Arcilla				
			Gruesa	Fina	Gruesa	Meda	Fina					
Sondeo	Muestra	Profundidad	Símbolo	D <sub>10</sub>	D <sub>30</sub>	D <sub>60</sub>	C <sub>u</sub>	C <sub>L</sub>	Clasif. UNCO			
	Nº	m		mm	mm	mm				% grava	% arena	% limo
SM-1	11	6.60-6.25	△						14	53	33	SM
SM-1	12	6.60-6.20	◆						31	45	24	SM
SM-1	14	7.60-8.25	○						70	57	33	SM
SM-1	15	8.40-9.00	□						70	56	32	SM

Análisis Granulométricos de Sondeo Mixto SM-1

Figura 15

Proyecto: Edificio Anexo al Edificio Sede del Poder Judicial de la Federación en Toluca.  
 Ubicación: Av. Dr. Nicolás San Juan, Casi esquina con calle Pies Negros  
 Col. Ex Rancho Cuauhtémoc, Toluca, Estado de México.

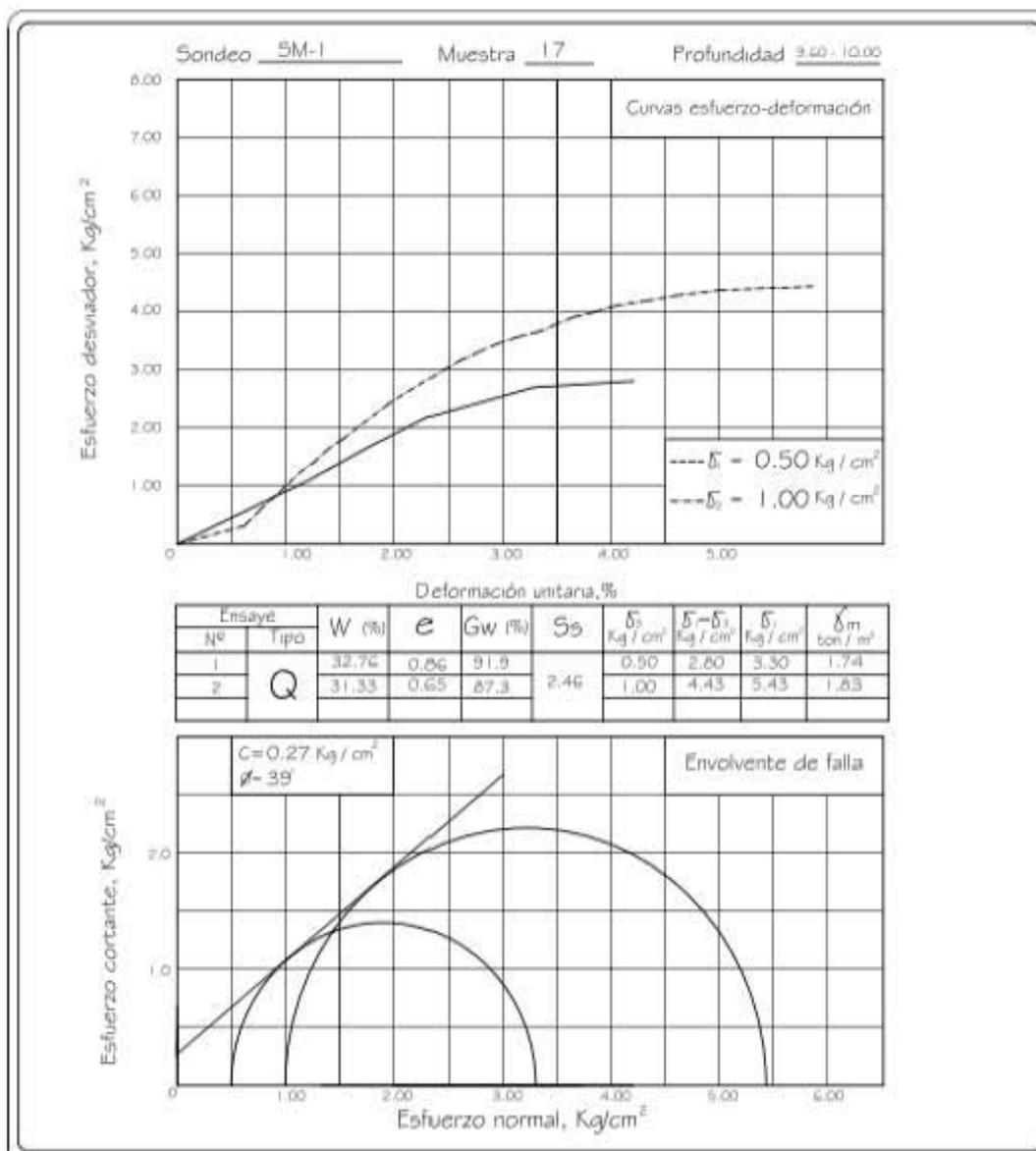


		Grava		Arena					Limo y Arcilla			
		Gruesa	Fina	Gruesa	Meda	Fina						
Sondeo	Muestra nº	Profundidad m	Símbolo	D <sub>10</sub> mm	D <sub>30</sub> mm	D <sub>60</sub> mm	C <sub>u</sub>	C <sub>c</sub>	grava %	arena %	limo %	Clasif. SUCS
SM-2	2	0.60-1.20	△-△						10	46	44	SC
SM-2	3	1.20-1.50	◆-◆	0.23	1.90	4.56	21.65	3.15	47	51	2	SP

Análisis Granulométricos de Sondeo Mixto SM-2

Figura 16

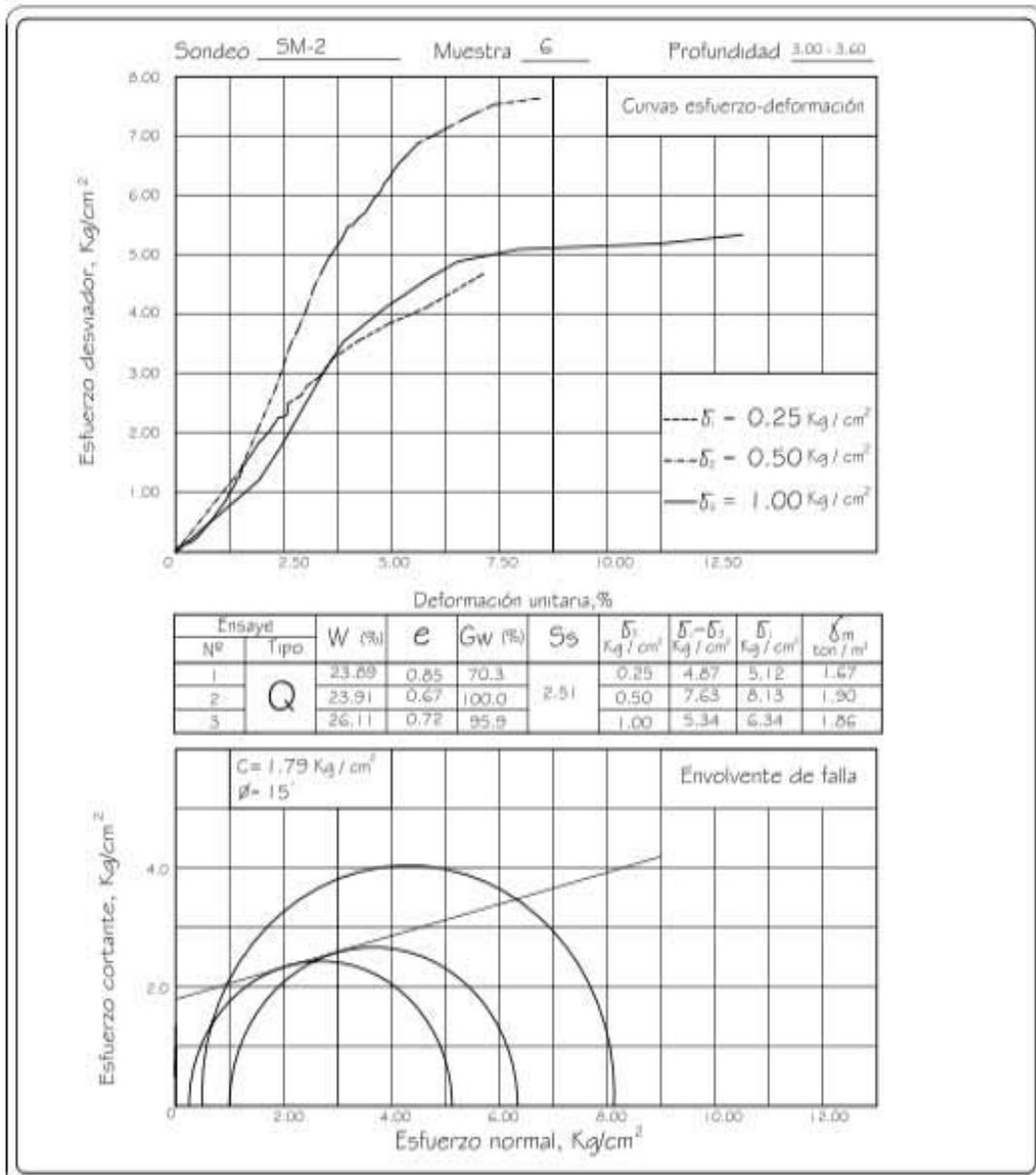
Proyecto: Edificio Anexo al Edificio Sede del Poder Judicial de la Federación en Toluca.  
 Ubicación: Av. Dr. Nicolás San Juan, Casi esquina con calle Pies Negros  
Col. Ex Rancho Cuauhtémoc, Toluca, Estado de México.



Ensaye de compresión triaxial UU

Figura 17

Proyecto: Edificio Anexo al Edificio Sede del Poder Judicial de la Federación en Toluca.  
 Ubicación: Av. Dr. Nicolás San Juan, Casi esquina con calle Pies Negros  
Col. Ex Rancho Cuauhtémoc, Toluca, Estado de México.

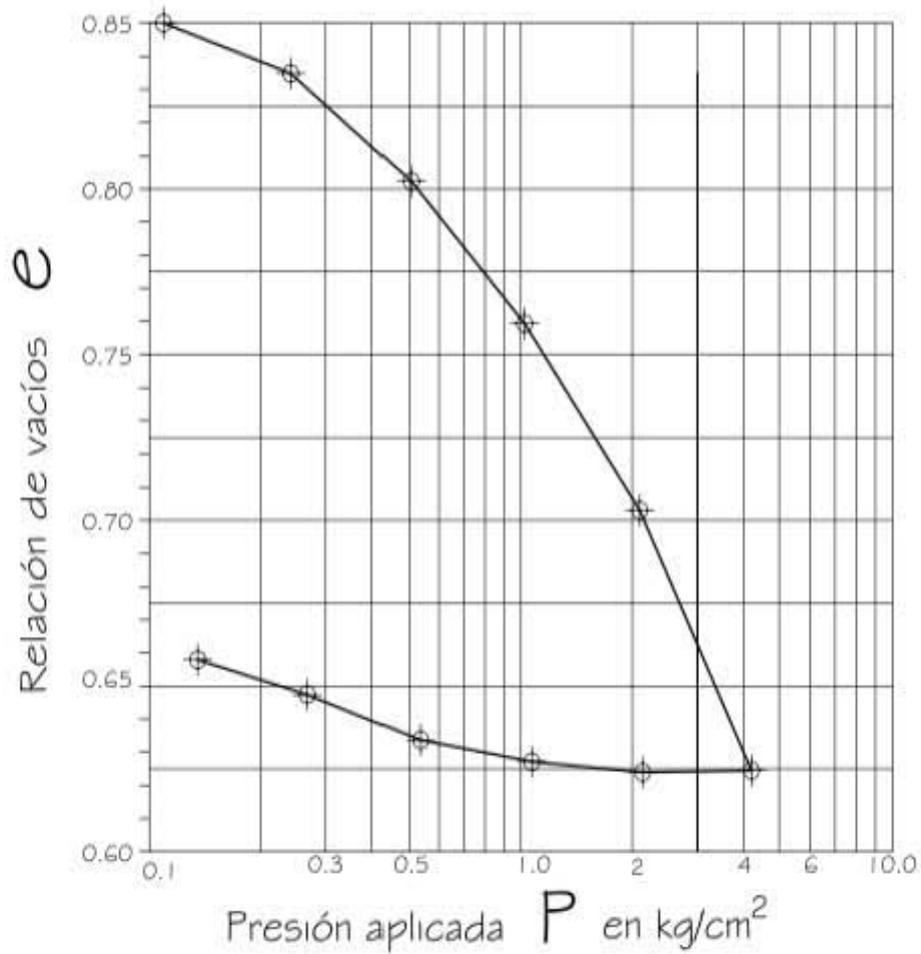


Ensayo de compresión triaxial UU

Figura 18

Proyecto: Edificio Anexo al Edificio Sede del Poder Judicial de la Federación en Toluca,  
 Ubicación: Av. Dr. Nicolás San Juan, Casi esquina con calle Pies Negros  
Col. Ex Rancho Cuauhtémoc, Toluca, Estado de México.

Sondeo	Muestra	Profundidad	W%	$e_i$	G%	$\gamma_m$ ton/m <sup>3</sup>
SM-1	M-17	9.60-10.00	38.20	0.89	100.00	1.80

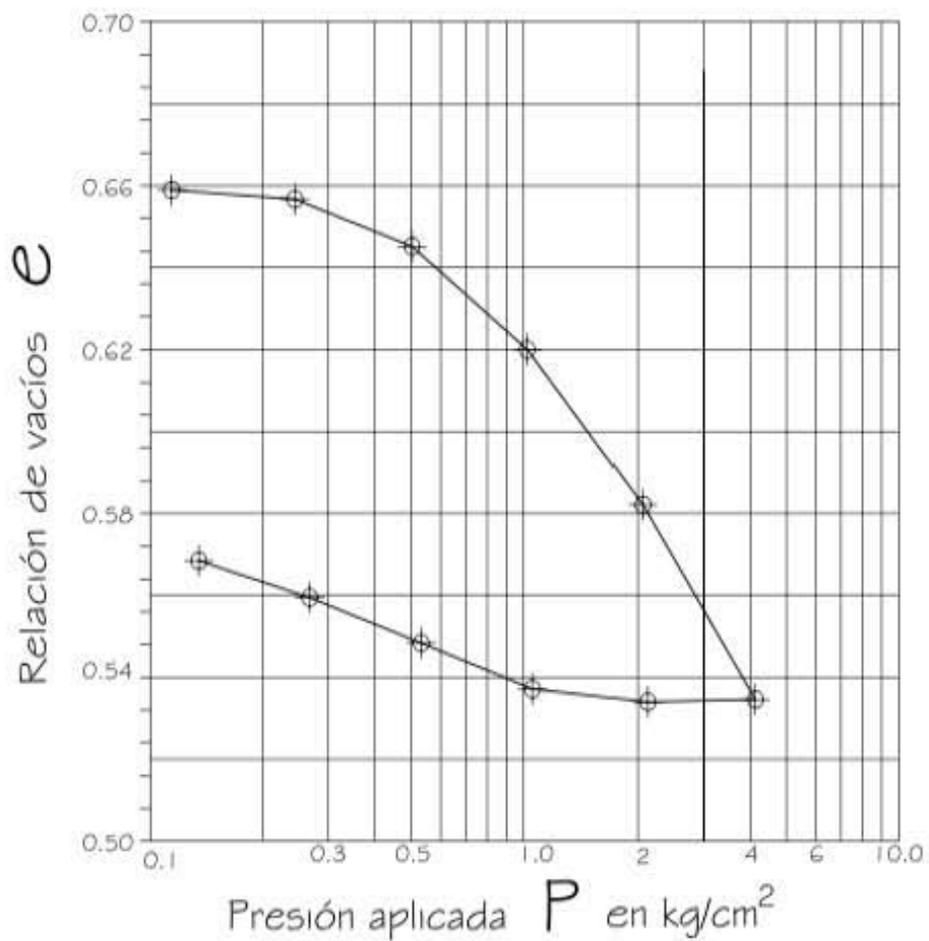


Curva de Compresibilidad

Figura 19

Proyecto: Edificio Anexo al Edificio Sede del Poder Judicial de la Federación en Toluca.  
 Ubicación: Av. Dr. Nicolás San Juan, Casi esquina con calle Pies Negros  
Col. Ex Rancho Cuauhtémoc, Toluca, Estado de México.

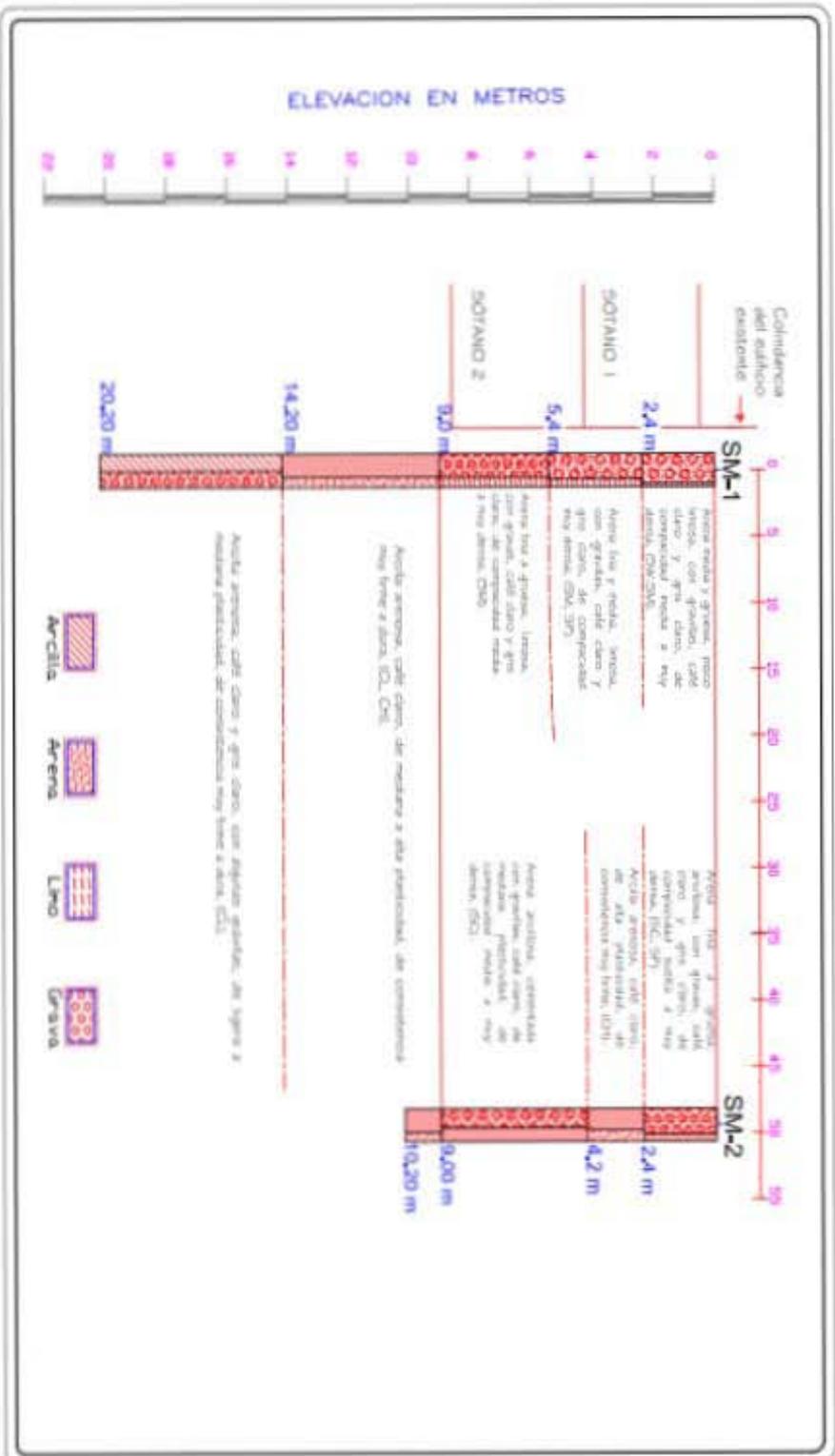
Sondeo	Muestra	Profundidad	W%	$e_1$	G%	$\gamma_m$ ton/m <sup>3</sup>
5M-2	M-6	3.00 - 3.60	31.81	0.74	100.00	1.90



Curva de Compresibilidad

Figura 20

Proyecto: Edificio Anexo al Edificio Sede del Poder Judicial de la Federación en Toluca  
 Ubicación: Av. Dr. Nicolás san Juan, Casi esquina con calle Pies Negros  
 Col. Ex Rancho Cuauhtémoc, Toluca, Estado de México.



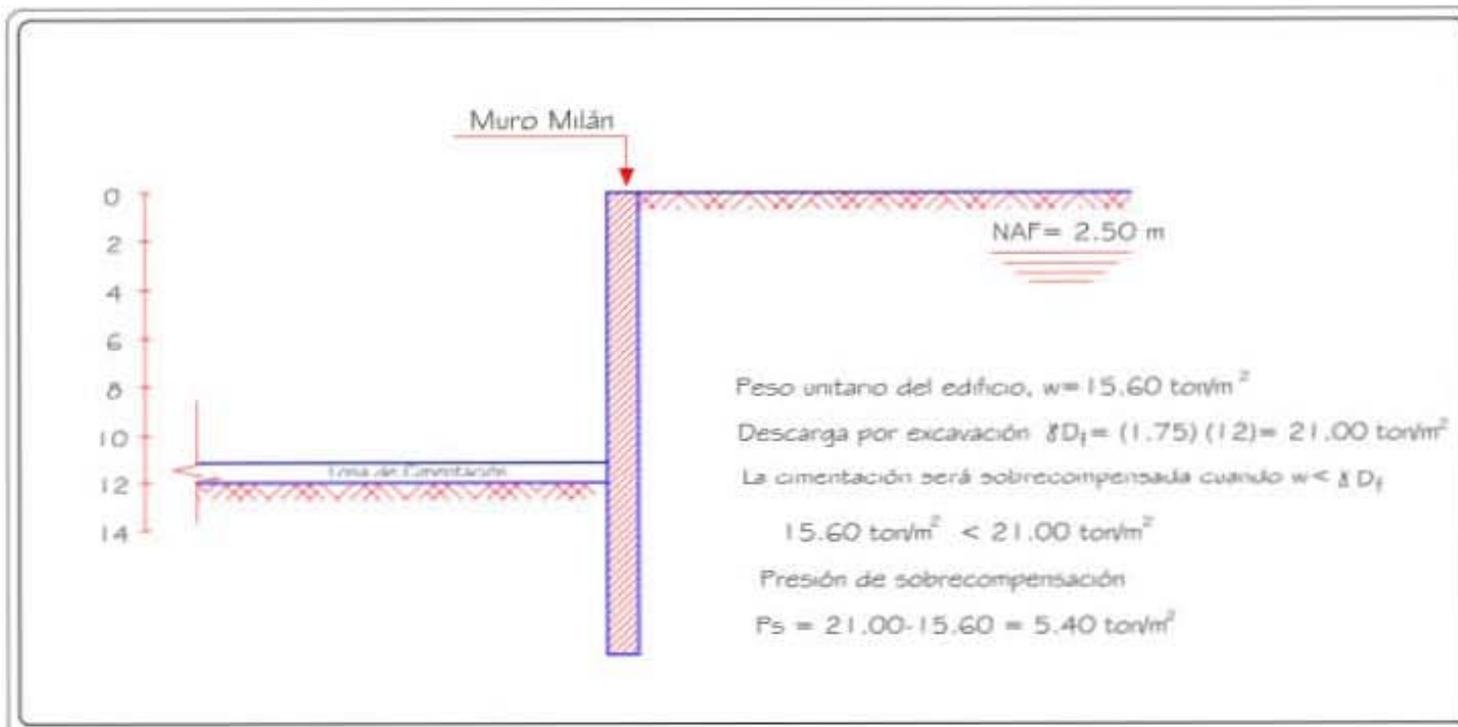
Corte estratigráfico

Figura 21

Proyecto: Edificio Anexo al Edificio Sede del Poder Judicial de la Federación en Toluca

Ubicación: Av. Dr. Nicolás san Juan, Casi esquina con calle Pies Negros

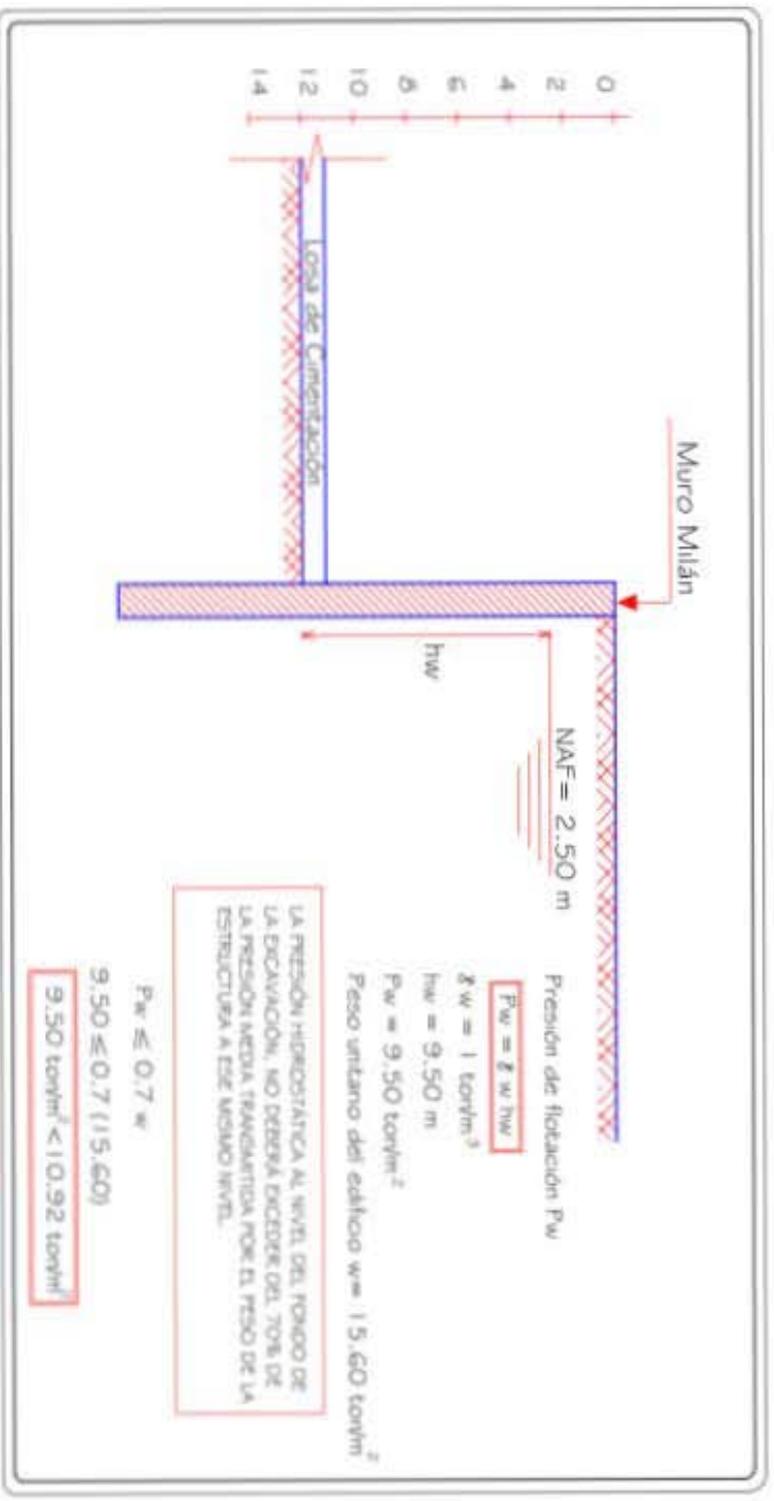
Col. Ex Rancho Cuauhtémoc, Toluca, Estado de México.



Análisis de la Compensación de la cimentación

Figura 22

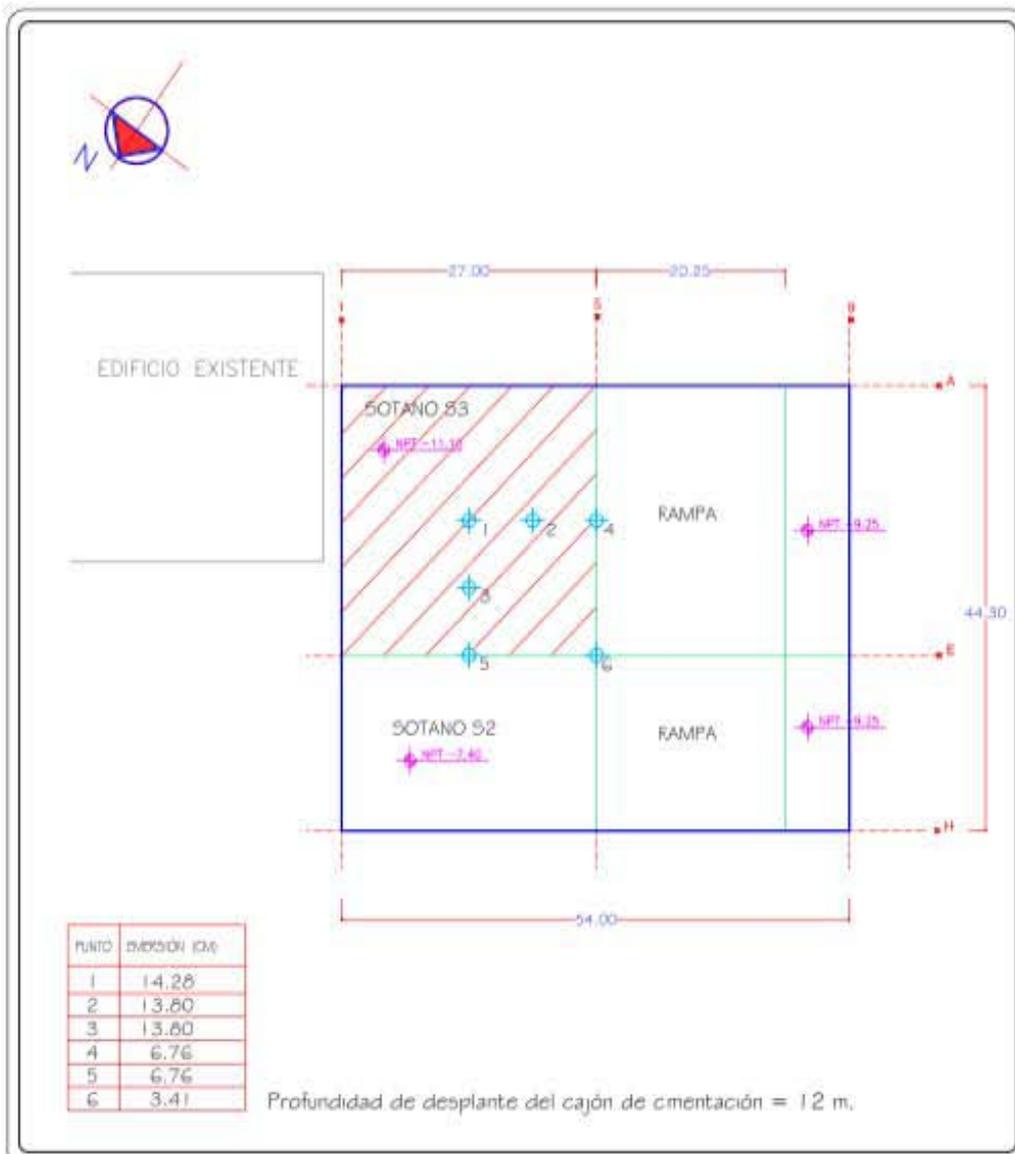
Proyecto: Edificio Anexo al Edificio Sede del Poder Judicial de la Federación en Toluca  
 Ubicación: Av. Dr. Nicolás San Juan, Casa esquina con calle Pies Negros  
 Col. Ex Rancho Cuauhtémoc, Toluca, Estado de México.



Análisis de la Flotación de la cimentación

Figura 23

Proyecto: Edificio Anexo al Edificio Sede del Poder Judicial de la Federación en Toluca  
 Ubicación: Av. Dr. Nicolás san Juan, Casi esquina con calle Pies Negros  
 Col. Ex Rancho Cuauhtémoc, Toluca, Estado de México.



Expansiones definidas por sobrecompensación, Presión neta =  $-5.40 \text{ ton/m}^2$

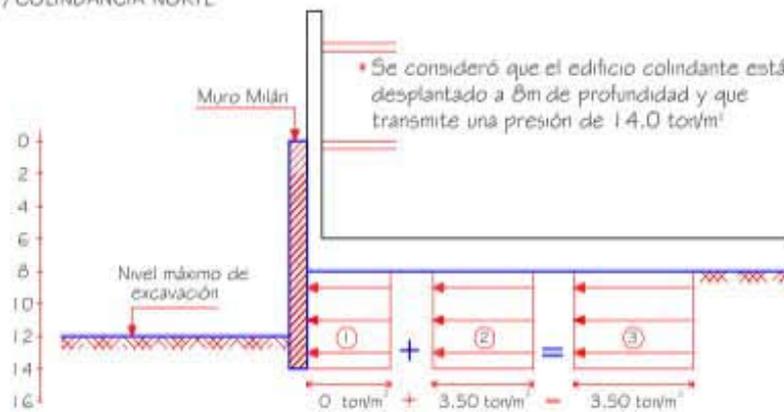
Figura 24

Proyecto: Edificio Anexo al Edificio Sede del Poder Judicial de la Federación en Toluca

Ubicación: Av. Dr. Nicolás san Juan, Casi esquina con calle Pies Negros

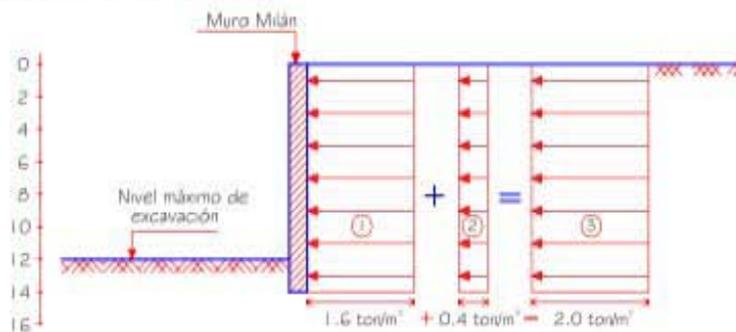
Col. Ex Rancho Cuauhtémoc, Toluca, Estado de México.

### 1) COLINDANCIA NORTE



- ① Presión debida al suelo
- ② Presión debida a la sobrecarga
- ③ Presión total

### 2) COLINDANCIAS RESTANTES

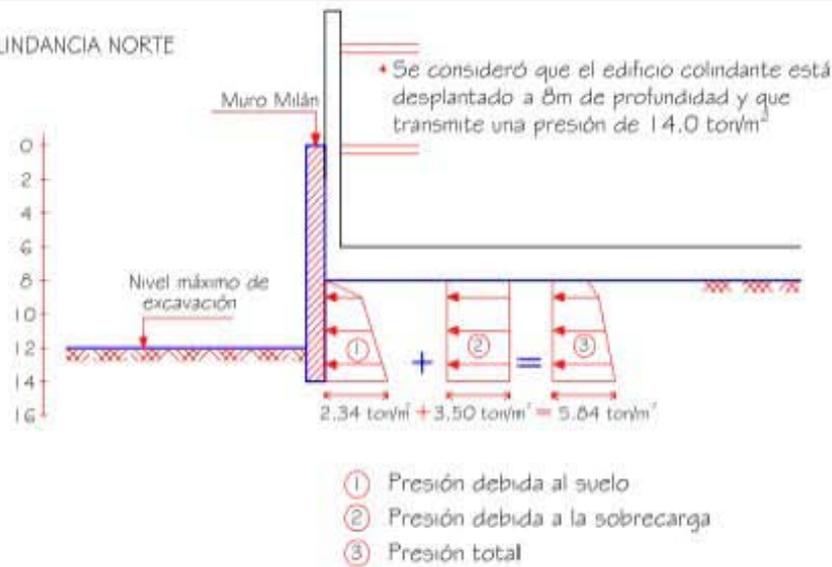


Diagramas de empujes horizontales a corto plazo (empuje activo)

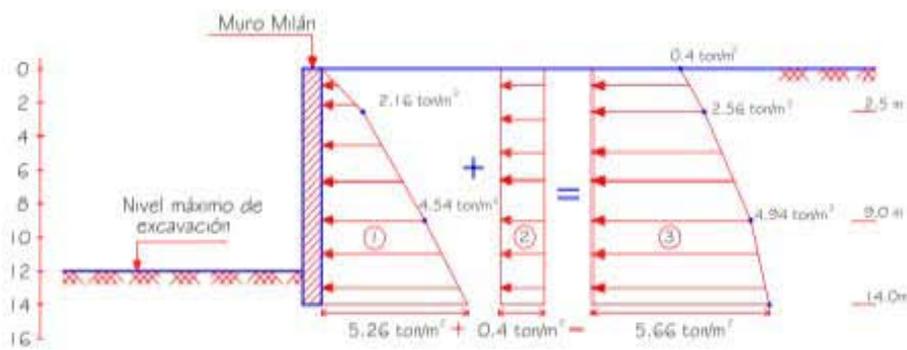
Figura 25

Proyecto: Edificio Anexo al Edificio Sede del Poder Judicial de la Federación en Toluca  
 Ubicación: Av. Dr. Nicolás san Juan, Casi esquina con calle Pies Negros  
Col. Ex Rancho Cuauhtémoc, Toluca, Estado de México.

1) COLINDANCIA NORTE



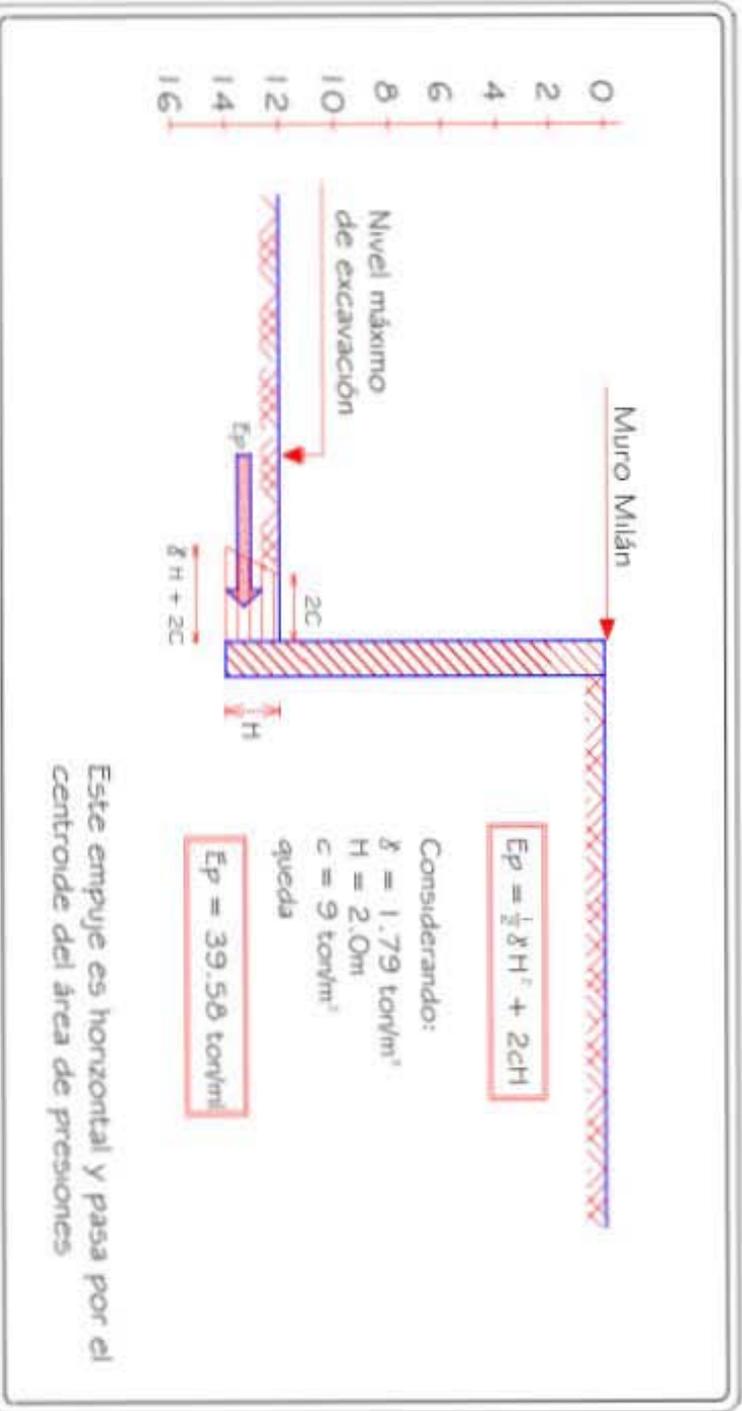
2) COLINDANCIAS RESTANTES



Diagramas de empujes horizontales a largo plazo (empuje en reposo)

Figura 26

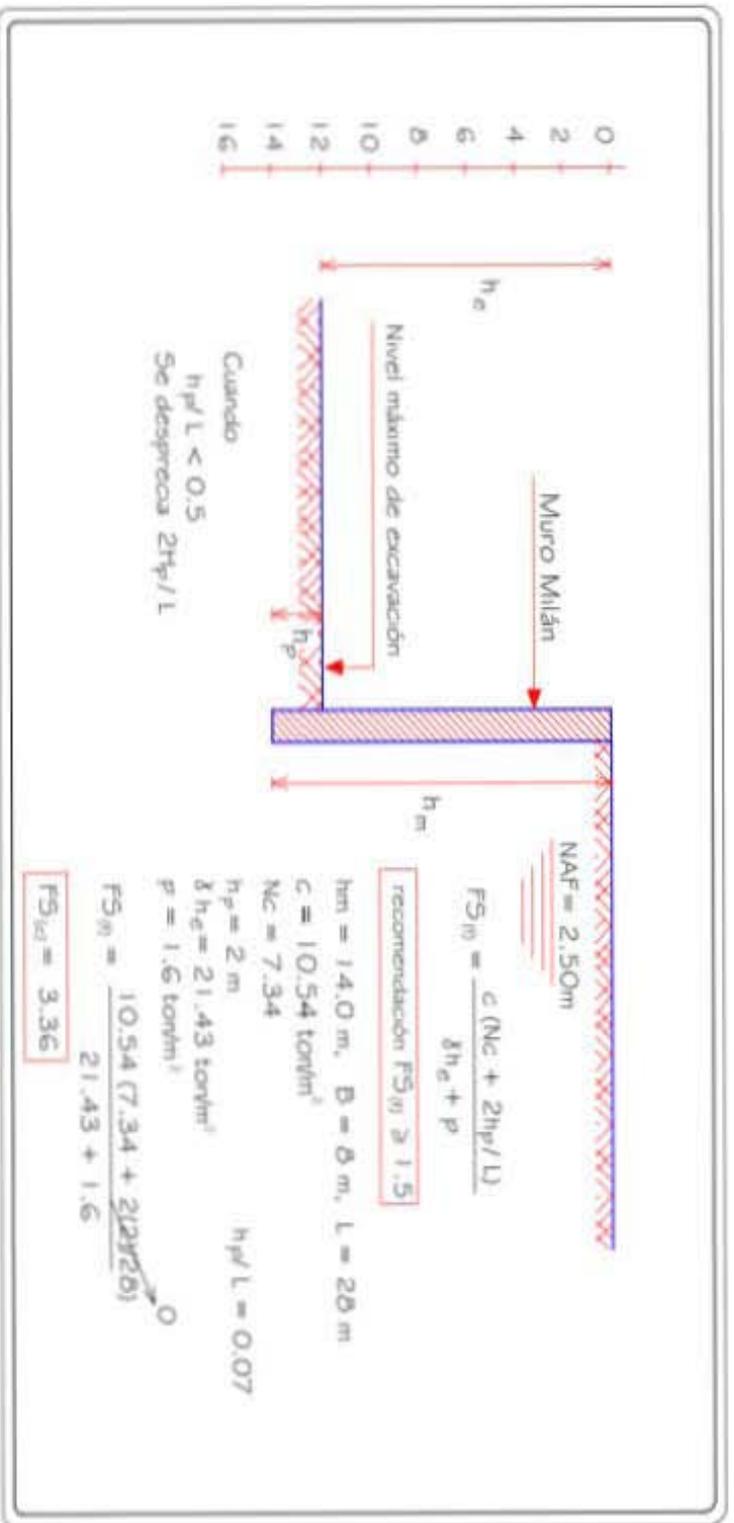
Proyecto: Edificio Anexo al Edificio Sede del Poder Judicial de la Federación en Toluca  
Ubicación: Av. Dr. Nicolás San Juan, Casa esquina con calle Pies Negros  
Col. Ex Rancho Cuauhtémoc, Toluca, Estado de México.



Empuje pasivo sobre el Muro Milán

Figura 27

Proyecto: Edificio Anexo al Edificio Sede del Poder Judicial de la Federación en Toluca  
 Ubicación: Av. Dr. Nicolás san Juan, Casa esquina con calle Pies Negros  
 Col. Ex Rancho Cuauhtémoc, Toluca, Estado de México.



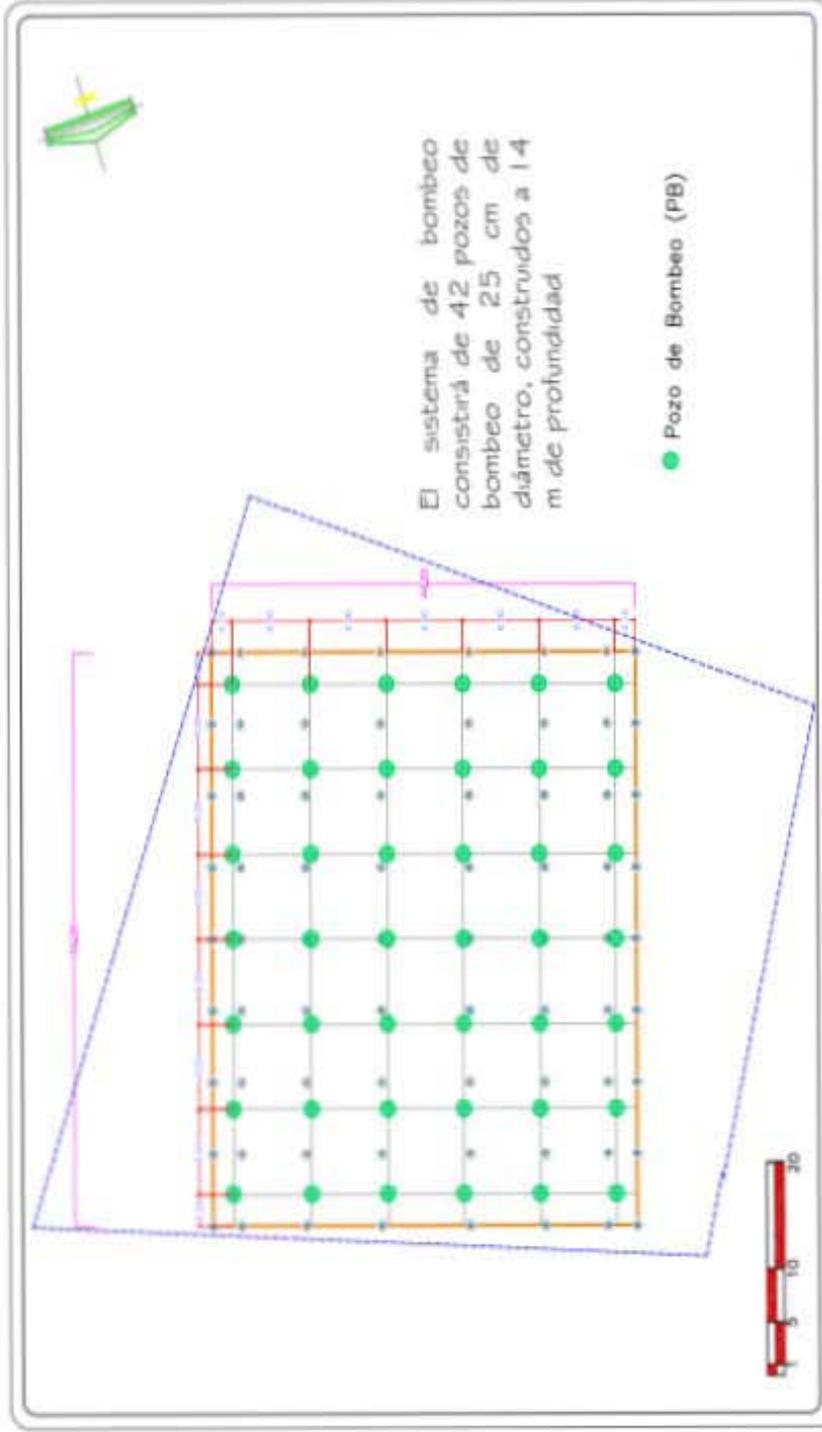
Falla general por el fondo de la excavación

Figura 28

Proyecto: Edificio Anexo al Edificio Sede del Poder Judicial de la Federación en Toluca

Ubicación: Av. Dr. Nicolás San Juan, Casi esquina con calle Pies Negros

Col. Ex Rancho Cuauhtémoc, Toluca, Estado de México.



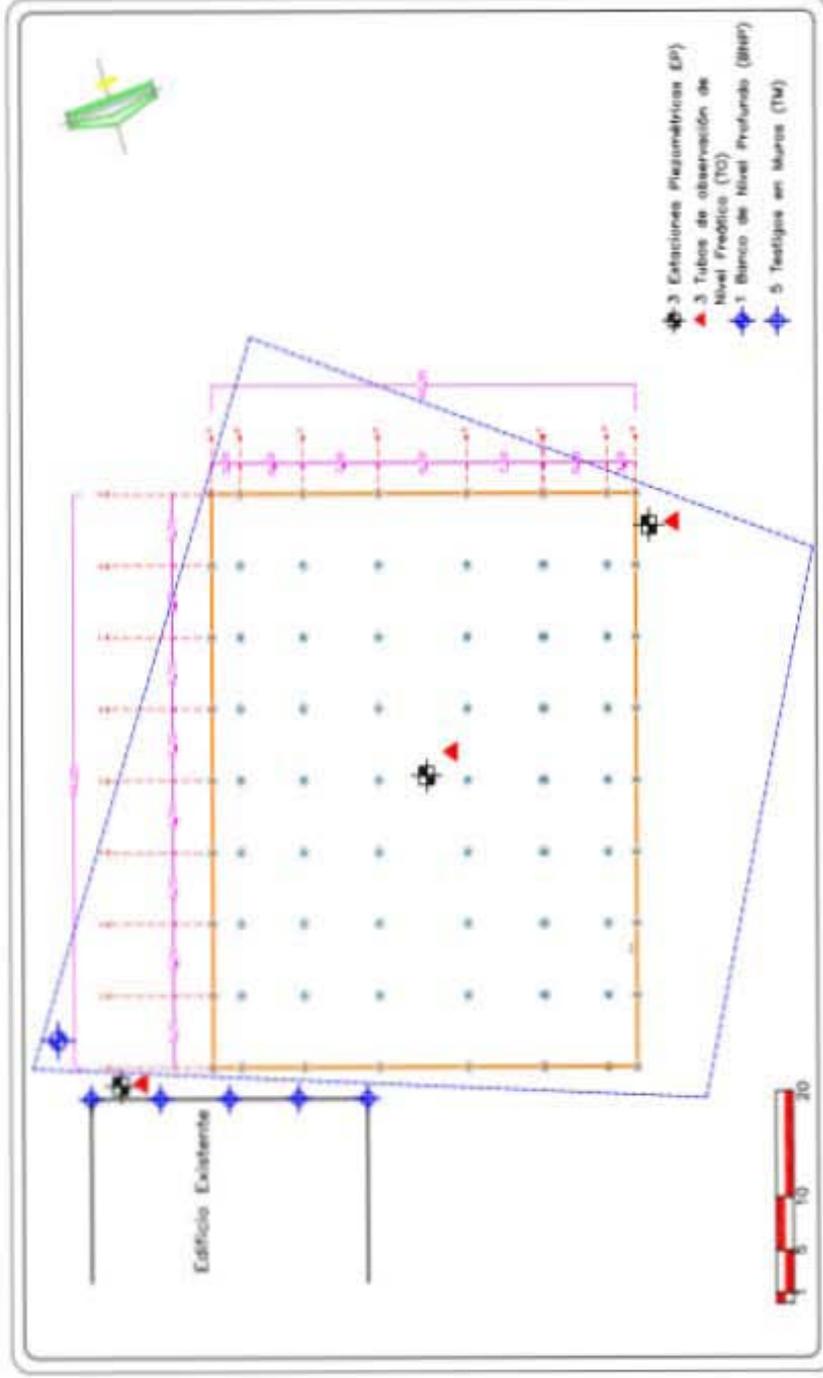
Ubicación de Pozos de Bombeo

Figura 29

Proyecto: Edificio Anexo al Edificio Sede del Poder Judicial de la Federación en Toluca

Ubicación: Av. Dr. Nicolás san Juan, Casi esquina con calle Pies Negros

Col. Ex Rancho Cuauhtémoc, Toluca, Estado de México.

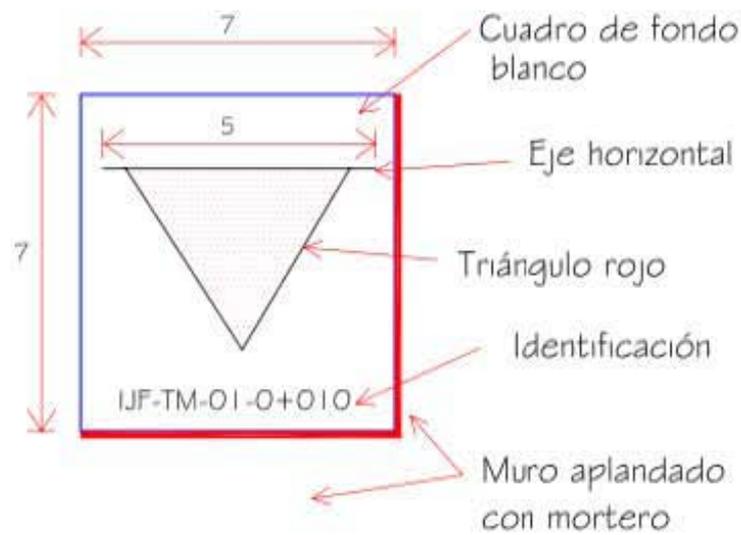


Instrumentación de Obra

Figura 30

Proyecto: Edificio Anexo al Edificio Sede del Poder Judicial de la Federación en Toluca  
Ubicación: Av. Dr. Nicolás san Juan, Casi esquina con calle Pies Negros  
Col. Ex Rancho Cuauhtémoc, Toluca, Estado de México.

### Testigo en muros

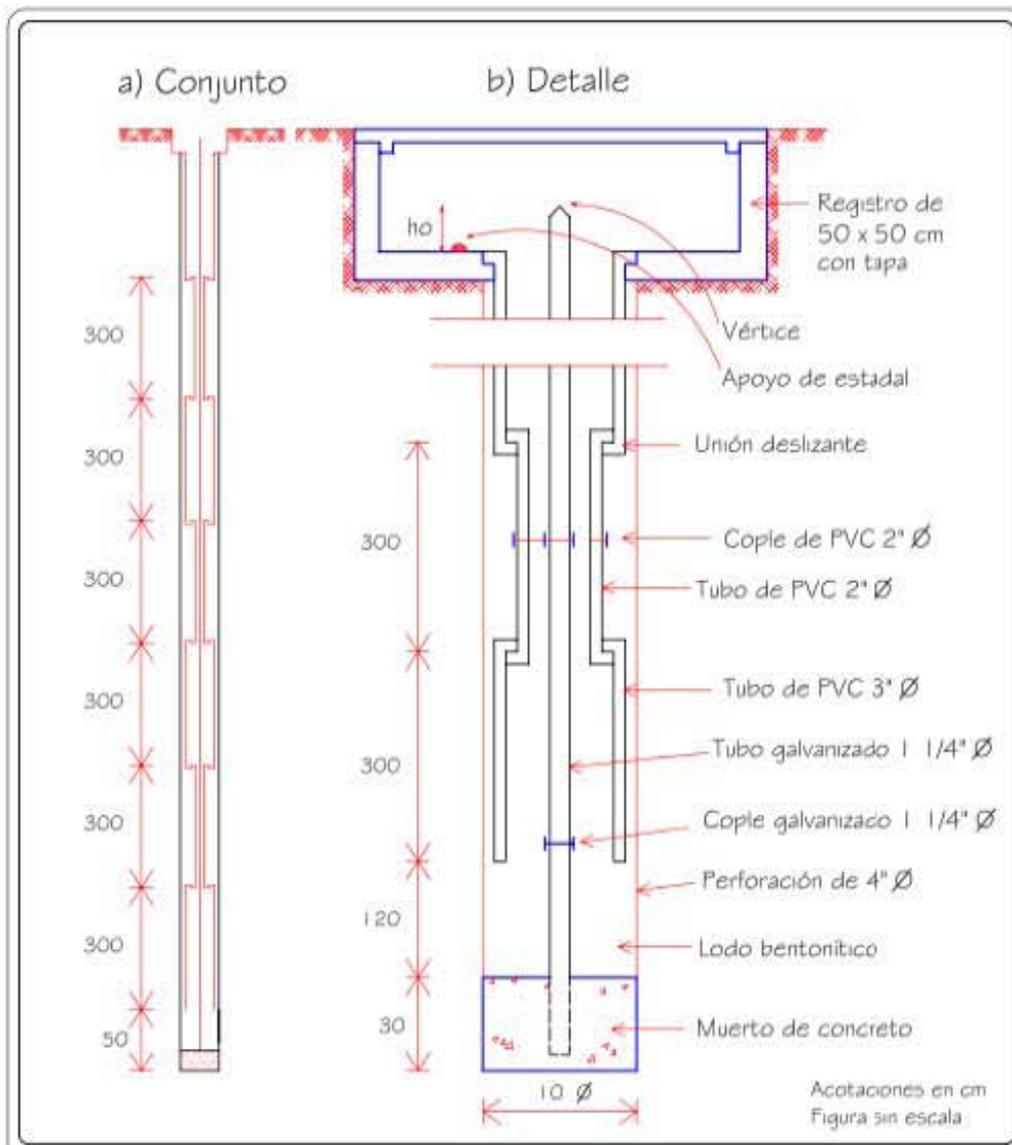


Acotaciones en cm  
Figura sin escala

Referencia superficial

Figura 31

Proyecto: Edificio Anexo al Edificio Sede del Poder Judicial de la Federación en Toluca  
 Ubicación: Av. Dr. Nicolás San Juan, Casi esquina con calle Pies Negros  
 Col. Ex Rancho Cuauhtémoc, Toluca, Estado de México.



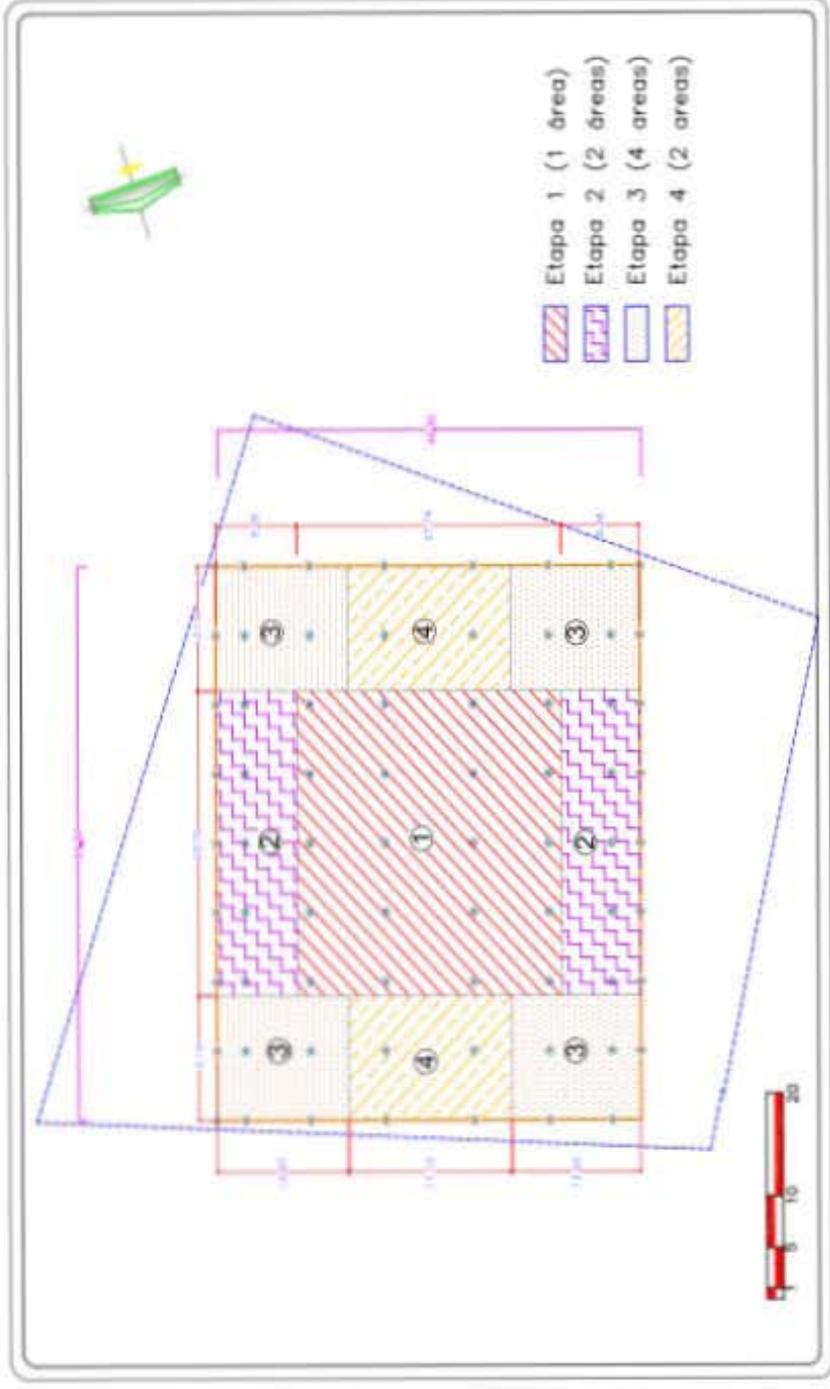
Banco de nivel profundo

Figura 32

Proyecto: Edificio Anexo al Edificio Sede del Poder Judicial de la Federación en Toluca

Ubicación: Av. Dr. Nicolás san Juan, Casi esquina con calle Pies Negros

Col. Ex Rancho Cuauhtémoc, Toluca, Estado de México.



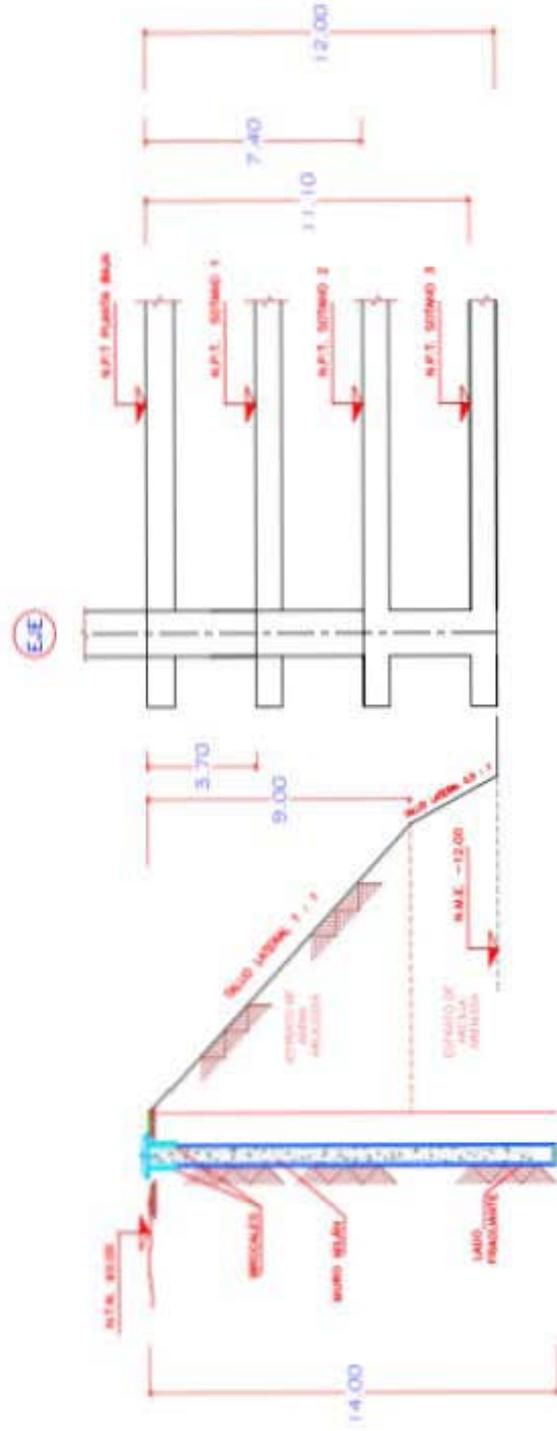
Etapas de excavación

Figura 33

Proyecto: Edificio Anexo al Edificio Sede del Poder Judicial de la Federación en Toluca

Ubicación: Av. Dr. Nicolás San Juan, Casa Esquina con calle Pies Negros

Col. Ex Rancho Cuauhtémoc, Toluca, Estado de México.



Taludes internos

Figura 34

# **FOTOGRAFIAS**

Proyecto: Edificio Anexo al Edificio Sede del Poder Judicial de la Federación

Ubicación: Av. Dr. Nicolás San Juan, casi esquina con calle Pies Negros

Col. Ex Rancho Cuauhtémoc, Toluca, Estado de México.



FOTO 1

Panorámica del estacionamiento de Norte a Sur, donde se realizará el proyecto del edificio anexo.

FOTO 2

Panorámica del estacionamiento de Sur a Norte, donde se realizará el proyecto del edificio anexo.



Proyecto: Edificio Anexo al Edificio Sede del Poder Judicial de la Federación en Toluca

Ubicación: Av. Dr. Nicolás San Juan, casi esquina con calle Pies Negros

Col. Ex Rancho Cuauhtémoc, Toluca, Estado de México.



FOTO 3

Sondeo mixto SM-1, realizado con máquina perforadora, hasta 20.20 m de profundidad.

FOTO 4

Sondeo mixto SM-1. Tubo muestreador de doble caña, realizado con la técnica de penetración estándar (SPT).



Proyecto: Edificio Anexo al Edificio Sede del Poder Judicial de la Federación en Toluca

Ubicación: Av. Dr. Nicolás San Juan, casi esquina con calle Pies Nuevos

Col. Ex Rancho Cuauhtémoc, Toluca, Estado de México.



FOTO 5

Sondeo mixto SM-2, realizado con máquina perforadora, hasta 10.20 m de profundidad.

FOTO 6

Brigada de exploración ejecutando el sondeo SM-2. Tubo de pared delgada tipo "Shelby" que se hince a presión, para obtener muestras de suelo inalteradas.



Proyecto: Edificio Anexo al Edificio Sede del Poder Judicial de la Federación en Toluca

Ubicación: Av. Dr. Nicolás San Juan, casi esquina con calle Pies Negros

Col. Ex Rancho Cuauhtémoc, Toluca, Estado de México.



FOTO 7

Prueba de permeabilidad  
Lefranc PPL-1. Longitud de  
prueba de 3 a 6 m de  
profundidad.

FOTO 8

Prueba de permeabilidad  
Lefranc PPL-2. Longitud  
de prueba de 5 a 10 m  
de profundidad.



Proyecto: Edificio Anexo al Edificio Sede del Poder Judicial de la Federación en Toluca

Ubicación: Av. Dr. Nicolás San Juan, casi esquina con calle Pies Negros

Col. Ex Rancho Cuauhtémoc, Toluca, Estado de México.



FOTO 9

Prueba de permeabilidad  
Lefranc PPL-3. Longitud  
de prueba de 10 a 15  
m de profundidad.

FOTO 10

Prueba de permeabilidad  
Lefranc PPL-4. Longitud de  
prueba de 15 a 20 m de  
profundidad.



**ANEXO 1**

**INFORMACIÓN ESTRUCTURAL**

**4A Arquitectos S.C.P.**

**Proyecto: Edificio Anexo al Edificio Sede del Poder Judicial de la Federación en Toluca**  
**Solicitud de datos estructurales para el estudio de mecánica de suelos.**

**At'n: Ing. Rodolfo Valdemar**  
**Coordinación de Ingenierías 4A**

Estimado Ingeniero:

Por este medio, nos permitimos solicitarle la siguiente información estructural, para el edificio anexo:

Datos generales que usualmente solicitamos de cualquier estructura:

- 1) Área del edificio, indicando la existencia de torres y cuerpos bajos.
- 2) Figura de la planta del edificio:
  - a) Ejes de columnas
  - b) Cargas a nivel de cimentación por columna y/o muros en condiciones estáticas y componentes de sismo en dos direcciones ortogonales.
  - c) Centro geométrico de la cimentación
  - d) Centroides de cargas estáticas
  - e) Acotación de excentricidades
- 3) Suma de cargas permanentes por columnas y/o muros
- 4) Suma de cargas permanentes y carga viva con intensidad máxima, por columnas y/o muros
- 5) Suma de cargas permanentes y carga viva instantánea, por columnas y/o muros.
- 6) Cortante sísmico basal y momento de volteo
- 7) Momentos de volteo en la dirección longitudinal y transversal del edificio
- 8) Reacciones en los nodos
- 9) Las coordenadas del centro de cargas.
- 10) Zona sísmica
- 11) Coeficiente sísmico

Atentamente

Ing. Jesús Celedón T.

Grupo G2 Construcciones S.A. de C.V.

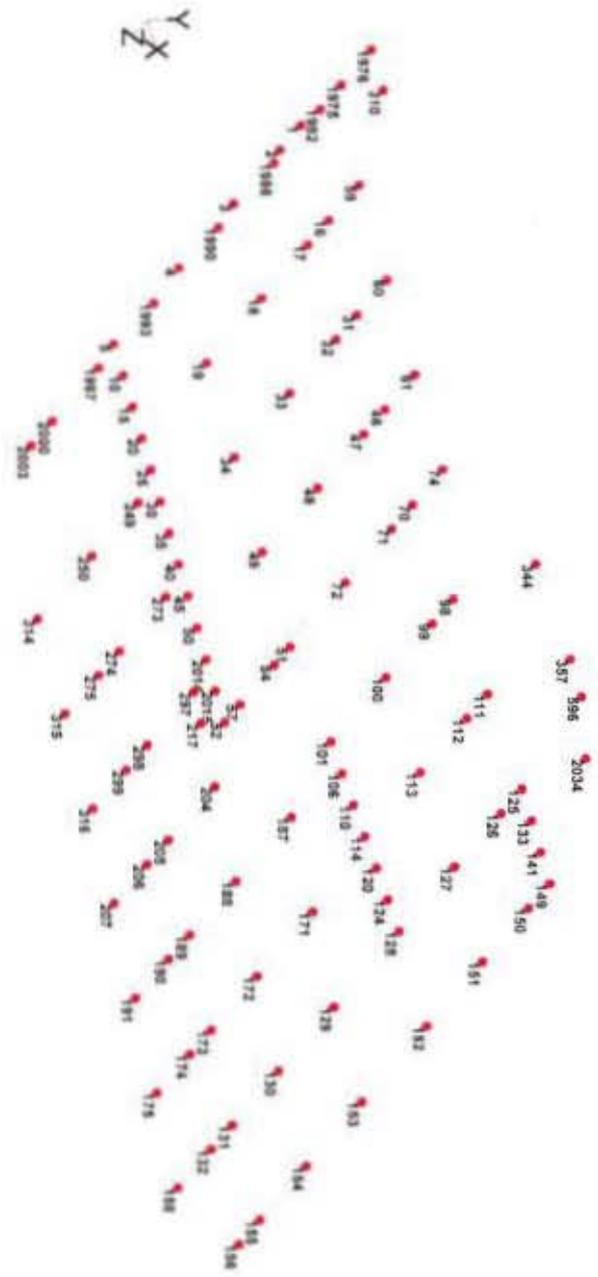


Edificio Sede del Poder Judicial de la Federación  
 2da. Sección del Poder Judicial de la Federación



PROYECTO: EDIFICIO SEDE EN TOLUCA  
 CANT: PODER JUDICIAL DE LA FEDERACION

2da. Sección	2da. Sección	4	4
SECT	SECT		
SE	SE		
FECHA: 10/02/2014 09:14	FECHA: 14/04/2009 10:40		



NUMERACION DE PUNDO EN APOYOS



Software licensed to COLINAS DE BUEN SA DE CV



Job No:

Sheet No:

1

Rev:

Job Title: EDIFICIO SEDE EN TOLUCA

Client: PODER JUDICIAL DE LA FEDERACION

Part:

Ref:

By:

Date: 14-Mar-09

Chk:

File: tolucal4.std

Date: 14-Apr-2009 11:05

CARGA VERTICAL

Node	LIC	Force-X (Mton)	Force-Y (Mton)	Force-Z (Mton)	Moment-X (MTon.m)	Moment-Y (MTon.m)	Moment-Z (MTon.m)
1	8	3.566	91.870	-0.269	0.0	0.0	0.0
2	8	2.163	155.074	0.541	0.0	0.0	0.0
3	8	3.131	255.579	0.375	0.0	0.0	0.0
4	8	-3.761	302.642	0.388	0.0	0.0	0.0
5	8	25.143	196.279	0.755	0.0	0.0	0.0
10	8	-79.319	169.366	0.827	0.0	0.0	0.0
15	8	-14.097	138.881	0.387	0.0	0.0	0.0
16	8	-4.482	163.604	-48.113	0.0	0.0	0.0
17	8	0.137	238.820	1.581	0.0	0.0	0.0
18	8	0.181	401.475	0.681	0.0	0.0	0.0
19	8	0.204	474.567	0.546	0.0	0.0	0.0
20	8	5.838	211.792	-1.865	0.0	0.0	0.0
25	8	-33.562	142.816	0.021	0.0	0.0	0.0
30	8	39.269	143.489	-0.072	0.0	0.0	0.0
31	8	0.374	120.742	2.008	0.0	0.0	0.0
32	8	-0.103	256.703	1.408	0.0	0.0	0.0
33	8	0.025	426.526	0.737	0.0	0.0	0.0
34	8	0.300	485.704	0.538	0.0	0.0	0.0
35	8	-1.402	215.137	-2.038	0.0	0.0	0.0
40	8	-38.135	144.001	0.015	0.0	0.0	0.0
45	8	37.261	146.023	-0.183	0.0	0.0	0.0
46	8	-0.096	108.579	1.137	0.0	0.0	0.0
47	8	-0.031	236.687	1.572	0.0	0.0	0.0
48	8	0.343	421.047	1.070	0.0	0.0	0.0
49	8	-0.664	479.362	0.375	0.0	0.0	0.0
50	8	-11.711	217.772	-2.180	0.0	0.0	0.0
51	8	73.222	407.887	20.780	0.0	0.0	0.0
52	8	-27.252	261.528	-17.535	0.0	0.0	0.0
54	8	-5.283	177.087	-99.611	0.0	0.0	0.0
57	8	3.208	130.118	88.222	0.0	0.0	0.0
59	8	18.005	131.844	63.921	0.0	0.0	0.0
60	8	-16.847	122.465	-0.563	0.0	0.0	0.0
61	8	8.848	126.701	0.186	0.0	0.0	0.0
70	8	41.736	186.055	-34.946	0.0	0.0	0.0
71	8	0.072	217.441	2.627	0.0	0.0	0.0
72	8	0.429	418.663	-0.253	0.0	0.0	0.0
74	8	-30.089	145.510	52.469	0.0	0.0	0.0
98	8	-13.210	247.678	-0.101	0.0	0.0	0.0
99	8	0.084	217.217	3.028	0.0	0.0	0.0
100	8	-0.605	405.235	0.366	0.0	0.0	0.0
101	8	-73.733	385.419	0.367	0.0	0.0	0.0
106	8	-80.947	103.817	1.014	0.0	0.0	0.0
110	8	65.231	27.173	0.196	0.0	0.0	0.0
111	8	-4.649	231.077	0.462	0.0	0.0	0.0
112	8	-0.184	211.384	1.807	0.0	0.0	0.0
113	8	-0.749	369.038	0.522	0.0	0.0	0.0
114	8	11.327	314.824	2.055	0.0	0.0	0.0



Software licensed to COLINAS DE BUEN SA DE CV.



Job No	Sheet No	Rev
	2	
Part		
Ref		
By	Date	Chd
	4-Mar-09	
File	Date/Time	
toluca14.std	14-Apr-2009 11:05	

Job Title: EDIFICIO SEDE EN TOLUCA

Client: PODER JUDICIAL DE LA FEDERACION

CARGA VERTICAL

Cont...

Node	LC	Force-X (Mton)	Force-Y (Mton)	Force-Z (Mton)	Moment-X (MTon/m)	Moment-Y (MTon/m)	Moment-Z (MTon/m)
120	8	-25.118	27.625	0.364	0.0	0.0	0.0
124	8	0.902	1.311	0.273	0.0	0.0	0.0
125	8	-36.095	129.859	0.421	0.0	0.0	0.0
126	8	0.603	180.010	1.405	0.0	0.0	0.0
127	8	0.337	302.712	0.679	0.0	0.0	0.0
128	8	2.354	294.010	0.909	0.0	0.0	0.0
129	8	-3.414	296.721	-0.881	0.0	0.0	0.0
130	8	-3.107	312.789	-0.695	0.0	0.0	0.0
131	8	-3.285	189.103	-3.087	0.0	0.0	0.0
132	8	-1.947	94.695	19.067	0.0	0.0	0.0
133	8	5.543	50.200	0.554	0.0	0.0	0.0
141	8	1.584	44.729	-0.303	0.0	0.0	0.0
149	8	-7.018	61.356	3.701	0.0	0.0	0.0
150	8	-4.068	137.313	30.593	0.0	0.0	0.0
151	8	-5.402	201.264	12.230	0.0	0.0	0.0
152	8	-5.439	217.685	6.091	0.0	0.0	0.0
153	8	-6.346	214.869	-2.397	0.0	0.0	0.0
154	8	-5.949	193.120	-10.766	0.0	0.0	0.0
155	8	-6.126	153.695	-16.139	0.0	0.0	0.0
156	8	-54.109	136.252	-6.348	0.0	0.0	0.0
158	8	-14.046	76.352	-28.695	0.0	0.0	0.0
171	8	-1.872	360.803	-2.583	0.0	0.0	0.0
172	8	-1.717	368.875	-0.938	0.0	0.0	0.0
173	8	-0.742	230.932	-1.693	0.0	0.0	0.0
174	8	-0.875	90.246	-0.554	0.0	0.0	0.0
175	8	7.978	70.843	-0.204	0.0	0.0	0.0
187	8	-12.991	462.910	-5.973	0.0	0.0	0.0
188	8	-3.602	404.292	-6.265	0.0	0.0	0.0
189	8	-1.956	235.006	-2.728	0.0	0.0	0.0
190	8	-1.342	91.585	-0.731	0.0	0.0	0.0
191	8	4.988	72.350	-0.566	0.0	0.0	0.0
204	8	-3.852	405.477	-10.311	0.0	0.0	0.0
205	8	1.101	226.330	-2.979	0.0	0.0	0.0
206	8	-1.142	87.875	-0.768	0.0	0.0	0.0
207	8	7.669	68.742	-0.961	0.0	0.0	0.0
217	8	3.021	12.568	-1.852	0.0	0.0	0.0
249	8	-3.832	458.836	-9.689	0.0	0.0	0.0
250	8	-8.432	312.514	-1.884	0.0	0.0	0.0
273	8	1.111	379.836	-1.124	0.0	0.0	0.0
274	8	-1.075	223.302	-2.234	0.0	0.0	0.0
275	8	-3.727	97.474	-1.337	0.0	0.0	0.0
297	8	-7.101	374.559	0.024	0.0	0.0	0.0
298	8	-2.252	209.368	-1.719	0.0	0.0	0.0
299	8	-1.863	84.359	-0.691	0.0	0.0	0.0
310	8	12.326	136.138	21.812	0.0	0.0	0.0
314	8	-26.573	163.054	-9.837	0.0	0.0	0.0
315	8	-0.964	83.687	-5.403	0.0	0.0	0.0

 Software licensed to COLINAS DE BUEN SA DE CV	Job No.	Sheet No.	Rev.
			<b>3</b>
Job Title: EDIFICIO SEDE EN TOLUCA	Part:		
	Ref:		
Client: PODER JUDICIAL DE LA FEDERACION	By: Carlos 4-Mar-09		Chd:
	File: toluca14.std	Date/Time: 14-Apr-2009 11:05	

CARGA VERTICAL

Cont...

Node	L/C	Force-X (Mton)	Force-Y (Mton)	Force-Z (Mton)	Moment-X (MTon m)	Moment-Y (MTon m)	Moment-Z (MTon m)
316	8	9.468	70.209	-0.197	0.0	0.0	0.0
344	8	-3.800	118.032	6.500	0.0	0.0	0.0
357	8	0.844	72.046	2.028	0.0	0.0	0.0
596	8	5.496	42.128	1.329	0.0	0.0	0.0
1975	8	4.406	47.447	-15.980	0.0	0.0	0.0
1976	8	5.844	37.174	4.500	0.0	0.0	0.0
1982	8	3.713	70.088	8.727	0.0	0.0	0.0
1986	8	2.409	97.723	2.359	0.0	0.0	0.0
1990	8	5.672	113.201	-1.067	0.0	0.0	0.0
1993	8	24.488	111.323	-9.105	0.0	0.0	0.0
1997	8	47.931	189.228	-7.304	0.0	0.0	0.0
2000	8	21.010	164.183	10.228	0.0	0.0	0.0
2003	8	85.992	194.650	-10.270	0.0	0.0	0.0
2014	8	-48.263	133.244	-0.009	0.0	0.0	0.0
2015	8	76.415	144.095	2.940	0.0	0.0	0.0
2034	8	8.261	56.684	4.262	0.0	0.0	0.0

 Software licensed to COLINAS DE BUEN SA DE CV	Job No.	Sheet No.	Rev.
			<b>3</b>
Job Title: EDIFICIO SEDE EN TOLUCA	Part:		
	Ref:		
Client: PODER JUDICIAL DE LA FEDERACION	By: Carlos 4-Mar-09		Chd:
	File: toluca14.std	Date/Time: 14-Apr-2009 11:05	

CARGA VERTICAL

Cont...

Node	L/C	Force-X (Mton)	Force-Y (Mton)	Force-Z (Mton)	Moment-X (MTon m)	Moment-Y (MTon m)	Moment-Z (MTon m)
316	8	9.468	70.209	-0.197	0.0	0.0	0.0
344	8	-3.800	118.032	6.500	0.0	0.0	0.0
357	8	0.844	72.046	2.028	0.0	0.0	0.0
596	8	5.496	42.128	1.329	0.0	0.0	0.0
1975	8	4.406	47.447	-15.980	0.0	0.0	0.0
1976	8	5.844	37.174	4.500	0.0	0.0	0.0
1982	8	3.713	70.088	8.727	0.0	0.0	0.0
1986	8	2.409	97.723	2.359	0.0	0.0	0.0
1990	8	5.672	113.201	-1.067	0.0	0.0	0.0
1993	8	24.488	111.323	-9.105	0.0	0.0	0.0
1997	8	47.931	189.228	-7.304	0.0	0.0	0.0
2000	8	21.010	164.183	10.228	0.0	0.0	0.0
2003	8	85.992	194.650	-10.270	0.0	0.0	0.0
2014	8	-48.263	133.244	-0.009	0.0	0.0	0.0
2015	8	76.415	144.095	2.940	0.0	0.0	0.0
2034	8	8.261	56.684	4.262	0.0	0.0	0.0

 Software licensed to COLINAS DE BUEN SA DE CV	 <b>Colinas de Buen</b> <small>S.A.S.</small>	Job No.	Sheet No	Rev
Job Title: EDIFICIO SEDE EN TOLUCA		Part		
		Rul		
		By	Date: 14-Mar-09	Chd
Client: PODER JUDICIAL DE LA FEDERACION	File: toluca14ABR.std	Date/Time: 14-Apr-2009 11:28		

### COMBINACION C. VERT. + SX + 0.3SZ

Node	L/C	Force-X (Mton)	Force-Y (Mton)	Force-Z (Mton)	Moment-X (MTon m)	Moment-Y (MTon m)	Moment-Z (MTon m)
1	9	1.0	117.8	0.1	0.0	0.0	0.0
2	9	2.4	306.3	0.8	0.0	0.0	0.0
3	9	3.2	402.5	0.6	0.0	0.0	0.0
4	9	3.6	433.9	0.5	0.0	0.0	0.0
5	9	16.4	236.7	-0.0	0.0	0.0	0.0
10	9	-21.0	244.1	-0.1	0.0	0.0	0.0
15	9	39.4	147.5	0.3	0.0	0.0	0.0
16	9	0.3	149.6	-23.7	0.0	0.0	0.0
17	9	0.3	234.2	1.6	0.0	0.0	0.0
18	9	0.4	363.9	0.8	0.0	0.0	0.0
19	9	0.2	419.2	0.7	0.0	0.0	0.0
20	9	0.4	190.6	-2.3	0.0	0.0	0.0
25	9	-35.6	131.6	0.3	0.0	0.0	0.0
30	9	38.4	130.9	0.3	0.0	0.0	0.0
31	9	0.1	182.4	0.9	0.0	0.0	0.0
32	9	0.1	242.8	1.4	0.0	0.0	0.0
33	9	0.1	385.1	0.8	0.0	0.0	0.0
34	9	0.4	426.0	0.6	0.0	0.0	0.0
35	9	0.3	187.8	-2.3	0.0	0.0	0.0
40	9	-34.5	133.3	0.3	0.0	0.0	0.0
45	9	47.7	148.7	0.2	0.0	0.0	0.0
46	9	0.2	182.3	1.5	0.0	0.0	0.0
47	9	-0.0	237.2	1.7	0.0	0.0	0.0
48	9	0.1	382.0	1.0	0.0	0.0	0.0
49	9	-0.2	500.4	0.7	0.0	0.0	0.0
50	9	-0.4	214.2	-2.3	0.0	0.0	0.0
51	9	67.6	373.7	21.3	0.0	0.0	0.0
52	9	-9.5	211.6	-2.2	0.0	0.0	0.0
54	9	-4.4	165.5	-69.8	0.0	0.0	0.0
57	9	1.4	125.8	79.9	0.0	0.0	0.0
59	9	25.6	147.0	69.7	0.0	0.0	0.0
60	9	-4.0	126.1	0.5	0.0	0.0	0.0
61	9	16.1	130.2	0.6	0.0	0.0	0.0
70	9	48.3	220.1	-18.5	0.0	0.0	0.0
71	9	0.5	197.1	2.5	0.0	0.0	0.0
72	9	0.6	359.8	-0.1	0.0	0.0	0.0
74	9	-20.9	145.0	54.3	0.0	0.0	0.0
98	9	23.3	219.5	1.0	0.0	0.0	0.0
99	9	0.6	200.2	3.2	0.0	0.0	0.0
100	9	-0.3	359.8	0.4	0.0	0.0	0.0
101	9	-53.9	342.2	-0.5	0.0	0.0	0.0
106	9	-68.4	91.1	0.8	0.0	0.0	0.0
110	9	61.8	26.2	0.1	0.0	0.0	0.0
111	9	27.7	210.5	1.1	0.0	0.0	0.0
112	9	0.4	197.4	2.0	0.0	0.0	0.0
113	9	-0.2	318.0	0.4	0.0	0.0	0.0
114	9	10.4	307.0	0.5	0.0	0.0	0.0

		Job No.	Sheet No.	Rev.
			<b>2</b>	
Software licensed to COLINAS DE BUEN SA DE CV		Part		
Job Title: EDIFICIO SEDE EN TOLUCA		Ref		
		By	Date: 14-Mar-09	Chd
Client: PODER JUDICIAL DE LA FEDERACION		File: toluca14ABR.std	Date/Time: 14-Apr-2009 11:28	

### COMBINACION C. VERT. + SX + 0.3SZ Cont...

Node	L/C	Force-X (Mton)	Force-Y (Mton)	Force-Z (Mton)	Moment-X (MTon m)	Moment-Y (MTon m)	Moment-Z (MTon m)
120	9	-18.8	23.3	0.2	0.0	0.0	0.0
124	9	2.9	1.3	0.0	0.0	0.0	0.0
125	9	0.8	136.2	0.4	0.0	0.0	0.0
126	9	1.6	221.3	1.3	0.0	0.0	0.0
127	9	1.5	341.2	0.6	0.0	0.0	0.0
128	9	2.5	405.4	0.9	0.0	0.0	0.0
129	9	0.2	349.0	-0.3	0.0	0.0	0.0
130	9	0.4	346.4	-0.3	0.0	0.0	0.0
131	9	-0.2	220.0	-1.2	0.0	0.0	0.0
132	9	49.6	146.2	29.7	0.0	0.0	0.0
133	9	7.0	64.5	0.6	0.0	0.0	0.0
141	9	5.9	64.0	-0.1	0.0	0.0	0.0
149	9	-2.5	96.7	6.8	0.0	0.0	0.0
150	9	-2.7	219.3	37.0	0.0	0.0	0.0
151	9	-3.6	285.0	15.2	0.0	0.0	0.0
152	9	-3.1	294.3	6.8	0.0	0.0	0.0
153	9	-3.5	292.6	-0.7	0.0	0.0	0.0
154	9	-3.3	275.9	1.1	0.0	0.0	0.0
155	9	-2.2	242.3	-2.1	0.0	0.0	0.0
156	9	0.4	220.9	6.2	0.0	0.0	0.0
158	9	-10.9	97.9	-16.6	0.0	0.0	0.0
171	9	-0.1	325.9	-0.6	0.0	0.0	0.0
172	9	0.2	321.7	-0.2	0.0	0.0	0.0
173	9	0.4	212.6	-0.6	0.0	0.0	0.0
174	9	0.1	154.5	0.1	0.0	0.0	0.0
175	9	21.5	81.2	-0.4	0.0	0.0	0.0
187	9	-1.6	404.9	0.2	0.0	0.0	0.0
188	9	0.7	358.6	-0.3	0.0	0.0	0.0
189	9	1.1	219.3	-0.3	0.0	0.0	0.0
190	9	1.3	157.8	0.4	0.0	0.0	0.0
191	9	9.9	78.7	-0.4	0.0	0.0	0.0
204	9	1.8	368.5	-0.0	0.0	0.0	0.0
205	9	2.3	217.4	0.1	0.0	0.0	0.0
206	9	1.8	157.4	0.6	0.0	0.0	0.0
207	9	5.0	77.8	-0.4	0.0	0.0	0.0
217	9	-0.4	6.5	-0.1	0.0	0.0	0.0
249	9	1.2	460.9	-1.3	0.0	0.0	0.0
250	9	0.5	297.8	-0.3	0.0	0.0	0.0
273	9	2.6	345.7	0.2	0.0	0.0	0.0
274	9	1.3	257.8	0.2	0.0	0.0	0.0
275	9	0.3	170.1	0.6	0.0	0.0	0.0
297	9	0.1	355.1	1.1	0.0	0.0	0.0
298	9	1.4	244.6	0.4	0.0	0.0	0.0
299	9	1.7	157.3	1.0	0.0	0.0	0.0
310	9	32.5	185.2	149.1	0.0	0.0	0.0
314	9	-10.3	185.8	0.6	0.0	0.0	0.0
315	9	-9.3	123.3	-0.4	0.0	0.0	0.0

 Software licensed to COLINAS DE BUEN SA DE CV	Job No	Sheet No <b>3</b>	Rev
	Part		
Job Title EDIFICIO SEDE EN TOLUCA	Ref		
	By	Date 14-Mar-09	Chk
Client PODER JUDICIAL DE LA FEDERACION	File toluca14ABR.std	Date/Tmx 14-Apr-2009 11:28	

### COMBINACION C. VERT. + SX + 0.3SZ Cont...

Node	L/C	Force-X (Mton)	Force-Y (Mton)	Force-Z (Mton)	Moment-X (MTon·m)	Moment-Y (MTon·m)	Moment-Z (MTon·m)
316	9	-1.9	89.0	-0.4	0.0	0.0	0.0
344	9	5.4	45.0	8.8	0.0	0.0	0.0
357	9	4.1	23.3	4.7	0.0	0.0	0.0
596	9	6.4	18.2	3.3	0.0	0.0	0.0
1975	9	4.8	64.4	-11.8	0.0	0.0	0.0
1976	9	13.8	64.3	8.5	0.0	0.0	0.0
1982	9	5.9	81.0	11.7	0.0	0.0	0.0
1986	9	8.8	111.1	4.5	0.0	0.0	0.0
1990	9	8.3	126.1	3.2	0.0	0.0	0.0
1993	9	5.7	126.9	2.2	0.0	0.0	0.0
1997	9	117.8	283.5	16.9	0.0	0.0	0.0
2000	9	78.5	276.8	41.0	0.0	0.0	0.0
2003	9	119.2	337.0	2.4	0.0	0.0	0.0
2014	9	-29.2	140.7	-0.1	0.0	0.0	0.0
2015	9	71.7	140.9	1.4	0.0	0.0	0.0
2034	9	13.9	48.9	6.8	0.0	0.0	0.0



Job No.	Sheet No	Rev
	4	
Part		
Ref		
By Date 14-Mar-09 Cht		
File toluca14ABR.sld		Updated on 14-Apr-2009 11:29

Software licensed to COLINAS DE BUEN SA DE CV

Job Title	PODER JUDICIAL DE LA FEDERACION
Job File	EDIFICIO SEDE EN TOLUCA

### COMBINACION C. VERT. - SX + 0.3SZ

Node	L/C	Force-X (Mton)	Force-Y (Mton)	Force-Z (Mton)	Moment-X (MTon/m)	Moment-Y (MTon/m)	Moment-Z (MTon/m)
1	11	0.7	25.9	-0.0	0.0	0.0	0.0
2	11	1.4	24.2	0.4	0.0	0.0	0.0
3	11	2.0	96.1	0.3	0.0	0.0	0.0
4	11	2.2	134.4	0.3	0.0	0.0	0.0
5	11	7.9	75.0	-0.0	0.0	0.0	0.0
10	11	-122.0	89.3	-0.1	0.0	0.0	0.0
15	11	18.9	123.3	0.3	0.0	0.0	0.0
16	11	-0.3	137.7	-25.9	0.0	0.0	0.0
17	11	-0.2	221.9	1.5	0.0	0.0	0.0
18	11	-0.2	356.1	0.7	0.0	0.0	0.0
19	11	-0.1	412.2	0.5	0.0	0.0	0.0
20	11	-4.5	184.5	-2.3	0.0	0.0	0.0
25	11	-37.5	129.4	0.3	0.0	0.0	0.0
30	11	36.0	130.2	0.3	0.0	0.0	0.0
31	11	0.0	166.9	0.8	0.0	0.0	0.0
32	11	-0.1	233.9	1.4	0.0	0.0	0.0
33	11	0.0	381.8	0.7	0.0	0.0	0.0
34	11	0.1	423.7	0.5	0.0	0.0	0.0
35	11	-0.1	186.8	-2.3	0.0	0.0	0.0
40	11	-36.9	129.6	0.3	0.0	0.0	0.0
45	11	35.7	124.3	0.2	0.0	0.0	0.0
46	11	-0.1	140.1	0.5	0.0	0.0	0.0
47	11	-0.2	189.5	1.4	0.0	0.0	0.0
48	11	0.1	364.3	0.9	0.0	0.0	0.0
49	11	-0.5	361.2	0.6	0.0	0.0	0.0
50	11	-0.5	174.7	-2.4	0.0	0.0	0.0
51	11	61.6	365.4	21.0	0.0	0.0	0.0
52	11	-10.3	190.2	-3.9	0.0	0.0	0.0
54	11	-4.4	164.2	-71.3	0.0	0.0	0.0
57	11	1.3	113.5	70.8	0.0	0.0	0.0
59	11	25.1	138.9	63.8	0.0	0.0	0.0
60	11	-5.9	121.0	0.3	0.0	0.0	0.0
61	11	4.7	116.6	0.0	0.0	0.0	0.0
70	11	24.8	144.3	-33.4	0.0	0.0	0.0
71	11	-0.1	190.3	1.9	0.0	0.0	0.0
72	11	0.6	364.1	-0.3	0.0	0.0	0.0
74	11	-26.1	99.6	32.2	0.0	0.0	0.0
98	11	-30.6	205.7	0.2	0.0	0.0	0.0
99	11	-0.4	193.8	1.0	0.0	0.0	0.0
100	11	-0.7	356.2	0.2	0.0	0.0	0.0
101	11	-66.6	334.4	-0.5	0.0	0.0	0.0
106	11	-69.9	90.6	0.7	0.0	0.0	0.0
110	11	55.1	20.9	0.1	0.0	0.0	0.0
111	11	-16.0	186.7	0.4	0.0	0.0	0.0
112	11	-0.6	186.7	1.5	0.0	0.0	0.0
113	11	-0.8	307.0	0.4	0.0	0.0	0.0
114	11	10.1	258.3	0.4	0.0	0.0	0.0

 Software licensed to COLINAS DE BUEN SA DE CV	 <b>Colinas de Buen</b> <small>S.A. DE C.V.</small>	Job No	Sheet No	Rev
		Part		
Job Title EDIFICIO SEDE EN TOLUCA		Rev		
Client PODER JUDICIAL DE LA FEDERACION		By	Date 4-Mar-09	Chd
		File toluca14ABR.std	Date/Time 14-Apr-2009 11:28	

### COMBINACION C. VERT. - SX + 0.3SZ Cont...

Node	L/C	Force-X (Mton)	Force-Y (Mton)	Force-Z (Mton)	Moment-X (MTon m)	Moment-Y (MTon m)	Moment-Z (MTon m)
120	11	-21.9	21.5	0.2	0.0	0.0	0.0
124	11	2.2	0.8	0.0	0.0	0.0	0.0
125	11	-20.0	114.1	0.1	0.0	0.0	0.0
126	11	-0.1	109.4	1.0	0.0	0.0	0.0
127	11	-0.0	193.0	0.3	0.0	0.0	0.0
128	11	2.2	116.0	0.0	0.0	0.0	0.0
129	11	-1.6	185.3	-0.4	0.0	0.0	0.0
130	11	-1.6	196.1	-0.4	0.0	0.0	0.0
131	11	-0.9	120.9	-1.8	0.0	0.0	0.0
132	11	0.4	128.7	26.5	0.0	0.0	0.0
133	11	1.8	39.8	0.3	0.0	0.0	0.0
141	11	1.8	34.8	-0.5	0.0	0.0	0.0
149	11	-7.5	31.6	-2.9	0.0	0.0	0.0
150	11	-2.9	58.6	10.0	0.0	0.0	0.0
151	11	-3.6	101.3	4.5	0.0	0.0	0.0
152	11	-3.3	126.3	2.5	0.0	0.0	0.0
153	11	-3.8	133.6	-3.4	0.0	0.0	0.0
154	11	-3.3	112.4	-10.4	0.0	0.0	0.0
155	11	-3.7	53.1	-14.2	0.0	0.0	0.0
156	11	-38.9	16.9	-6.2	0.0	0.0	0.0
158	11	-12.4	84.2	-31.8	0.0	0.0	0.0
171	11	-0.7	317.3	-1.0	0.0	0.0	0.0
172	11	-0.4	317.6	-0.2	0.0	0.0	0.0
173	11	-0.3	201.5	-0.7	0.0	0.0	0.0
174	11	-0.1	109.4	-0.1	0.0	0.0	0.0
175	11	16.3	79.0	-0.5	0.0	0.0	0.0
187	11	-3.0	401.2	-0.6	0.0	0.0	0.0
188	11	-1.1	352.9	-0.4	0.0	0.0	0.0
189	11	-1.1	208.4	-0.5	0.0	0.0	0.0
190	11	-1.2	122.6	0.1	0.0	0.0	0.0
191	11	9.4	77.5	-0.4	0.0	0.0	0.0
204	11	-0.8	363.9	-0.3	0.0	0.0	0.0
205	11	-0.7	208.4	-0.2	0.0	0.0	0.0
206	11	-1.4	131.3	0.2	0.0	0.0	0.0
207	11	4.7	77.3	-0.4	0.0	0.0	0.0
217	11	-0.4	6.0	-0.2	0.0	0.0	0.0
249	11	-8.6	366.5	-2.2	0.0	0.0	0.0
250	11	-3.8	246.8	-1.3	0.0	0.0	0.0
273	11	1.6	330.9	-0.6	0.0	0.0	0.0
274	11	0.3	162.5	-6.3	0.0	0.0	0.0
275	11	-1.1	142.6	0.2	0.0	0.0	0.0
297	11	-3.3	323.7	0.7	0.0	0.0	0.0
298	11	-1.5	154.1	-0.2	0.0	0.0	0.0
299	11	-1.7	141.6	0.3	0.0	0.0	0.0
310	11	24.6	100.0	18.4	0.0	0.0	0.0
314	11	-23.4	168.5	0.3	0.0	0.0	0.0
315	11	-15.2	117.1	-0.4	0.0	0.0	0.0

 Software licensed to COLINAS DE BUEN DA DE CV		Job No.	Sheet No.	Rev.
			<b>6</b>	
Job Title: EDIFICIO SEDE EN TOLUCA		Part		
Client: PODER JUDICIAL DE LA FEDERACION		Ref		
		By: _____ Date: 4-Mar-09 Chd		
		File: toluca14ABR.std Date/Time: 14-Apr-2009 11:28		

### COMBINACION C. VERT. - SX + 0.3SZ Cont...

Node	L/C	Force-X (Mton)	Force-Y (Mton)	Force-Z (Mton)	Moment-X (MTon m)	Moment-Y (MTon m)	Moment-Z (MTon m)
316	11	-2.5	87.5	-0.4	0.0	0.0	0.0
344	11	-4.5	39.5	7.6	0.0	0.0	0.0
357	11	-4.1	22.0	3.4	0.0	0.0	0.0
596	11	3.4	17.7	2.4	0.0	0.0	0.0
1975	11	1.1	49.4	-15.0	0.0	0.0	0.0
1976	11	8.6	47.4	7.1	0.0	0.0	0.0
1982	11	3.1	60.3	10.1	0.0	0.0	0.0
1986	11	4.2	89.2	3.1	0.0	0.0	0.0
1990	11	6.3	105.1	2.5	0.0	0.0	0.0
1993	11	1.6	104.6	-2.1	0.0	0.0	0.0
1997	11	26.2	121.9	0.1	0.0	0.0	0.0
2000	11	13.3	84.9	3.7	0.0	0.0	0.0
2003	11	47.2	123.1	-9.7	0.0	0.0	0.0
2014	11	-42.9	118.9	-0.1	0.0	0.0	0.0
2015	11	60.9	131.1	1.2	0.0	0.0	0.0
2034	11	12.2	39.1	4.5	0.0	0.0	0.0



Software licenciado a COLINAS DE BUEN SA DE CV



Job No.	Sheet No.	Rev.
	7	
Part		
Ref		
By	Date	Chd
	14-Mar-09	
File	Date/Time	
toluca14ABR.std	14-Apr-2009 11:28	

Job Title	EDIFICIO SEDE EN TOLUCA
Client	PODER JUDICIAL DE LA FEDERACION

**COMBINACION C. VERT. + SZ + 0.3SX**

Node	L/C	Force-X (Mton)	Force-Y (Mton)	Force-Z (Mton)	Moment-X (MTon.m)	Moment-Y (MTon.m)	Moment-Z (MTon.m)
1	13	1.0	164.9	0.2	0.0	0.0	0.0
2	13	2.4	270.0	1.3	0.0	0.0	0.0
3	13	3.0	340.4	1.1	0.0	0.0	0.0
4	13	3.2	357.1	1.0	0.0	0.0	0.0
5	13	14.3	194.0	-0.0	0.0	0.0	0.0
10	13	-48.4	204.0	-0.1	0.0	0.0	0.0
15	13	-33.6	147.2	0.3	0.0	0.0	0.0
16	13	0.4	247.7	-6.5	0.0	0.0	0.0
17	13	0.1	284.0	2.0	0.0	0.0	0.0
18	13	0.3	398.8	1.3	0.0	0.0	0.0
19	13	0.2	440.8	1.2	0.0	0.0	0.0
20	13	-1.0	199.0	-2.3	0.0	0.0	0.0
25	13	-33.6	138.0	0.3	0.0	0.0	0.0
30	13	-40.6	137.4	0.3	0.0	0.0	0.0
31	13	0.1	334.8	1.1	0.0	0.0	0.0
32	13	0.1	273.9	1.9	0.0	0.0	0.0
33	13	0.1	419.0	1.0	0.0	0.0	0.0
34	13	0.3	448.4	1.0	0.0	0.0	0.0
35	13	0.2	197.1	-2.3	0.0	0.0	0.0
40	13	-33.1	138.8	0.3	0.0	0.0	0.0
45	13	46.3	147.9	0.2	0.0	0.0	0.0
46	13	0.4	323.1	1.6	0.0	0.0	0.0
47	13	-0.1	247.9	2.2	0.0	0.0	0.0
48	13	0.1	406.8	1.1	0.0	0.0	0.0
49	13	-0.2	481.4	1.0	0.0	0.0	0.0
50	13	-0.4	211.7	-2.3	0.0	0.0	0.0
51	13	67.1	376.0	22.3	0.0	0.0	0.0
52	13	-9.6	209.5	-2.0	0.0	0.0	0.0
54	13	-4.3	166.7	-69.0	0.0	0.0	0.0
57	13	1.4	125.4	77.5	0.0	0.0	0.0
59	13	29.9	216.4	121.1	0.0	0.0	0.0
60	13	6.1	142.0	0.8	0.0	0.0	0.0
61	13	18.0	140.3	0.7	0.0	0.0	0.0
70	13	62.2	281.8	-13.0	0.0	0.0	0.0
71	13	0.3	219.8	2.9	0.0	0.0	0.0
72	13	0.7	392.1	-0.1	0.0	0.0	0.0
74	13	-19.4	167.0	68.4	0.0	0.0	0.0
96	13	8.8	333.4	2.2	0.0	0.0	0.0
99	13	0.3	225.6	3.1	0.0	0.0	0.0
100	13	-0.4	382.8	0.3	0.0	0.0	0.0
101	13	-55.9	351.7	-0.3	0.0	0.0	0.0
106	13	-65.4	93.8	0.8	0.0	0.0	0.0
110	13	64.6	27.3	0.1	0.0	0.0	0.0
111	13	15.5	319.2	1.9	0.0	0.0	0.0
112	13	0.1	222.9	2.2	0.0	0.0	0.0
113	13	-0.4	337.0	0.4	0.0	0.0	0.0
114	13	10.8	329.8	0.6	0.0	0.0	0.0

 Software licensed to COLINAS DE BUEN SA DE CV	 <b>Colinas de Buen</b>	Job No	Sheet No	Rev
			<b>8</b>	
Job Title EDIFICIO SEDE EN TOLUCA		Part		
Client PODER JUDICIAL DE LA FEDERACION		Ref		
		By	Date: 4-Mar-09	Chf
		File: toluca14ABR.std	Date/Time: 14-Apr-2009 11:28	

### COMBINACION C. VERT. + SZ + 0.3SX Cont...

Node	L/C	Force-X (Mton)	Force-Y (Mton)	Force-Z (Mton)	Moment-X (MTon m)	Moment-Y (MTon m)	Moment-Z (MTon m)
120	13	-16.1	24.8	0.2	0.0	0.0	0.0
124	13	3.5	1.4	0.0	0.0	0.0	0.0
125	13	13.5	201.5	0.5	0.0	0.0	0.0
126	13	1.1	206.3	1.3	0.0	0.0	0.0
127	13	1.0	306.8	0.7	0.0	0.0	0.0
128	13	2.5	342.6	0.9	0.0	0.0	0.0
129	13	-0.4	345.4	-0.0	0.0	0.0	0.0
130	13	-0.2	316.9	-0.1	0.0	0.0	0.0
131	13	-0.2	213.1	-1.1	0.0	0.0	0.0
132	13	48.8	199.5	45.0	0.0	0.0	0.0
133	13	6.5	80.6	0.6	0.0	0.0	0.0
141	13	6.1	71.2	-0.2	0.0	0.0	0.0
149	13	-1.6	90.9	7.0	0.0	0.0	0.0
150	13	-2.7	183.5	30.1	0.0	0.0	0.0
151	13	-3.6	226.5	18.6	0.0	0.0	0.0
152	13	-3.2	240.9	7.9	0.0	0.0	0.0
153	13	-3.5	246.5	2.3	0.0	0.0	0.0
154	13	-3.2	228.1	0.9	0.0	0.0	0.0
155	13	-2.6	196.0	10.2	0.0	0.0	0.0
156	13	7.2	208.2	4.5	0.0	0.0	0.0
158	13	-8.6	130.6	-9.1	0.0	0.0	0.0
171	13	-0.3	376.2	-0.1	0.0	0.0	0.0
172	13	0.1	347.1	0.4	0.0	0.0	0.0
173	13	0.5	237.6	0.7	0.0	0.0	0.0
174	13	0.4	264.4	1.1	0.0	0.0	0.0
175	13	34.8	90.1	-0.3	0.0	0.0	0.0
187	13	-2.1	425.0	1.3	0.0	0.0	0.0
188	13	0.3	386.2	0.9	0.0	0.0	0.0
189	13	0.8	249.8	1.6	0.0	0.0	0.0
190	13	1.2	287.4	2.1	0.0	0.0	0.0
191	13	13.0	81.4	-0.3	0.0	0.0	0.0
204	13	1.4	398.5	1.5	0.0	0.0	0.0
205	13	1.9	254.7	2.5	0.0	0.0	0.0
206	13	1.5	304.5	2.7	0.0	0.0	0.0
207	13	7.1	79.7	-0.3	0.0	0.0	0.0
217	13	-0.2	6.4	-0.1	0.0	0.0	0.0
249	13	-0.1	481.4	-1.4	0.0	0.0	0.0
250	13	0.5	362.7	0.0	0.0	0.0	0.0
273	13	2.6	374.8	1.7	0.0	0.0	0.0
274	13	1.2	271.4	2.7	0.0	0.0	0.0
275	13	-0.2	337.4	2.8	0.0	0.0	0.0
297	13	-0.4	377.3	3.0	0.0	0.0	0.0
298	13	1.0	257.9	3.0	0.0	0.0	0.0
299	13	1.2	325.9	3.3	0.0	0.0	0.0
310	13	39.8	220.5	197.5	0.0	0.0	0.0
314	13	-1.4	282.8	0.7	0.0	0.0	0.0
315	13	30.3	168.0	-0.3	0.0	0.0	0.0

 Software licensed to COLINAS DE BUEN SA DE CV		Job No.	Sheet No	Rev.
	Job Title: EDIFICIO SEDE EN TOLUCA	Part		9
Client: PODER JUDICIAL DE LA FEDERACION	Ref	By	Date: 14-Mar-09	Chg
	File: toluca14ABR.std	Date/Time	14-Apr-2009 11:28	

### COMBINACION C. VERT. + SZ + 0.3SX Cont...

Node	L/C	Force-X (Mton)	Force-Y (Mton)	Force-Z (Mton)	Moment-X (MTon/m)	Moment-Y (MTon/m)	Moment-Z (MTon/m)
316	13	3.3	100.5	-0.3	0.0	0.0	0.0
344	13	2.5	46.1	14.4	0.0	0.0	0.0
357	13	4.8	24.0	8.5	0.0	0.0	0.0
556	13	5.9	18.6	5.6	0.0	0.0	0.0
1975	13	6.9	67.6	-9.7	0.0	0.0	0.0
1976	13	18.4	75.7	8.5	0.0	0.0	0.0
1982	13	5.4	74.8	11.2	0.0	0.0	0.0
1986	13	8.1	105.4	4.2	0.0	0.0	0.0
1990	13	8.2	120.4	3.4	0.0	0.0	0.0
1993	13	4.7	119.7	1.2	0.0	0.0	0.0
1997	13	100.2	238.7	18.5	0.0	0.0	0.0
2000	13	74.2	238.3	50.8	0.0	0.0	0.0
2003	13	152.0	392.7	5.0	0.0	0.0	0.0
2014	13	-30.9	140.1	-0.1	0.0	0.0	0.0
2015	13	69.4	141.2	1.3	0.0	0.0	0.0
2034	13	23.4	60.1	6.9	0.0	0.0	0.0



Job No	Sheet No	Rev
	<b>10</b>	
Part		
Ref		
By	Galat4-Mar-00	Chd
Client	PODER JUDICIAL DE LA FEDERACION	File toluca14ABR.std
		Date/Time 14-Apr-2009 11:28

Software licensed to COLINAS DE BUEN SA DE CV

Job Title EDIFICIO SEDE EN TOLUCA

Client PODER JUDICIAL DE LA FEDERACION

### COMBINACION C. VERT. - SZ + 0.3SX

Node	LC	Force-X (Mton)	Force-Y (Mton)	Force-Z (Mton)	Moment-X (MTon·m)	Moment-Y (MTon·m)	Moment-Z (MTon·m)
1	14	0.7	-61.5	-0.1	0.0	0.0	0.0
2	14	1.4	91.6	-0.5	0.0	0.0	0.0
3	14	2.4	211.5	-0.7	0.0	0.0	0.0
4	14	2.9	277.1	-0.6	0.0	0.0	0.0
5	14	11.8	154.3	-0.0	0.0	0.0	0.0
10	14	-71.2	163.9	-0.1	0.0	0.0	0.0
15	14	29.7	123.8	0.3	0.0	0.0	0.0
16	14	-0.4	-44.4	-57.7	0.0	0.0	0.0
17	14	0.0	129.5	0.8	0.0	0.0	0.0
18	14	0.0	291.3	-0.1	0.0	0.0	0.0
19	14	-0.0	372.0	-0.4	0.0	0.0	0.0
20	14	-1.9	169.0	-2.4	0.0	0.0	0.0
25	14	-41.1	117.5	0.3	0.0	0.0	0.0
30	14	34.1	118.1	0.3	0.0	0.0	0.0
31	14	0.1	-116.1	0.4	0.0	0.0	0.0
32	14	-0.1	176.2	0.4	0.0	0.0	0.0
33	14	0.1	318.8	0.2	0.0	0.0	0.0
34	14	0.2	382.2	-0.2	0.0	0.0	0.0
35	14	0.2	169.5	-2.4	0.0	0.0	0.0
40	14	-39.5	119.3	0.3	0.0	0.0	0.0
45	14	38.2	125.8	0.2	0.0	0.0	0.0
46	14	-0.5	-121.5	0.3	0.0	0.0	0.0
47	14	-0.1	169.6	0.4	0.0	0.0	0.0
48	14	0.1	314.4	0.7	0.0	0.0	0.0
49	14	-0.5	395.5	0.1	0.0	0.0	0.0
50	14	-0.5	179.4	-2.4	0.0	0.0	0.0
51	14	62.5	361.0	19.2	0.0	0.0	0.0
52	14	-10.1	194.2	-3.2	0.0	0.0	0.0
54	14	-4.6	161.8	-72.8	0.0	0.0	0.0
57	14	1.3	114.3	75.3	0.0	0.0	0.0
59	14	17.2	10.1	-31.7	0.0	0.0	0.0
60	14	-24.7	91.4	-0.2	0.0	0.0	0.0
61	14	1.2	97.8	-0.1	0.0	0.0	0.0
70	14	-1.0	29.8	-43.6	0.0	0.0	0.0
71	14	0.2	148.2	1.1	0.0	0.0	0.0
72	14	0.5	322.7	-0.4	0.0	0.0	0.0
74	14	-26.9	58.7	6.0	0.0	0.0	0.0
98	14	-3.6	-5.8	-2.0	0.0	0.0	0.0
99	14	0.0	146.5	2.0	0.0	0.0	0.0
100	14	-0.4	313.4	0.2	0.0	0.0	0.0
101	14	-62.9	316.8	-0.9	0.0	0.0	0.0
106	14	-75.5	65.5	0.7	0.0	0.0	0.0
110	14	49.9	18.8	0.1	0.0	0.0	0.0
111	14	6.7	-13.1	-1.0	0.0	0.0	0.0
112	14	-0.1	139.2	1.0	0.0	0.0	0.0
113	14	-0.5	271.7	0.3	0.0	0.0	0.0
114	14	9.5	215.9	0.2	0.0	0.0	0.0



Job No	Sheet No	Rev
	11	
Part		
Ref		
By	Date	Chg
	14-Mar-09	
File	Date/Time	
toluca14ABR.std	14-Apr-2009 11:28	

Software licensed to COLINAS DE BUEN SA DE CV

Job Title EDIFICIO SEDE EN TOLUCA

Client PODER JUDICIAL DE LA FEDERACION

### COMBINACION C. VERT. - SZ + 0.3SX Cont...

Node	LC	Force-X (Mton)	Force-Y (Mton)	Force-Z (Mton)	Moment-X (MTon m)	Moment-Y (MTon m)	Moment-Z (MTon m)
120	14	-27.0	18.6	0.2	0.0	0.0	0.0
124	14	1.1	0.7	0.0	0.0	0.0	0.0
125	14	-43.7	-7.3	-0.2	0.0	0.0	0.0
126	14	0.8	137.2	1.0	0.0	0.0	0.0
127	14	0.9	256.8	0.0	0.0	0.0	0.0
128	14	2.2	232.6	0.2	0.0	0.0	0.0
129	14	-0.5	191.9	-0.9	0.0	0.0	0.0
130	14	-0.5	254.5	-0.7	0.0	0.0	0.0
131	14	-0.8	133.7	-2.0	0.0	0.0	0.0
132	14	1.9	29.6	-1.8	0.0	0.0	0.0
133	14	2.8	9.9	0.2	0.0	0.0	0.0
141	14	1.4	21.3	-0.3	0.0	0.0	0.0
149	14	-9.1	42.7	-3.3	0.0	0.0	0.0
150	14	-2.8	125.1	22.8	0.0	0.0	0.0
151	14	-3.7	210.0	-1.8	0.0	0.0	0.0
152	14	-3.3	225.6	0.5	0.0	0.0	0.0
153	14	-3.7	219.3	-8.9	0.0	0.0	0.0
154	14	-3.4	201.1	-9.8	0.0	0.0	0.0
155	14	-2.9	139.1	-37.1	0.0	0.0	0.0
156	14	-51.5	40.4	-3.1	0.0	0.0	0.0
158	14	-16.6	23.6	-45.7	0.0	0.0	0.0
171	14	0.4	223.9	-1.8	0.0	0.0	0.0
172	14	-0.4	270.5	-1.3	0.0	0.0	0.0
173	14	-0.5	194.9	-3.0	0.0	0.0	0.0
174	14	-0.6	-94.9	-2.0	0.0	0.0	0.0
175	14	-6.3	62.5	-0.6	0.0	0.0	0.0
187	14	-2.2	363.8	-2.7	0.0	0.0	0.0
188	14	-0.4	501.8	-2.6	0.0	0.0	0.0
189	14	-0.6	151.7	-4.1	0.0	0.0	0.0
190	14	-0.9	-118.0	-3.0	0.0	0.0	0.0
191	14	3.8	72.5	-0.6	0.0	0.0	0.0
204	14	0.1	306.2	-3.1	0.0	0.0	0.0
205	14	0.1	139.2	-4.6	0.0	0.0	0.0
206	14	-0.8	-142.0	-3.7	0.0	0.0	0.0
207	14	0.8	73.7	-0.7	0.0	0.0	0.0
217	14	-0.8	6.2	-0.2	0.0	0.0	0.0
249	14	-6.3	328.5	-2.1	0.0	0.0	0.0
250	14	-3.7	144.7	-1.9	0.0	0.0	0.0
273	14	1.6	276.9	-3.4	0.0	0.0	0.0
274	14	0.4	137.3	-5.0	0.0	0.0	0.0
275	14	-0.3	-168.1	-3.8	0.0	0.0	0.0
297	14	-2.4	282.4	-2.8	0.0	0.0	0.0
298	14	-0.8	129.3	-5.0	0.0	0.0	0.0
299	14	-0.8	-171.5	-4.0	0.0	0.0	0.0
310	14	11.0	34.4	-71.5	0.0	0.0	0.0
314	14	-39.9	-11.6	0.2	0.0	0.0	0.0
315	14	-68.8	34.2	-0.7	0.0	0.0	0.0

 Software licensed to COLINAS DE BUEN SA DE CV		Job No	Sheet No	Rev
			<b>12</b>	
Job Title EDIFICIO SEDE EN TOLUCA		Part		
Client PODER JUDICIAL DE LA FEDERACION		Ref		
		By	Date 14-Mar-09	Chk
		File toluca14ABR.std	Date/Time 14-Apr-2009 11:28	

### COMBINACION C. VERT. - SZ + 0.3SX Cont...

Node	L/C	Force-X (Mton)	Force-Y (Mton)	Force-Z (Mton)	Moment-X (MTon'm)	Moment-Y (MTon'm)	Moment-Z (MTon'm)
316	14	-12.2	66.0	-0.7	0.0	0.0	0.0
344	14	0.9	37.4	-2.9	0.0	0.0	0.0
357	14	-5.3	20.7	-3.6	0.0	0.0	0.0
596	14	4.4	16.9	-1.8	0.0	0.0	0.0
1975	14	-2.6	43.5	-18.9	0.0	0.0	0.0
1976	14	0.1	26.3	7.1	0.0	0.0	0.0
1982	14	4.1	71.8	11.0	0.0	0.0	0.0
1986	14	5.4	99.8	-3.8	0.0	0.0	0.0
1990	14	6.4	115.8	2.2	0.0	0.0	0.0
1993	14	3.5	117.9	-0.2	0.0	0.0	0.0
1997	14	60.6	205.1	-2.8	0.0	0.0	0.0
2000	14	21.2	156.5	-14.4	0.0	0.0	0.0
2003	14	-13.6	19.6	-14.6	0.0	0.0	0.0
2014	14	-39.8	120.0	-0.1	0.0	0.0	0.0
2015	14	65.2	130.4	1.3	0.0	0.0	0.0
2034	14	-5.4	18.2	4.4	0.0	0.0	0.0





DETERMINACION DE LOS MOMENTOS DE VOLTEO

EN DIRECCION X :

$$M_{VX} = 2899 \times 0.67 \times 29.4 = 57105 \text{ Ton-m}$$

EN DIRECCION Z :

$$M_{VZ} = 2850 \times 0.67 \times 29.4 = 56139 \text{ Ton-m}$$

**ANEXO 2**

**REGISTRO DE EXPLORACIÓN**

**Y PRUEBAS DE PERMEABILIDAD**

**LEFRANC**

## REGISTRO DE EXPLORACION DEL SUBSUELO

Proyecto: Edificio Anexo al Edificio Sede del Poder Judicial  
de la Federación en Toluca

Nivel freático: 2.50 m

Ubicación: Av. Dr. Nicolás San Juan, casi esquina con calle Pies Negros  
Col. Ex-Barrío Cuauhtémoc, Toluca, Edo. de México.  
Perforador: Jena Year 34  
Bombas: Moyno 316  
Fecha: Febrero de 2009.

Metros	Profundidad (m)		Longitud de avance (m)	Recuperación		Z > 10 cm (m)	NP de Golpes.			Muestro o avance	Descripción y clasificación SUCS.
	De	A		(m)	(%)		15cm	30cm	15cm		
1	0.00	0.60	0.60	0.33	55		11	43	10	TP	Arena con gravas, poco limosa, café claro.
2	0.60	1.20	0.60	0.26	47		6	11	5	TP	Arena limosa con gravillas, café oscuro.
3	1.20	1.80	0.60	0.35	58		4	47	40	TP	Gravas empacadas en arena, café oscuro.
4	1.80	2.15	0.35	0.27	77		26	50/20		TP	Gravas empacadas en arena, café oscuro.
5	2.15	2.40	0.25					AVANCE		BT	Avance con broca tridónica de 4 1/2"
6	2.40	2.75	0.35	0.30	86		29	50/20		TP	Arena limosa con gravillas, café claro.
7	2.75	3.00	0.25					AVANCE		BT	Avance con broca tridónica de 4 1/2"
8	3.00	3.45	0.45	0.33	73		37	50/30		TP	Arena limosa con gravillas, café claro.
9	3.45	3.60	0.15					AVANCE		BT	Avance con broca tridónica de 4 1/2"
10	3.60	3.90	0.30	0.15	50		16	50/15		TP	Arena media con gravas, café claro.
11	3.90	4.20	0.30					AVANCE		BT	Avance con broca tridónica de 4 1/2"
12	4.20	4.35	0.15	0.11	73		50/13			TP	Gravas empacadas en arena, café oscuro.
13	4.35	4.80	0.45					AVANCE		BT	Avance con broca tridónica de 4 1/2"
14	4.80	5.05	0.25	0.16	72		19	50/10		TP	Arena media con gravas, café claro.
15	5.05	5.40	0.35					AVANCE		BT	Avance con broca tridónica de 4 1/2"
16	5.40	5.70	0.30	0.16	60		16	50/15		TP	Gravas empacadas en arena, café claro.
17	5.70	6.00	0.30					AVANCE		BT	Avance con broca tridónica de 4 1/2"
18	6.00	6.25	0.25	0.15	60		20	50/10		TP	Arena limosa con gravas, café claro.
19	6.25	6.60	0.35					AVANCE		BT	Avance con broca tridónica de 4 1/2"
20	6.60	6.90	0.30	0.16	60		17	50/15		TP	Arena limosa con gravas café claro.
21	6.90	7.50	0.60					AVANCE		BT	Avance con broca tridónica de 4 1/2"
22	7.20	7.53	0.33	0.30	91		19	50/16		TP	Arena limosa con gravas, café claro.

Observaciones:

Además:

Prof.: Donde: 20,20 m

Perforada: Marco A. Ibañeta

Supervisor: Ing. Mauricio Del Hoyo Ibarra

## REGISTRO DE EXPLORACION DEL SUBSUELO

Proyecto: Edificio Anexo al Edificio Sede del Poder Judicial  
de la Federación en Toluca

Nivel freático: 2.50 m

Ubicación: Av. Dr. Nicolás San Juan, casi esquina con calle Pies Negros  
Col. Ex-Barrío Cuauhtémoc, Toluca, Edo. de México.  
Perforador: Jena Year 34  
Bombas: Moyno 316  
Fecha: Febrero de 2009.

Metros	Profundidad (m)		Longitud de avance (m)	Recuperación		Z > 10 cm (m)	NP de Golpes.			Muestro o avance	Descripción y clasificación SUCS.
	De	A		(m)	(%)		15cm	30cm	15cm		
1	7.53	7.60	0.07							BT	Avance con broca tridónica de 4 1/2"
2	7.60	8.25	0.65	0.45	100		20	50/30		TP	Arena limosa con gravillas, café claro.
3	8.25	8.40	0.15					AVANCE		BT	Avance con broca tridónica de 4 1/2"
4	8.40	9.00	0.60	0.54	97		13	25	13	TP	Arena limosa con gravas, café claro.
5	9.00	9.60	0.60	0.37	62		6	19	12	TP	Arcilla poco limosa y poca arenosa, café claro.
6	9.60	10.00	0.40	0.25	62			PRECISION		15H	Arcilla poco limosa y poca arenosa, café claro.
7	10.00	10.00	0.00	0.50	93		15	23	17	TP	Arcilla poco arenosa, café claro.
8	10.00	11.20	1.20	0.60	100		15	36	25	TP	Arcilla poco arenosa, café claro.
9	11.20	11.80	0.60	0.30	60		5	20	16	TP	Arcilla poco arenosa, café claro.
10	11.80	12.40	0.60	0.50	50		6	25	16	TP	Arcilla poco arenosa, café claro.
11	12.40	13.00	0.60	0.36	60		7	29	15	TP	Arcilla poco arenosa, café claro.
12	13.00	13.60	0.60	0.29	46		10	30	15	TP	Arcilla poco arenosa, café claro.
13	13.60	14.20	0.60	0.31	52		9	31	16	TP	Arcilla poco arenosa, café claro.
14	14.20	14.55	0.35	0.20	57		15	50/20		TP	Arcilla poco arenosa, café claro.
15	14.55	14.80	0.25					AVANCE		BT	Avance con broca tridónica de 4 1/2"
16	14.80	15.25	0.45	0.25	56		13	50/30		TP	Arcilla poco arenosa, café claro.
17	15.25	15.40	0.15					AVANCE		BT	Avance con broca tridónica de 4 1/2"
18	15.40	16.00	0.60	0.25	42		9	27	16	TP	Arcilla poco arenosa, café claro.
19	16.00	16.60	0.60	0.36	60		12	30	20	TP	Arcilla poco arenosa, café claro.
20	16.60	16.60	0.00	0.60	100		30	50/10		TP	Arcilla arenosa con algunas gravillas, café claro.
21	16.60	17.20	0.60	0.60	100			AVANCE		BT	Avance con broca tridónica de 4 1/2"
22	17.20	17.35	0.15	0.10	67		50/15			TP	Arcilla arenosa con algunas gravillas, café claro.

Observaciones:

Además:

Prof.: Donde: 20,20 m

Perforada: Marco A. Ibañeta

Supervisor: Ing. Mauricio Del Hoyo Ibarra



## Prueba de Permeabilidad Lefranc-Mendel

**PROYECTO:** Edificio Anexo al Edificio Sede del Poder Judicial de la Federación en Toluca.

**UBICACIÓN:** Av. Dr. Nicolás San Juan, casi esquina con calle Pies Negros Col. Ex-Rancho  
Cauhtémoc, Toluca, Edo. De México.

**FECHA:** Marzo de 2009. **PRUEBA:** 1 (DE 3 A 6 m)  
De 3 a 6

Nivel Freático, $H_o$ :	250 cm	Diámetro del Difusor, D:	7.6 cm
Longitud ensayada, L:	300 cm	Volumen del recipiente, V:	905 cm <sup>3</sup>
		Tiempo, $T_i$ :	180 seg

Lectura del nivel del agua en la perforación,  $H_i$ : 206 cm

$$Q = V / T_i$$

$$\Delta H = H_o - H_i$$

$$C = \frac{4\pi}{L \left( \frac{2}{D} \log \frac{2L}{D} - \frac{1}{2H} \right)}$$

Q= 5.028 Cm<sup>3</sup> / seg

$\Delta H = 44$  cm

L= 300 cm

H= 350.00 cm

C= 1119.97 cm

Q= C K  $\Delta H$       K=  $\frac{Q}{C \Delta H}$

K= 1.020279E-04 cm/seg

## Prueba de Permeabilidad Lefranc-Mendel

**PROYECTO:** Edificio Anexo al Edificio Sede del Poder Judicial de la Federación en Toluca.

**UBICACIÓN:** Av. Dr. Nicolás San Juan, casi esquina con calle Pies Negros Col. Ex-Rancho  
Cuahtémoc, Toluca, Edo. De México.

**FECHA:** Marzo de 2009.

**PRUEBA:** 2 (DE 5 A 10 m )

De 5 a 10

Nivel Freático,  $H_o$ : 250 cm

Diámetro del Difusor, D: 7.6 cm

Longitud ensayada, L: 500 cm

Volumen del recipiente, V: 860 cm<sup>3</sup>

Tiempo,  $T_i$ : 120 seg

Lectura del nivel  
del agua en la  
perforación,  $H_i$ :

206 cm

$$Q = V / T_i$$

$$\Delta H = H_o - H_i$$

$$C = \frac{4\pi}{\frac{2}{L} \log \frac{2L}{D} - \frac{1}{2H}}$$

Q= 7.167 Cm<sup>3</sup> / seg

$\Delta H = 44$  cm

L= 500 cm

H= 750.00 cm

C= 1609.00 cm

Q= C K  $\Delta H$

$$K = \frac{Q}{C \Delta H}$$

K= 1.012300E-04 cm/seg

## Prueba de Permeabilidad Lefranc-Mendel

**PROYECTO:** Edificio Anexo al Edificio Sede del Poder Judicial de la Federación en Toluca.

**UBICACIÓN:** Av. Dr. Nicolás San Juan, casi esquina con calle Pies Negros Col. Ex-Rancho  
Cuahtémoc, Toluca, Edo. De México.

**FECHA:** Marzo de 2009.      **PRUEBA:** 3 (DE 10 A 15 m )  
De      10      a      15

Nivel Freático,  $H_o$ :      250 cm  
Longitud ensayada,  $L$ :      500 cm

Diámetro del Difusor,  $D$ :      7.6 cm  
Volumen del recipiente,  $V$ :      500 cm<sup>3</sup>  
Tiempo,  $T_i$ :      150 seg

Lectura del nivel  
del agua en la  
perforación,  $H_i$ :      51      cm

$$Q = V / T_i$$

$$\Delta H = H_o - H_i$$

$$C = \frac{4\pi}{L \left( \frac{2 \log \frac{2L}{D} - 1}{2H} \right)}$$

$Q = 3.333$       Cm<sup>3</sup> / seg

$\Delta H = 199$       cm

$L = 500$       cm

$H = 1250.00$       cm

$C = 1555.87$       cm

$Q = C K \Delta H$        $K = \frac{Q}{C \Delta H}$

$K = 1.076592E-05$       cm/seg

## Prueba de Permeabilidad Lefranc-Mendel

**PROYECTO:** Edificio Anexo al Edificio Sede del Poder Judicial de la Federación en Toluca.

**UBICACIÓN:** Av. Dr. Nicolás San Juan, casi esquina con calle Pies Negros Col. Ex-Rancho  
Cuahtémoc, Toluca, Edo. De México.

**FECHA:** Marzo de 2009.      **PRUEBA:** 4 (DE 15 A 20 m )  
De 15 a 20

Nivel Freático, $H_o$ :	250 cm	Diámetro del Difusor, D:	7.6 cm
Longitud ensayada, L:	500 cm	Volumen del recipiente, V:	600 cm <sup>3</sup>
		Tiempo, $T_i$ :	197 seg

Lectura del nivel del agua en la perforación,  $H_i$ :      56      cm

$$Q = V / T_i$$

$$\Delta H = H_o - H_i$$

$$C = \frac{4\pi}{L \left( \frac{2 \log \frac{2L}{D} - 1}{2H} \right)}$$

Q= 3.046	Cm <sup>3</sup> / seg		
$\Delta H = 194$	cm		
L= 500	cm		
H= 1750.00	cm		
C= 1534.17	cm		
Q= C K $\Delta H$		K= $\frac{Q}{C \Delta H}$	
K= 1.023319E-05	cm/seg		

## **ANEXO 3**

# **RESULTADOS DE LABORATORIO**

### CLASIFICACION Y CONTENIDO DE AGUA

**PROYECTO:** Edificio Anexo al Edificio Sede del Poder Judicial de la Federación en Toluca.

**UBICACION:** Av. Dr. Nicolás San Juan, casi esquina con calle Pies Negros Col. Ex-Rancho Cuauhtémoc, Toluca, Estado de México.

**SONDEOS:** SM-1

**FECHA:** Febrero de 2009.

Muestra	Profundidad	Tara	Wtara	Wh+t	Ws+t	w	CLASIFICACION
Nº	m.	Nº	gr.	gr.	gr.	%	
M-1	0.00 - 0.60	51	29.07	112.50	106.82	7.31	Arena media y gruesa, con gravas y gravillas, poco limosa, gris y gris claro.
M-2	0.60 - 1.20	13	27.88	94.81	85.34	16.48	Arena media y gruesa, con gravas y gravillas, poco limosa, gris claro.
M-3	1.20 - 1.80	50	28.12	86.49	79.89	12.75	Arena media y gruesa, con gravas y gravillas, poco limosa, gris claro.
M-4	1.80 - 2.15	52	15.52	98.07	89.05	12.27	Arena media y gruesa, con gravas y gravillas, poco limosa, gris claro.
M-5	2.40 - 2.75	55	27.74	121.90	113.51	9.78	Arena fina con gravas y gravillas, limosa, gris claro.
M-6	3.00 - 3.45	4	27.52	86.92	80.42	12.29	Arena fina con gravas y gravillas, limosa, gris claro.
M-7	3.60 - 3.90	14	15.26	56.36	51.61	13.07	Arena fina con gravas y gravillas, limosa, gris claro.
M-8	4.20 - 4.35	28	28.12	69.18	63.56	15.86	Arena fina con gravas y gravillas, limosa, gris claro.
M-9	4.80 - 5.05	48	29.77	121.21	107.91	17.02	Arena fina, con gravas y gravillas, limosa, cementada, café claro.

### CLASIFICACION Y CONTENIDO DE AGUA

**PROYECTO:** Edificio Anexo al Edificio Sede del Poder Judicial de la Federación en Toluca.

**UBICACION:** Av. Dr. Nicolás San Juan, casi esquina con calle Pies Negros Col. Ex-Rancho Cuauhtémoc, Toluca, Estado de México.

**SONDEOS:** SM-1

**FECHA:** Febrero de 2009.

Muestra	Profundidad	Tara	Wtara	Wh+t	Ws+t	w	CLASIFICACION
Nº	m.	Nº	gr.	gr.	gr.	%	
M-10	5.40 - 5.70	38	28.36	65.79	57.84	26.97	Arena fina, con gravas y gravillas, limosa, cementada, café claro.
M-11	6.00 - 6.25	36	27.80	102.43	90.81	18.44	Arena fina, con gravas y gravillas, limosa, cementada, café y gris claro.
M-12	6.60 - 6.90	20	17.17	72.09	62.64	20.78	Arena fina, con gravas y gravillas, limosa, cementada, café y gris claro.
M-13	7.20 - 7.53	11	16.25	70.77	59.86	25.02	Arena fina, con gravas y gravillas, limosa, cementada, café y gris claro.
M-14	7.80 - 8.25	24	17.51	77.23	66.34	22.30	Arena fina, con gravas y gravillas, limosa, cementada, café y gris claro.
M-15	8.40 - 9.00	19	15.99	107.68	89.80	24.22	Arena limosa, con gravas y gravillas, gris claro.
M-16	9.00 - 9.60	39	27.30	114.03	93.97	30.09	Arcilla arenosa, con gravillas, café claro.
M-17	9.60 - 10.00	70	26.25	103.53	83.14	35.84	Arcilla arenosa, café claro.
M-18	10.00 - 10.60	22	28.29	131.69	108.35	29.15	Arcilla arenosa, café claro.











## ANALISIS GRANULOMETRICO

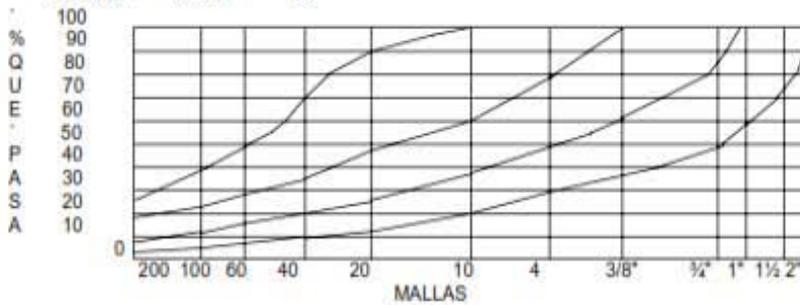
**PROYECTO:** Edificio Anexo al Edificio Sede del Poder Judicial de la Federación en Toluca.  
**SONDEO:** SM-1 **PROFUND.:** 1.20 - 1.80 m.  
**MUESTRA:** 3

**DATOS:**

**W TARA:** 29.09 Gr      **Ws+T** 151.64 Gr  
**Ws:** 122.55 Gr

MALLA N°	W RET. Gr	P.RET. %	A. PASA %
3"			
2"			
1 1/2"			
1			
3/4"			
1/2"			
3/8"			
1/4"	0.00	0.00	100.00
N°4	44.69	36.47	63.53
10.00	17.89	14.60	48.94
20.00	13.74	11.21	37.72
40.00	18.23	14.88	22.85
60.00	2.49	2.03	20.82
100.00	7.92	6.46	14.35
200.00	5.82	4.75	9.60
PASA 200	11.77	9.60	0.00
<b>SUMA</b>	<b>122.55</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>

**GRAVA** 36.5 %  
**ARENA** 53.9 %  
**FINOS** 9.6 %  
**SUMA=** 100.0 %



## ANALISIS GRANULOMETRICO

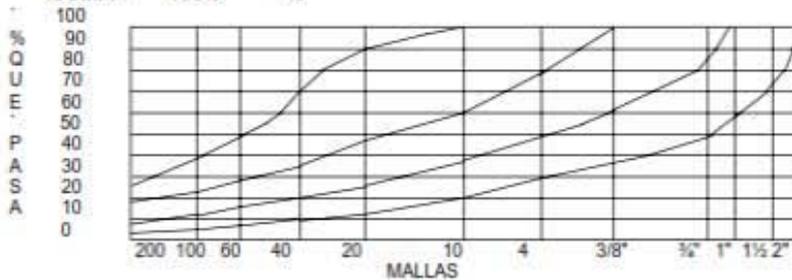
**PROYECTO:** Edificio Anexo al Edificio Sede del Poder Judicial de la Federación en Toluca.  
**SONDEO:** SM-1 **PROFUND.:** 3.00 - 3.45 m.  
**MUESTRA:** 6

DATOS:

**W TARA:** 29.17 Gr      **Ws+T** 124.63 Gr  
**Ws:** 95.46 Gr

MALLA N°	W RET. Gr	P.RET. %	A. PASA %
3"			
2"			
1 1/2"			
1			
3/4"			
1/2"			
3/8"			
1/4"	0.00	0.00	100.00
N°4"	5.91	6.19	93.81
10.00	0.45	0.47	93.34
20.00	0.35	0.37	92.97
40.00	2.38	2.49	90.48
60.00	20.27	21.23	69.24
100.00	34.68	36.33	32.91
200.00	10.89	11.41	21.51
PASA 200	20.53	21.51	0.00
SUMA	95.46	0.00	0.00

**GRAVA** 6.2 %  
**ARENA** 72.3 %  
**FINOS** 21.5 %  
**SUMA=** 100.0 %



## ANALISIS GRANULOMETRICO

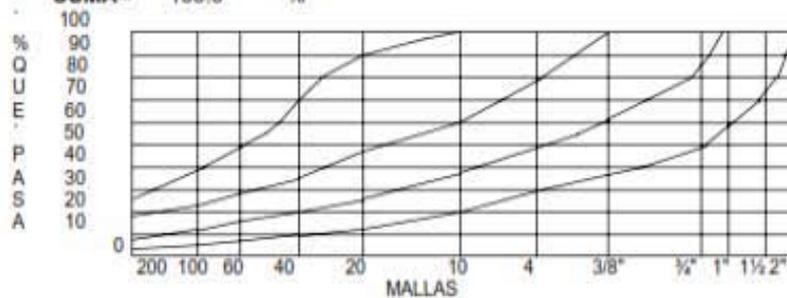
**PROYECTO:** Edificio Anexo al Edificio Sede del Poder Judicial de la Federación en Toluca.  
**SONDEO:** SM-1 **PROFUND.:** 3.60 - 3.90 m.  
**MUESTRA:** 7

**DATOS:**

**W TARA:** 113.32 Gr      **Ws+T** 229.95 Gr  
**Ws:** 116.63 Gr

MALLA N°	W RET. Gr	P.RET. %	A. PASA %
3"			
2"			
1 1/2"			
1			
3/4"			
1/2"			
3/8"			
1/4"	0.00	0.00	100.00
N°4"	43.10	36.95	63.05
10.00	22.60	19.38	43.67
20.00	14.31	12.27	31.40
40.00	13.20	11.32	20.08
60.00	6.60	5.66	14.42
100.00	7.86	6.74	7.68
200.00	3.85	3.30	4.38
PASA 200	5.11	4.38	0.00
<b>SUMA</b>	<b>116.63</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>

**GRAVA** 37.0 %  
**ARENA** 58.7 %  
**FINOS** 4.4 %  
**SUMA=** 100.0 %



## ANALISIS GRANULOMETRICO

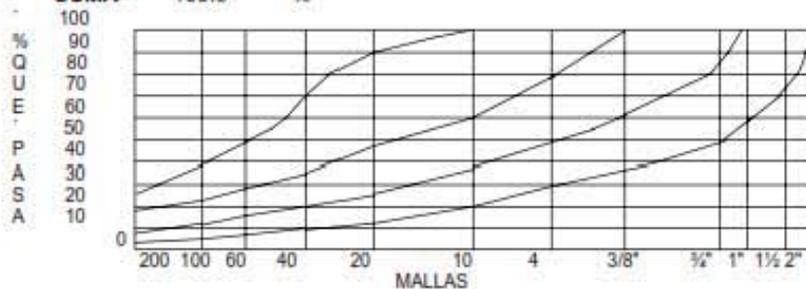
**PROYECTO:** Edificio Anexo al Edificio Sede del Poder Judicial de la Federación en Toluca.  
**SONDEO:** SM-1 **PROFUND.:** 4.80 - 5.05 m.  
**MUESTRA:** 9

**DATOS:**

**W TARA:** 113.16 Gr      **Ws+T** 192.27 Gr  
**Ws:** 79.11 Gr

MALLA N°	W RET. Gr	P.RET. %	A. PASA %
3"			
2"			
1 1/2"			
1			
3/4"			
1/2"			
3/8"			
1/4"	0.00	0.00	100.00
N°4"	9.12	11.53	88.47
10.00	9.00	11.38	77.10
20.00	6.60	8.34	68.75
40.00	7.90	9.99	58.77
60.00	5.60	7.08	51.69
100.00	9.14	11.55	40.13
200.00	5.93	7.50	32.64
PASA 200	25.82	32.64	0.00
<b>SUMA</b>	<b>79.11</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>

**GRAVA** 11.5 %  
**ARENA** 55.8 %  
**FINOS** 32.6 %  
**SUMA=** 100.0 %



## ANALISIS GRANULOMETRICO

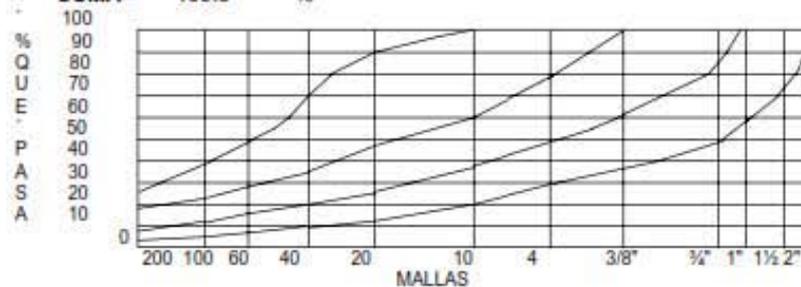
**PROYECTO:** Edificio Anexo al Edificio Sede del Poder Judicial de la Federación en Toluca.  
**SONDEO:** SM-1 **PROFUND.:** 6.00 - 6.25 m.  
**MUESTRA:** 11

**DATOS:**

**W TARA:** 112.12 Gr      **Ws+T** 189.64 Gr  
**Ws:** 77.52 Gr

MALLA N°	W RET. Gr	P.RET. %	A. PASA %
3"			
2"			
1 1/2"			
1"			
3/4"			
1/2"			
3/8"			
1/4"	0.00	0.00	100.00
N°4"	10.66	13.75	86.25
10.00	6.73	8.68	77.57
20.00	5.97	7.70	69.87
40.00	8.06	10.40	59.47
60.00	5.28	6.81	52.66
100.00	9.01	11.62	41.03
200.00	5.80	7.48	33.55
PASA 200	26.01	33.55	0.00
SUMA	77.52	0.00	0.00

**GRAVA** 13.8 %  
**ARENA** 52.7 %  
**FINOS** 33.6 %  
**SUMA=** 100.0 %



## ANALISIS GRANULOMETRICO

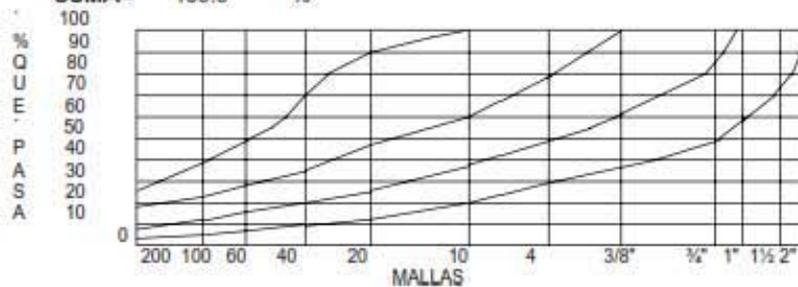
**PROYECTO:** Edificio Anexo al Edificio Sede del Poder Judicial de la Federación en Toluca.  
**SONDEO:** SM-1 **PROFUND.:** 6.60 - 6.90 m.  
**MUESTRA:** 12

**DATOS:**

**W TARA:** 28.87 Gr      **Ws+T** 69.07 Gr  
**Ws:** 40.20 Gr

MALLA N°	W RET. Gr	P.RET. %	A. PASA %
3"			
2"			
1 1/2"			
1			
3/4"			
1/2"			
3/8"			
1/4"	0.00	0.00	100.00
N°4"	12.55	31.22	68.78
10.00	3.72	9.25	59.53
20.00	2.73	6.79	52.74
40.00	3.27	8.13	44.60
60.00	2.11	5.25	39.35
100.00	3.84	9.55	29.80
200.00	2.36	5.87	23.93
PASA 200	9.62	23.93	0.00
SUMA	40.20	0.00	0.00

**GRAVA** 31.2 %  
**ARENA** 44.9 %  
**FINOS** 23.9 %  
**SUMA=** 100.0 %



## ANALISIS GRANULOMETRICO

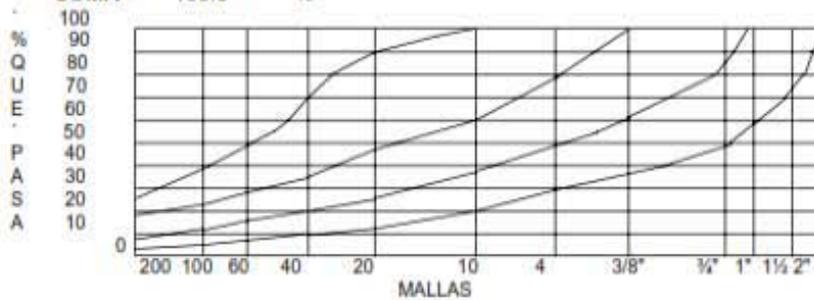
**PROYECTO:** Edificio Anexo al Edificio Sede del Poder Judicial de la Federación en Toluca  
**SONDEO:** SM-1 **PROFUND.:** 7.80 - 8.25 m.  
**MUESTRA:** 14

**DATOS:**

**W TARA:** 113.25 Gr      **Ws+T** 194.73 Gr  
**Ws:** 81.48 Gr

MALLA N°	W RET. Gr	P.RET. %	A. PASA %
3"			
2"			
1 1/2"			
1			
3/4"			
1/2"			
3/8"			
1/4"	0.00	0.00	100.00
N°4"	8.43	10.35	89.65
10.00	8.52	10.46	79.20
20.00	7.26	8.91	70.29
40.00	8.34	10.24	60.05
60.00	6.22	7.63	52.42
100.00	8.98	11.02	41.40
200.00	6.71	8.24	33.16
PASA 200	27.02	33.16	0.00
<b>SUMA</b>	<b>81.48</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>

**GRAVA** 10.3 %  
**ARENA** 56.5 %  
**FINOS** 33.2 %  
**SUMA=** 100.0 %



## ANALISIS GRANULOMETRICO

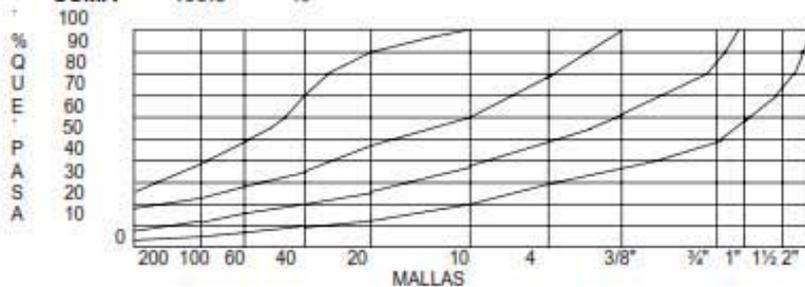
**PROYECTO:** Edificio Anexo al Edificio Sede del Poder Judicial de la Federación en Toluca.  
**SONDEO:** SM-1 **PROFUND.:** 8.40 - 9.00 m.  
**MUESTRA:** 15

**DATOS:**

**W TARA:** 15.71 Gr      **Ws+T** 105.96 Gr  
**Ws:** 90.25 Gr

MALLA N°	W RET. Gr	P.RET. %	A. PASA %
3"			
2"			
1 1/2"			
1			
3/4"			
1/2"			
3/8"			
1/4"	0.00	0.00	100.00
N°4"	8.65	9.58	90.42
10.00	10.04	11.12	79.29
20.00	7.59	8.41	70.88
40.00	9.63	10.67	60.21
60.00	6.67	7.39	52.82
100.00	10.53	11.67	41.15
200.00	7.89	8.74	32.41
PASA 200	29.25	32.41	0.00
SUMA	90.25	0.00	0.00

**GRAVA** 9.6 %  
**ARENA** 58.0 %  
**FINOS** 32.4 %  
**SUMA=** 100.0 %



## ANALISIS GRANULOMETRICO

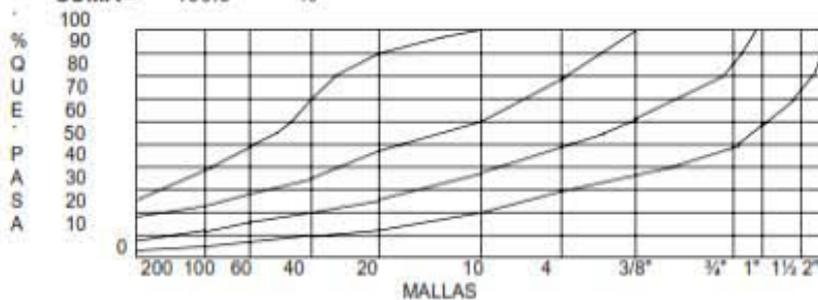
**PROYECTO:** Edificio Anexo al Edificio Sede del Poder Judicial de la Federación en Toluca.  
**SONDEO:** SM-2 **PROFUND:** 0.60 - 1.20 m.  
**MUESTRA:** 2

**DATOS:**

**W TARA:** 25.78 Gr      **Ws+T** 81.76 Gr  
**Ws:** 55.98 Gr

MALLA N°	W RET. Gr	P.RET. %	A. PASA %
3"			
2"			
1 1/2"			
1			
3/4"			
1/2"			
3/8"			
1/4"	0.00	0.00	100.00
N°4"	5.89	10.52	89.48
10.00	2.81	5.02	84.46
20.00	3.33	5.95	78.51
40.00	4.32	7.72	70.79
60.00	3.17	5.66	65.13
100.00	7.09	12.67	52.47
200.00	4.80	8.57	43.89
PASA 200	24.57	43.89	0.00
SUMA	55.98	0.00	0.00

**GRAVA** 10.5 %  
**ARENA** 45.6 %  
**FINOS** 43.9 %  
**SUMA=** 100.0 %



## ANALISIS GRANULOMETRICO

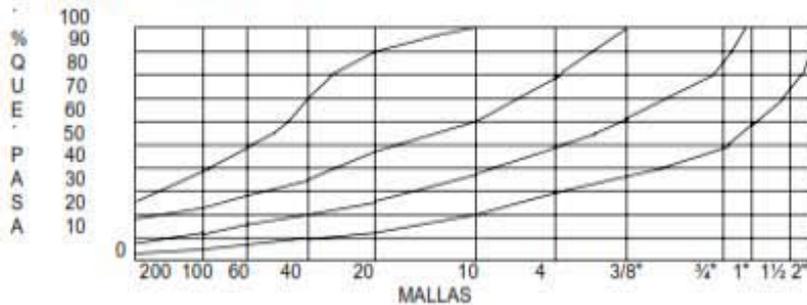
**PROYECTO:** Edificio Anexo al Edificio Sede del Poder Judicial de la Federación en Toluca.  
**SONDEO:** SM-2 **PROFUND:** 1.20 - 1.50 m.  
**MUESTRA:** 3

**DATOS:**

**W TARA:** 27.93 Gr      **Ws+T** 82.27 Gr  
**Ws:** 54.34 Gr

MALLA N°	W RET. Gr	P.RET. %	A. PASA %
3"			
2"			
1 1/2"			
1			
3/4"			
1/2"			
3/8"			
1/4"	0.00	0.00	100.00
N°4"	25.60	47.11	52.89
10.00	12.16	22.38	30.51
20.00	5.40	9.94	20.57
40.00	3.21	5.91	14.67
60.00	1.89	3.48	11.19
100.00	3.40	6.26	4.93
200.00	1.39	2.56	2.37
PASA 200	1.29	2.37	0.00
<b>SUMA</b>	<b>54.34</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>

**GRAVA** 47.1 %  
**ARENA** 50.5 %  
**FINOS** 2.4 %  
**SUMA=** 100.0 %



## LIMITE DE PLASTICIDAD Y HUMEDAD NATURAL

**PROYECTO:** Edificio Anexo al Edificio Sede del Poder Judicial de la Federación en Toluca.

**UBICACIÓN:** Av. Dr. Nicolás San Juan, Casi esquina con calle Pies Negros Col. Ex Rancho Cuauhtémoc, Toluca, Edo. de México.

**FECHA DE INFORME:** Feb-09 **MUESTRA:** M-3 **SONDEO:** SM-1 **PROFUNDIDAD:** 1,20 - 1,80

### LIMITE LIQUIDO

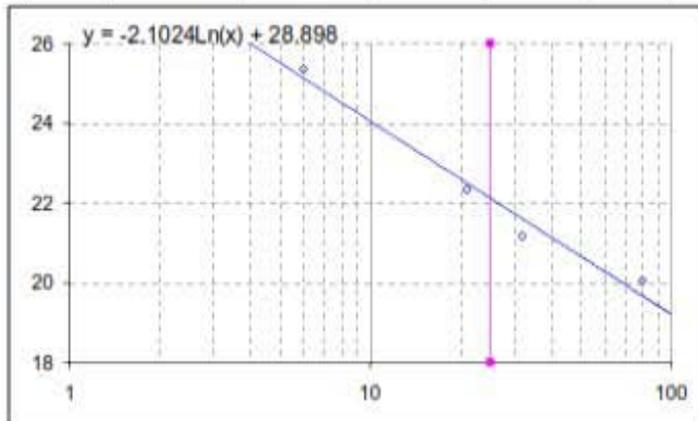
MUESTRA No.	CAPS No.	No. GOLPES	PESO CAPS + SUELO HUM. gr.	PESO CAPS + SUELO SECO gr.	PESO DEL AGUA gr.	PESO DE CAPS gr.	PESO DEL SUELO SECO gr.	CONTENIDO DE AGUA (W) %
1	58	21	19.91	18.87	1.04	14.77	4.1	25.37
2	43	21	20.34	19.37	0.97	15.03	4.34	22.35
3	57	32	19.62	18.38	1.24	12.52	5.86	21.16
4	49	80	24.08	22.38	1.70	13.90	8.48	20.05

### LIMITE PLASTICO

1	3		10.88	10.46	0.42	8.54	1.92	21.88	
2	5		10.20	9.84	0.36	8.20	1.64	21.95	
								PROMEDIO	21.91

### HUMEDAD NATURAL

1	50		86.49	79.89	6.60	28.12	51.77	12.75
---	----	--	-------	-------	------	-------	-------	-------



$W = 12.75$

$W_{Lc} = 22.13$

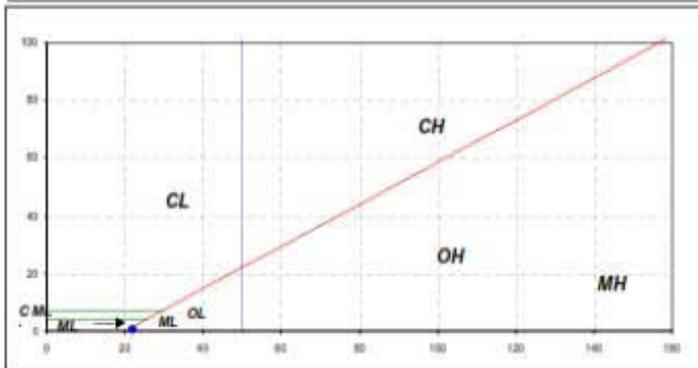
$W_p = 21.91$

$I_{pw} = 0.22$

$C_u = \frac{W_L - W_p}{I_p} = 43.13$

$I_w = 4.73$

$T_w = \frac{I_w}{I_p} = 0.05$



CLASIFICACION SUCE  
**ML**

## LIMITE DE PLASTICIDAD Y HUMEDAD NATURAL

**PROYECTO:** Edificio Anexo al Edificio Sede del Poder Judicial de la Federación en Toluca.

**UBICACIÓN:** Av. Dr. Nicolás San Juan, Casi esquina con calle Pies Negros Col. Ex Rancho Cuauhtémoc, Toluca, Edo. de México.

**FECHA DE INFORME:** Feb-09    **MUESTRA:** M-6    **SONDEO:** SM-1    **PROFUNDIDAD:** 3,00 - 3,45

### LIMITE LIQUIDO

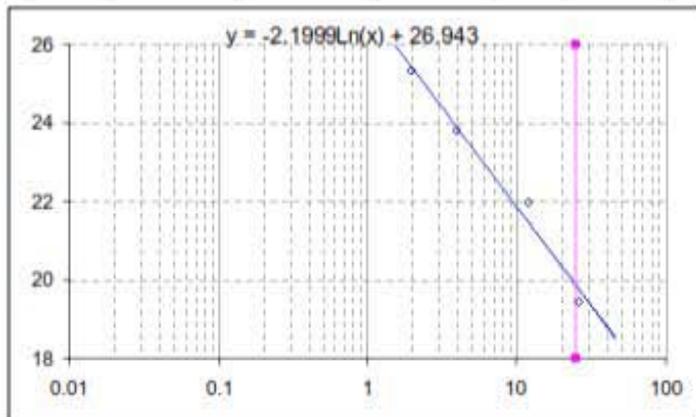
MUESTRA No.	CAPS No.	No. GOLPES	PESO CAPS +	PESO CAPS +	PESO DEL	PESO DE	PESO DEL	CONTENIDO DE AGUA (w) %
			SUELO HUM gr.	SUELO SECO gr.	AGUA gr.	CAPS gr.	SUELO SECO gr.	
1	38	2	21.49	19.92	1.57	13.72	6.2	25.32
2	50	4	24.06	22.19	1.87	14.34	7.85	23.82
3	65	12	22.11	20.68	1.43	14.17	6.51	21.97
4	64	26	21.50	20.15	1.35	13.21	6.94	19.45

### LIMITE PLASTICO

1	12		9.37	9.21	0.16	8.38	0.83	19.28
2	24		10.59	10.24	0.35	8.43	1.81	19.34
							PROMEDIO	19.31

### HUMEDAD NATURAL

1	4		86.92	80.42	6.50	27.52	52.90	12.29
---	---	--	-------	-------	------	-------	-------	-------



$W =$  12.29

$W_L =$  19.86

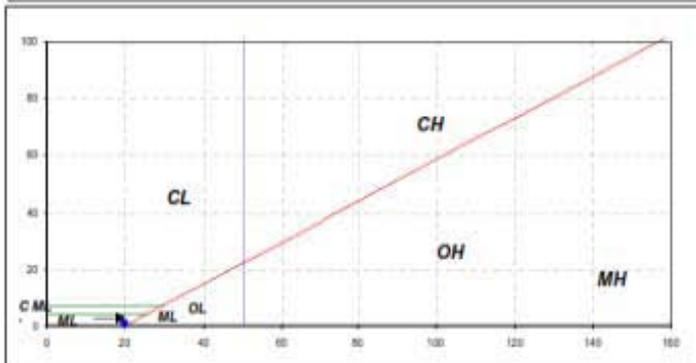
$W_P =$  19.31

$I_P =$  0.55

$$C_u = \frac{W_L - W_P}{I_P} = \underline{13.65}$$

$t_w =$  5.27

$$T_w = \frac{I_P}{t_w} = \underline{0.11}$$



CLASIFICACION SUCE  
**ML**

## LIMITE DE PLASTICIDAD Y HUMEDAD NATURAL

**PROYECTO:** Edificio Anexo al Edificio Sede del Poder Judicial de la Federación en Toluca.

**UBICACIÓN:** Av. Dr. Nicolás San Juan, Casi esquina con calle Fies Negros Col. Ex Rancho Cuauhtémoc, Toluca, Edo. de México.

**FECHA DE INFORME:** Feb-09    **MUESTRA:** M-12    **SONDEO:** SM-1    **PROFUNDIDAD:** 6.60 - 6.90

### LIMITE LIQUIDO

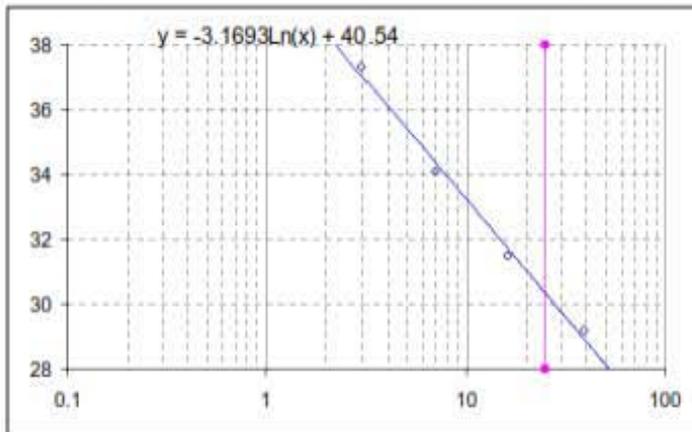
MUESTRA No.	CAPS No.	No. GOLPES	PESO CAPS.+ SUELO HUM. gr.	PESO CAPS.+ SUELO SECO gr.	PESO DEL AGUA gr.	PESO DE CAPS. gr.	PESO DEL SUELO SECO gr.	CONTENIDO DE AGUA (W) %
1	31	3	22.13	20.08	2.05	14.59	5.49	37.34
2	55	7	24.47	22.05	2.42	14.95	7.10	34.08
3	69	10	23.23	21.06	2.17	14.17	6.89	31.49
4	53	39	27.36	24.54	2.82	14.88	9.66	29.19

### LIMITE PLASTICO

1	2		10.08	9.75	0.33	8.42	1.33	24.81
2	17		10.09	9.73	0.36	8.27	1.46	24.66
							PROMEDIO	24.73

### HUMEDAD NATURAL

1	20		72.09	62.64	9.45	17.17	45.47	20.78
---	----	--	-------	-------	------	-------	-------	-------



W = 20.78

$W_{L=25}$  = 30.34

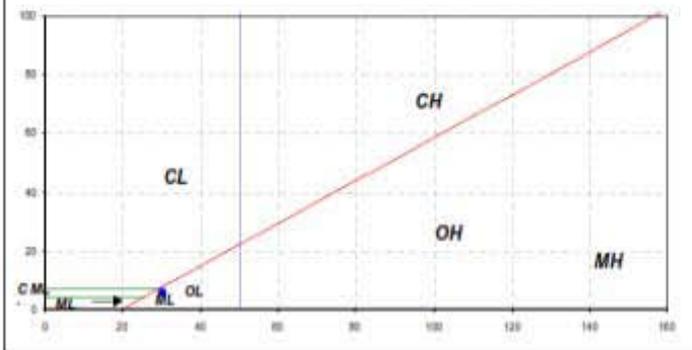
$W_{P=25}$  = 24.73

$I_p$  = 5.60

$$C_u = \frac{W_L - W}{I_p} = 1.71$$

$t_w$  = 7.31

$$T_w = \frac{I_p}{f_w} = 0.77$$



CLASIFICACION SUCE

ML

## LIMITE DE PLASTICIDAD Y HUMEDAD NATURAL

**PROYECTO:** Edificio Anexo al Edificio Sede del Poder Judicial de la Federación en Toluca.

**UBICACIÓN:** Av. Dr. Nicolás San Juan, Casi esquina con calle Pies Negros Col. Ex Rancho Cuauhtémoc, Toluca, Edo. de México.

**FECHA DE INFORME:** Feb-09    **MUESTRA:** M-15    **SONDEO:** 5M-1    **PROFUNDIDAD:** 8.40 - 9.00

### LIMITE LIQUIDO

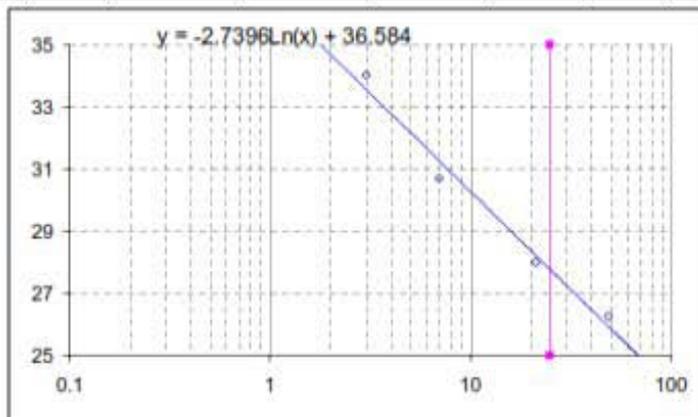
MUESTRA No.	CAPS No.	No GOLFES	PESO CAPS+	PESO CAPS+	PESO DEL	PESO DE	PESO DEL	CONTENIDO DE AGUA (W) %
			SUELO HUM gr.	SUELO SECO gr.	AGUA gr.	CAPS gr.	SUELO SECO gr.	
1	30	3	23.37	20.95	2.42	13.84	7.11	34.04
2	25	7	22.02	19.97	2.05	13.29	6.68	30.69
3	56	21	25.67	23.37	2.30	15.16	8.21	28.01
4	52	49	28.16	25.33	2.83	14.55	10.78	26.25

### LIMITE PLASTICO

1	8		10.34	10.01	0.33	8.56	1.45	22.76
2	15		10.43	10.15	0.28	8.82	1.33	21.05
							PROMEDIO	21.91

### HUMEDAD NATURAL

1	19		107.68	89.80	17.88	15.99	73.81	24.22
---	----	--	--------	-------	-------	-------	-------	-------



W = 24.22

W<sub>L</sub> = 27.77

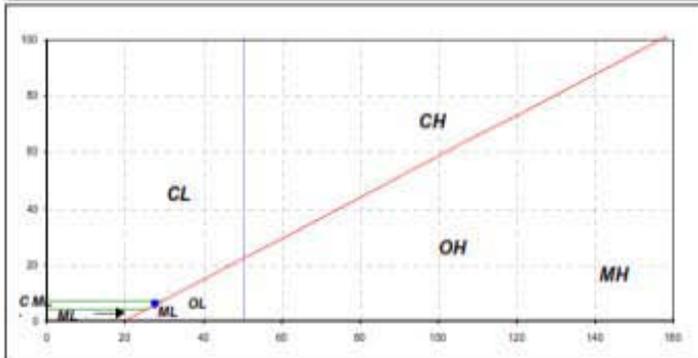
W<sub>p</sub> = 21.91

I<sub>p</sub> = 5.86

$$C_u = \frac{W_L - W_p}{I_p} = \underline{0.60}$$

f<sub>w</sub> = 6.42

$$T_v = \frac{I_p}{f_w} = \underline{0.91}$$



CLASIFICACIÓN SUCC  
**ML**

## LIMITE DE PLASTICIDAD Y HUMEDAD NATURAL

**PROYECTO:** Edificio Anexo al Edificio Sede del Poder Judicial de la Federación en Toluca.

**UBICACIÓN:** Av. Dr. Nicolás San Juan, Casi esquina con calle Pies Negros Col. Ex Rancho Cuauhtémoc, Toluca, Edo. de México.

**FECHA DE INFORME:** Feb-09 **MUESTRA:** M.17 **SONDEO:** SM-I **PROFUNDIDAD:** 9,60 - 10,00

### LIMITE LIQUIDO

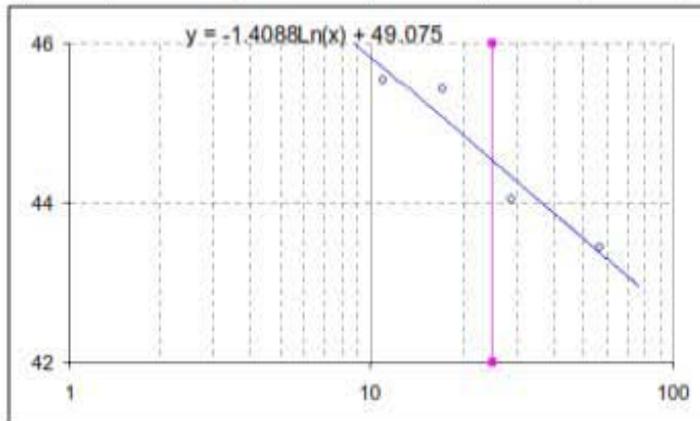
MUESTRA No.	CAPS No.	No. OOLPES	PESO CAPS+	PESO CAPS+	PESO DEL	PESO DE	PESO DEL	CONTENIDO DE AGUA (W) %
			SUELO HUM gr.	SUELO SECO gr.	AGUA gr.	CAPS gr.	SUELO SECO gr.	
1	28	11	22.30	19.59	2.71	13.64	5.95	45.55
2	33	17	24.96	21.37	3.59	13.47	7.90	45.44
3	60	29	24.25	21.25	3.00	14.44	6.81	44.05
4	68	37	26.97	23.29	3.68	14.82	8.47	43.45

### LIMITE PLASTICO

1	4		9.15	9.01	0.14	8.35	0.66	21.21	
2	9		9.55	9.39	0.16	8.58	0.81	19.75	
								PROMEDIO	20.48

### HUMEDAD NATURAL

1	70		103.53	83.14	20.39	26.25	56.89	35.84
---	----	--	--------	-------	-------	-------	-------	-------



$$W = 35.84$$

$$W_L = 44.54$$

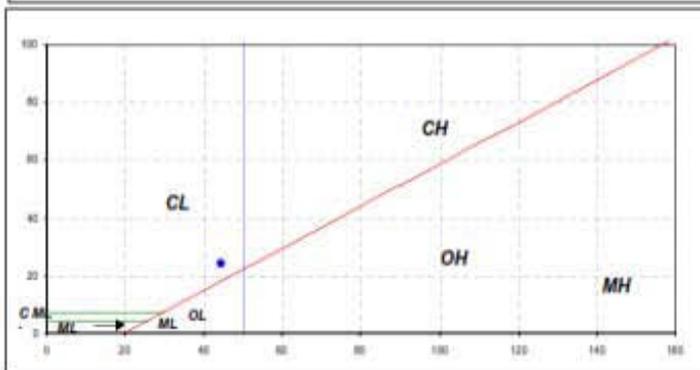
$$W_P = 20.48$$

$$I_p = 24.06$$

$$C_u = \frac{W_L - W_P}{I_p} = 0.36$$

$$I_w = 2.94$$

$$T_u = \frac{I_p}{I_w} = 8.19$$



CLASIFICACION SUCE  
**CL**

## LIMITE DE PLASTICIDAD Y HUMEDAD NATURAL

**PROYECTO:** Edificio Anexo al Edificio Sede del Poder Judicial de la Federación en Toluca.

**UBICACIÓN:** Av. Dr. Nicolás San Juan, Casa esquina con calle Pies Negros Col. Ex Rancho Cuauhtémoc, Toluca, Edo. de México.

**FECHA DE INFORME:** Feb-09    **MUESTRA:** M-20    **SONDEO:** 5M-1    **PROFUNDIDAD:** 11,20 - 11,80

### LIMITE LIQUIDO

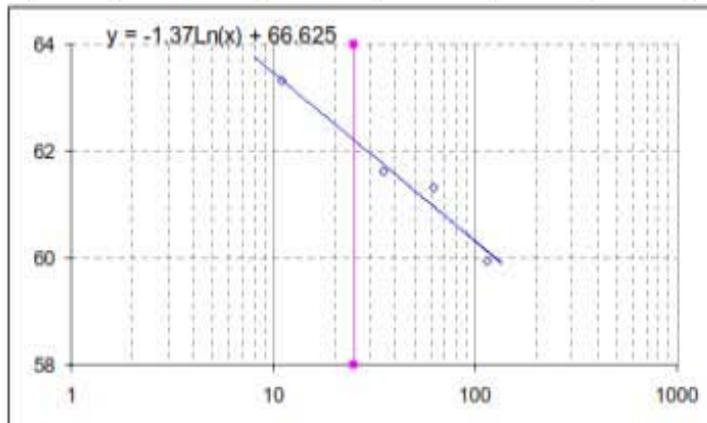
MUESTRA No.	CAPS. No.	No. GOLPES	PESO CAPS +	PESO CAPS +	PESO DEL	PESO DE	PESO DEL	CONTENIDO DE AGUA (W) %
			SUELO HUM gr.	SUELO SECO gr.	AGUA gr	CAPS gr	SUELO SECO gr	
1	54	11	23.59	19.24	4.35	12.37	6.87	63.32
2	19	30	22.66	19.08	3.58	13.27	5.81	61.62
3	29	02	26.11	21.64	4.47	14.35	7.29	61.32
4	45	115	24.48	20.62	3.86	14.18	6.44	59.94

### LIMITE PLASTICO

1	14	8.89	8.66	0.23	7.82	0.84	27.38	
2	16	9.40	9.23	0.17	8.52	0.71	23.94	
							PROMEDIO	25.66

### HUMEDAD NATURAL

1	10	93.14	74.90	18.24	26.99	47.91	38.07
---	----	-------	-------	-------	-------	-------	-------



$W = 38.07$

$W_L = 62.22$

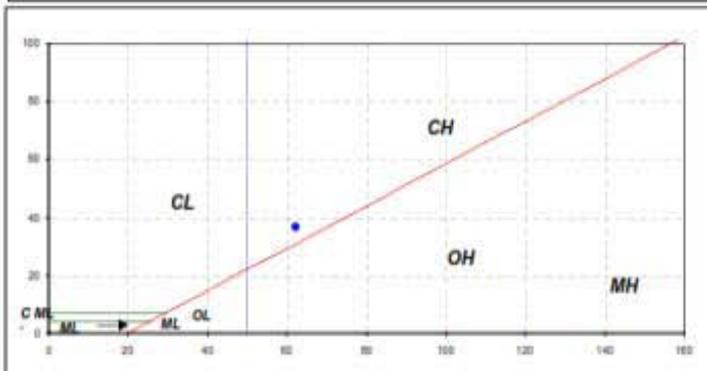
$W_p = 25.66$

$t_p = 36.55$

$C_u = \frac{W_L - W_p}{I_p} = 0.66$

$t_w = 3.32$

$T_u = \frac{I_p}{I_w} = 11.02$



CLASIFICACION SUCE  
**CH**

## LIMITES DE PLASTICIDAD Y HUMEDAD NATURAL

**PROYECTO:** Edificio Anexo al Edificio Sede del Poder Judicial de la Federación en Toluca.

**UBICACIÓN:** Av. Dr. Nicolás San Juan, Casi esquina con calle Pies Negros Col. D. Rancho Cuauhtémoc, Toluca, Edo. de México.

**FECHA DE INFORME:** Feb-09    **MUESTRA:** M-24    **SONDEO:** SM-I    **PROFUNDIDAD:** 13,60 - 14,20

### LIMITE LIQUIDO

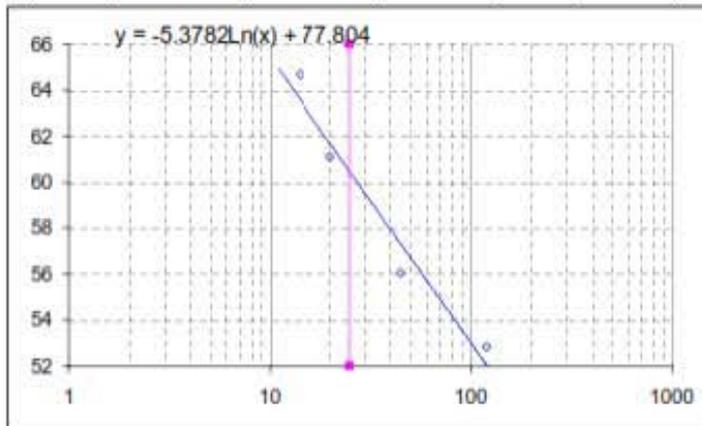
MUESTRA No.	CAPE No.	No. GOLPES	PESO CAPS+	PESO CAPS+	PESO DEL	PESO DE	PESO DEL	CONTENIDO DE AGUA (W) %
			SUELO HUM gr	SUELO SECO gr	AGUA gr	CAPS gr	SUELO SECO gr	
1	70	14	26.25	21.43	4.82	13.98	7.45	64.70
2	67	20	21.05	17.80	3.25	12.48	5.32	61.09
3	36	45	23.77	20.48	3.29	14.61	5.87	56.05
4	59	120	24.75	21.23	3.52	14.57	6.66	52.85

### LIMITE PLASTICO

1	13	9.52	9.35	0.17	8.46	0.89	19.10	
2	23	9.76	9.53	0.23	8.62	0.91	25.27	
							PROMEDIO	22.19

### HUMEDAD NATURAL

1	46	83.43	70.19	13.24	26.71	43.48	30.45
---	----	-------	-------	-------	-------	-------	-------



W = 30.45

W<sub>L</sub> = 60.49

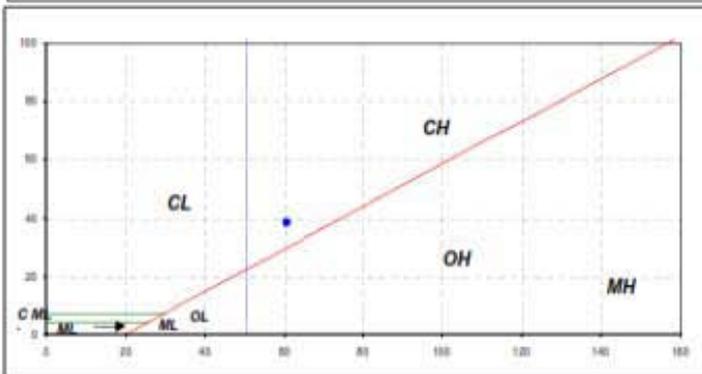
W<sub>p</sub> = 22.19

I<sub>p</sub> = 38.30

$$C_u = \frac{W_L - W}{I_p} = 0.78$$

I<sub>p</sub> = 12.70

$$I_x = \frac{I_p}{f_x} = 3.02$$



CLASIFICACION SUCE  
**CH**

## LIMITE DE PLASTICIDAD Y HUMEDAD NATURAL

**PROYECTO:** Edificio Anexo al Edificio Sede del Poder Judicial de la Federación en Toluca.

**UBICACIÓN:** Av. Dr. Nicolás San Juan, Casi esquina con calle Pies Negros Col. Es Rancho

Cuauhtémoc, Toluca, Edo. de México.

**FECHA DE INFORME:** Feb-09 **MUESTRA:** M.28 **SONDEO:** SM.1 **PROFUNDIDAD:** 16.00 - 16.60

### LIMITE LIQUIDO

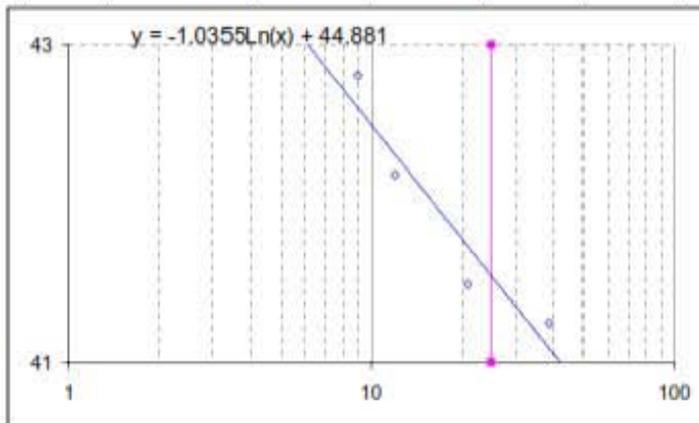
MUESTRA No.	CAPS. No.	No. GOLPES	PESO CAPS.+ SUELO HUM. gr.	PESO CAPS.+ SUELO SECO gr.	PESO DEL AGUA gr.	PESO DE CAPS. gr.	PESO DEL SUELO SECO gr.	CONTENIDO DE AGUA (W) %
1	27	9	25.51	21.94	3.57	13.60	8.34	42.81
2	51	12	23.49	20.63	2.86	13.85	6.78	42.18
3	62	21	24.83	21.88	2.95	14.77	7.11	41.49
4	42	39	27.26	23.56	3.70	14.59	8.97	41.25

### LIMITE PLASTICO

1	7		10.42	10.17	0.25	8.84	1.33	18.80	
2	19		9.79	9.53	0.26	8.40	1.13	23.01	
								promedio	20.90

### HUMEDAD NATURAL

1	64		89.80	77.04	12.76	29.74	47.30	26.98
---	----	--	-------	-------	-------	-------	-------	-------



$$W = 26.98$$

$$W_L = 41.55$$

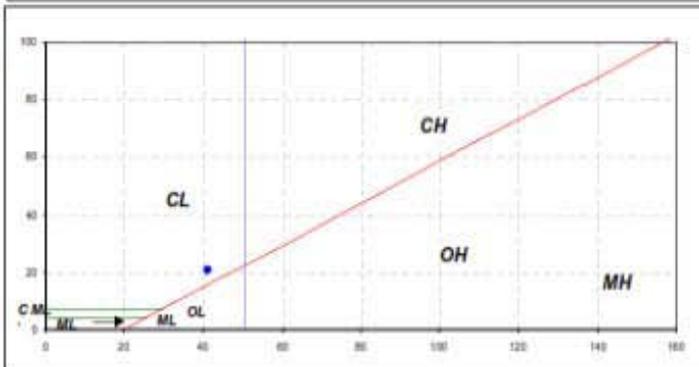
$$W_p = 20.90$$

$$I_p = 20.64$$

$$C_u = \frac{W_L - W_p}{I_p} = 0.71$$

$$I_w = 2.45$$

$$T_u = \frac{I_p}{f_w} = 8.44$$



CLASIFICACION SUCS  
**CL**

## LIMITE DE PLASTICIDAD Y HUMEDAD NATURAL

**PROYECTO:** Edificio Anexo al Edificio Sede del Poder Judicial de la Federación en Toluca.

**UBICACIÓN:** Av. Dr. Nicolás San Juan, Casi esquina con calle Pies Negros Col. Ex Rancho Cuauhtémoc, Toluca, Edo. de México.

**FECHA DE INFORME:** Feb-09 **MUESTRA:** M.32 **SONDEO:** SM-I **PROFUNDIDAD:** 15.40 - 15.60

### LIMITE LIQUIDO

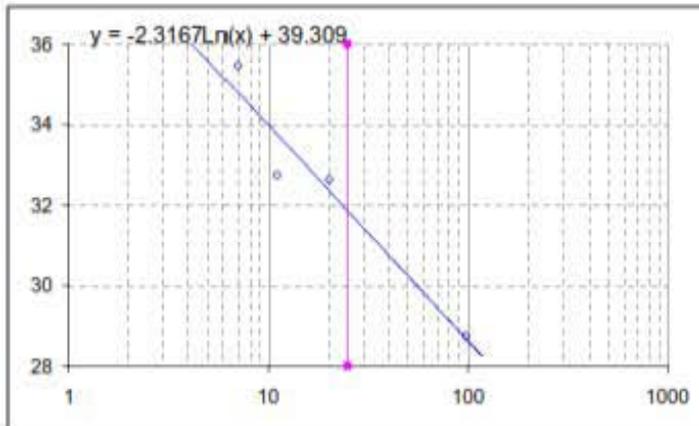
MUESTRA	CAPS	No.	PESO CAPS +	PESO CAPS +	PESO DEL	PESO DE	PESO DEL	CONTENIDO DE
Nº	Nº	OCUPES	SUELO HUM gr.	SUELO SECO gr.	AGUA gr.	CAPS gr.	SUELO SECO gr.	AGUA (W) %
1	39	7	24.22	21.62	2.60	14.29	7.33	35.47
2	66	11	23.75	21.49	2.26	14.59	6.90	32.75
3	37	20	28.13	24.72	3.41	14.27	10.45	32.63
4	35	96	23.66	21.40	2.26	13.54	7.86	28.75

### LIMITE PLASTICO

1	6		9.01	8.82	0.19	7.98	0.84	22.62
2	26		9.99	9.71	0.28	8.43	1.28	21.87
							PROMEDIO	22.25

### HUMEDAD NATURAL

1	25		82.62	71.55	11.07	15.35	56.20	19.70
---	----	--	-------	-------	-------	-------	-------	-------



$W =$  19.70

$W_L =$  31.85

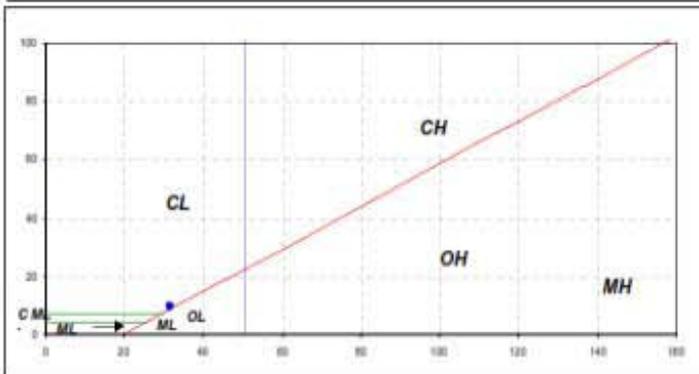
$W_p =$  22.25

$I_p =$  9.60

$$C_u = \frac{W_L - W_p}{I_p} = \underline{1.27}$$

$$I_w = \underline{5.86}$$

$$T_u = \frac{I_c}{f_w} = \underline{1.64}$$



CLASIFICACION SUCE  
**CL**

## LIMITE DE PLASTICIDAD Y HUMEDAD NATURAL

**PROYECTO:** Edificio Anexo al Edificio Sede del Poder Judicial de la Federación en Toluca.  
**UBICACIÓN:** Av. Dr. Nicolás San Juan, Casa esquina con calle Pies Negros Col. La Rancho  
 Cuauhtémoc, Toluca, Edo. de México.  
**FECHA DE INFORME:** Feb-09    **MUESTRA:** M-2    **SONDEO:** SM-2    **PROFUNDIDAD:** 0.60 - 1.20

### LIMITE LIQUIDO

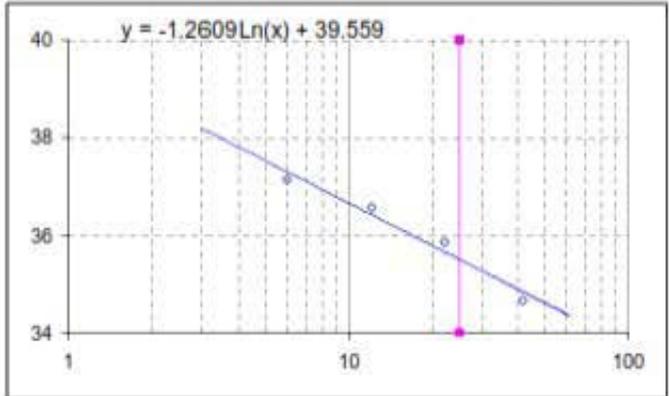
MUESTRA No.	CAPS No.	No. GOLPES	PESO CAPS. *	PESO CAPS. *	PESO DEL	PESO DE	PESO DEL	CONTENIDO DE	
			SUELO HUM. gr	SUELO SECO gr	AGUA gr	CAPS. gr	SUELO SECO gr	AGUA (W) %	%
1	34	8	26.63	23.41	3.22	14.74	8.67	37.14	
2	44	12	24.26	21.66	2.60	14.55	7.11	36.57	
3	32	22	24.61	21.78	2.83	13.89	7.89	35.87	
4	40	42	24.04	21.51	2.53	14.21	7.30	34.66	

### LIMITE PLASTICO

1	10		10.12	9.85	0.27	8.57	1.28	21.09	
2	20		10.10	9.86	0.24	8.67	1.19	20.17	
							<b>PROMEDIO</b>	20.63	

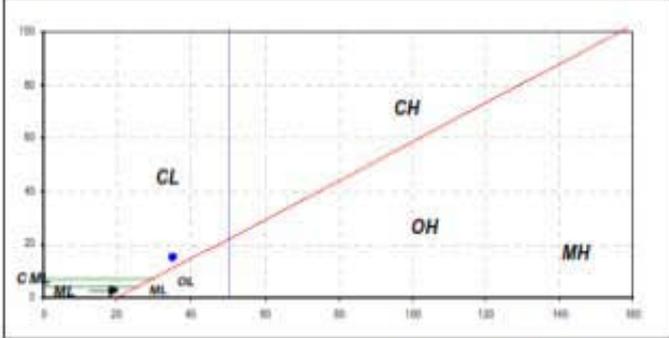
### HUMEDAD NATURAL

1	15		105.88	92.05	13.83	28.55	63.50	21.78	
---	----	--	--------	-------	-------	-------	-------	-------	--



W = 21.78  
 W<sub>L</sub> = 35.50  
 W<sub>P</sub> = 20.63  
 I<sub>p</sub> = 14.87

$C_u = \frac{W_L - W_P}{I_p} = \underline{0.92}$   
 $f_{ur} = \underline{2.94}$   
 $T_{ur} = \frac{I_{pL}}{f_{ur}} = \underline{5.06}$



CLASIFICACION SUCE  
**CL**

## LIMITE DE PLASTICIDAD Y HUMEDAD NATURAL

**PROYECTO:** Edificio Anexo al Edificio Sede del Poder Judicial de la Federación en Toluca.

**UBICACIÓN:** Av. Dr. Nicolás San Juan, Cas. esquina con calle Pies Negros Col. Ex Rancho Cuauhtémoc, Toluca, Edo. de México.

**FECHA DE INFORME:** Feb-09 **MUESTRA:** M-6 **SONDEO:** SM-2 **PROFUNDIDAD:** 3.00 - 3.60

### LIMITE LIQUIDO

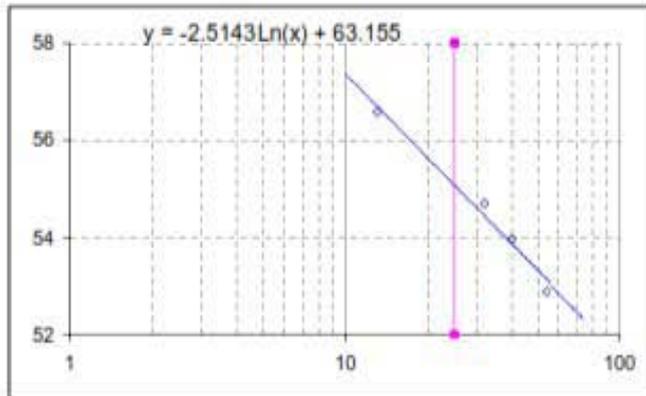
MUESTRA No.	CAPS No.	No. GOLPES	PESO CAPS +	PESO CAPS +	PESO DEL	PESO DE	PESO DEL	CONTENIDO DE AGUA (W) %
			SUELO HUM gr	SUELO SECO gr	AGUA gr	CAPS gr	SUELO SECO gr	
1	18	13	17.81	14.46	3.35	8.54	5.92	56.59
2	48	32	23.36	19.99	3.37	13.83	6.16	54.71
3	46	40	25.75	21.88	3.87	14.71	7.17	53.97
4	41	54	24.81	21.14	3.67	14.20	6.94	52.88

### LIMITE PLASTICO

1	11	9.55	9.35	0.20	8.45	0.90	22.22	
2	21	9.47	9.29	0.18	8.45	0.84	21.43	
							PROMEDIO	21.83

### HUMEDAD NATURAL

1	71	97.30	80.01	17.29	24.87	55.14	31.36
---	----	-------	-------	-------	-------	-------	-------



W = 31.36

$W_{L_1}$  = 55.06

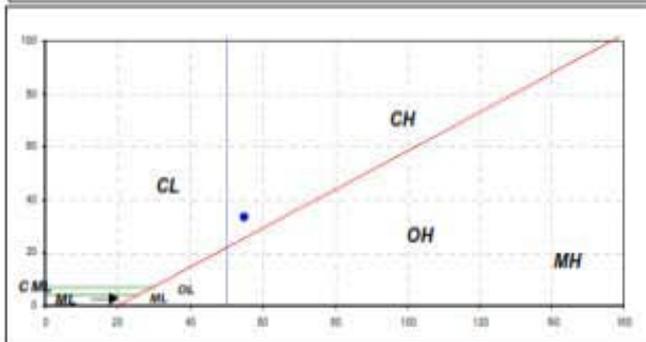
$W_{P_1}$  = 21.83

$I_{P_1}$  = 33.24

$$C_u = \frac{W_L - W_P}{I_P} = 0.71$$

$f_w$  = 5.99

$$T_{gr} = \frac{f_w}{f_u} = 5.55$$



CLASIFICACION SUCE  
**CH**

## LIMITE DE PLASTICIDAD Y HUMEDAD NATURAL

**PROYECTO:** Edificio Anexo al Edificio Sede del Poder Judicial de la Federación en Toluca.

**UBICACIÓN:** Av. Dr. Nicolás San Juan, Casi esquina con calle Pies Negros Col. Ex Rancho Cuauhtémoc, Toluca, Edo. de México.

**FECHA DE INFORME:** Feb-09    **MUESTRA:** M-10    **SONDEO:** SM-2    **PROFUNDIDAD:** 5.40 - 6.00

### LIMITE LIQUIDO

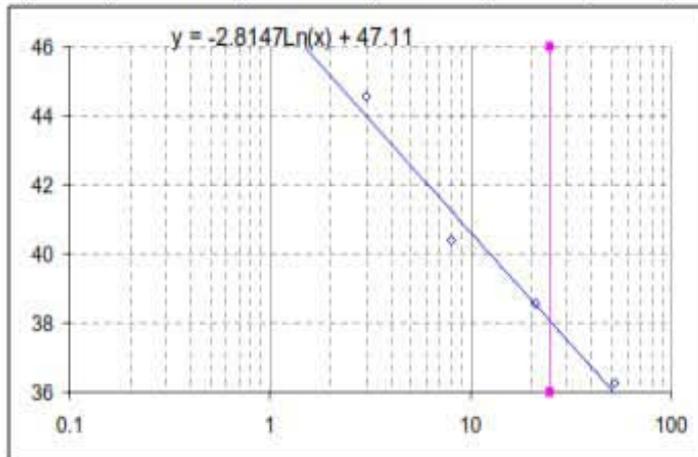
MUESTRA No.	CAPS No.	No GOLFES	PESO CAPS+ SUELO HUM gr.	PESO CAPS+ SUELO SECO gr.	PESO DEL AGUA gr.	PESO DE CAPS gr.	PESO DEL SUELO SECO gr.	CONTENIDO DE AGUA (W) %
1	69	3	24.55	21.35	3.20	14.17	7.18	44.57
2	31	6	26.30	22.93	3.37	14.59	8.34	40.41
3	55	21	28.64	24.83	3.81	14.95	9.88	38.56
4	53	52	31.30	26.93	4.37	14.88	12.05	36.27

### LIMITE PLASTICO

1	22	9.49	9.31	0.18	8.49	0.82	21.95	
2	41	9.74	9.54	0.20	8.60	0.94	21.28	
							PROMEDIO	21.61

### HUMEDAD NATURAL

1	18	105.82	90.76	15.06	16.87	73.89	20.38
---	----	--------	-------	-------	-------	-------	-------



$$W = 20.38$$

$$W_{Lc} = 38.05$$

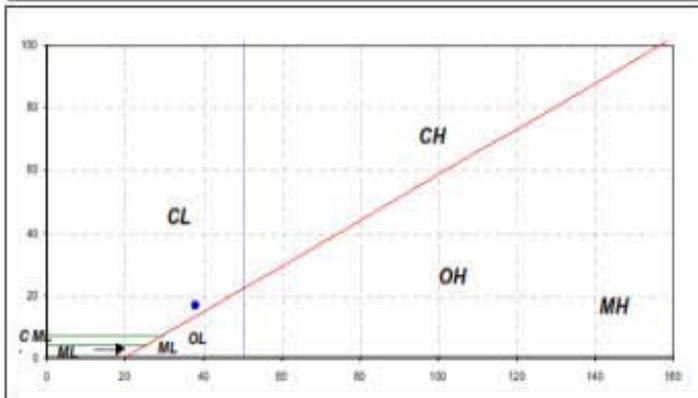
$$W_{pu} = 21.61$$

$$I_{pu} = 16.44$$

$$C_u = \frac{W_L - W}{I_p} = 1.07$$

$$t_w = 6.70$$

$$T_w = \frac{I_p}{f_w} = 2.45$$



CLASIFICACION SUCE  
**CL**

## LIMITE DE PLASTICIDAD Y HUMEDAD NATURAL

**PROYECTO:** Edificio Anexo al Edificio Sede del Poder Judicial de la Federación en Toluca.  
**UBICACIÓN:** Av. Dr. Nicolás San Juan, Casa esquina con calle Pies Negros Col. De Rancho Cuauhtémoc, Toluca, Edo. de México.  
**FECHA DE INFORME:** Febr-09    **MUESTRA:** M. 14    **SONDEO:** SM.2    **PROFUNDIDAD:** 7.80 - 8.40

### LIMITE LIQUIDO

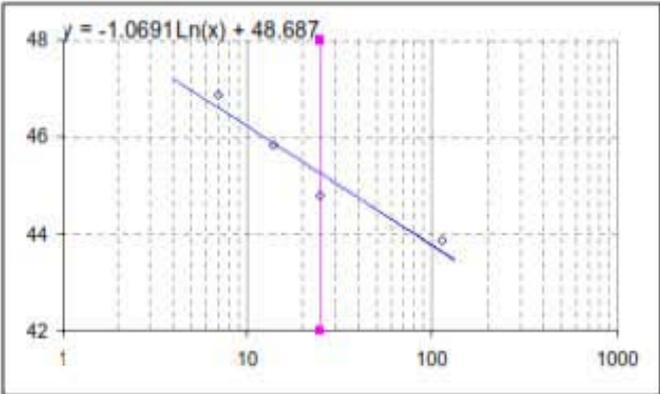
MUESTRA No.	CAPS No.	No. GOLPES	RESO CAPS +	RESO CAPS +	RESO DEL	RESO DE	RESO DEL	CONTENIDO DE AGUA (W) %
			SUELO HUM. gr.	SUELO SECO gr.	AGUA gr.	CAPS gr.	SUELO SECO gr.	
1	5C	7	24.56	21.56	3.00	15.16	6.4	46.88
2	2C	14	22.23	19.42	2.81	13.29	6.13	45.84
3	3C	25	23.70	20.65	3.05	13.84	6.81	44.79
4	5C	113	24.49	21.46	3.03	14.55	6.91	43.85

### LIMITE PLASTICO

1	8		9.61	9.46	0.15	8.56	0.90	16.67	
2	1C		9.94	9.78	0.16	8.82	0.96	16.67	
								PROMEDIO	16.67

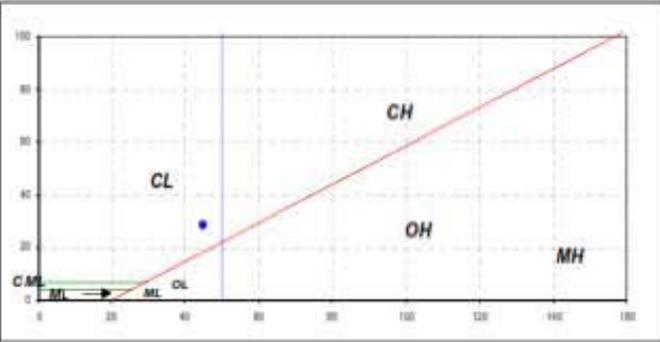
### HUMEDAD NATURAL

1	2C		104.94	91.70	13.24	27.67	64.03	20.68
---	----	--	--------	-------	-------	-------	-------	-------



$W_n = 20.68$   
 $W_L = 45.25$   
 $W_p = 16.67$   
 $I_p = 28.58$

$C_u = \frac{W_L - W_p}{I_p} = 0.86$   
 $f_w = 2.50$   
 $T_v = \frac{I_p}{f_w} = 11.41$



CLASIFICACION SUCS  
**CL**

## LIMITE DE PLASTICIDAD Y HUMEDAD NATURAL

**PROYECTO:** Edificio Anexo al Edificio Sede del Poder Judicial de la Federación en Toluca.  
**UBICACIÓN:** Av. Dr. Nicolás San Juan, Casi esquina con calle Pies Negros Col. Ex Rancho Cuauhtémoc, Toluca, Edo. de México.  
**FECHA DE INFORME:** Feb-09    **MUESTRA:** M-17    **SONDEO:** SM-2    **PROFUNDIDAD:** 9.60 - 10.20

### LIMITE LIQUIDO

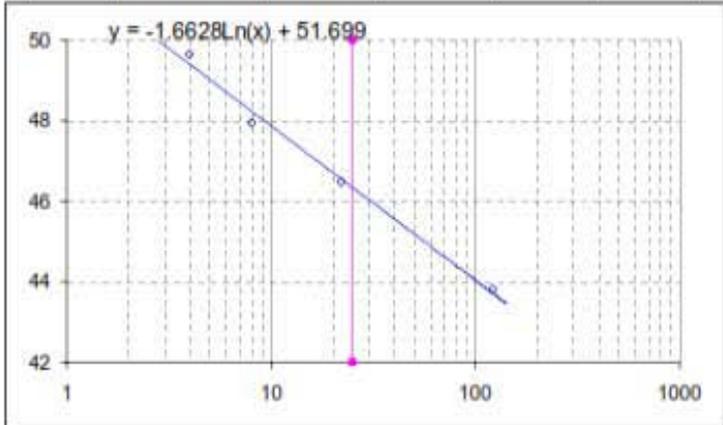
MUESTRA	CAPS.	No.	PESO CAPS.+	PESO CAPS.+	PESO DEL	PESO DE	PESO DEL	CONTENIDO DE
No	No	GOLPES	SUELO HUM. gr.	SUELO SECO gr.	AGUA gr.	CAPS. gr.	SUELO SECO gr.	AGUA (W) %
1	43	4	28.44	23.99	4.45	15.03	8.96	49.67
2	58	8	25.63	22.11	3.52	14.77	7.34	47.96
3	57	22	24.97	21.02	3.95	12.52	8.50	46.47
4	49	122	22.50	19.88	2.62	13.90	5.98	43.81

### LIMITE PLASTICO

1	3	10.25	9.96	0.29	8.54	1.42	20.42	
2	5	10.46	10.08	0.38	8.20	1.88	20.21	
							PROMEDIO	20.32

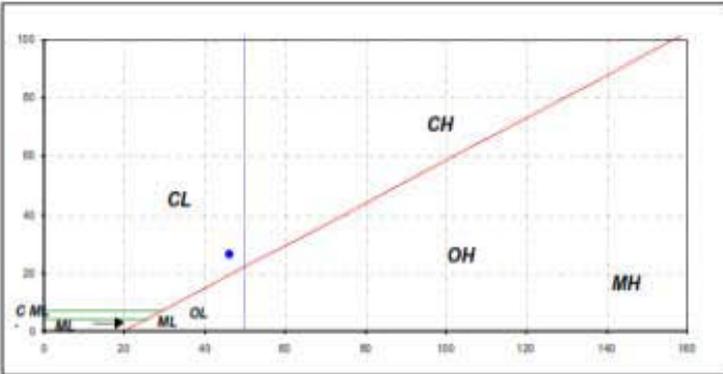
### HUMEDAD NATURAL

1	45	88.73	73.13	15.60	15.88	57.25	27.25
---	----	-------	-------	-------	-------	-------	-------



W = 27.25  
 W<sub>L</sub> = 46.35  
 W<sub>p</sub> = 20.32  
 I<sub>p</sub> = 26.03

$C_u = \frac{W_L - W_p}{I_p} = 0.73$   
 $f_w = 3.94$   
 $T_w = \frac{I_p}{f_w} = 6.60$



CLASIFICACION SUCS  
**CL**



## PRUEBA TRIAXIAL UU

DESCRIPCIÓN DEL MATERIAL: ARCILLA ARENOSA CAFÉ CLARO

PROYECTO: EDIFICIO ANEXO AL EDIFICIO SEDE DEL PODER JUDICIAL DE  
LA FEDERACIÓN EN TOLUCA

SONDEO:	SM-1	FECHA:	MARZO DE 2009
MUESTRA:	17	CONSTANTE:	
PROFUND.:	9.60 - 10.00	PRESION:	0.50 kg/cm <sup>2</sup>
OPERADOR:	MHI	VELOCIDAD:	

ds=	4.54	cm	Wo=	264.17	gr
dm=	4.44	cm	Wt=	111.46	gr
di=	4.38	cm	Wt+sh=	374.42	gr
d prom.=	4.45	cm	Wt+ss=	310.45	gr
h1=	9.74	cm	Ss=	2.46	
h2=	9.73	cm	W(%)=	32.15	
h prom.=	9.74	cm	pvhi=	1.747	ton/m <sup>3</sup>
Ac=	15.530	cm <sup>2</sup>	pvhf=	1.739	ton/m <sup>3</sup>
Vo=	151.180	cm <sup>3</sup>	pvs=	1.322	ton/m <sup>3</sup>
ei=	0.860		Gi=	91.91	(%)
ef=	0.869		Wi=	32.76	(%)
si=	92.73	(%)	Wf=	32.15	(%)
s2=	91.01	(%)			
Carga kg	Micróm. mm	Def. unitaria	1-Def. unitaria	Ac cm <sup>2</sup>	Esfuerzo Kg/cm <sup>2</sup>
0.000	16.200	0.0000	1.0000	15.530	0.0000
17.422	15.010	0.0122	0.9878	15.722	1.1082
26.072	14.500	0.0175	0.9825	15.806	1.6496
34.732	13.950	0.0231	0.9769	15.897	2.1848
43.302	13.000	0.0329	0.9671	16.057	2.6967
45.465	12.100	0.0421	0.9579	16.212	2.8044

2.8044

## PRUEBA TRIAXIAL UU

PROYECTO: EDIFICIO ANEXO AL EDIFICIO SEDE DEL PODER JUDICIAL DE  
LA FEDERACION EN TOLUCA

SONDEO: SM-1

MUESTRA: 17

PROFUND: 9.60 - 10.00

PRESION:		1.00 kg/cm <sup>2</sup>				
ds=	4.15 cm			W <sub>o</sub> =	247.01 gr	
d <sub>m</sub> =	4.14 cm			W <sub>1</sub> =	111.96 gr	
d <sub>i</sub> =	4.39 cm			W <sub>1</sub> +S <sub>h</sub> =	343.53 gr	
d prom.=	4.18 cm			W <sub>1</sub> +S <sub>s</sub> =	300.05 gr	
h <sub>1</sub> =	9.82 cm			S <sub>g</sub> =	2.46	
h <sub>2</sub> =	9.78 cm			W <sub>1</sub> (%)=	23.12	
h prom.=	9.80 cm			p <sub>wh</sub> =	1.834 ton/m <sup>3</sup>	
A <sub>o</sub> =	13.745 cm <sup>2</sup>			p <sub>wf</sub> =	1.719 ton/m <sup>3</sup>	
V <sub>o</sub> =	134.698 cm <sup>3</sup>			p <sub>vs</sub> =	1.489 ton/m <sup>3</sup>	
e <sub>l</sub> =	0.652			G <sub>i</sub> =	87.28 (%)	
e <sub>f</sub> =	0.762			W <sub>f</sub> =	31.33 (%)	
e <sub>r</sub> =	101.170 (%)			W <sub>f</sub> =	23.12 (%)	
e <sub>r</sub> =	74.626 (%)					
Carga	Micro	Def.	1-Def.	Ac	Esfuerzo	
kg	mm	unitaria	unitaria	cm <sup>2</sup>	Kg/cm <sup>2</sup>	
0.000	19.360	0.0000	1.0000	13.745	0.0000	
4.325	18.750	0.0062	0.9938	13.831	0.3127	
8.675	18.590	0.0079	0.9921	13.854	0.6262	
12.960	18.410	0.0097	0.9903	13.879	0.9338	
17.305	18.240	0.0114	0.9886	13.904	1.2446	
19.905	18.110	0.0128	0.9872	13.922	1.4297	
22.505	18.000	0.0139	0.9861	13.938	1.6146	
25.105	17.870	0.0152	0.9848	13.957	1.7988	
33.835	17.440	0.0196	0.9804	14.019	2.4134	
42.485	16.940	0.0247	0.9753	14.093	3.0147	
44.651	16.810	0.0260	0.9740	14.112	3.1641	
46.793	16.640	0.0278	0.9722	14.137	3.3100	
48.958	16.470	0.0295	0.9705	14.162	3.4569	
50.558	16.300	0.0312	0.9688	14.188	3.5635	
52.158	16.090	0.0334	0.9666	14.219	3.6682	
53.758	15.950	0.0348	0.9652	14.240	3.7751	
55.758	15.790	0.0364	0.9636	14.264	3.9089	
57.258	15.580	0.0386	0.9614	14.296	4.0051	
58.758	15.410	0.0403	0.9597	14.322	4.1027	
60.258	15.110	0.0434	0.9566	14.368	4.1940	
61.758	14.840	0.0461	0.9539	14.409	4.2860	
63.258	14.450	0.0501	0.9499	14.470	4.3718	
64.758	13.000	0.0587	0.9413	14.601	4.4351	

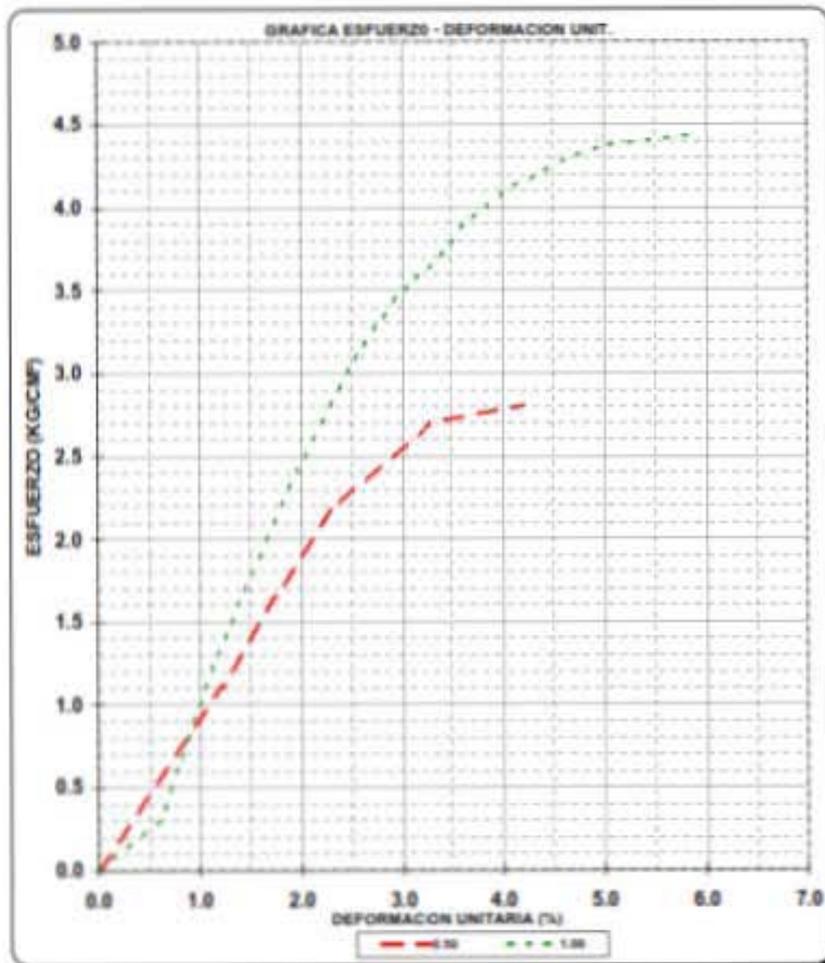
4.4351

**PRUEBA TRIAXIAL UU**

OBRA: EDIFICIO ANEXO AL EDIFICIO SEDE DEL PODER JUDICIAL DE LA FEDERACION EN TOLUCA

SONDEO: SM-1 MUESTRA: 17

PROF: 9.60 - 10.00



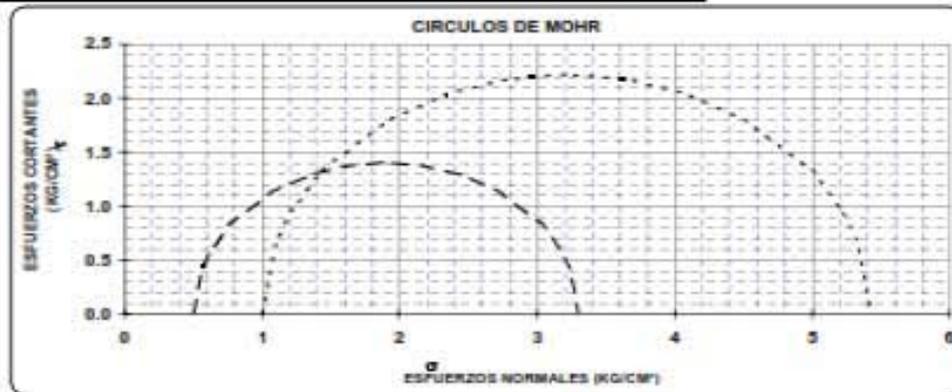
### PRUEBA TRIAXIAL UU

OBRA: EDIFICIO ANEXO AL EDIFICIO SEDE DEL PODER JUDICIAL DE LA FEDERACIÓN EN TOLUCA

SONDEO: SM-1

MUESTRA: 17 PROF: 9.60 - 10.00

ENSAYO Num.	PRESION CONF. (kg/cm <sup>2</sup> )	ESF. A LA FALLA (kg/cm <sup>2</sup> )	PESO VOLUM. NATURAL (ton/m <sup>3</sup> )	Gwt (%)	ef	VALORES PROMEDIO	
						Ss*	wt*
1	0.50	2.5044	1.747	91.9	0.660	Gw*	69.60 %
2	1.00	4.4351	1.634	67.3	0.652	Gwt*	62.83 %
3						PVN*	1.791 ton/m <sup>3</sup>
DATOS FINALES						PVF*	1.729 ton/m <sup>3</sup>
						ef*	0.76
1	0.50	0.669	91.009	32.13	1.739	ef*	0.62
2	1.00	0.762	74.658	25.12	1.719		
3							



C=	_____	kg/cm <sup>2</sup>
φ=	_____	grados
E=	_____	kg/cm <sup>2</sup>
β=	_____	



## PRUEBA TRIAXIAL UU

PROYECTO: EDIFICIO ANEXO AL EDIFICIO SEDE DEL PODER JUDICIAL DE  
LA FEDERACIÓN EN TOLUCA

SONDIO: SM-2

MUESTRA: 8

PROFUND: 3.00 - 3.00

PRESION:		0.50 kg/cm <sup>2</sup>				
d <sub>ps</sub>	3.89 cm			W <sub>ps</sub>	159.76 gr	
d <sub>ps</sub>	3.87 cm			W <sub>ts</sub>	160.30 gr	
d <sub>ps</sub>	3.90 cm			W <sub>ts+dr</sub>	271.02 gr	
d <sub>prom. s</sub>	3.95 cm			W <sub>ts+ss</sub>	235.00 gr	
h <sub>ts</sub>	6.65 cm			S <sub>ps</sub>	2.51	
h <sub>ps</sub>	6.69 cm			W <sub>%s</sub>	27.26	
h <sub>prom. s</sub>	6.85 cm			pv <sub>ts</sub>	1.908 ton/m <sup>3</sup>	
A <sub>ps</sub>	12.223 cm <sup>2</sup>			pv <sub>ts</sub>	1.866 ton/m <sup>3</sup>	
V <sub>ps</sub>	83.729 cm <sup>3</sup>			pv <sub>ts</sub>	1.499 ton/m <sup>3</sup>	
w <sub>ts</sub>	0.674			G <sub>ts</sub>	101.50 (%)	
w <sub>ts</sub>	0.630			W <sub>ts</sub>	23.81 (%)	
w <sub>ts</sub>	99.298 (%)			W <sub>ts</sub>	27.28 (%)	
w <sub>ts</sub>	100.294 (%)					
Carga	Microm.	Def.	1-Def.	Ac	Esfuerzo	
kg	mm	unitaria	unitaria	cm <sup>2</sup>	Kg/cm <sup>2</sup>	
0.000	16.575	0.0000	1.0000	12.223	0.0000	
17.265	15.540	0.0151	0.9849	12.411	1.3911	
25.915	15.205	0.0191	0.9809	12.461	2.0796	
34.575	14.962	0.0233	0.9767	12.514	2.7629	
43.145	14.770	0.0264	0.9736	12.554	3.4368	
47.490	14.620	0.0285	0.9715	12.582	3.7744	
51.775	14.480	0.0304	0.9696	12.607	4.1069	
56.000	14.385	0.0320	0.9680	12.627	4.4397	
60.385	14.280	0.0342	0.9658	12.656	4.7711	
62.551	14.190	0.0354	0.9646	12.672	4.9362	
64.693	14.045	0.0369	0.9631	12.692	5.0972	
66.858	13.940	0.0385	0.9615	12.712	5.2594	
68.358	13.890	0.0392	0.9608	12.722	5.3733	
69.858	13.810	0.0401	0.9599	12.733	5.4862	
70.157	13.795	0.0412	0.9588	12.748	5.5034	
71.657	13.680	0.0423	0.9577	12.763	5.6146	
73.157	13.560	0.0440	0.9560	12.786	5.7217	
74.757	13.480	0.0450	0.9550	12.800	5.8406	
76.357	13.420	0.0461	0.9539	12.813	5.9592	
77.957	13.380	0.0474	0.9528	12.831	6.0757	
79.557	13.295	0.0483	0.9517	12.844	6.1942	
81.157	13.180	0.0496	0.9504	12.861	6.3105	
82.757	13.110	0.0506	0.9494	12.874	6.4280	
84.357	13.030	0.0518	0.9482	12.890	6.5443	
85.957	12.980	0.0534	0.9466	12.912	6.6571	
87.557	12.825	0.0547	0.9453	12.931	6.7711	
89.157	12.750	0.0563	0.9437	12.952	6.8836	
90.757	12.530	0.0591	0.9409	12.990	6.9866	
92.357	12.370	0.0614	0.9386	13.023	7.0921	
93.957	12.230	0.0634	0.9366	13.051	7.1992	
95.557	12.030	0.0664	0.9336	13.092	7.2990	
96.757	11.850	0.0690	0.9310	13.129	7.3699	
99.357	11.520	0.0738	0.9262	13.197	7.5287	
101.907	10.800	0.0843	0.9157	13.349	7.6381	

7.6381

## PRUEBA TRIAXIAL UU

PROYECTO: EDIFICIO ANEXO AL EDIFICIO SEDE DEL PODER JUDICIAL DE  
LA FEDERACIÓN EN TOLUCA

SONDEO: SM-2

MUESTRA: 6

PROFUND: 3.00 - 3.00

PRESION: 1.00 kg/cm <sup>2</sup>					
ds=	4.21 cm	Wo=	164.07 gr		
dm=	4.23 cm	Wt=	96.26 gr		
di=	4.30 cm	Wt+sh=	264.15 gr		
d prom.=	4.24 cm	Wt+ss=	226.36 gr		
h1=	6.25 cm	Ss=	2.51		
h2=	6.25 cm	W(%)=	27.49		
h prom.=	6.25 cm	pvhi=	1.861 ton/m <sup>3</sup>		
Ao=	14.108 cm <sup>2</sup>	pvhf=	1.881 ton/m <sup>3</sup>		
Vo=	88.178 cm <sup>3</sup>	pvs=	1.459 ton/m <sup>3</sup>		
ei=	0.720	Gi=	95.87 (%)		
ef=	0.701	Wi=	26.11 (%)		
si=	93.465 (%)	Wf=	27.49 (%)		
sf=	98.417 (%)				
Carga kg	Microm. mm	Def. unitaria	1-Def. unitaria	Ac cm <sup>2</sup>	Esfuerzo Kg/cm <sup>2</sup>
0.000	17.810	0.0000	1.0000	14.1085	0.0000
17.265	16.606	0.0193	0.9807	14.3856	1.2002
25.915	16.275	0.0246	0.9754	14.4637	1.7917
34.595	16.000	0.0290	0.9710	14.5292	2.3811
43.255	15.700	0.0338	0.9662	14.6014	2.9624
51.985	15.380	0.0389	0.9611	14.6792	3.5414
60.725	14.790	0.0483	0.9517	14.8248	4.0962
69.465	14.110	0.0592	0.9408	14.9963	4.6322
73.799	13.720	0.0654	0.9346	15.0964	4.8885
78.087	12.850	0.0794	0.9206	15.3246	5.0955
82.437	10.600	0.1122	0.8878	15.8908	5.1877
86.762	9.600	0.1314	0.8686	16.2420	5.3418

5.3418

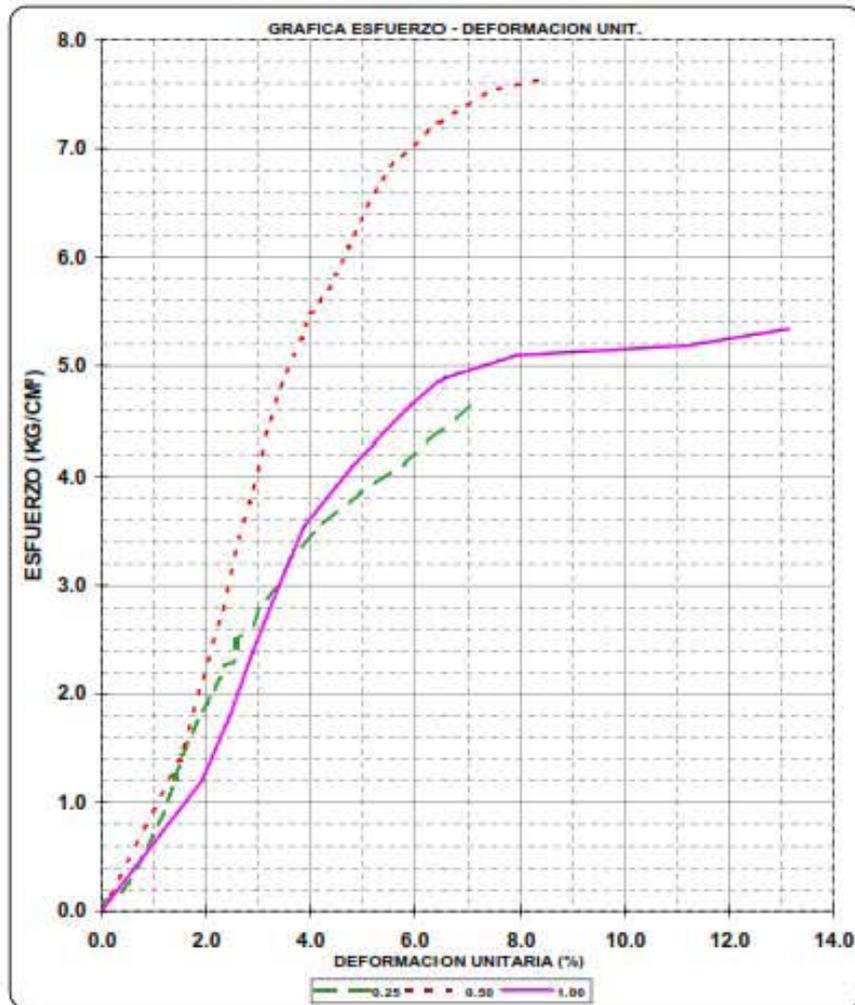
### PRUEBA TRIAXIAL UU

OBRA: EDIFICIO ANEXO AL EDIFICIO SEDE DEL PODER JUDICIAL DE LA FEDERACION EN TOLUCA

SONDEO: SM-2

MUESTRA: 6

PROF: 3.00 - 3.60



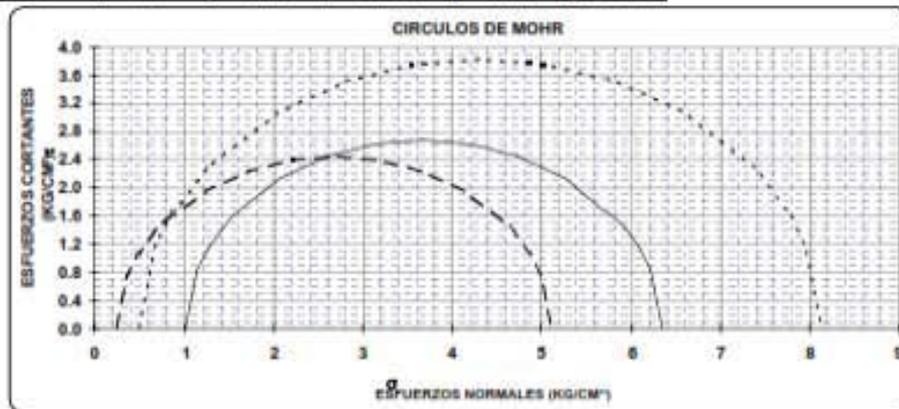
### PRUEBA TRIAXIAL UU

OBRA: EDIFICIO ANEXO AL EDIFICIO SEDE DEL PODER JUDICIAL DE LA FEDERACIÓN EN TOLLUCA

SONDEO: SM-2

MUESTRA: 6 PROF.: 3.00 - 3.60

ENSAYO Num.	PRESION CONF. (kg/cm <sup>2</sup> )	ESF. A LA FALLA (kg/cm <sup>2</sup> )	PESO VOLUM. NATURAL (ton/m <sup>3</sup> )	Gwt (%)	ei	VALORES PROMEDIO	
						St*	ei*
1	0.25	4.6747	1.677	70.3	0.656	2.51	24.64 %
2	0.50	7.6301	1.908	101.5	0.674	26.24 %	89.23 %
3	1.00	9.5416	1.861	95.9	0.720	92.47 %	1.015 ton/m <sup>3</sup>
DATOS FINALES						PVF=	1.640 ton/m <sup>3</sup>
		ef	Gwt	wf	pvhf	ei*	0.78
1	0.25	0.655	70.423	23.97	1.678	ei*	0.73
2	0.50	0.630	108.564	27.26	1.960		
3	1.00	0.701	96.417	27.49	1.861		



C=	_____	kg/cm <sup>2</sup>
φ=	_____	grados
E=	_____	kg/cm <sup>2</sup>
μ=	_____	

### CALCULO DE CONSOLIDACION UNIDIMENSIONAL

**PROYECTO: EDIFICIO ANEXO AL EDIFICIO SEDE DEL PODER JUDICIAL DE LA FEDERACION EN TOLUCA.**

<b>SONDEO:</b> SM-1	<b>PROF.:</b> 9.60 - 10.00
<b>MUESTRA:</b> 17	<b>CONS.No</b> 6
<b>ANILLO No</b> 6	<b>S<sub>u</sub></b> 2.46
<b>D. ANILLO</b> 7.710 Cm.	<b>FECHA:</b> FEBRERO DE 2009
<b>H. ANILLO</b> 1.940 Cm.	
<b>A. ANILLO</b> 46.687 Cm <sup>2</sup> .	
<b>W. ANILLO</b> 259.330 Gr.	

**DATOS INICIALES**

Wh+A 422.02 gr  
W TARA 30.80 gr

Ws= 117.7200 gr  
Wwl= 44.9700 gr  
Wwf= 44.6400 gr  
Vh= 80.5637 cm<sup>3</sup>  
Vv= 42.7198 cm<sup>3</sup>  
Pvh= 1.7962 ton/m<sup>3</sup>  
Wi= 38.20 %  
Wf= 37.92 %  
ei 0.8927

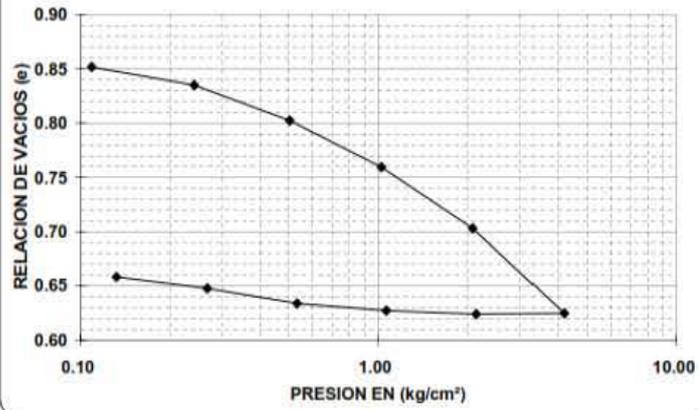
**DATOS FINALES**

Wh+A+1 452.49 gr  
Ws+A+1 407.85 gr

Whi= 162.69 gr  
Whf= 162.36 gr  
Vi= 90.5735 cm<sup>3</sup>  
Vs= 47.8537 cm<sup>3</sup>  
Vw= 44.9700 cm<sup>3</sup>  
Pvhf= 2.0153 ton/m<sup>3</sup>  
Si= 105.27 %  
Sf= 136.47 %  
ef 0.6835

Presión Kg/cm <sup>2</sup>	Micro pulg.	Corr.d.A mm	D.Corr.A mm	Def.vol. %	e	Vf cm <sup>3</sup>
Lec.1=	19.741					
0.109	19.261	0.058	0.4220	2.1753	0.8515	88.6033
0.241	19.090	0.058	0.5930	3.0567	0.8349	87.8049
0.505	18.741	0.074	0.9260	4.7732	0.8024	86.2502
1.029	18.275	0.100	1.3660	7.0412	0.7594	84.1960
2.082	17.652	0.144	1.9450	10.0258	0.7030	81.4928
4.197	16.807	0.187	2.7470	14.1598	0.6247	77.7484
2.140	17.040	-0.053	2.7540	14.1959	0.6240	77.7158
1.048	17.080	-0.060	2.7210	14.0258	0.6272	77.8698
0.535	17.125	-0.038	2.6540	13.6804	0.6338	78.1826
0.267	17.260	-0.032	2.5130	12.9536	0.6475	78.8409
0.132	17.369	-0.034	2.4060	12.4021	0.6580	79.3405
0.000	17.720	-0.123	2.1440	11.0515	0.6835	80.5637

EDIFICIO ANEXO AL EDIFICIO SEDE DEL PODER  
JUDICIAL DE LA FEDERACIÓN EN TOLUCA, SM-1  
M-17



### CALCULO DE CONSOLIDACION UNIDIMENSIONAL

**PROYECTO:** EDIFICIO ANEXO AL EDIFICIO SEDE DEL PODER JUDICIAL DE LA FEDERACIÓN EN TOLUCA.

**SONDEO:** SM-2

**PROF.:** 3.00 - 3.60

**MUESTRA:** 6

**CONS.No** 7

**ANILLO No** 7

**Ss=** 2.51

**D. ANILLO** 7.710 Cm.

**FECHA:** FEBRERO DE 2009

**H. ANILLO** 1.960 Cm.

**A. ANILLO** 46.687 Cm<sup>2</sup>.

**W.ANILLO** 259.330 Gr.

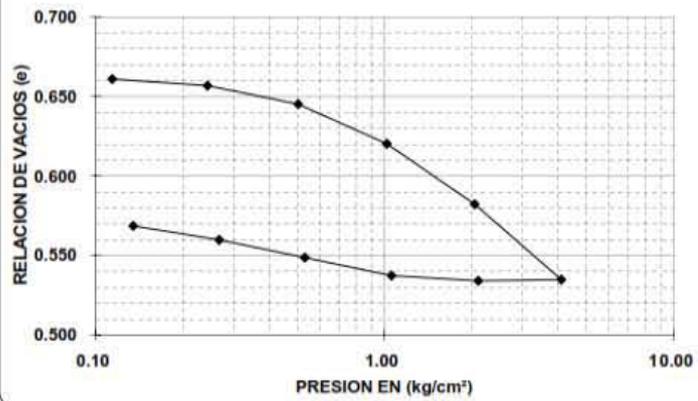
**DATOS INICIALES**

**DATOS FINALES**

Wh+A	433.40	gr	Wh+A+T	477.41	gr
W TARA	45.77	gr	Ws+A+T	437.16	gr
Ws=	132.0600	gr	Whi=	174.07	gr
Wwi=	42.0100	gr	Whf=	172.31	gr
Wwf=	40.2500	gr	Vi=	91.5072	cm <sup>3</sup>
Vf=	82.9634	cm <sup>3</sup>	Vs=	52.6135	cm <sup>3</sup>
Vv=	38.8937	cm <sup>3</sup>	Vw=	42.0100	cm <sup>3</sup>
Pvhi=	1.9023	ton/m <sup>3</sup>	Pvhf=	2.0769	ton/m <sup>3</sup>
Wi=	31.81	%	Si=	108.01	%
Wf=	30.48	%	Sf=	132.62	%
ei	0.7392		ef	0.5768	

Fresion Kg/cm <sup>2</sup>	Micro pulg.	Carr.d.A mm	D.Carr.A mm	Def.vol. %	e	Vf cm <sup>3</sup>
Lec.I=	17.040					
0.114	16.099	0.057	0.8840	4.5102	0.6608	87.3800
0.244	16.069	0.042	0.9290	4.7398	0.6568	87.1700
0.502	15.920	0.060	1.0600	5.4082	0.6452	86.5583
1.022	15.589	0.109	1.3420	6.8469	0.6201	85.2418
2.060	15.127	0.142	1.7710	9.0357	0.5821	83.2389
4.116	14.579	0.157	2.3040	11.7551	0.5348	80.7504
2.116	14.760	-0.032	2.3120	11.7959	0.5341	80.7131
1.059	14.810	-0.047	2.2770	11.6173	0.5372	80.8765
0.531	14.900	-0.009	2.1490	10.9643	0.5485	81.4741
0.268	15.097	-0.081	2.0240	10.3265	0.5596	82.0577
0.135	15.139	-0.023	1.9240	9.8163	0.5685	82.5246
0.000	15.279	-0.069	1.8300	9.3367	0.5768	82.9634

EDIFICIO ANEXO AL EDIFICIO SEDE DEL PODER  
JUDICIAL DE LA FEDERACIÓN EN TOLUCA, SM-2  
M-6



## **ANEXO 4**

**EXPANCIONES DIFERIDAS POR**

**SOBRECENSACIÓN**

**Edificio Anexo al Edificio Sede del Poder Judicial de la Federación en Toluca  
Av. Dr. Nicolás san Juan, Casi esquina con calle Pies Negros  
Col. Ex Rancho Cuauhtémoc, Toluca, Estado de México.**

CALCULO DE EXPANSIONES POR ABSORCIÓN DE AGUA, DESCARGA NETA= -5.4 Ton/m<sup>2</sup>.

D A T O S DEL ARCHIVO : (ESPJT2)

```

NUMERO DE AREAS CARGADAS ----- > 1
NUMERO DE PUNTOS DE INTERES EN PLANTA ----- > 6
NUMERO DE PROFUNDIDADES PARA CALCULO ESFUERZOS --- > 2
NUMERO DE ESTRATOS ----- > 2
SOLUCION ELEGIDA ----- > BOUSSINESQ XI = 3
  
```

AREA No.      1          X            Y          CARGA = -5.4

```

VERTICE No. 1      0.000      0.000
VERTICE No. 2      27.000      0.000
VERTICE No. 3      27.000      26.800
VERTICE No. 4      0.000      26.800
  
```

PUNTOS DE INTERES, EN PLANTA :

```

PUNTO No. 1      13.500      13.400      PROF EXC EN EL PUNTO -->      12.000
PUNTO No. 2      20.250      13.400      PROF EXC EN EL PUNTO -->      12.000
PUNTO No. 3      13.500      6.700      PROF EXC EN EL PUNTO -->      12.000
PUNTO No. 4      27.000      13.400      PROF EXC EN EL PUNTO -->      12.000
PUNTO No. 5      13.500      0.000      PROF EXC EN EL PUNTO -->      12.000
PUNTO No. 6      27.000      0.000      PROF EXC EN EL PUNTO -->      12.000
  
```

PROFUNDIDADES DE INTERES :

```

Z( 1 )=      6.000
Z( 2 )=      16.100
  
```

DEFINICION DE DATOS DE ESTRATIGRAFIA

\*\*\*\*\* ESTRATO 1 \*\*\*\*\*

```

PROFUNDIDAD DEL ESTRATO ----- 12
PESO VOLUMETRICO DEL ESTRATO ----- 1.75
PROFUNDIDAD DEL N.A.F ----- 2.5
  
```

7 PUNTOS DE LA FUNCION ALFA DEL ESTRATO :

PUNTO No.	FRESION (p)	REL DE VACIOS (e)
1	0.0000	1.0000
2	1.2500	1.0000
3	2.5000	1.0000
4	5.0000	1.0000
5	10.0000	1.0000
6	20.0000	1.0000
7	40.0000	1.0000

DEFINICION DE DATOS DE ESTRATIGRAFIA

\*\*\*\*\* ESTRATO 2 \*\*\*\*\*

```

PROFUNDIDAD DEL ESTRATO ----- 20.2
PESO VOLUMETRICO DEL ESTRATO ----- 1.84
PROFUNDIDAD DEL N.A.F ----- 2.5
  
```

7 PUNTOS DE LA FUNCION ALFA DEL ESTRATO :

PUNTO No.	PRESION (p)	REL DE VACIOS (e)
1	0.0000	0.8927
2	1.0900	0.8515
3	2.4100	0.8349
4	5.0500	0.8024
5	10.2900	0.7594
6	20.8200	0.7030
7	41.9700	0.6247

R E S U L T A D O S EN EL ARCHIVO (ESPJT2.RES)

MATRIZ DE INFLUENCIAS DEL AREA 1

PUNTO->	1	2	3	4	5	6
ESTRATO						
1	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
2	-5.2977	-5.1752	-5.1730	-2.6680	-2.6697	-1.3464

MATRIZ DE INFLUENCIAS TOTAL

PUNTO->	1	2	3	4	5	6
ESTRATO						
1	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
2	-5.2977	-5.1752	-5.1730	-2.6680	-2.6697	-1.3464

AREA No. 1 PUNTO No. 1

Esfuerzo	Presion				Espesor			
Total	de poro	SO	EO	SI	EI	Estrato	Alfa	
10.5000	3.5000	7.0000	1.0000	7.0000	1.0000	12.0000	0.0000	
28.5440	13.6000	14.9440	0.7345	9.6463	0.7647	8.2000	0.0270	

AREA No. 1 PUNTO No. 2

Esfuerzo	Presion				Espesor			
Total	de poro	SO	EO	SI	EI	Estrato	Alfa	
10.5000	3.5000	7.0000	1.0000	7.0000	1.0000	12.0000	0.0000	
28.5440	13.6000	14.9440	0.7345	9.7688	0.7637	8.2000	0.0267	

AREA No. 1 PUNTO No. 3

Esfuerzo	Presion				Espesor			
Total	de poro	SO	EO	SI	EI	Estrato	Alfa	
10.5000	3.5000	7.0000	1.0000	7.0000	1.0000	12.0000	0.0000	
28.5440	13.6000	14.9440	0.7345	9.7710	0.7637	8.2000	0.0267	

AREA No. 1 PUNTO No. 4

Esfuerzo	Presion				Espesor			
Total	de poro	SO	EO	SI	EI	Estrato	Alfa	
10.5000	3.5000	7.0000	1.0000	7.0000	1.0000	12.0000	0.0000	
28.5440	13.6000	14.9440	0.7345	9.7710	0.7637	8.2000	0.0267	

10.5000	3.5000	7.0000	1.0000	7.0000	1.0000	12.0000	0.0000
28.5440	13.6000	14.9440	0.7345	12.2760	0.7488	8.2000	0.0253

AREA No. 1 PUNTO No. 5

Esfuerzo	Presion				Espesor		
Total	de poro	SO	EO	sl	El	Estrato	Alfa
10.5000	3.5000	7.0000	1.0000	7.0000	1.0000	12.0000	0.0000
28.5440	13.6000	14.9440	0.7345	12.2743	0.7488	8.2000	0.0253

AREA No. 1 PUNTO No. 6

Esfuerzo	Presion				Espesor		
Total	de poro	SO	EO	sl	El	Estrato	Alfa
10.5000	3.5000	7.0000	1.0000	7.0000	1.0000	12.0000	0.0000
28.5440	13.6000	14.9440	0.7345	13.5976	0.7417	8.2000	0.0253

TODAS LAS AREAS SOBRE PUNTO No. 1

Esfuerzo	Presion				Espesor		
Total	de poro	SO	EO	sl	El	Estrato	Alfa
10.5000	3.5000	7.0000	1.0000	7.0000	1.0000	12.0000	0.0000
28.5440	13.6000	14.9440	0.7345	9.6463	0.7647	8.2000	0.0270

TODAS LAS AREAS SOBRE PUNTO No. 2

Esfuerzo	Presion				Espesor		
Total	de poro	SO	EO	sl	El	Estrato	Alfa
10.5000	3.5000	7.0000	1.0000	7.0000	1.0000	12.0000	0.0000
28.5440	13.6000	14.9440	0.7345	9.7688	0.7637	8.2000	0.0267

TODAS LAS AREAS SOBRE PUNTO No. 3

Esfuerzo	Presion				Espesor		
Total	de poro	SO	EO	sl	El	Estrato	Alfa
10.5000	3.5000	7.0000	1.0000	7.0000	1.0000	12.0000	0.0000
28.5440	13.6000	14.9440	0.7345	9.7710	0.7637	8.2000	0.0267

TODAS LAS AREAS SOBRE PUNTO No. 4

Esfuerzo	Presion				Espesor		
Total	de poro	SO	EO	sl	El	Estrato	Alfa
10.5000	3.5000	7.0000	1.0000	7.0000	1.0000	12.0000	0.0000
28.5440	13.6000	14.9440	0.7345	12.2760	0.7488	8.2000	0.0253

TODAS LAS AREAS SOBRE PUNTO No. 5

Esfuerzo	Presion				Espesor		
Total	de poro	SO	EO	sl	El	Estrato	Alfa
10.5000	3.5000	7.0000	1.0000	7.0000	1.0000	12.0000	0.0000
28.5440	13.6000	14.9440	0.7345	12.2743	0.7488	8.2000	0.0253

TODAS LAS AREAS SOBRE PUNTO No. 6

Esfuerzo	Presion	BO	EO	SI	SI	Espeor	Alfa
Total	de poro					Estrato	
10.5000	3.5000	7.0000	1.0000	7.0000	1.0000	12.0000	0.0000
28.5440	13.6000	14.9440	0.7345	13.5976	0.7417	8.2000	0.0253

ASENTAMIENTOS PRODUCIDOS POR EL AREA No. 1

EN EL PUNTO -->	1	2	3	4	5	6
ESTRATO						
1	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
2	-0.1428	-0.1381	-0.1380	-0.0676	-0.0676	-0.0341
TOTAL ----->	-0.1428	-0.1381	-0.1380	-0.0676	-0.0676	-0.0341

ASENTAMIENTOS PRODUCIDOS POR TODAS LAS AREAS

EN EL PUNTO -->	1	2	3	4	5	6
ESTRATO						
1	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
2	-0.1428	-0.1381	-0.1380	-0.0676	-0.0676	-0.0341
TOTAL ----->	-0.1428	-0.1381	-0.1380	-0.0676	-0.0676	-0.0341

**ANEXO 5**

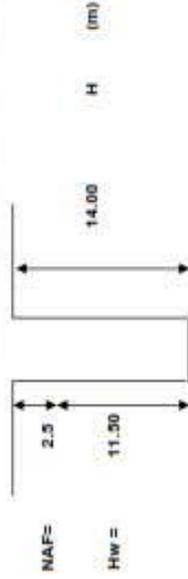
**MEMORIA DE CÁLCULO GEOTÉCNICO**

**ESTABILIDAD DE ZANJAS ADEMADAS**

**CON LODO**

Proyecto: Edificio anexo al Edificio Sede del Poder Judicial de la Federación en Toluca.  
 Ubicación: Dr. Nicolás san Juan, casi esquina con calle Pies Negros,  
 Col. Ex-rancho Cuauhtémoc, Toluca, Estado de México.

ESTABILIDAD DE ZANJAS ADEAMADAS CON LODO



$$FS = \frac{\gamma \cdot n^2}{Ka \cdot \gamma \cdot F_1 + \gamma_w \cdot m^2 - 4c / (H \cdot N_b \cdot \gamma)}$$

Donde:

FS	-	Factor de seguridad	1.00	Ton/m <sup>3</sup>
$\gamma$	-	Peso volumétrico del lodo, supuesto.	1.75	Ton/m <sup>3</sup>
n	-	Relación entre el tirante del lodo dentro de la excavación y la profundidad de ésta. $H_1 / H$	1.00	Ton/m <sup>3</sup>
$H_1$	-	Tirante del lodo dentro de la excavación.	0.52	Ton/m <sup>3</sup>
$\gamma$	-	Peso volumétrico medio del suelo excavado.	11.50	m
$\gamma_w$	-	Peso volumétrico del agua.	14.00	grados
m	-	Relación entre el tirante de agua respecto al fondo de la excavación y la profundidad de ésta, $H_w / H$	22.00	Ton/m <sup>2</sup>
$H_w$	-	Tirante de agua respecto al fondo de la excavación.	2.50	Ton/m <sup>2</sup>
H	-	Profundidad de la excavación	2.20	0.45
$\phi$	-	Ángulo de fricción interna medio del suelo excavado.	0.62	0.62
C	-	Cohesión media del suelo excavado.		
$N_b$	-	$\tan^2 (45^\circ + \phi/2)$		
$K_a$	-	coeficiente de empuje activo, según Rankine (1/N <sub>b</sub> )		
$F_1$	-	$(1 - m^2 (1 - \gamma/\gamma))$		

Tirante de lodo ( m )	n <sup>2</sup>	Factor de seguridad
1.0	0.005	0.01
2.0	0.020	0.03
3.0	0.046	0.07
4.0	0.082	0.13
5.0	0.126	0.20
6.0	0.164	0.26
7.0	0.250	0.39
8.0	0.327	0.51
9.0	0.413	0.64
10.0	0.510	0.79
11.0	0.617	0.90
12.0	0.735	1.14
13.0	0.862	1.34
14.0	1.000	1.55

**Proyecto:** Edificio anexo al Edificio Sede del Poder Judicial de la Federación en Toluca.  
**Ubicación:** Dr. Nicolás san Juan, casi esquina con calle Pies Negros,  
**Col.** Ex-rancho Cuauhtémoc, Toluca, Estado de México.

$\gamma$ (Ton/m3)	Profundidad		Espesor a considerar (m)
	(m)	(m)	
1.45	0.00	2.40	2.40
1.54	2.40	4.20	1.80
1.62	4.20	9.00	4.80
1.79	9.00	14.00	5.00

$$\gamma_1 = 1.75 \text{ Ton/m}^3 \quad 14.00 \text{ m}$$

G (Ton/m3)	Profundidad		Espesor a considerar (m)
	(m)	(m)	
2.50	0.00	14.00	14.00

$$C_1 = 2.50 \text{ Ton/m}^2 \quad 14.00 \text{ m}$$

$\phi$	Profundidad		Espesor a considerar (m)
	(m)	(m)	
22.00	0.00	14.00	14.00

$$\phi = 22.00 \text{ grados} \quad 14.00 \text{ m}$$

**ANEXO 6**

**MEMORIA DE CÁLCULO GEOTÉCNICO**

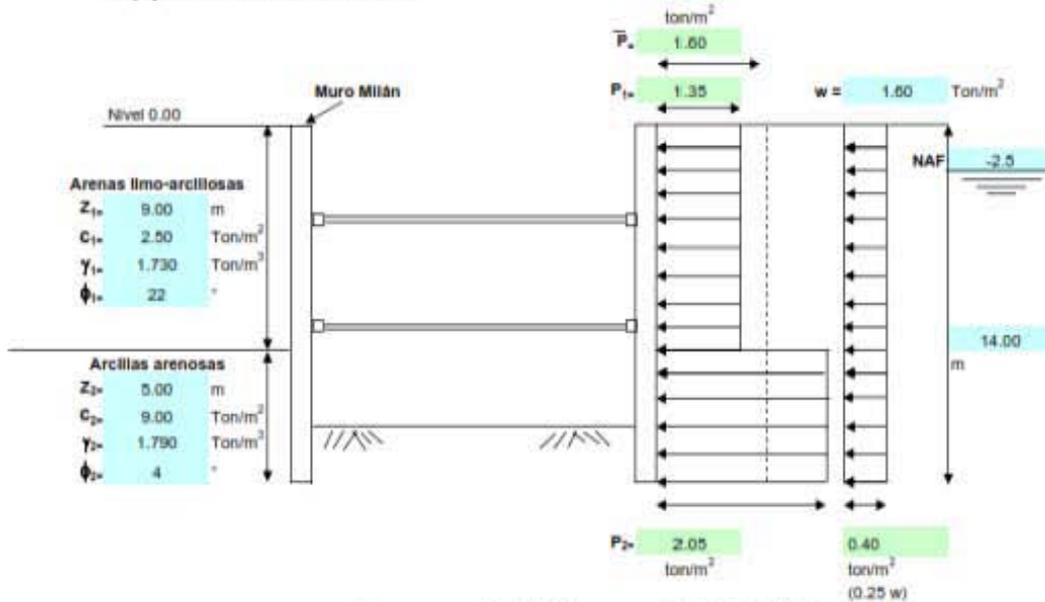
**MURO MILÁN**

**Proyecto: Edificio Anexo al Edificio Sede del Poder Judicial de la Federación en Toluca.**  
**Ubicación: Av. Dr. Nicolas San Juan, casi esquina con calle Pies Negros,**  
**Col. Ex-rancho Cuauhtémoc, Toluca, Estado de México.**

**1. CÁLCULO DE MURO MILÁN**

**CONDICIONES A CORTO PLAZO**

Empujes horizontales sobre muro Milán



$\gamma$ (Ton/m <sup>3</sup> )	Profundidad (m)		Esesor a considerar (m)
1.45	0.00	2.40	2.40
1.54	2.40	4.20	1.80
1.62	4.20	9.00	4.80
$\gamma_1 = 1.73$			9.00 m

$\gamma$ (Ton/m <sup>3</sup> )	Profundidad (m)		Esesor a considerar (m)
1.79	9.00	14.00	5.00
$\gamma_2 = 1.79$			5.00 m

Los empujes horizontales sobre el muro milán se determinan con las siguientes expresiones:

$$P_1 = 0.65 (K_a \gamma_1 Z_1 - 2 c_1)$$

$$P_2 = \gamma_1 Z_1 + 0.5 \gamma_2 Z_2 - 2 c_2$$

$$\bar{P} = \frac{P_1 Z_1 + P_2 Z_2}{Z_1 + Z_2}$$

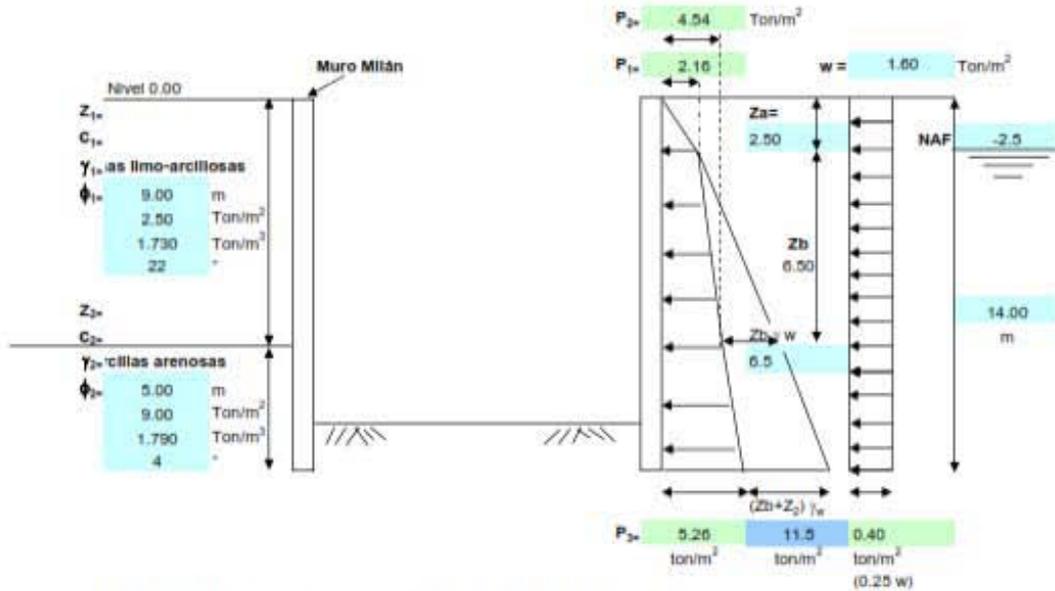
$$K_a = \tan^2 (45 - \phi/2) \quad K_a = 0.45$$

- donde:
- $P_1$  empujes horizontales en las arenas limo-arcillosas
  - $P_2$  empujes horizontales en las arcillas arenosas
  - $K_a$  coeficiente de empuje activo
  - $Z_1$  profundidad del estrato de las arenas limo-arcillosas
  - $Z_2$  profundidad del estrato de las arcillas arenosas
  - $\bar{P}$  promedio pesado
  - $w$  sobrecarga superficial
- Colindancias restantes    0.25 w    empuje horizontal debido a ~~50~~ sobrecarga superficial

Proyecto: Edificio Anexo al Edificio Sede del Poder Judicial de la Federación en Toluca.  
 Ubicación: Av. Dr. Nicolas San Juan, casi esquina con calle Pies Negros,  
 Col. Ex-rancho Cuauhtémoc, Toluca, Estado de México.

**CONDICIONES A LARGO PLAZO**

Empujes horizontales sobre muro Milán



Los empujes horizontales sobre el muro milán se determinan con las siguientes expresiones:

$$P_1 = 0.5 \gamma_1 Z_a$$

$$P_2 = 0.5 (\gamma_1 Z_a + \gamma_2 Z_b)$$

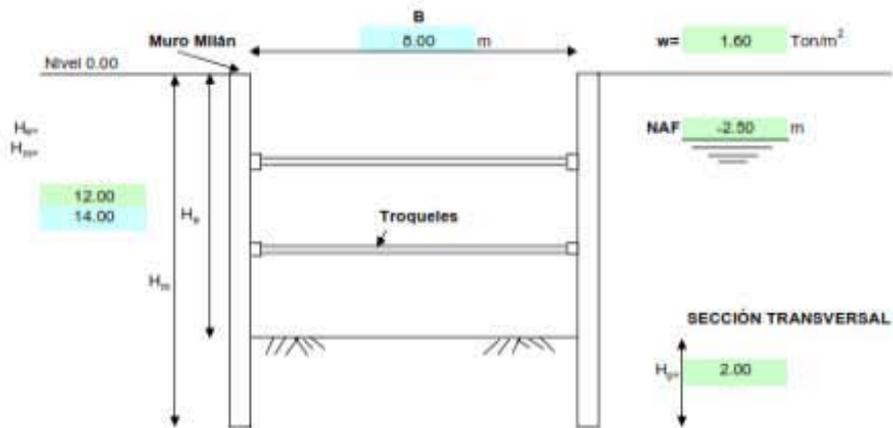
$$P_3 = 0.5 (\gamma_1 Z_a + \gamma_2 Z_b + \gamma_2 Z_2)$$

$$K_0 = 0.5$$

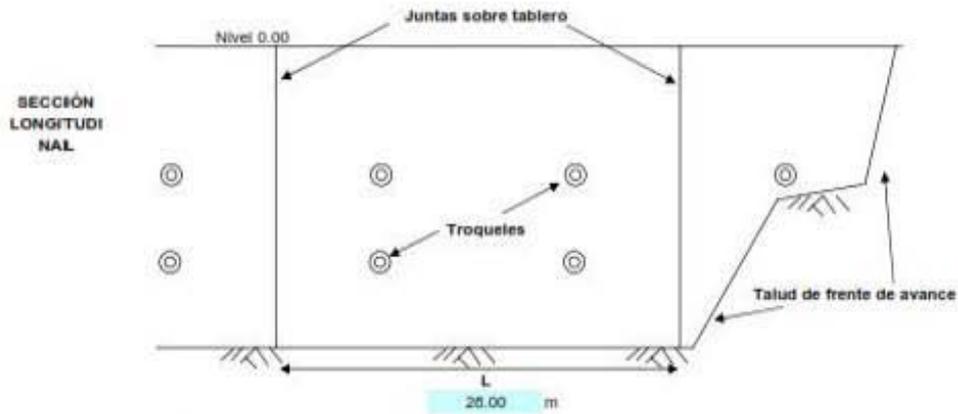
2.

**ESTABILIDAD DE LA EXCAVACIÓN**

2.1 Falla general por el fondo



Proyecto: Edificio Anexo al Edificio Sede del Poder Judicial de la Federación en Toluca.  
 Ubicación: Av. Dr. Nicolas San Juan, casi esquina con calle Pies Negros,  
 Col. Ex-rancho Cuauhtémoc, Toluca, Estado de México.



El factor de seguridad se calcula mediante la siguiente expresión:

$$(FS)_y = \frac{c(N_c + 2H_p/L)}{\gamma H_o + p}$$

$(H_o/B) =$

La ecuación anterior es válida para las siguientes condiciones:

1.75  $\leq$  2.50 y  $(B/L) =$  0.29  $\leq$  1

El término  $(2 H_p/L)$  debe despreciarse si:  $(H_p/L) =$  0.07  $\leq$  0.50

donde:

- c valor medio de la resistencia al corte no drenada de la arcilla, hasta una profundidad igual a  $H_o + B$   $H_o + B =$  22.00
- $N_c$  factor de estabilidad
- $H_o$  profundidad de desplante del muro
- $H_p$  longitud de la pata del muro
- B ancho de excavación
- L longitud del tramo a excavar
- $\gamma H_o$  presión total inicial al nivel máximo de excavación
- p valor de las presiones de sobrecarga en la superficie

Los valores a considerar son los siguientes:

c (Ton/m <sup>2</sup> )	Profundidad		Espesor a considerar (m)
	(m)	(m)	
2.00	0.00	2.40	2.40
17.90	2.40	4.20	1.80
2.00	4.20	9.00	4.80
9.00	9.00	14.20	5.20
19.91	14.20	20.20	6.00

$c =$  10.54 Ton/m<sup>2</sup>  $H_o =$  20.20 m

$N_c = 5.14 (1 + 0.2 H_o/B) (1 + 0.2 B/L) =$  7.34

$H_p =$  2.00 m

$\gamma$ (Ton/m <sup>3</sup> )	Profundidad		Espesor a considerar (m)
	(m)	(m)	
1.48	0.00	2.40	2.40
1.64	2.40	4.20	1.80
1.62	4.20	9.00	4.80
1.79	9.00	14.20	5.20
1.66	14.20	20.20	6.00

Colindancias restantes



**Proyecto: Edificio Anexo al Edificio Sede del Poder Judicial de la Federación en Toluca.**  
**Ubicación: Av. Dr. Nicolas San Juan, casi esquina con calle Pies Negros,**  
**Col. Ex-rancho Cuauhtémoc, Toluca, Estado de México.**

Los valores a considerar son los siguientes:

$\sigma$ (Ton/m)	Profundidad (m)	Profundidad (m)	Espesor a considerar (m)
17.90	4.00	4.20	0.20
2.00	4.20	9.00	4.80
9.00	9.00	14.00	5.00
			10.00

$c =$	5.62	ton/m <sup>2</sup>	
$L =$	15.21	m	$\alpha =$ 1.52 Radianes
$r =$	10.00	m	

$\gamma$ (Ton/m <sup>3</sup> )	Profundidad (m)	Profundidad (m)	Espesor a considerar (m)
1.64	4.00	4.20	0.20
1.62	4.20	9.00	4.80
1.79	9.00	14.00	5.00
			10.00

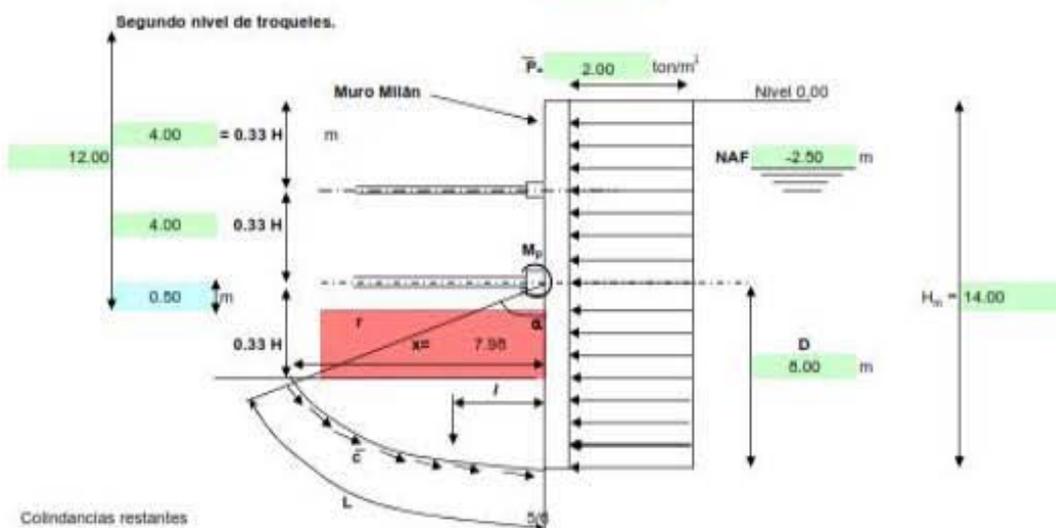
  

$\gamma =$	1.01	ton/m <sup>2</sup>	
$W =$	65.15	ton	Área A = 36.09 m <sup>2</sup>
$r =$	3.33	m	

$A_s =$	0.0061	m <sup>2</sup>	Área de acero de refuerzo
$b =$	1.00	m	Ancho de la sección
$d =$	0.60	m	Peralte efectivo
$\rho = (A_s/bd) =$	0.0162		
$f_y =$	4,200	kg/cm <sup>2</sup>	Límite de fluencia del acero de refuerzo
$f'_c =$	250	kg/cm <sup>2</sup>	Resistencia del concreto a la compresión
$f'_u = (0.55f'_c) =$	212.5	kg/cm <sup>2</sup>	Esfuerzo uniforme de compresión
$q = (\rho f_y / f'_c) =$	0.2006		
$F_R =$	0.90		Factor de resistencia
$M_p =$	124.38	ton-m	Cálculo aproximado preliminar
$p =$	2.00	ton/m <sup>2</sup>	

**(FS)<sub>p</sub> = 12.25 > (FS) = 1.50 mínimo**



**Proyecto: Edificio Anexo al Edificio Sede del Poder Judicial de la Federación en Toluca.  
Ubicación: Av. Dr. Nicolas San Juan, casi esquina con calle Pies Negros,  
Col. Ex-rancho Cuauhtémoc, Toluca, Estado de México.**

El factor de seguridad se evalúa con la expresión:

$$(FS)_b = \frac{\bar{c} L r + W / + M_p}{(\bar{p}) (D^2/2)}$$

donde:

- $\bar{c}$  resistencia al corte no drenada promedio en la superficie de falla
- L longitud de la superficie de falla
- r radio de la superficie de falla
- W peso saturado del suelo dentro de los límites de la superficie de falla
- / distancia del paño del muro al centro de gravedad del suelo resistente
- $M_p$  momento flexionante resistente del muro de contención
- $\bar{p}$  presión promedio pesada sobre el muro
- D longitud del muro entre el último nivel de apuntalamiento y el nivel de desplante del muro

Los valores a considerar son los siguientes:

	c (Ton/m)	Profundidad (m)	Profundidad (m)	Espesor a considerar (m)
	2.00	8.00	9.00	1.00
	9.00	9.00	14.00	5.00
				6.00

$\bar{c}$ =	7.03	ton/m <sup>2</sup>		
L =	12.07	m	$\alpha$ =	1.51 Radianes
r =	8.00	m		

	$\gamma$ (Ton/m <sup>3</sup> )	Profundidad (m)	Profundidad (m)	Espesor a considerar (m)
	1.52	8.00	9.00	1.00
	1.78	9.00	14.00	5.00
				6.00

$\gamma$ =	1.50	ton/m <sup>3</sup>		
W =	57.97	ton	Área A =	32.30 m <sup>2</sup>
r =	2.66	m		

As =	0.0061	m <sup>2</sup>	Área de acero de refuerzo
b =	1.00	m	Ancho de la sección
d =	0.60	m	Peralte efectivo
$p = (As/bd) =$	0.0102		
$f_y =$	4,200	kg/cm <sup>2</sup>	Límite de fluencia del acero de refuerzo
$f'_c =$	250	kg/cm <sup>2</sup>	Resistencia del concreto a la compresión
$f'_{cs} = (0.85f'_c) =$	212.5	kg/cm <sup>2</sup>	Esfuerzo uniforme de compresión
$q = (pf_y/f'_c) =$	0.2008		
$F_R =$	0.90		Factor de resistencia
$M_p =$	124.36	ton-m	Calculo aproximado preliminar
$\bar{p} =$	2.00	ton/m <sup>2</sup>	

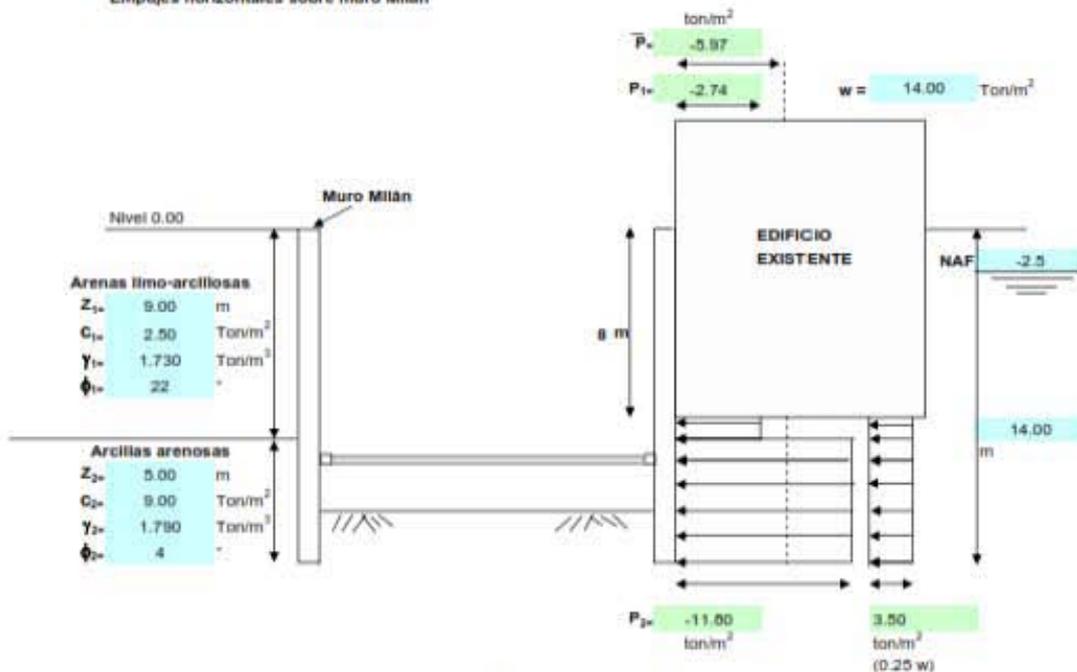
$(FS)_b =$	16.16	>	$(FS) =$	1.50
			mínimo	

Proyecto: Edificio Anexo al Edificio Sede del Poder Judicial de la Federación en Toluca.  
 Ubicación: Av. Dr. Nicolas San Juan, casi esquina con calle Pies Negros,  
 Col. Ex-rancho Cuauhtémoc, Toluca, Estado de México.

1. CÁLCULO DE MURO MILÁN

CONDICIONES A CORTO PLAZO

Empujes horizontales sobre muro Milán



$\gamma$ (Ton/m <sup>3</sup> )	Profundidad (m)		Espesor a considerar (m)
1.46	0.00	2.40	2.40
1.84	2.40	4.20	1.80
1.82	4.20	9.00	4.80
$\gamma_1 = 1.73$ Ton/m <sup>3</sup>			9.00 m
$\gamma$ (Ton/m <sup>3</sup> )	Profundidad (m)		Espesor a considerar (m)
1.79	9.00	14.00	5.00
$\gamma_2 = 1.79$ Ton/m <sup>3</sup>			5.00 m

Los empujes horizontales sobre el muro milán se determinan con las siguientes expresiones:

$$P_1 = 0.65 (K_a \gamma_1 Z_1 - 2 c_1)$$

$$P_2 = \gamma_1 Z_1 + 0.5 \gamma_2 Z_2 - 2 c_2$$

$$\bar{p} = \frac{P_1 Z_1 + P_2 Z_2}{Z_1 + Z_2}$$

$$K_a = \tan^2 (45 - \phi/2) \quad K_a = 0.45$$

Nota:

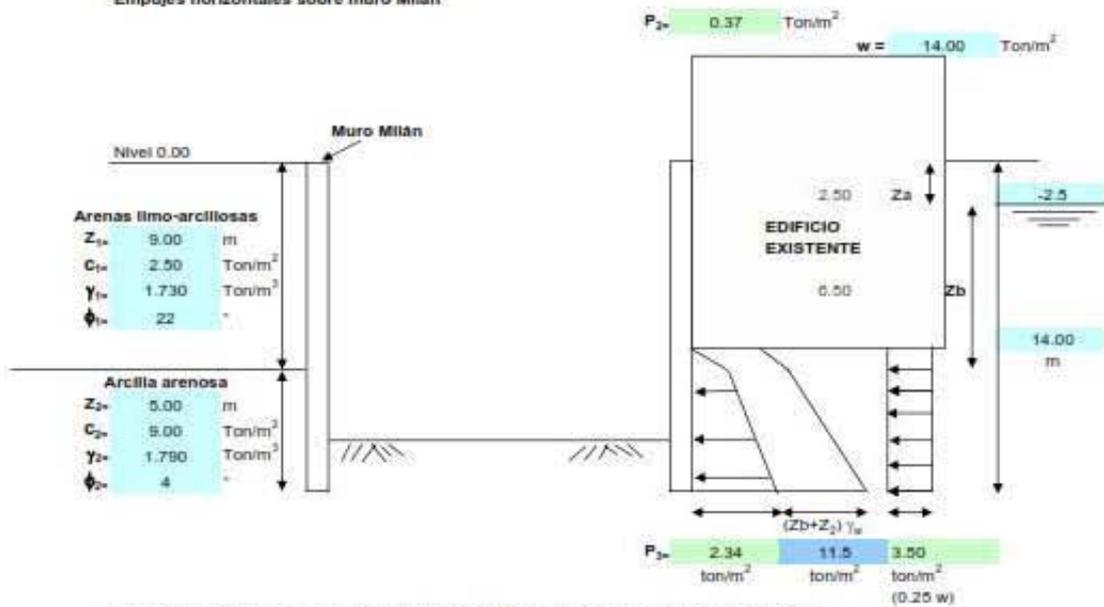
Para esta condición, se considerarán solamente los empuje que transmite la sobrecarga.

Proyecto: Edificio Anexo al Edificio Sede del Poder Judicial de la Federación en Toluca.  
 Ubicación: Av. Dr. Nicolas San Juan, casi esquina con calle Pies Negros,  
 Col. Ex-rancho Cuauhtémoc, Toluca, Estado de México.

donde:  $P_1$  empujes horizontales en las arenas limo-arcillosas  
 $P_2$  empujes horizontales en las arcillas arenosas  
 $K_a$  coeficiente de empuje activo  
 $Z_1$  profundidad del estrato de las arenas limo-arcillosas  
 $Z_2$  profundidad del estrato de las arcillas arenosas  
 $\bar{P}$  promedio pesado  
 $w$  sobrecarga superficial  
 $0.25 w$  empuje horizontal debido a sobrecarga superficial

**CONDICIONES A LARGO PLAZO**

Empujes horizontales sobre muro Milán



Los empujes horizontales sobre el muro milán se determinan con las siguientes expresiones:

$$P_1 = 0.5 \gamma_1 Z_a$$

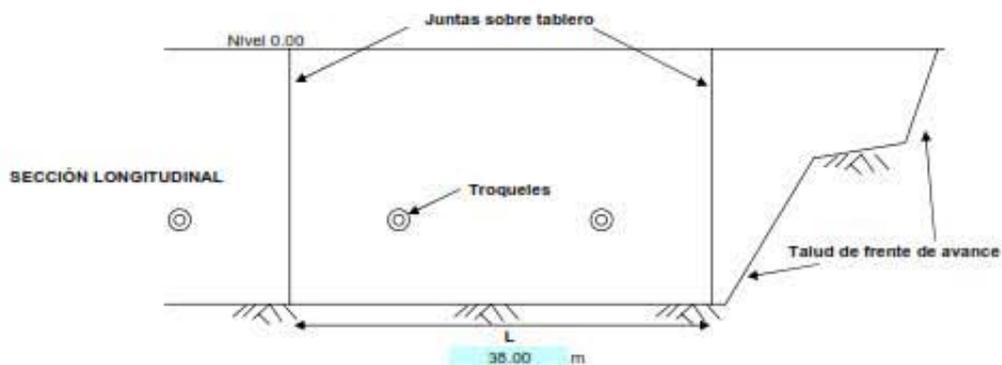
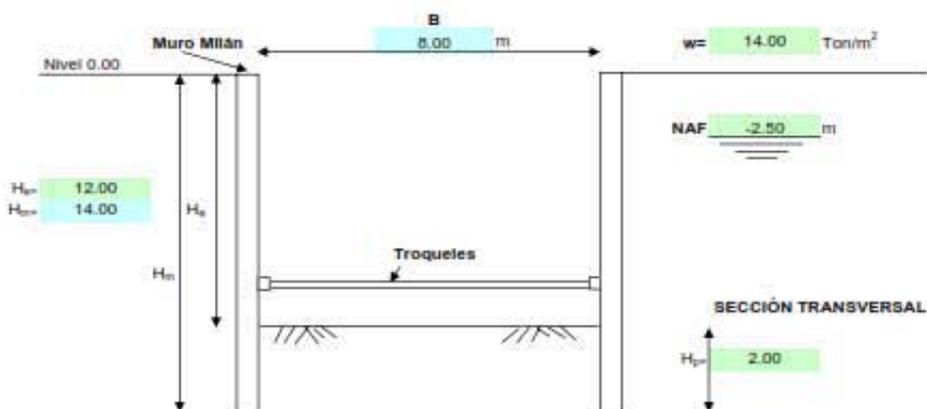
$$P_2 = 0.5 (\gamma_1 Z_a + \gamma_1 Z_b)$$

$$P_3 = 0.5 (\gamma_1 Z_a + \gamma_1 Z_b + \gamma_2 Z_2)$$

$$K_a = 0.5$$

Proyecto: Edificio Anexo al Edificio Sede del Poder Judicial de la Federación en Toluca.  
 Ubicación: Av. Dr. Nicolas San Juan, casi esquina con calle Pies Negros,  
 Col. Ex-rancho Cuauhtémoc, Toluca, Estado de México.

2. ESTABILIDAD DE LA EXCAVACIÓN  
 2.1 Falla general por el fondo



El factor de seguridad se calcula mediante la siguiente expresión:

$$(FS) = \frac{c(N_c + 2H_p/L)}{\gamma H_m + p}$$

La ecuación anterior es válida para las siguientes condiciones:

$(H_p/B) = 1.75 \leq 2.50$  y  $(B/L) = 0.21 \leq 1$   
 ok! ok!

El término  $(2 H_p/L)$  debe desprejarse si:  $(H_p/L) = 0.05 \leq 0.50$

- donde:
- c valor medio de la resistencia al corte no drenada de la arcilla, hasta una profundidad igual a  $H_m + B$   $H_m + B = 22.00$
  - $N_c$  factor de estabilidad
  - $H_m$  profundidad de desplante del muro
  - $H_p$  longitud de la pata del muro
  - B ancho de excavación
  - L longitud del tramo a excavar

**Proyecto: Edificio Anexo al Edificio Sede del Poder Judicial de la Federación en Toluca.**  
**Ubicación: Av. Dr. Nicolas San Juan, casi esquina con calle Pies Negros,**  
**Col. Ex-rancho Cuauhtémoc, Toluca, Estado de México.**

$\gamma H_p$  presión total inicial al nivel máximo de excavación  
 $p$  valor de las presiones de sobrecarga en la superficie

Los valores a considerar son los siguientes:

c (Ton/m <sup>2</sup> )	Profundidad		Espesor a considerar (m)
	(m)	(m)	
2.00	0.00	2.40	2.40
17.00	2.40	4.20	1.80
2.00	4.20	9.00	4.00
9.00	9.00	14.20	5.20
19.91	14.20	20.20	6.00

$c = 10.54 \text{ Ton/m}^2$        $20.20 \text{ m}$

$N_c = 5.14 (1 + 0.2 H_p/B) (1 + 0.2 B/L) = 7.23$

$H_p = 2.00 \text{ m}$

$\gamma$ (Ton/m <sup>3</sup> )	Profundidad		Espesor a considerar (m)
	(m)	(m)	
1.45	0.00	2.40	2.40
1.54	2.40	4.20	1.80
1.82	4.20	9.00	4.00
1.79	9.00	14.20	5.20
1.56	14.20	20.20	6.00

$\gamma = 1.79 \text{ Ton/m}^3$        $20.20 \text{ m}$

$\gamma H_p = 21.43 \text{ Ton/m}^2$

$p = 14.00 \text{ Ton/m}^2$

$(FS) = 2.15 > (FS)_{\text{mínimo}} = 1.50$

Ancho de excavación (m)	Largo de excavación (m)	Factor de estabilidad	Factor de seguridad
6	35	7.76	2.31
6	35	7.23	2.15
10	35	6.93	2.06
12	35	6.74	2.00



**Proyecto:** Edificio Anexo al Edificio Sede del Poder Judicial de la Federación en Toluca.  
**Ubicación:** Av. Dr. Nicolas San Juan, casi esquina con calle Pies Negros,  
 Col. Ex-rancho Cuauhtémoc, Toluca, Estado de México.

$A_s$	0.0061	m <sup>2</sup>	Área de acero de refuerzo
$b$	1.00	m	Ancho de la sección
$d$	0.60	m	Peralte efectivo
$\rho = (A_s/bd)$	0.0102		
$f_y$	4,200	kg/cm <sup>2</sup>	Límite de fluencia del acero de refuerzo
$f'_c$	250	kg/cm <sup>2</sup>	Resistencia del concreto a la compresión
$f'_c = (0.85f'_c)$	212.5	kg/cm <sup>2</sup>	Esfuerzo uniforme de compresión
$q = (\rho f_y f'_c)$	0.2008		
$F_R$	0.90		Factor de resistencia
$M_y$	124.38	ton-m	Cálculo aproximado preliminar
$\bar{p}$	3.50	ton/m <sup>2</sup>	

$(FS)_y$	13.25	>	$(FS)$	1.50
			minimo	

## **ANEXO 7**

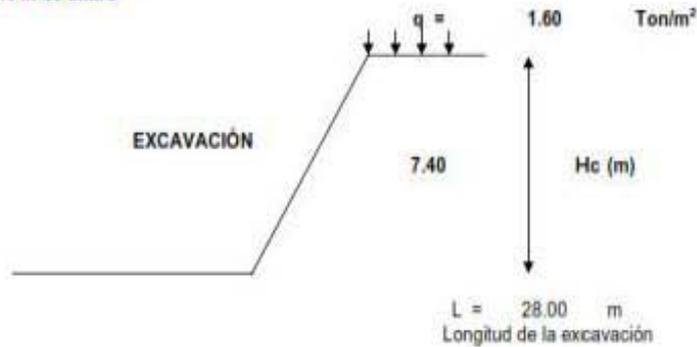
**MEMORIA DE CÁLCULO GEOTÉCNICO**

**ESTABILIDAD DE TALUDES INTERNOS**

Proyecto: Edificio anexo al Edificio Sede del Poder Judicial de la Federación en Toluca.  
 Ubicación: Dr. Nicolás san Juan, casi esquina con calle Pies Negros,  
 Col. Ex-rancho Cuauhtémoc, Toluca, Estado de México.

ANÁLISIS DE ESTABILIDAD DE TALUDES INTERNOS EN EXCAVACIONES

Talud de 7,40 m de altura



$$\lambda_{cp} = \frac{(\gamma \cdot H + q) \tan \varphi}{u_s \cdot C}$$

$$FS_s = \frac{N_{st} \cdot C \cdot u_s}{\gamma \cdot H + q}$$

Donde:

- $\lambda_{cp}$  = Parámetro adimensional.
- $\gamma$  = Peso volumétrico medio del suelo excavado. 1.71 Ton/m<sup>3</sup>
- $H$  = Altura del talud. 7.40 m
- $q$  = Sobrecarga en la corona del talud. 1.60 Ton/m<sup>2</sup>
- $\varphi$  = Angulo de fricción interna medio del suelo excavado. 22 grados
- $u_s$  = Factor de reducción por sobrecarga.
- $C$  = Cohesión media del suelo excavado. 2.5 Ton/m<sup>2</sup>
- $FS_s$  = Factor de seguridad del talud.
- $N_{st}$  = Número de estabilidad, que depende del valor  $\lambda_{cp}$ .

Talud	Inclinación $\varphi$	$u_s$	$\lambda_{cp}$	Número de estabilidad	Factor de seguridad
90	90	0.91	2.54	5.9	0.94
0.25 a 1	76	0.92	2.51	7.1	1.14
0.5 a 1	63	0.935	2.47	8.4	1.37
0.75 a 1	53	0.945	2.44	9.4	1.55
1.0 a 1	45	0.95	2.43	10.1	1.68

**Proyecto:** Edificio anexo al Edificio Sede del Poder Judicial de la Federación en Toluca.  
**Ubicación:** Dr. Nicolás san Juan, casi esquina con calle Pies Negros,  
 Col. Ex-rancho Cuauhtémoc, Toluca, Estado de México.

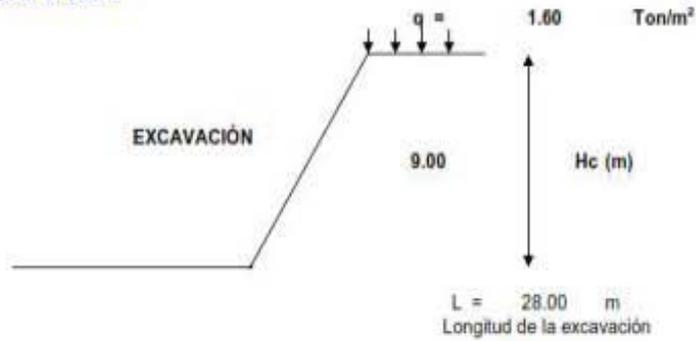
$\gamma$ (Ton/m <sup>3</sup> )	Profundidad		Espesor a considerar (m)
	(m)	(m)	
1.48	0.00	2.40	2.40
1.84	2.40	4.20	1.80
1.82	4.20	7.40	3.20

$\gamma_1 = 1.71$  Ton/m<sup>3</sup>      7.40 m

Proyecto: Edificio anexo al Edificio Sede del Poder Judicial de la Federación en Toluca.  
 Ubicación: Dr. Nicolás san Juan, casi esquina con calle Pies Negros,  
 Col. Ex-rancho Cuauhtémoc, Toluca, Estado de México.

ANÁLISIS DE ESTABILIDAD DE TALUDES INTERNOS EN EXCAVACIONES

Talud de 9,00 m de altura



$$\lambda_{cp} = \frac{(\gamma \cdot H + q) \tan \varphi}{u_q \cdot C}$$

$$FS_q = \frac{N_{cf} \cdot C}{\gamma \cdot H + q}$$

Donde:

- $\lambda_{cp}$  = Parámetro adimensional.
- $\gamma$  = Peso volumétrico medio del suelo excavado. 1.73 Ton/m<sup>3</sup>
- H = Altura del talud. 9.00 m
- q = Sobrecarga en la corona del talud. 1.60 Ton/m<sup>2</sup>
- $\varphi$  = Angulo de fricción interna medio del suelo excavado. 22 grados
- $u_q$  = Factor de reducción por sobrecarga.
- C = Cohesión media del suelo excavado. 2.5 Ton/m<sup>2</sup>
- $FS_q$  = Factor de seguridad del talud.
- $N_{cf}$  = Número de estabilidad, que depende del valor  $\lambda_{cp}$ .

Talud	Inclinación °	$u_q$	$\lambda_{cp}$	Número de estabilidad	Factor de seguridad
90	90	0.92	3.02	6.0	0.80
0.25 a 1	76	0.94	2.96	7.3	1.00
0.5 a 1	63	0.945	2.94	8.8	1.21
0.75 a 1	53	0.955	2.91	9.8	1.36
1.0 a 1	45	0.96	2.90	10.8	1.51

**Proyecto: Edificio anexo al Edificio Sede del Poder Judicial de la Federación en Toluca.**  
**Ubicación: Dr. Nicolás san Juan, casi esquina con calle Pies Negros,**  
**Col. Ex-rancho Cuauhtémoc, Toluca, Estado de México.**

$\gamma$ (Ton/m <sup>3</sup> )	Profundidad		Espesor a considerar (m)
	(m)	(m)	
1.48	0.00	2.40	2.40
1.84	2.40	4.20	1.80
1.82	4.20	9.00	4.80
$\gamma_s = 1.73$	Ton/m <sup>3</sup>		9.00 m

## **ANEXO 8**

**MEMORIA DE CÁLCULO GEOTÉCNICO**

**EXPANCIONES ELÁSTICAS POR**

**EXCAVACIÓN DEL TERRENO**



Proyecto: Edificio Anexo al Edificio Sede del Poder Judicial de la Federación en Toluca.  
 Ubicación: Av. Dr. Nicolás San Juan, casi esquina con calle Pies Negros,  
 Col. Ex-rancho Cuauhtémoc, Toluca, Estado de México



CÁLCULO DE EXPANSIONES ELÁSTICAS POR EXCAVACIÓN DEL TERRENO

CRITERIO DE STEINBRENNER:

$$P_0 = PB/E ((1-\nu_2) F_1 + (1-\nu-2\nu_2) F_2)$$

P= 21.12 ton/m<sup>2</sup> Descarga por excavación      γ = 1.76 Ton/m<sup>3</sup> Peso volumetrico  
 L= 29.70 m Largo de la excavación      H= 12.00 m Profundidad de la excavación  
 B= 27.74 m Ancho de la excavación

ESTRATO	PROFUNDIDAD (m)	ESPESOR D (m)	L <sub>1</sub> (m)	B <sub>1</sub> (m)	L/B	D/B	F <sub>1</sub>	F <sub>2</sub>	V	E (ton/m <sup>2</sup> )	Δ P <sub>0</sub>
1	12.00 - 14.20	2.20	29.70	27.74	1.07	0.08	0.010	0.035	0.45	1305	0.59
2	12.00 - 20.20	8.20	29.70	27.74	1.07	0.30	0.035	0.055	0.45	1925	1.09
	12.00 - 14.20	2.20	29.70	27.74	1.07	0.08	0.010	0.035	0.45	-1925	-0.40

PUNTO C= 1.28 cm 1/1

Proyecto: Edificio Anexo al Edificio Sede del Poder Judicial de la Federación en Toluca.  
 Ubicación: Av. Dr. Nicolás San Juan, casi esquina con calle Pies Negros,  
 Col. Ex-rancho Cuauhtémoc, Toluca, Estado de México



CÁLCULO DE EXPANSIONES ELÁSTICAS POR EXCAVACIÓN DEL TERRENO

CRITERIO DE STEINBRENNER:

$$P_0 = PB/E ((1-\nu_2) F_1 + (1-\nu-2\nu_2) F_2)$$

P= 21.12 ton/m<sup>2</sup> Descarga por excavación      γ = 1.76 Ton/m<sup>3</sup> Peso volumetrico  
 L= 29.70 m Largo de la excavación      H= 12.00 m Profundidad de la excavación  
 B= 27.74 m Ancho de la excavación

ESTRATO	PROFUNDIDAD (m)	ESPESOR D (m)	L <sub>1</sub> (m)	B <sub>1</sub> (m)	L/B	D/B	F <sub>1</sub>	F <sub>2</sub>	V	E (ton/m <sup>2</sup> )	Δ P <sub>0</sub>
1	12.00 - 14.20	2.20	29.70	13.87	2.14	0.16	0.015	0.040	0.45	1305	0.80
2	12.00 - 20.20	8.20	29.70	13.87	2.14	0.59	0.060	0.080	0.45	1925	1.81
	12.00 - 14.20	2.20	29.70	13.87	2.14	0.16	0.015	0.040	0.45	-1925	-0.54

PUNTO D= 2.07 cm 1/1

## **BIBLIOGRAFÍA**

- 1) Carta geológica Toluca E14-A-38, escala 1:50,000, editada en 1970 por la Comisión de Estudios del Territorio Nacional (CETENAL).
- 2) Colegio de Ingenieros Civiles de México. Normas Técnicas Complementarias del Reglamento de Construcción para el Distrito Federal. Centro de Actualización Profesional. México, 1994.
- 3) Comisión de Vialidad y Transporte Urbano. Departamento del Distrito Federal. Secretaría General de Obras. Manual de Diseño Geotécnico. Volumen 1. Estudios Geotécnicos y Diseño del Metro en Cajón. México, D. F. 1987.
- 4) Zeevaert, Leonardo. Foundation Engineering for Difficult Subsoil Conditions. Segunda Edición. Van Nostrand Reinhold Company. 1983.
- 5) Sociedad Mexicana de Mecánica de Suelos. Manual de Diseño y Construcción de Pilas y Pilotes. México, D. F. 1983.
- 6) Juárez, B. E. y Rico R. A. Mecánica de Suelos, tomo II. Teoría y Aplicaciones de la Mecánica de Suelos. Editorial Limusa. México, 1976.
- 7) Investigación, Geotecnia y Desarrollo, S. A. de C. V. Estudio de mecánica de suelos para la construcción de un edificio de ocho niveles y dos sótanos, en un terreno anexo al Palacio de Justicia Federal de Toluca, Estado de México. México, D. F. enero de 2008.