

# PAGINACION VARIA



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA  
DE MEXICO

FACULTAD DE INGENIERIA

ESTUDIO DE MECANICA DE SUELOS DEL PUENTE  
DE HUIXQUILUCAN, ESTADO DE MEXICO.

**TESIS PROFESIONAL**  
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE  
**INGENIERO CIVIL**  
**P R E S E N T A :**  
MAURICIO TREJO PUEBLA

**FACULTAD DE  
INGENIERIA**



MEXICO, D. F.

**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MEXICO**  
**TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN**

1994

723-A  
2eje.  
3054  
1997  
1997



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 está 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.



UNIVERSIDAD NACIONAL  
AUTÓNOMA DE  
MÉXICO

FACULTAD DE INGENIERIA  
DIRECCION  
60-1-171/94

Señor  
**MAURICIO TREJO PUEBLA**  
Presente.

En atención a su solicitud me es grato hacer de su conocimiento el tema que propuso el profesor **DR. RAFAEL MORALES Y MONROY**, que aprobó esta Dirección, para que lo desarrolle usted como tesis de su examen profesional de **INGENIERO CIVIL**.

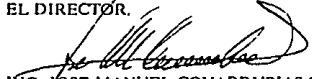
**"ESTUDIO DE MECANICA DE SUELOS DEL PUENTE DE HUIXQUILUCAN, ESTADO DE MEXICO"**

- I. DESCRIPCION DEL PREDIO Y DEL PROYECTO
- II. GENERALIDADES DE LA ZONA
- III. ANALISIS DE LA CIMENTACION
- IV. SINTESIS Y RECOMENDACIONES

Ruego a usted cumplir con la disposición de la Dirección General de la Administración Escolar en el sentido de que se imprima en lugar visible de cada ejemplar de la tesis el título de ésta.

Asimismo le recuerdo que la Ley de Profesiones estipula que deberá prestar servicio social durante un tiempo mínimo de seis meses como requisito para sustentar Examen Profesional.

Atentamente  
**"POR MI RAZA HABLARA EL ESPIRITU"**  
Cd. Universitario, a 28 de octubre de 1994.  
EL DIRECTOR.



ING. JOSE MANUEL COVARRUBIAS SOLIS

JMCS/RCR\*nl

## DEDICATORIA

Antes que nada, quisiera dar gracias a Dios por darme la oportunidad de ver realizado este sueño que sin lugar a dudas forma un gran logro de mi vida.

Quisiera en forma especial, dedicar esta tesis a mi papá, que yo sé que es un logro tanto para mi como para el haber hecho esta carrera.

Así mismo, quisiera dedicarla de igual manera a las siguientes personas:

- A mi mamá que siempre me ha apoyado en todo momento.
- A mis hermanas Margarita y Juana y a mi hermano Facundo.
- A mi cuñada Rosalba y por supuesto a mis sobrinas Areli y Maria Isabel.

-A mi sobrino el pequeño Isaac.

-A mi cuñado Guillermo.

-A todos mis amigos y compañeros de mi facultad en mas importancia a mi amigo José Manuel.

-A todo el equipo de computo de la facultad en especial a la Ing. Marta C. Cabrera.

-A mis amigos del servicio social en especial a M.I. Adriana A. Cafaggi Felix.

Por otro lado quisiera agradecer a la persona que de alguna manera contribuyeron conmigo a la realización de esta tesis, como lo fue el director de tesis:

Dr. Rafael Morales y Monroy.

# INDICE

INTRODUCCION.....	1
CAPITULO I	
1.DESCRIPCION DEL PREDIO Y DEL PROYECTO.....	2
1.1.DESCRIPCION DEL SITIO.....	2
1.2.DESCRIPCION DEL PROYECTO.....	2
CAPITULO II	
2.1.GENERALIDADES DE LA ZONA.....	4
2.2.TRABAJOS DE CAMPO.....	4
2.3.TRABAJOS DE LABORATORIO.....	7
2.4.ESTRATIGRAFIA Y PROPIEDADES.....	8
CAPITULO III	
3. ANALISIS DE LA CIMENTACION.....	9
CAPITULO IV	
4.SINTESIS Y RECOMENDACIONES.....	26

**APENDICE A**

**RESULTADOS DE CAMPO.....|**

**APENDICE B**

**RESULTADOS DE LABORATORIO.....|**

**APENDICE C**

**FIGURAS**

**CONCLUSIONES Y BIBLIOGRAFIA.**

## Introducción

El presente estudio de Mecánica de Suelos tuvo como objetivo evaluar la capacidad del terreno en Huixquilucan, Estado de México, en el paraje conocido como Hacienda el Ciervo, para la cimentación de un puente vehicular.

Dentro de la obra, se proporcionaron las facilidades para la realización de los trabajos de campo, donde se realizaron originalmente dos sondeos mixtos, SM-1 y SM-2, así como dos pozos a cielo abierto PCA-1 y PCA-2.

Posteriormente, y dado que el análisis estructural hizo cambiar el diseño del puente, se realizó un tercer sondeo profundo, SM-3, en el centro del claro del puente, cadenamiento 0+085 (perfil topográfico).

Con la información obtenida de estos sondeos, así como con la obtenida del análisis de las muestras en el laboratorio, se realizó el análisis de la cimentación, proponiéndose un cierto nivel de desplante y una capacidad de carga admisible, mismas que se desarrollan en el cuerpo de esta tesis.



# Capítulo I

## 1. Descripción del predio y del proyecto

### 1.1 Descripción del sitio.

El predio en cuestión se encuentra ubicado en el poniente de la ciudad, en el municipio de Huixquilucan Estado de México, vecino a la Delegación de Cuajimalpa D.F. (ver anexo fig.1) en una de las barrancas que forman los ríos San Fernando y El Ciervo, con una profundidad que promedia los 19 m.

El puente en cuestión unirá dos terrazas separadas por el arroyo El Ciervo en la barranca del mismo nombre, el cual generalmente tiene un tirante de agua mínimo, aunque en épocas de lluvia presenta tirantes importantes, lo que podría dar lugar a socavaciones también importantes.

A este respecto debe señalarse que para la realización de este estudio no se contó, en un principio, con un estudio topohidráulico del cauce, por lo relativo a la socavación se infirió de acuerdo a observaciones de campo, de literatura técnica y de los sondeos, aunque además, se nos informó más tarde que el arroyo será entubado, por lo que los problemas con la socavación serán eliminados.

### 1.2 Descripción del proyecto

Para la realización del proyecto en estudio, se contó, en un principio, con datos estructurales muy diferentes y mucho menores de los que más tarde se proporcionaron para el proyecto definitivo. En cuando a datos geométricos, se conocían los sitios a donde quedarían colocados dos de las pilas y los estribos.

Se conocía además, que el puente tendrá un claro de 150 m y un ancho de 22 m, teniendo una pendiente del 3% y siendo esviado en cuanto a su normal con respecto al arroyo El Ciervo. En el (anexo fig.2) se presenta un croquis del puente, dentro del Fraccionamiento en desarrollo.

El puente, como ya se mencionó, tiene 150 m de longitud, apoyado en uno de sus estribos sobre un muro Hilfiker, en donde existirá una descarga aproximada de 550 Ton (ver anexo fig.3 croquis del puente). Los apoyos intermedios, que variaron de dos en un principio a tres al final del diseño, descargan 1670 Ton cada uno, formando claros de 30 m entre sí.

El estribo No. 1, del lado del muro Hilfiker, cae sobre el cadenamiento 0+035; los apoyos intermedios sobre los cadenamientos 0+065, 0+095 y 0+125, respectivamente. El estribo No.2 cae sobre el 0+146.

Los datos del proyecto fueron proporcionados directamente por la empresa constructora, quien también realizó el estudio estructural, aunque posteriormente, el 4 de Noviembre de 1992 volvieron a modificarse, quedando entonces como lo muestra la tabla II.

## **Capitulo II**

### 2.1.Generalidades de la zona

En la cuenca de México, de acuerdo con el tipo de suelos que se han localizado, se han señalado tres zonas : Lomas, Transición y Lago.

Esta obra se encuentra, geológicamente localizada, en la zona conocida como "lomas", cuyas características generales se mencionan a continuación

#### 2.1.1. Estratigrafía general de la zona de lomas

En la secuencia estratigráfica de Las Lomas se identifican numerosos suelos, producto de meteorización de los depósitos volcánicos, fluviales, aluviales y glaciales; estos suelos, hoy transformados en paleosuelos o lobas, llevan el sello del clima en el que fueron formados, siendo a veces amarillos, producto de ambientes fríos, y otras veces café y hasta rojizos, producto de ambientes moderados a subtropicales.

En ellos ha existido una erosión subsecuente de estos depósitos, formándose profundas barrancas, seguidas posteriormente por su relleno parcial con los productos clásticos de nuevas erupciones ( flujos piroclásticos rosas y azules ) y por derrames de tipo aluvial.

### 2.2. Trabajos de Campo

#### 2.2.1. Perfil Topográfico

Un primer perfil, así como su ubicación en el terreno, fue dado directamente por la compañía fraccionadora del medio. Este se muestra en la Tabla I a continuación.

Un nuevo perfil fue firmado el 4 de Noviembre de 1992 en donde los apoyos se corren 10 mts. en el cadenamamiento como se observa en la tabla II. Este se considera como definitivo.

Tabla I. Perfil topográfico del terreno natural  
(Original)

ESTACION	ELEVACIONES		OBSERVACIONES
	T.N.	RASANTE	
0+000	406.23	410.00	
0+010	403.09	410.30	
0+020	399.96	410.60	
0+025	397.94	410.75	ESTRIBO
0+030	396.07	410.90	
0+040	394.78	411.20	
0+050	393.23	411.50	
0+055	392.38	411.65	PILA
0+060	392.50	411.80	
0+070	392.65	412.10	
0+080	393.01	412.40	
0+085	393.12	412.55	PILA
0+090	393.24	412.70	
0+100	393.28	413.00	
0+110	393.63	413.30	
0+115	398.05	413.45	PILA
0+120	399.39	413.60	
0+130	404.01	413.90	
0+140	409.58	414.20	
0+145	412.96	414.35	ESTRIBO
0+150	413.60		
0+160	438.69		

Tabla II. Perfil topográfico del terreno natural  
(Definitivo)

ESTACION	ELEVACIONES		OBSERVACIONES
	T.N.	RASANTE	
0+000	406.23	410.00	
0+010	403.09	410.30	
0+020	399.96	410.60	
0+030	396.07	410.90	
0+035	395.47	411.05	ESTRIBO
0+040	394.78	411.20	
0+050	393.23	411.50	
0+060	392.50	411.80	
0+065	392.65	411.95	PILA
0+070	392.65	412.10	
0+080	393.01	412.40	
0+090	393.24	412.70	
0+095	393.26	412.85	PILA
0+100	393.28	413.00	
0+110	393.63	413.30	
0+120	399.39	413.60	
0+125	400.65	413.75	PILA
0+130	404.01	413.90	
0+140	409.58	414.20	
0+146	413.23	414.38	ESTRIBO
0+150	413.60	414.50	
0+160	438.69		
0+180	440.57		

### 2.2.2. Programa Exploratorio

El programa exploratorio del subsuelo comprendió lo siguiente: dos sondeos mixtos SM-1 y SM-2, llevados hasta una profundidad de 15 y 21.32 m, respectivamente.

Igualmente, se realizaron dos pozos a cielo abierto, PCA-1 y PCA-2, llevados hasta 1.95 y 2.20 m respectivamente.

En los sondeos mixtos se alternaron los procedimientos de penetración estándar, método de lavado, (ver anexo fig.4) tricónica y rotación, leniéndose que ademar con ademe metálico en los primeros metros, debido a la falta de cohesión del terreno.

El perfil estratigráfico obtenido con los sondeos anteriores se ilustra en el perfil topográfico anexo a esta tesis. En ninguno de los sondeos se localizó el nivel de aguas freáticas, aunque en ocasiones, y debido a que la exploración se realizó en épocas de lluvias, se observó, en el sondeo SM-1 un nivel de aguas a 0.40 m de profundidad, pero que al paso de la lluvia descendía, tendiendo a desaparecer en el pozo.

El sondeo SM-3, se realizó posteriormente. Fue ubicado en el cadenamiento 0+085 y llevado a la profundidad de 25.40 m, sin detectarse el nivel freático del terreno.

### 2.3. Trabajos de laboratorio

Con objeto de conocer las propiedades, tanto índice como mecánicas del subsuelo, las muestras obtenidas en los sondeos SM-1, SM-2, SM-3, PCA-1 y PCA-2 se sometieron a una serie de ensayos de laboratorio. De manera general, todas las muestras obtenidas se clasificaron manual y visualmente de acuerdo con el S.U.C.S. (Sistema Unificado de Clasificación de Suelos) y, dependiendo del tipo de muestra recuperada, se efectuaron los diversos ensayos:

- A todas las muestras recuperadas se les efectuó la determinación del contenido de agua y su clasificación visual y al tacto.

-A muestras representativas seleccionadas se les determinó el porcentaje de finos y su distribución granulométrica.

-A las muestras inalteradas se les determinó la resistencia al corte en compresión simple y en traxiales rápidas, y peso volumétrico.

Con los resultados obtenidos en estos ensayos, se formaron los perfiles estratigráficos del subsuelo en los sondeos a los cuales hayan correspondido las muestras ensayadas. Estos perfiles indican la variación tanto de los valores de los parámetros, como de las propiedades del subsuelo con la profundidad y pueden observarse en los cortes estratigráficos que se muestran al final, en los anexos de éste trabajo.

#### 2.4. Estratigrafía y propiedades

Con base en los ensayos de laboratorio y trabajos de campo, se definió la estratigrafía presentada ( anexo ). construida a lo largo de los sondeos realizados.

Observando la estratigrafía mostrada en los perfiles anteriores, se notará que corresponde a la zona de lomas, la cual se trató de manera general anteriormente (inciso 2.1. ). A continuación se describe en detalle el subsuelo del sitio en estudio.

##### 2.4.1. Descripción del subsuelo in-situ

El sitio se encuentra subyacente por un primer estrato constituido por arenas y gravas, poco compactas, bajo las cuales, en el centro del arroyo, aparece un estrato de arcillas arenosas, café oscuro, con un espesor variable de 2 a 3 m. Este estrato arcilloso tiende a desaparecer conforme se avanza hacia la elevación. Por debajo de él, a una profundidad variable entre 5 y 8 m, se encuentran arenas y gravas muy compactas, en diversas tonalidades, las cuales debieron perforarse con métodos tricónicos y de lavado ya que la penetración estándar "rebotaba", al tenerse que dar más de 50 golpes para avanzar apenas unos cuantos centímetros.

# Capítulo III

## 3. Análisis de la cimentación

### 3.1. Pilas o apoyos intermedios

La profundidad de desplante se propuso en base a los perfiles estratigráficos obtenidos, salándose los primeros 2.5 m por trarse de arenas aluviales con poca compactación, posiblemente producto del arrastre del arroyo. Luego de ello se encontró una lente arcillosa variable en espesor, comprendida entre las cotas 389 y 392, lo cual obligó a profundizar la cimentación, para evitar así hundimientos diferenciales y por lo tanto no se pudo cimentar con zapatas por ser una cimentación superficial que podría tener hundimientos causados por las arcillas.

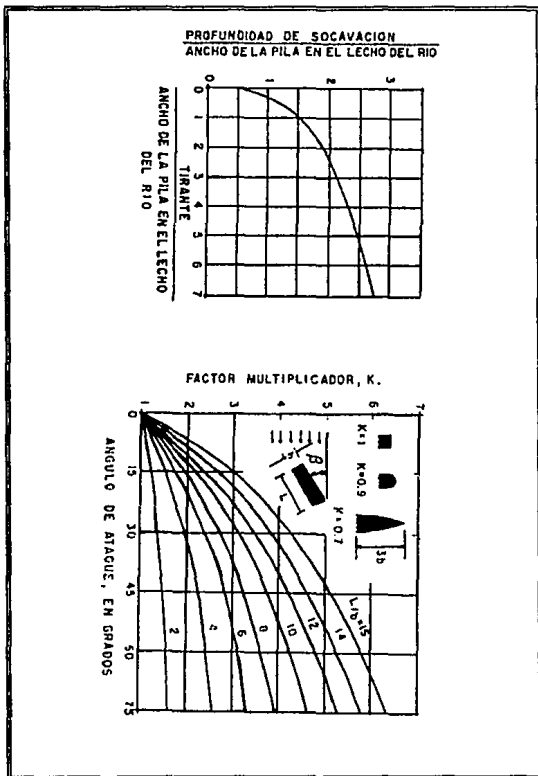
La socavación adicional a la propia de la corriente producida al pie de las pilas de los puentes es debida a las modificaciones de las condiciones hidráulicas de escurrimiento que la presencia de la propia pila produce. En efecto, basta la desviación lateral de la corriente, causada por el obstáculo, para que aquella adquiera un impulso en dirección vertical que, combinado con el movimiento de avance da lugar a trayectorias descendentes que atacan el fondo, incrementado mucho la capacidad de arrastre de material sólido en la zona aguas arriba de la pila. En la cavidad así creada se produce un vértice de eje horizontal que aumenta la erosión, hasta el punto en que se alcanza un nuevo perfil de equilibrio en el fondo del cauce.



La profundidad afectada por esta socavación varia con muchos factores que se refieren tanto a la corriente, como al cauce y a la propia pila. Las principales características son el tirante y la velocidad del agua, el tipo de suelo que forma el fondo del cauce, la forma de la pila, su ancho y su inclinación con respecto a la dirección principal de la corriente. Los investigadores tratan de ligar estas variables principales y otras de menor influencia, pero las ecuaciones y relaciones de que se dispone son de carácter semi-empírico y todavía no es posible depositar en ellas un alto grado de confiabilidad.

En la (Fig.1) aparece una curva que da la profundidad de socavación cuando se conocen el tirante de la corriente y el ancho de la pila de puente de que se trate, al nivel del fondo del cauce. En la parte b) de la misma figura se obtiene un factor K, dependiente de la geometría de la sección recta de la pila y de su inclinación respecto a la dirección principal de la corriente, por el que debe multiplicarse el valor obtenido de la gráfica de la parte a), para obtener el valor final de proyecto para la socavación adicional. La gráfica de la parte b) de la figura funciona como sigue : conocida la relación largo a ancho de la pila ( $L/b$ ) y el ángulo de inclinación respecto a la dirección de la corriente, puede obtenerse un valor de K válido para pila de sección rectangular; si la pila tiene forma similar a alguna de las que aparecen dibujadas, el valor antes obtenido deberá aún ser multiplicado por el coeficiente de reducción que aparece en las gráficas, para obtener finalmente la socavación adicional definitiva.

Los autores de esta investigación indican que las gráficas anteriores sólo son aplicables si existe en la corriente un gasto continuo de material desde la dirección aguas arriba.



**Fig.1 Cálculo de la socavación  
producida por la presencia de  
una pila en una corriente**

De acuerdo a todo esto, y utilizando el criterio propuesto por Meyerhof, se procedió al análisis de la cimentación.

Meyerhof propone:

$$q_u = cN_c + \gamma D_f N_q$$

como capacidad de carga última de un suelo, por lo que, al incluirle un factor de seguridad, se obtiene la capacidad de carga admisible:

$$q_a = \frac{cN_c}{F.S.} + \gamma D_f N_q$$

lo cual, al aplicarse al área específica de un cimiento, proporciona la carga que podrá tomar dicho elemento.

donde:

$A_b$  : Área transversal de la cimentación.

$c$  : Cohesión.

$N_c$  y  $N_q$  : Factores para la capacidad de carga.

F.S. : Factor de seguridad

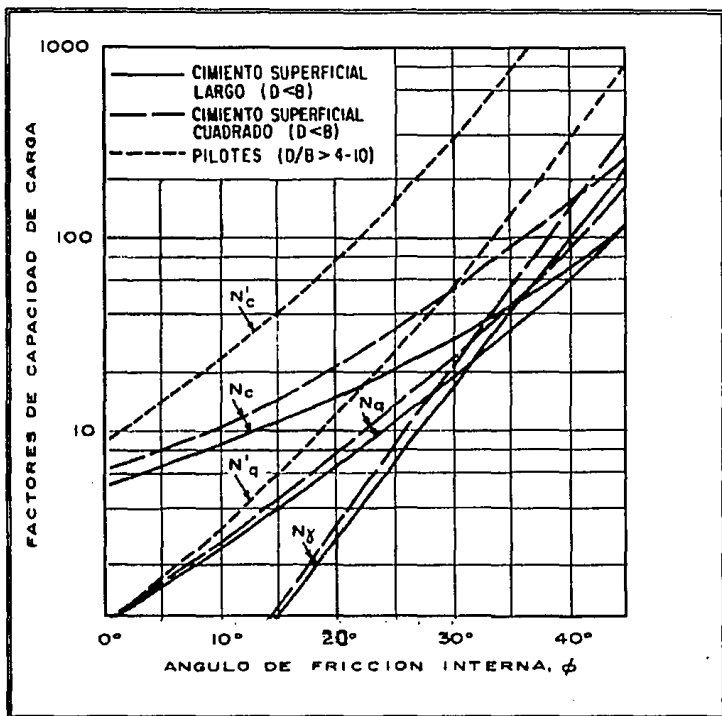


FIG.2 Factores de capacidad de carga para cimentación superficial y pilotes

Considerando que el nivel de desplante se encuentra ubicado en la cota 385, en el cual se encuentra localizado un manto de arena pumilica muy compacta, con una cohesión de 20 Ton/ m<sup>2</sup> y un ángulo de fricción de 36°, la capacidad de carga de carga sera:

De la figura 2 anterior se tomaron los siguientes factores :  $N_c = 60$  y  $N_q = 42$  .  
En el siguiente dibujo se muestran la configuración de los estratos:

T.N.



A) 1.8 m       $\gamma_m = 1.94 \text{ T/m}^3$        $\Phi = 28^\circ$

---

B) 4.45 m       $\gamma_m = 1.70 \text{ T/m}^3$        $\Phi = 0^\circ$

---

C) 4.95 m       $\gamma_m = 1.65 \text{ T/m}^3$        $\Phi = 36^\circ$

---

D) 5.55 m       $\gamma_m = 1.94 \text{ T/m}^3$        $\Phi = 36^\circ$

---

E) 6.75 m       $\gamma_m = 1.75 \text{ T/m}^3$        $\Phi = 36^\circ$

---

F) 7.35 m       $\gamma_m = 1.95 \text{ T/m}^3$        $\Phi = 34^\circ$

---

G) 7.65 m       $\gamma_m = 1.85 \text{ T/m}^3$        $\Phi = 36^\circ$

---

Tomando en consideración las cotas se tuvo un  $Df = 7.65$  m

Con estos datos se obtuvo la capacidad de carga admisible de:

$$q_u = 20 (60) + (1.94 (1.8) + 1.7 (2.65) + 1.65 (0.5) + 1.94(0.6) + 1.75 (1.2) + 1.95 (0.6) + 1.85 (0.3) ) 42$$

$$q_u = 1780 \text{ Ton/ m}^2$$

y considerando un factor de seguridad de 3 se obtuvo una capacidad de carga

$$q_s = 593 \text{ Ton/m}^2$$

que es la capacidad de carga del suelo a la cota 385.

Haciendo un revisión de pilotes de punta se obtuvieron los siguientes resultados

Considerando un diámetro de 0.40 m se obtuvo un área de  $0.13 \text{ m}^2$

Tomando en consideración la carga admisible anteriormente obtenida se obtiene el número de pilotes.

$$Q_s = 593 \cdot 0.13 = 74.52$$

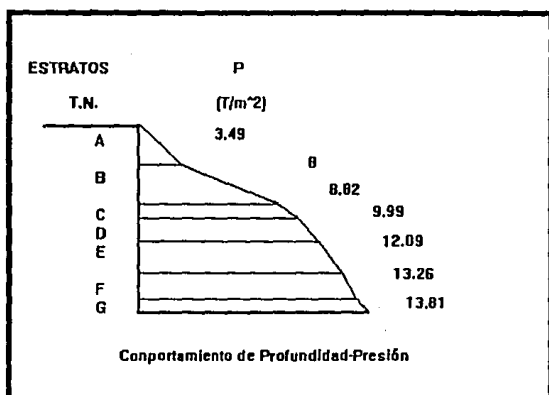
Analizando las condición más crítica, la cual es de una carga de 1675 Ton se tiene lo siguiente:

$$N_p = 1675/74.52$$

No.de pilotes => 23 pilotes que representan modos

### Propuesta por pilotes de fricción

Considerando los datos que se muestra en la figura de los estratos y considerando también el mismo diámetro de 0.40 m y con la cual se obtuvo un perímetro de 1.26 m con los datos de la grafica de profundidad-presión que se muestra en la siguiente figura 3 para las presiones necesarias.



**FIG:3 Profundidad-Presión**

Para el estrato A se obtuvo lo siguiente:

$$\sigma_H = 1.75 (1 - \text{sen } 28^\circ) = 0.93 \text{ T/m}^2$$

$$s = 0.93 \tan 28^\circ = 0.49$$

$$sp = 0.49 (1.8) (1.26) = 1.12 \text{ T/pil.}$$

Para el estrato B se obtuvo:

$$\sigma_H = 5.75 (1 - \text{sen } 0^\circ) = 5.75 \text{ T/m}^2$$

$$s = 2.37 \tan 0^\circ = 0$$

$$sp = 1.72 (4.45) (1.26) = 0 \text{ T/pil}$$

Para el estrato C se obtuvo:

$$\sigma_H = 8.41 (1 - \text{sen } 36^\circ) = 3.47 \text{ T/m}^2$$

$$s = 3.47 \tan 36^\circ = 2.52$$

$$sp = 2.52 (4.95) (1.26) = 15.71 \text{ T/pil.}$$

Para el estrato D se obtuvo:

$$\sigma_H = 9.41 (1 - \text{sen } 36^\circ) = 3.88 \text{ T/m}^2$$

$$s = 3.88 \tan 36^\circ = 2.82$$

$$sp = 2.82 (5.55) (1.26) = 19.71 \text{ T/pil.}$$

Para el estrato E se obtuvo:

$$\sigma_H = 11.04 (1 - \text{sen } 36^\circ) = 4.55 \text{ T/m}^2$$

$$s = 4.55 \tan 36^\circ = 3.31$$

$$sp = 3.31 (6.75) (1.26) = 28.12 \text{ T/pil}$$



Para el estrato E se obtuvo:

$$\sigma_H = 12.68 (1 - \sin 34^\circ) = 5.59 \text{ T/m}^2$$

$$s = 5.59 \tan 34^\circ = 3.77$$

$$sp = 3.77 (7.35) (1.26) = 34.92 \text{ T/pil.}$$

Para el estrato G se obtuvo:

$$\sigma_H = 13.54 (1 - \sin 36^\circ) = 5.58 \text{ T/m}^2$$

$$s = 5.58 \tan 36^\circ = 4.06$$

$$sp = 4.05 (7.65) (1.26) = 39.89 \text{ T/pil.}$$

Tomando la suma se obtiene la capacidad :

$$q_{ur} = 0.12 + 0 + 15.71 + 19.71 + 28.12 + 34.92 + 39.09$$

$$q_{ur} = 138.67 \text{ T/pil.}$$

con un Factor de Seguridad de 2 se obtiene la carga admisible

$$q_a = 138.67/2$$

$$q_a = 69.34 \text{ T/pil.}$$

Y considerando un carga critica de 1675 Ton. se puede obtener el número de pilotes

$$N_p = 1675/69.34$$

$$N_p = 25 \text{ pilotes.}$$

$$3300/25 = 132 \quad \text{Por lo tanto distancia entre pilotes } d = 11.5 \text{ m}$$

En general, se usan los pilotes como elementos de cimentación cuando se requiriere:

1. Transmitir las cargas de una estructura, a través de un espesor de suelo blando o a través de agua, hasta un estrato de suelo resistente, que garantice el apoyo adecuado. La forma de trabajo de estos pilotes podría visualizarse como similar a la de las columnas de estructuras.
2. Transmitir la carga a un cierto espesor de suelo blando, utilizando para ello la fricción lateral que se produce entre suelo y pilote.
3. Comparar suelos granulares, con fines de generación de capacidad de carga. Este uso de los pilotes, en realidad fuera del campo de la cimentaciones en sí mismas.
4. Proporcionar el debido anclaje lateral a ciertas estructuras (como tablaestacas por ejemplo) o resistir las fuerzas laterales que se ejerzan sobre ellas (como en el caso de un puente).
5. Proporcionar anclaje a estructuras sujetas a subpresiones, momentos de volcadura o cualquier efecto que trate de levantar la estructura. Estos son pilotes de tensión.
6. Alcanzar con la cimentación profundidades ya no sujetas a erosión, socavación (anteriormente mencionado en el objetivo 1.1) u otros efectos nocivos.
7. Proteger estructuras marinas, tales como muelles, atracaderos, etc., contra el impacto de barcos u objetos flotantes.

Con lo anteriormente visto se puede resumir que los pilotes no convienen en este caso y por lo tanto es preferible usar pilas coladas in-situ.

### Propuesta 1

Considerando pilas de diámetro igual 0.90 m y la carga admisible de 593 T/m<sup>2</sup> anteriormente calculada.

$$Q_a = 593 \cdot 0.64$$

$$Q_a = 377.25 \text{ Ton.}$$

Analizando la condición más crítica, la cual es de una carga de 1675 Ton se tiene lo siguiente :

$$N_{\text{pilas}} = 1675/377$$

No. de Pilas => 5 pilas

### Propuesta 2

Con las mismas consideraciones que en la propuesta anterior y solamente variando el diámetro de la pila de la pila se tiene lo siguiente:

Considerando pilas de diámetro igual 1.20 m

$$Q_a = 593 \cdot 1.13$$

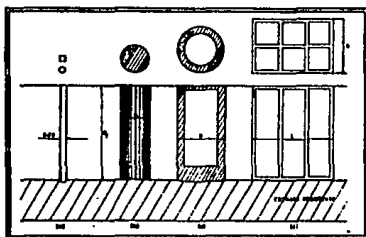
$$Q_a = 670.7 \text{ Ton}$$

Analizando la condición más crítica, la cual es de una carga de 1675 Ton se tiene lo siguiente:

$$N_{\text{pilas}} = 1675/670.7$$

No. de pilas => 4 pilas.

En la figura siguiente se muestra esquemáticamente los tipos de cimentaciones anteriormente descritas.



**FIG. 4 TIPOS DE CIMENTACIONES PROFUNDAS**

- a) Pilotes
- b) Pila
- c) Cilindro (corte)
- d) Cajón de 6 celdas (corte)

En el anexo fig.5 se muestran algunos tipos de pilas para puentes.

### 3.2 Estribo Normal

Para el caso del estribo normal, el cual se encuentra sometida a una carga de 550 Ton, que repartidas en 17.2 mts. de ancho del puente, dan un total de 32 T/m. las condiciones de apoyo son diferentes pues se encuentra sobre un talud natural y el subsuelo tiene menor resistencia que en el caso anterior.

Para determinar la capacidad de carga del subsuelo en este sitio, se siguió el criterio propuesto por Terzaghi :

$$q_u = cN_c + \gamma D_f N_q + 1/2 \gamma B N_\alpha$$

como capacidad de carga última de un suelo, por lo que al incluirle un factor de seguridad, se obtiene la capacidad de carga admisible:

$$q_a = \frac{q_u}{F.S}$$

donde :

c : Cohesión.

$N_c$  ,  $N_q$  y  $N_\alpha$  : Factores propuestos para la capacidad de carga.

F.S. : Factor de seguridad.

con lo que se realizó el análisis de las siguientes propuestas :

#### Propuesta 1

Esta propuesta se realizó con un ancho de zapata de 2 mts. y una profundidad de desplante de un metro, en donde se encuentra localizado un manto de gravas empacadas en limo arenoso, con una cohesión de 4.2 Ton/m<sup>2</sup> y un ángulo

de fricción de  $24^\circ$ . De la grafica (fig.5) que se muestra a continuación se obtuvieron los coeficientes  $N_c = 23$ ,  $N_q = 12$  y  $N_\gamma = 8$ . Además de tener un peso volumetrico de  $\gamma = 1.35 \text{ T/m}^3$

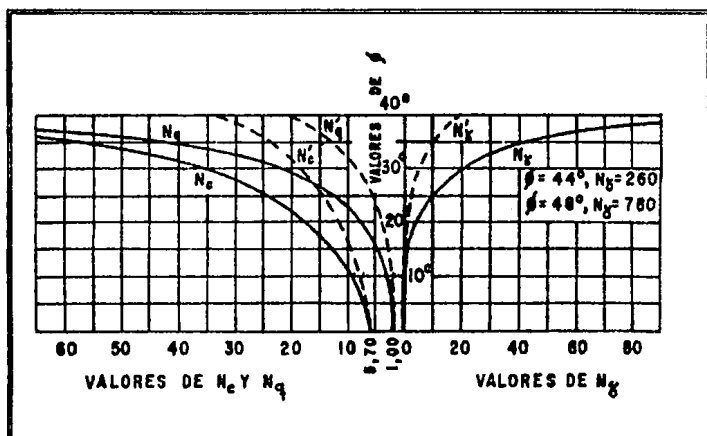


FIG.5 Factores de capacidad de carga para aplicación de la teoría de Terzaghi.

La capacidad de carga de la zapata será la siguiente:

$$q_u = 4.2 \cdot 23 + 1.35 \cdot 1 \cdot 12 + 1/2 \cdot 1.35 \cdot 2 \cdot 8$$

$$q_u = 123.6 \text{ Ton/m}^2$$

y tomando F.S. = 3

$$q_a = 41.2 \text{ Ton/m}^2$$

### Propuesta 2

Con las mismas consideraciones que en la propuesta anterior y solamente variando la profundidad de desplante a 2 mts. se tiene lo siguiente:

$$q_u = 4.2 \cdot 23 \cdot 1.35 \cdot 2 \cdot 12 + 1/2 \cdot 1.35 \cdot 2 \cdot 8$$

$$q_u = 139.8 \text{ Ton/m}^2$$

y considerando también un F.S. = 3

$$q_a = 46.6 \text{ Ton/m}^2$$

En el anexo fig.6 se muestran algunos tipos de estribos para puente.

### 3.3 Estribo sobre el muro Hilfiker

Para el caso del estribo sobre el muro Hilfiker, éste se encuentra sometido a una descarga de 550 Ton., misma que será soportada íntegramente por dicho muro.

Debe hacerse notar que ese muro deberá ser desplantado por debajo de los rellenos locales, sin compactar, los cuales tienen espesores que varían entre los 4.5 y 5.5 m, empotrándose al menos un metro por debajo del terreno natural, "sano".

Con el nuevo cadenamiento, el apoyo sobre el muro Hilfiker resultará benéfico, pues los rellenos presentan mayor espesor, hacia el cadenamiento 0+000 y disminuyen hacia el centro de la barranca, conforme aumenta el cadenamiento. Esto tiene repercusiones en cuanto a movimientos de tierras y a niveles de desplante, ya que con ello, los espesores de rellenos deberán disminuir, de una manera que no puede ser predicha, pero deberá ser vigilada en campo, por un supervisor en geotecnia, quien deberá estar de tiempo completo, mientras se ejecuten las excavaciones para instalar el muro Hilfiker.

Este estribo se analizó con los datos reportados por campo y laboratorio, siguiendo el criterio propuesto por Terzaghi, con lo que, al sustituir valores con un factor de seguridad  $F.S. = 3$ , se obtuvo lo siguiente:

En superficie:

$$q_u = 189 \text{ Ton/m}^2$$

$$q_s = 63 \text{ Ton/m}^2$$

A una profundidad de 1 m:

$$q_u = 219 \text{ Ton/m}^2$$

$$q_s = 73 \text{ Ton/m}^2$$

A una profundidad de 2 m (dentro del terreno natural)

$$q_u = 252 \text{ Ton/m}^2$$

$$q_s = 84 \text{ Ton/m}^2$$

En la fig.7 y fig.8 del anexo se muestra una foto del puente ya construido y una foto del Muro Hilfiker.



## Capítulo IV

### 4. Síntesis y recomendaciones

- 1) El terreno del predio en cuestión es típico de la zona de Lomas del valle de México, con muy buena capacidad de carga.
- 2) La cimentación que se recomienda para los apoyos centrales de este proyecto es de tipo profundo, a base de elementos apoyados de punta. Los elementos recomendados son pilas de concreto reforzado, colados in-situ.
- 3) El nivel de desplante de estas pilas es variable en profundidad para cada apoyo, pero todas en la cota 385. Para su cálculo se utilizó el criterio de Meyerhof, recomendándose una presión de contacto admisible entre la base de las pilas y el terreno de  $593 \text{ Ton/m}^2$ .

La cimentación propuesta para estas pilas se resume en los cuadros que a continuación se presentan:

#### PILAS CENTRALES

Descarga de  $P = 1675 \text{ Ton}$ .

CIMENTACION	PROFUNDIDAD DESPLANTE (COTA)	DIAMETRO (m)	CAPACIDAD POR PILA (Ton)	No. de PILAS
PILA	385	0.90	375	5
PILA	385	1.20	670	4

Estas pilas deberán estar unidas por un dado de cimentación que las ligue entre sí distribuidas de acuerdo al diseño estructural del puente.

4) Con el nuevo cadenamiento se pudieran presentar variaciones abajo de los apoyos ya que los sondeos quedaron desplazados 10 metros. sin embargo. se considera que estas pueden ser mínimas. Se recomienda una supervisión en el nivel de desplante. antes del colocado del armado de las pilas.

5) Las pilas deberán ser revisadas a flexo-compresión pues su altura es considerable y pueden generar un momento importante.

6) Los asentamientos esperados son del orden de los 3 cm y se presentarán durante la etapa misma de la construcción.

7) Para recibir la descarga en el estribo normal. se recomienda una zapata de 2 m de ancho, de concreto reforzado, a una profundidad de 2m . en donde se tiene una capacidad de carga de 57 T/m<sup>2</sup>.

#### ESTRIBO NORMAL

Descarga de P = 550 Ton.

CIMENTACION	PROFUNDIDAD DESPLANTE (m)	BASE (m)	CAPACIDAD (T/m <sup>2</sup> )
ZAPATA	1	2.00	44
ZAPATA	2	2.00	57

8) El muro hilfiker, que actuará como uno de los estribos, se deberá desplantar a un metro de profundidad dentro del terreno natural. "sano". que tiene una capacidad de carga de  $73 \text{ T/m}^2$ .

9) Deberá cuidarse de no modificar las condiciones del talud en el apoyo del lado del estribo normal, pues esto podría repercutir en las condiciones de la estabilidad de su cimentación.

#### 4.1 Proceso constructivo.

1) Dadas las condiciones estratigráficas encontradas en el lecho del río, se recomienda realizar las perforaciones con un taladro o barreno helicoidal y/o bote perforador hasta alcanzar el nivel de desplante.

2) Si se requiere ademar y/o evitar caídos dentro de las perforaciones, se instalarán fundas metálicas de diámetro de 5 a 10 cm menor que el del fuste de la pila. Si se prefiere, también podría usarse ademe a base de lodo bentonítico.

3) Una vez alcanzada la profundidad de desplante, se bajará un hombre, con la finalidad de revisar que no exista material suelto en la base de la perforación.

4) Mientras en el fondo de la perforación se realizan los trabajos anteriores, en la superficie se puede empezar a armar el acero de refuerzo recomendado en el diseño estructural.

5) Realizados los trabajos anteriores y con la ayuda de la pluma de una grúa se colocará el armado dentro de la perforación.

6) Después de terminados los trabajos de armado del acero, se procederá a realizar una última inspección en la perforación para asegurarse de que no exista ningún caído dentro de la misma; caso contrario se procederá a su limpieza.

7) A continuación se procederá al colado de la pila, asegurándose que en el proporcionamiento del concreto para el colado se tome en cuenta la pérdida de agua por absorción del suelo y se recomienda que, para evitar la segregación del material, el colado se deberá realizar con tubo tremi.

8) Al alcanzar el colado una profundidad de 1.0 m por debajo del nivel del terreno natural, se procederá a rescatar las fundas metálicas enclavadas dentro de las pilas. Este rescate se podrá realizar mediante una pluma auxiliada con gatos hidráulicos, para vencer la adherencia suelo-funda.

**ESTA TESIS NO DEBE  
SALIR DE LA BIBLIOTECA**

# **ANEXOS**

**APENDICE A**  
**RESULTADOS**  
**DE CAMPO**

## REGISTROS DE CAMPO

OBRA: PUENTE      SONDEO No PCA-1      ELEVACION m      FECHA DE INICIO 6/10/92

UBICACION: HUIXQUILUCAN, ESTADO DE MEXICO      LOCALIZACION 0+149.5      FECHA DE TERMINACION 6/10/92

PROCEDIMIENTO: POZO A CIELO ABIERTO.

PROF (m)	DESCRIPCION	MUESTRA No	DE	A	No DE GOLPES EN 30 cms DE PENETRACION	LONG RECUPERADA	OBSERVACIONES
	GRAYAS EMPACADAS EN LIMO ARENOSO COLOR CAPE	1	1.00	1.20			
	GRAYAS EMPACADAS EN LIMO ARENOSO COLOR CAPE	2	1.70	1.95			

### REGISTROS DE CAMPO

OBRA : PUENTE	SONDEO NoPCA-2	ELEVACION m	FECHA DE INICIO 6/10/92				
UBICACION-HUIXQUILUCAN, ESTADOS DE MEXICO	LOCALIZACION 0+025.0		FECHA DE TERMINACION 6/10/92				
PROCEDIMIENTO: POZO A CIELO ABIERTO.							
PROF (m)	DESCRIPCION	MUESTRA No	DE	A	No DE GOLPES EN 30 cm DE PENETRACION	LONG RECUPERADA	OBSERVACION
	GRAVAS BOLEDOS Y ARENAS	1	1.00	1.20			
	ARCILLA COLOR CAPE CLARO	2	2.00	2.20			



### REGISTROS DE CAMPO

OBRA: PUENTE	SONDEO No SM-1	ELEVACION m	FECHA DE INICIO 01/10/92
UBICACION: HUXQUILUCAN, ESTADO DE MEXICO	LOCALIZACION 0+055.0		FECHA DE TERMINACION 02/10/92

PROCEDIMIENTO PENETRACION ESTANDAR Y ROTACION BX.

PROF. (m)	DESCRIPCION	MUESTRA No	DE	A	No DE GOLPES EN 30 cm DE PENETRACION	LONG. RECUPERADA	OBSERVACIONES
	GRAVAS Y ARENAS MEDIANA Y FINA	1	0.00	0.60	3-13-5	16	SE ADEMO DE 0.20 A 4.50
	GRAVAS Y ARENAS MEDIANA Y FINA	2	0.60	1.20	2-17-5	15	
	GRAVAS Y ARENA MEDIANA Y FINA	3	1.20	1.80	11-5-4	10	
	ARCILLA ARENOSA CAPE OSCURO	4	1.80	2.40	1-5-5	45	
	ARCILLA ARENOSA CAPE OSCURO	5	2.40	3.00	5-26-28	38	
	ARCILLA ARENOSA CAPE OSCURO	6	3.00	3.60	13-37-23	49	
	ARCILLA ARENOSA CAPE OSCURO	7	3.60	3.80	35-50/5	17	
		-	3.80	4.20			LAVADO
		-	4.20	4.45	14-52/10	S/R	
	ARENA RONZA CON GRAVILLA	8	4.45	4.85		20	ROTACION BX
	ARENA PUNTICA CON GRAVAS CRUESAS	9	4.85	5.55	13-43-15	23	
	ARENA PUNTICA CON GRAVAS CRUESAS	10	5.55	5.85	28-50/15	8	
		-	5.85	6.15			LAVADO
	ARENA PUNTICA CON GRAVAS CRUESAS	11	6.15	6.70	7-10-50/10	7	
		-	6.70	6.75			LAVADO
	ARENA PUNTICA CON GRAVAS CRUESAS	12	6.75	6.90	50/15	8	
		-	6.90	7.35			LAVADO
	ARENA PUNTICA CON GRAVAS CRUESAS	13	7.35	7.43	50/8	5	
		-	7.43	7.95			LAVADO
	ARENA CAPE CLARO CON GRAVAS CRUESAS	14	7.95	8.05	50/10	9	
		-	8.05	8.50			LAVADO

### REGISTROS DE CAMPO

OBRA : PUENTE	SONDEO No SM-1	ELEVACION m	FECHA DE INICIO 01/10/92				
UBICACION HUIXQUILUCAN, ESTADO DE MEXICO	LOCALIZACION 0+055.0		FECHA DE TERMINACION 02/10/92				
PROCEDIMIENTO: PENETRACION ESTANDAR Y ROTACION BX							
Prof (m)	DESCRIPCION	MUESTRA No	DE	A	No DE GOLPES EN 30 cm DE PENETRACION	LONG RECUPERADA	OBSERVACIONES
	ARENA PUNTICA CAFE CLARO CON GRAVAS CRUESAS	15	8.50	8.57	50/7	6	
		-	8.57	9.10			LAVADO
	LIMO CON CAFE ARENA PUNTICA GRAVAS CRUESAS	16	9.10	9.14	50/4	4	
		-	9.14	9.70			LAVADO
	ARENA PUNTICA CAFE CLARO CON GRAVAS CRUESAS	17	9.70	10.10	42-50/25	4	
		-	10.10	10.30			LAVADO
	LIMO ARENOSO CON GRAVAS MEDIANAS	18	10.30	10.53	32-50/8	3	
		-	10.53	10.90			LAVADO
		-	10.90	10.97	50/7	5/R	
		-	10.97	11.50			LAVADO
	BOLEZOS Y ARENA MEDIANA	19	11.50	11.90		7	ROTACION BX
	BOLEZOS Y ARENA MEDIANA	20	11.90	11.95	50/9	3	
		-	11.95	12.50			LAVADO
		-	12.50	12.58	50/8	5/R	
		-	12.58	13.10			LAVADO
	ARENA PUNTICA CAFE CLARO	21	13.10	13.50	36-50/25	21	
		-	13.50	13.70			LAVADO
		-	13.70	13.83	50/13	5/R	
		-	13.83	14.30			LAVADO
	BOLEZOS EMPACADOS EN LIMO ARENOSO CAFE CLARO	22	14.30	15.00		12	ROTACION BX

### REGISTRO DE CAMPO

OBRA: PUENTE	SONDEO No SM-2	ELEVACION m	FECHA DE INICIO 05/10/92
UBICACION HUIXQUILUCAN, ESTADO DE MEXICO	LOCALIZACION 0+115.0		FECHA DE TERMINACION 06/10/92

#### PROCEDIMIENTO. PENETRACION ESTANDAR Y ROTACION BX

PROF (m)	DESCRIPCION	MUESTRA No	DE	A	No DE GOLPES EN 30 cm DE PENETRACION	LONG RECUPERADO	OBSERVACIONES
	BOLEZOS CHICOS Y ARCILLA CAFE	1	0.00	0.60	2-42-7	20	SE ADEMO DE 0.00 A 3.00
	BOLEZOS CHICOS Y ARCILLA CAFE	2	0.60	1.20	28-13-7	40	
	BOLEZOS CHICOS Y ARCILLA CAFE	3	1.20	1.77	26-26-50/12	27	
		-	1.77	1.80			LAVADO
	LIMO ARENOSO Y MATERIAL ORGANICO	4	1.80	2.03	45-50/8	23	
		-	2.03	2.40			LAVADO
	BOLEZOS EMPACADOS EN ARENA CAFE	5	2.40	2.45	50/5	5	
		-	2.45	3.00			LAVADO
	BOLEZOS EMPACADOS EN ARENA CAFE	6	3.00	3.10	50/10	7	
		-	3.10	3.60			LAVADO
	BOLEZOS EMPACADOS EN ARENA CAFE	7	3.60	3.65	50/5	3	
		-	3.65	4.20			LAVADO
	ARENA PUNTERA CAFE CLARO	8	4.20	4.20	50/8	6	
		-	4.20	4.80			LAVADO
		-	4.80	4.88	50/8	5/8	
	ARENA PUNTERA CAFE CLARO	9	4.88	5.45		10	ROTACION BX
	ARENA PUNTERA	10	5.45	5.58	50/10	9	
		-	5.58	6.08			LAVADO
	ARENA PUNTERA CAFE CLARO	11	6.08	6.18	50/10	7	
		-	6.18	6.68			LAVADO
	ARENA PUNTERA CAFE Y GRAVAS GRUESAS	12	6.68	6.80	50/12	10	

### REGISTRO DE CAMPO

OBRA: PUENTE	SONDEO No SM-2	ELEVACION m	FECHA DE INICIO 05/10/92
UBICACION: HUIQUILUCAN, ESTADO DE MEXICO	LOCALIZACION 0+115.0		FECHA DE TERMINACION 06/10/92
PROCEDIMIENTO: PENETRACION ESTANDAR Y ROTACION BX			

PROF (m)	DESCRIPCION	MUESTRA No	DE	A	No DE GOLPES EN 30 cm DE PENETRACION	LONG RECUPERADA	OBSERVACIONES
		-	6.60	7.25			LAVADO
	ARENA PUNITICA CAFE Y GRAYAS GRISESAS	13	7.25	7.35	50/10	6	
		-	7.35	7.60			LAVADO
	ARENA PUNITICA CAFE Y GRAYAS GRISESAS	14	7.55	7.90	50/10	10	
		-	7.95	8.15			LAVADO
	ARENA PUNITICA CAFE CLARO	15	8.15	8.63	50/15	12	
		-	8.63	9.05			LAVADO
	ARENA PUNITICA CAFE CLARO	16	9.05	9.17	50/9	9	
		-	9.17	9.65			LAVADO
	ARENA PUNITICA CAFE CLARO	17	9.65	9.75	50/8	6	
		-	9.75	10.25			LAVADO
	ARENA PUNITICA CAFE CLARO	18	10.25	10.33	50/5	5	
		-	10.33	10.85			LAVADO
	ARENA PUNITICA CON GRAYAS GRISESAS CAFE CLARO	19	10.85	10.95	50/8	7	
		-	10.95	11.45			LAVADO
		20	11.45	11.53	50/5	5	
		-	11.53	12.05			LAVADO
		-	12.05	12.15	50/5	5/R	RENOVA EL MARTINETE
		-	12.15	12.65			LAVADO
	ARENA PUNITICA CON GRAYAS CAFE CLARO	21	12.65	12.75		10	ROTACION BX

### REGISTROS DE CAMPO

OBRA: PUENTE	SONEO No SM-2	ELEVACION m	FECHA DE INICIO 05/10/92				
UBICACION: HUIXQUILUCAN, ESTADO DE MEXICO	LOCALIZACION 0+115.0				FECHA DE TERMINACION		
PROCEDIMIENTO: PENETRACION ESTANDAR Y ROTACION BX							
PROF (m)	DESCRIPCION	MUESTRA No	DE	A	No DE GOLPES EN 30 cm DE PENETRACION	LONG RECUPERAD A	OBSERVACIONES
	ARENA PUMITICA CON GRAYAS CRUESAS CAFE CLARO	22	12.78	12.63	50/2	2	
		-	12.80	13.28			LAVADO
	ARENA PUMITICA CON GRAYAS CRUESAS CAFE CLARO	23	13.28	13.44	50/6	5	
		-	13.44	13.98			TRECONICA
	ARENA PUMITICA CON GRAYAS CRUESAS CAFE CLARO	24	13.98	14.03	50/5	5	
		-	14.03	14.58			TRECONICA
	ARENA PUMITICA CON GRAYAS CRUESAS CAFE CLARO	25	14.58	14.63	50/5	5	
		-	14.63	15.28			TRECONICA
	ARENA PUMITICA CAFE	26	15.28	15.34	50/6	5	
		-	15.34	15.88			TRECONICA
	ARENA PUMITICA CAFE	27	15.88	16.02	50/14	4	
		-	16.02	16.48			TRECONICA
	ARENA PUMITICA CON GRAYAS PUMITICAS CAFE	28	16.48	16.53	50/5	3	
		-	16.53	17.08			TRECONICA
	ARENA PUMITICA CON GRAYAS PUMITICAS CAFE	29	17.08	17.17	50/9	6	
		-	17.17	17.68			TRECONICA
	ARENA PUMITICA CON GRAYAS PUMITICAS CAFE	30	17.68	17.74	50/6	5	

### REGISTROS DE CAMPO

OBRA: PUENTE	SONDEO No SW-2	ELEVACION m	FECHA DE INICIO 05/10/92				
UBICACION: HUIXQUILUCAN, ESTADO DE MEXICO	LOCALIZACION 0+115.0		FECHA DE TERMINACION 06/10/92				
PROCEDIMIENTO: PENETRACION ESTANDAR Y ROTACION BX							
PROF(m)	DESCRIPCION		NUES TRA No	DE	No DE GOLPES EN 30 cm DE PENETRACION	LONG RECUPERAD L	OBSERVACIONES
		-	17.74	18.28			TRICÓNICA
	ARENA PUNITICA CON GRAYAS PUNITICAS CAFE	31	18.28	18.32	50/4	4	
		-	18.32	18.88			TRICÓNICA
	ARENA PUNITICA CON GRAYAS PUNITICAS CON GRAYAS PUNITICAS CAFE	32	18.88	18.93	50/5	5	
		-	18.93	19.45			TRICÓNICA
	ARENA PUNITICA CON GRAYAS PUNITICAS CAFE	33	19.45	19.52	50/7	6	
		-	19.52	20.05			TRICÓNICA
	ARENA PUNITICA CON GRAYAS PUNITICAS CAFE	34	20.05	20.10	50/5	5	
		-	20.10	20.65			TRICÓNICA
	ARENA PUNITICA CON GRAYAS PUNITICAS CAFE	35	20.65	20.77	50/12	17	
		-	20.77	21.25			TRICÓNICA
	ARENA PUNITICA CON GRAYAS GRUESAS	36	21.25	21.32	50/17	8	

### REGISTROS DE CAMPO

ODRA: PUENTE	SONDEO No SM-3	ELEVACION m	FECHA DE INICIO 25/10/92
UBICACION: HUIXQUILUCAN, ESTADO DE MEXICO	LOCALIZACION 0+085.0		FECHA DE TERMINACION 29/10/92
PROCEDIMIENTO: PENETRACION ESTANDAR Y ROTACION BX			

PROP (m)	DESCRIPCION	MUESTRA No	DE	A	No DE GOLPES EN 30 cm DE PENETRACION	LONG RECUPERADA	OBSERVACIONES
		-	0 00	5 00			TRICONICA
	ARENA FINA CON PIEDRA PUNTECA CAFE CLARO	1	5 00	5 43	5-50/28	15	SE ADEMO 5 m
		-	5 43	5 60			TRICONICA
	ARENA GRUESA EMPACADA EN ARZILLA GRES	2	5 60	6 00	6-50/25	10	
		-	6 00	6 20			TRICONICA
	ARENA FINA PUNTECA CAFE CLARO	3	6 20	6 63	6-50/28	13	
		-	6 63	6 80			TRICONICA
	ARENA FINA PUNTECA CAFE CLARO	4	6 80	7 20	6-50/25	8	
		-	7 20	7 40			TRICONICA
	ARENA FINA PUNTECA CAFE CLARO	5	7 40	7 50	50/10	6	
		-	7 50	8 00			TRICONICA
	ARENA FINA PUNTECA CAFE CLARO	6	8 00	8 06	50/8	7	
		-	8 06	8 60			TRICONICA
	ARENA FINA PUNTECA CAFE CLARO	7	8 60	8 68	50/8	7	
		-	8 68	9 20			TRICONICA
	ARENA FINA PUNTECA CAFE CLARO	8	9 20	9 30	50/10	9	
		-	9 30	9 80			TRICONICA
	ARENA FINA PUNTECA CAFE CLARO	9	9 80	9 88	50/8	7	
		-	9 88	10 40			TRICONICA
	ARENA FINA PUNTECA CAFE CLARO	10	10 40	10 49	50/8	6	

### REGISTROS DE CAMPO

OBRA: PUENTE	SONDEO No.SM-3	ELEVACION m	FECHA DE INICIO 25/10/92				
UBICACION HUIXQUILUCAN, ESTADO DE MEXICO	LOCALIZACION 0+085		FECHA DE TERMINACION 29/10/92				
PROCEDIMIENTO: PENETRACION ESTANDAR Y ROTACION LX							
PROP (m)	DESCRIPCION	MUESTRA No	DE	A	No DE COLPES EN 30cm DE PENETRACION	LONG RECUPERAD A	OBSERVACIONES
		-	10 43	11 00			TROCORNICA
	ARENA FINA PUNTICA CAFE CLARO	11	11 00	11 08	50/8	7	
		-	11 08	11 60			TROCORNICA
	ARENA FINA PUNTICA CAFE CLARO	12	11 60	11 65	50/8	7	
		-	11 68	12 20			TROCORNICA
	ARENA FINA CON PIEDRA PUNTICA CAFE	13	12 20	12 30	50/10	8	
		-	12 30	12 50			TROCORNICA
	ARENA FINA CON PIEDRA PUNTICA CAFE	14	12 50	12 59	50/9	6	
		-	12 59	13 40			TROCORNICA
	ARENA MEDIA GRIS CON CENIZA VOLCANICA	15	12 40	13 55	35-50/13	10	
		-	13 55	14 00			TROCORNICA
	ARENA MEDIA GRIS CON CENIZA VOLCANICA	16	14 00	14 29	36-50/14	9	
		-	14 29	14 50			TROCORNICA
	ARENA MEDIA GRIS CON CENIZA VOLCANICA	17	14 50	14 57	37-50/12	8	
		-	14 57	15 20			TROCORNICA
	ARENA MEDIA GRIS CON CENIZA VOLCANICA	18	15 20	15 35	50/13	8	
		-	15 35	15 50			TROCORNICA
	ARENA FINA CON VIDRIOS VOLCANICOS	19	15 50	15 52	50/12	7	
		-	15 52	16 40			TROCORNICA



## REGISTROS DE CAMPO

OBRA: PUENTE	SONDEO No SM-3	ELEVACION m	FECHA DE INICIO 25/10/92
UBICACION HUIQUILUCAN, ESTADO DE MEXICO	LOCALIZACION C+085.0		FECHA DE TERMINACION 29/10/92

PROCEDIMIENTO: PENETRACION ESTANDAR Y ROTACION BX

PROF (m)	DESCRIPCION	MUESTRA No	DE	A	No DE GOLPES EN 30 cm DE PENETRACION	LONG RECUPERADO A	OBSERVACIONES
	ARENA FINA CAFE CLARO ARCILLOSA	20	16 40	16 50	50/10	10	
	-	-	16 50	17 00			TRUCONICA
	ARENA MEDIA GR.S VERDOSA	21	17 00	17 55	50/5	5	
	-	-	17 05	17 60			TRUCONICA
	ARENA MEDIA GR.S VERDOSA	22	17 50	17 55	50, 5	5	
	-	-	17 55	18 20			TRUCONICA
	ARENA MEDIA GR.S VERDOSA	23	18 20	18 24	50/4	3	
	-	-	18 24	18 60			TRUCONICA
	ARENA MEDIA GR.S VERDOSA	24	18 50	18 53	50/3	3	
	-	-	18 53	19 43			TRUCONICA
	-	-	19 40	19 42	50/2	5, 7R	
	-	-	19 42	20 00			TRUCONICA
	ARENA CON NICAS CAFE CLARO	25	20 00	20 05	50/5	4	
	-	-	20 05	20 63			TRUCONICA
	ARENA CON NICAS CAFE CLARO	26	20 60	20 63	50/3	3	
	-	-	20 63	21 20			TRUCONICA
	ARENA CON NICAS CAFE CLARO	27	21 20	21 23	50/3	3	
	-	-	21 23	21 50			TRUCONICA
	ARENA CON NICAS CAFE CLARO	28	21 50	21 54	50/4	4	
	-	-	21 54	22 40			TRUCONICA
	ARENA CON NICAS CAFE CLARO	29	22 40	22 44	50/4	3	

## REGISTROS DE CAMPO

OBRA: PUENTE	SONDEO No SM-3	ELEVACION m	FECHA DE INICIO				
UBICACION-HUIXQUILUCAN, ESTADO DE MEXICO	LOCALIZACION 0+085.0				FECHA DE TERMINACION 29/10/92		
PROCEDIMIENTO: PENETRACION ESTANDAR Y ROTACION EX							
PROP (m)	DESCRIPCION	MUESTRA No	DE	A	No DE GOLPES EN 30 cm. DE PENETRACION	LONG RECUPERADA	OBSERVACIONES
		-	22 43	23 00			TRICONICA
	ARENA CON NICAS CAFE CLARO	30	23 00	23 04	50/1	4	
		-	23 01	23 00			TRICONICA
	ARENA CON NICAS CAFE CLARO	31	23 00	23 03	50/3	3	
		-	23 03	24 20			TRICONICA
	ARENA CON NICAS CAFE CLARO	32	24 20	24 23	50/3	3	
		-	24 23	24 50			TRICONICA
		-	24 00	24 03	50/3	S/R	
		-	24 03	25 40	50/0	S/R	

**APENDICE B  
RESULTADOS  
DE  
LABORATORIO**

CONTENIDO DE AGUA % W			HOJA 1/1	
OBRA: HUIXQUILUCAN.PUENTE		POZO A CIELO ABIERTO		
SONDEO No	MUESTRA No	PROFUNDIDAD	%W	OBSERVACIONES
PCA-1	1	1.00-1.20	15.77	ARENA FINITICA CON PARTICULAS DE GRAVA COLOR CAFE-AMARILLO
PCA-1	2	1.70-1.95	9.52	ARENA FINITICA CON PARTICULAS DE GRAVA COLOR CAFE-AMARILLENTO
PCA-2	1	1.00-1.20	11.12	MATERIAL CON ARENA Y PERQUERAS RAICILLAS COLOR CAFE NEGRO/COCCO
PCA-2	2	2.00-2.20	20.56	MATERIAL CON ARENA Y PERQUERAS RAICILLAS COLOR CAFE NEGRO/COCCO

CONTENIDO DE AGUA %W			HOJA 1/2	
OBRA: HUIXQUILUCAN.PUENTE.			SONDEO No SM-1	
SONDEO No	MUESTRA No	PROFUNDIDAD	%W	OBSERVACIONES
1	1	0.00-0.60	12.84	ARENA MEDIANA CON GRAVA COLOR CAFE TABACO
1	2	0.60-1.20	15.10	GRAVA-ARENA LINDA COLOR CAFE TABACO
1	3	1.20-1.80	15.24	ARENA MEDIANA CON GRAVILLA COLOR GRIS OSCURO
1	4	1.80-2.40	27.41	ARCILLA COLOR CAFE NEGRIZCO
1	5	2.40-3.00	21.00	ARCILLA COLOR CAFE OSCURO
1	6	3.00-3.60	21.49	ARCILLA CON ARENA COLOR CAFE OSCURO
1	7	3.60-3.80	19.17	ARCILLA CON ARENA COLOR CAFE TABACO
1	8	4.45-4.95	23.07	GRAVA EMPACADA EN ARCILLA COLOR GRIS-AMARILLENTO
1	9	4.95-5.55	15.51	ARENA LINDA CON GRAVILLA COLOR GRIS-AMARILLENTO
1	10	5.55-5.85	19.11	ARENA PUNTECA MEDIANA COLOR CAFE-AMARILLENTO
1	11	6.15-6.70	19.24	ARENA PUNTECA MEDIANA COLOR CAFE-AMARILLENTO
1	12	6.75-6.90	13.57	GRAVA-ARENA COLOR CAFE OSCURO
1	13	7.30-7.43	17.52	ARENA PUNTECA MEDIANA COLOR CAFE AMARILLENTO
1	14	7.95-8.05	14.01	ARENA MEDIANA COLOR CAFE GRISACEO
1	15	8.50-8.55	22.33	ARENA PUNTECA MEDIANA COLOR CAFE-AMARILLENTO
1	16	8.10-9.14	17.73	ARENA MEDIANA CON GRAVILLA COLOR CAFE GRISACEO

CONTENIDO DE AGUA %W

HOJA 2/2

OBRA : HUIXQUILUCAN.PUENTE.

SONDEO No.SM-1

SONDEO No	MUESTRA No	PROFUNDIDAD	% W	OBSERVACIONES
:	17	9 70-10 10	5 96	GRAVA-ARENA COLOR CAFE TABACO
1	15	10 30-10 53	14 55	ARENA PUNTECA MEDIANA COLOR CAFE-AMARILLO
1	19	11 50-11 90	12 75	GRAVA CON ARENILLA COLOR CAFE TABACO
:	20	11 90-11 95	6 75	GRAVA COLOR BEIGE
1	21	13 10-13 50	11 12	ARENA GRAVA COLOR GRES - AMARILLO
:	22	14 20-15 00	33 00	GRAVA EMPACADA EN ARENA LIMOSA COLOR CAFE AMARILLENTO

CONTENIDO DE AGUA %W		HOJA 1/3		
OBRA: HUIXQUILUCAN, PUENTE		SONDEO No. SM-2		
SONDEO No	MUESTRA No	PROFUNDIDAD	%W	OBSERVACIONES
2	1	0.00-0.50	13.52	GRAVA-ARENA LIMOSA COLOR CAFE-TABACO
2	2	0.60-1.20	31.30	ARENA LIMOSA COLOR CAFE-TABACO
2	3	1.20-1.77	15.32	GRAVA-ARENA LIMOSA COLOR CAFE-TABACO
2	4	1.80-2.03	14.64	ARENA PUNTICA MEDIANA COLOR CAFE-AMARILLENTO
2	5	2.10-2.45	7.22	GRAVA NO UNIFORME COLOR CRIS
2	6	3.00-3.10	15.04	GRAVA-ARENA PUNTICA COLOR CAFE-AMARILLENTO
2	7	3.60-3.65	5.20	GRAVA GRUESA COLOR CRIS
2	8	4.20-4.29	23.10	ARENA PUNTICA MEDIANA COLOR CAFE-AMARILLENTO
2	9	4.80-5.48	15.28	GRAVA-ARENA LIMOSA COLOR CAFE GRISACEO
2	10	5.48-5.58	19.65	ARENA PUNTICA MEDIANA COLOR CAFE-AMARILLENTO
2	11	6.00-6.10	8.38	GRAVA-ARENA LIMOSA COLOR CAFE-TABACO
2	12	6.60-6.80	45.82	ARENA PUNTICA CON PARTICULAS DE GRAVA COLOR CAFE-AMARILLENTO
2	13	7.20-7.30	25.30	GRAVA-ARENA PUNTICA COLOR CAFE-AMARILLENTO
2	14	7.80-7.98	35.14	GRAVA-ARENA PUNTICA COLOR CAFE-AMARILLENTO
2	15	8.48-8.83	20.03	ARENA PUNTICA MEDIANA COLOR CAFE-AMARILLENTO
2	16	9.00-9.17	16.35	GRAVA PUNTICA EMPACADA EN ARENA LIMOSA CRIS

CONTENIDO DE AGUA %W		HOJA 2/3		
OBRA:HUIXQUILUCAN,PUENTE				
SONDEO No	MUESTRA No	PROFUNDIDAD	%W	OBSERVACIONES
2	17	9.65-9.67	19.82	ARENA CON GRAVILLA COLOR CAFE-AMARILLENTO
2	18	10.28-10.33	25.37	ARENA PUNTICA MEDIANA COLOR CAFE-AMARILLENTO
2	19	10.58-10.96	17.20	ARENA PUNTICA CON GRAVILLA COLOR CAFE-AMARILLENTO
2	20	11.48-11.53	14.61	GRAVA-ARENA COLOR CAFE-AMARILLENTO
2	21	12.68-12.78	6.93	GRAVA-ARENA COLOR GRIS
2	22	12.65-12.80	18.58	ARENA PUNTICA MEDIANA COLOR CAFE-AMARILLENTO
2	23	13.38-13.44	11.07	GRAVA-ARENA LIMOSA COLOR GRIS
2	24	13.98-14.03	18.77	GRAVA-ARENA LIMOSA COLOR GRIS-AMARILLENTO
2	25	14.58-14.63	18.32	ARENA PUNTICA MEDIANA COLOR CAFE-AMARILLENTO
2	26	15.28-15.34	14.56	GRAVA-ARENA LIMOSA COLOR CAFE-GRASADO
2	27	15.98-16.48	14.66	GRAVA-ARENA LIMOSA COLOR CAFE-AMARILLENTO
2	28	16.48-16.53	22.93	ARENA MEDIANA CON GRAVILLA COLOR CAFE-TARACO
2	29	17.08-17.17	15.45	GRAVA-ARENA LIMOSA COLOR GRIS
2	30	18.28-18.32	18.43	GRAVA-ARENA LIMOSA COLOR GRIS
2	31	18.32-18.88	17.65	ARENA PUNTICA MEDIANA COLOR CAFE-AMARILLENTO
2	32	18.88-19.03	18.36	ARENA FINA CON GRAVILLA COLOR GRIS
2	33	19.47-19.52	19.01	ARENA LIMOSA CON GRAVILLA COLOR GRIS
2	34	20.05-20.10	17.56	ARENA MEDIANA CON GRAVILLA COLOR CAFE-AMARILLENTO
2	35	20.85-20.77	20.15	ARENA LIMOSA CON GRAVILLA COLOR GRIS-AMARILLENTO
2	36	21.55-21.32	20.58	ARENA LIMOSA COLOR GRIS



CONTENIDO DE AGUA %W	HOJA 1/3
OBRA: HUIXQUILUCAN. PUENTE	

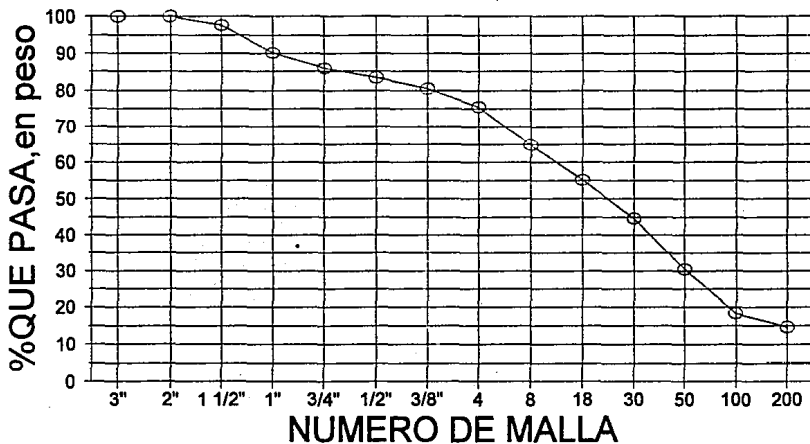
SONDEO No	MUESTRA No	PROFUNDIDAD	%W	OBSERVACIONES
3	1	5.00-5.43	19.50	ARENA PUNTIKA CON GRAYA COLOR CAFE-AMARILLENTO
3	2	5.60-6.90	12.18	ARENA GRUESA CON GRAYA COLOR GRIS
3	3	6.20-6.63	14.72	ARENA PUNTIKA FINA CON GRAVILLA COLOR CAFE
3	4	6.90-7.20	25.80	ARENA PUNTIKA MEDIANA CON GRAYA COLOR CAFE AMARILLENTO
3	5	7.40-7.50	23.82	ARENA CON GRAVILLA COLOR CAFE-AMARILLENTO
3	6	8.00-8.08	24.12	ARENA FINA CON GRAVILLA COLOR CAFE-AMARILLENTO
3	7	8.60-8.83	19.42	ARENA MEDIANA CON GRAVILLA COLOR GRIS-AMARILLENTO
3	8	9.20-9.30	19.00	ARENA PUNTIKA CON FRAGMENTOS DE ROCA POMBI COLOR CAFE-AMARILLENTO
3	9	9.80-9.84	15.00	ARENA LIMO-ARCILLOSA COLOR GRIS
3	10	10.40-10.49	20.86	ARENA PUNTIKA COLOR GRIS- AMARILLENTO
3	11	11.00-11.06	21.53	ARENA FINA PUNTIKA COLOR CAFE-AMARILLENTO
3	12	11.60-11.68	19.51	ARENA CON GRAVILLA COLOR CAFE-AMARILLENTO
3	13	12.20-13.30	19.10	ARENA CON GRAVILLA COLOR CAFE-AMARILLENTO
3	14	12.80-12.89	22.04	ARENA MEDIANA COLOR GRIS AMARILLENTO
3	15	12.40-13.68	22.75	ARENA GRUESA CON CUARZO COLOR GRIS

CONTENIDO DE AGUA %W		HOJA 2/3		
OBRA: HUIXQUILUCAN, PUENTE		SONDEO No SM-3		
SONDEO No	MUESTRA No	PROFUNDIDAD	%W	OBSERVACIONES
3	16	14 90-14 20	22.76	ARENA CON CUARZO COLOR GRIS OSCURO
3	17	16 60-14 87	21.77	ARENA CON CUARZO COLOR GRIS OSCURO
3	18	15 20-15 35	21.51	ARENA PUNTIKA CON GRAVILLA COLOR CAFE AMARILLENTO
3	19	15 83-15 92	25.00	ARENA PUNTIKA COLOR CAFE-AMARILLENTO
3	20	16 43-16 50	34.45	ARENA FINA LIMOSA COLOR GRIS VERDECO
3	21	17 00-17 05	23.22	ARENA COLOR GRIS AMARILLENTO
3	22	17 60-17 65	21.32	ARENA PUNTIKA COLOR GRIS-AMARILLENTO
3	23	18 20-18 24	17.00	ARENA FINA CON GRAVILLA COLOR GRIS-AMARILLENTO
3	24	18 80-18 83	23.34	ARENA CON GRAVILLA COLOR CAFE-AMARILLENTO
3	26	20 50-20 06	16.74	ARENA CON GRAVILLA COLOR GRIS-AMARILLENTO
3	27	20 60-20 63	23.43	ARENA FINA COLOR GRIS
3	28	21 20-21 23	22.00	ARENA LIMOSA COLOR GRIS CLARO
3	29	21 80-21 84	21.04	ARENA COLOR GRIS
3	30	22 40-22 44	19.81	ARENA FINA CON CUARZO COLOR GRIS
3	31	23 00-23 04	20.43	ARENA COLOR CAFE AMARILLENTO
3	32	23 60-23 65	22.12	ARENA CON GRAVILLA COLOR GRIS
3	33	24 20-24 23	20.50	ARENA COLOR GRIS

GRANULOMETRIA						
OBRA: HUIXQUILUCAN. PUENTE						
LOCALIZACION: 0+149.5						
METODO: PCA PROF. 1.0 a 1.2 m						
MALLA	ABERTURA	W RETENIDO	RETENIDO	RETENIDO ACUM.	QUE PASA	
No	mm	gr	%	%	%	%
3"	76.2	0.00	0.00	0.00	100.00	0.00
2"	50.8	0.00	0.00	0.00	100.00	0.00
1 1/2"	36.1	30.00	2.32	2.32	97.68	2.32
1"	25.4	97.70	7.57	9.89	90.11	9.89
3/4"	19.05	54.40	4.21	14.11	85.89	14.11
1/2"	12.7	32.80	2.54	16.65	83.35	16.65
3/8"	9.52	37.15	2.88	19.53	80.47	19.53
4	4.76	64.00	4.96	24.48	75.52	24.48
8	2.38	137.11	10.62	35.11	64.89	35.11
18	1	124.38	9.64	44.74	55.26	44.74
30	0.59	137.12	10.62	55.37	44.63	55.37
50	0.297	182.80	14.16	69.53	30.47	69.53
100	0.149	158.61	12.13	81.66	18.34	81.66
200	0.074	47.11	3.65	85.31	14.69	85.31
PASA 200		189.62	14.69	100.00	-0.00	100.00
SUMA		1290.80				
CLASIFICACION: ARENA MAL GRADUADA S.U.C.S. (SP)						

# GRANULOMETRIA

## HUIXQUILUCAN

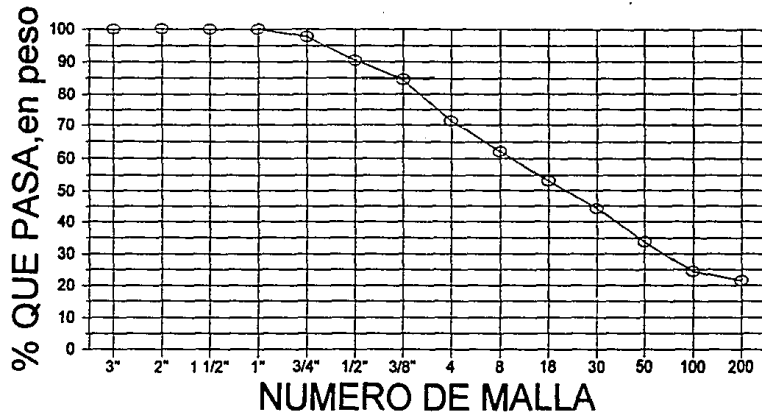


○ METODO: PCA PROF. 1.0 a 1.2 m

GRANULOMETRIA					
OBRA: HUIXQUILUCAN,PUENTE					
LOCALIZACION: D+149.5					
METODO: PCA PROF.1.7 a 1.95m					
MALLA	ABERTURA	W RETENIDO	RETENIDO	RETENIDO ACUM	QUE PASA
No	mm	gr	%	%	%
3"	76.2	0.000	0.000	0.000	100.000
2"	50.8	0.000	0.000	0.000	100.000
1 1/2"	38.1	0.000	0.000	0.000	100.000
1"	25.4	0.000	0.000	0.000	100.000
3/4"	19.05	10.000	2.295	2.295	97.705
1/2"	12.70	31.480	7.224	9.519	90.481
3/8"	9.52	25.830	5.928	15.447	84.553
4	4.76	57.800	13.264	28.711	71.289
8	2.38	40.090	9.200	37.912	62.088
18	1.00	39.090	8.971	46.882	53.118
30	0.59	38.920	8.932	55.814	44.186
50	0.297	45.500	10.442	66.256	33.744
100	0.149	40.490	9.292	75.548	24.452
200	0.149	12.660	2.905	78.453	21.547
PASA 200		93.890	21.547	100.000	0.000
SUMA		435.750			
CLASIFICACION: ARENA MAL GRADUADA S.U.C.S. (SP),ARENA PUMITICA					

# GRANULOMETRIA

## HUIXQUILUCAN

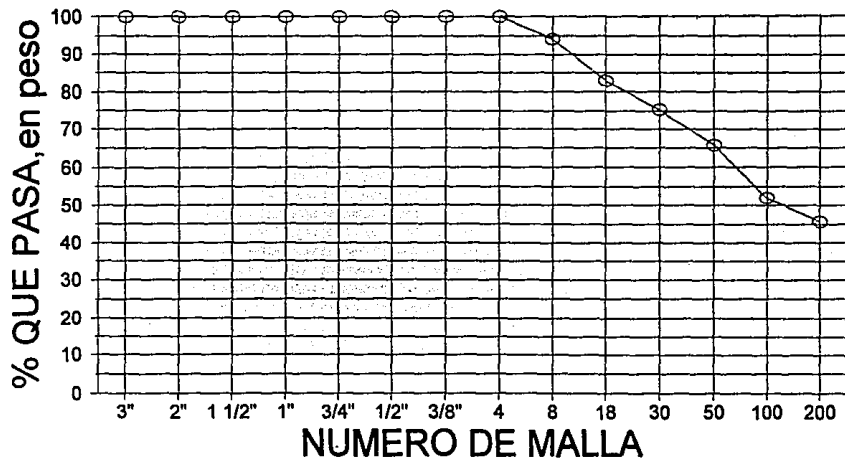


○ METODO: PCA PROF. 1.7 a 1.95m

GRANULOMETRIA						
OBRA: HUIXQUILJCAN. PUENTE						
LOCALIZACION: 0+025						
METODO: PCA PROF. 2.0 a 2.20m						
MALLA	ABERTURA	# RETENIDO	RETENIDO	RETENIDO ACUM.	QUE PASA	
No	mm	gr	%	%	%	
3"	76.2	0.000	0.000	0.000	100.000	
2"	50.8	0.000	0.000	0.000	100.000	
1 1/2"	36.1	0.000	0.000	0.000	100.000	
1"	25.4	0.000	0.000	0.000	100.000	
3/4"	19.05	0.000	0.000	0.000	100.000	
1/2"	12.70	0.000	0.000	0.000	100.000	
3/8"	9.52	0.000	0.000	0.000	100.000	
4	4.76	0.000	0.000	0.000	100.000	
8	2.38	5.800	5.800	5.800	94.200	
18	1.00	11.240	11.240	17.040	82.960	
30	0.59	7.650	7.650	24.690	75.310	
50	0.297	9.550	9.550	34.240	65.760	
100	0.149	13.720	13.720	47.960	52.040	
200	0.074	6.400	6.400	54.360	45.640	
PASA 200		45.640	45.640	100.000	0.000	
SUMA		100.000				
CLASIFICACION: ARENA MAL GRADUADA S.U.C.S. (SP)						

# GRANULOMETRIA

## HUIXQUILUCAN



○ METODO: PCA PROF. 2.0 a 2.20m



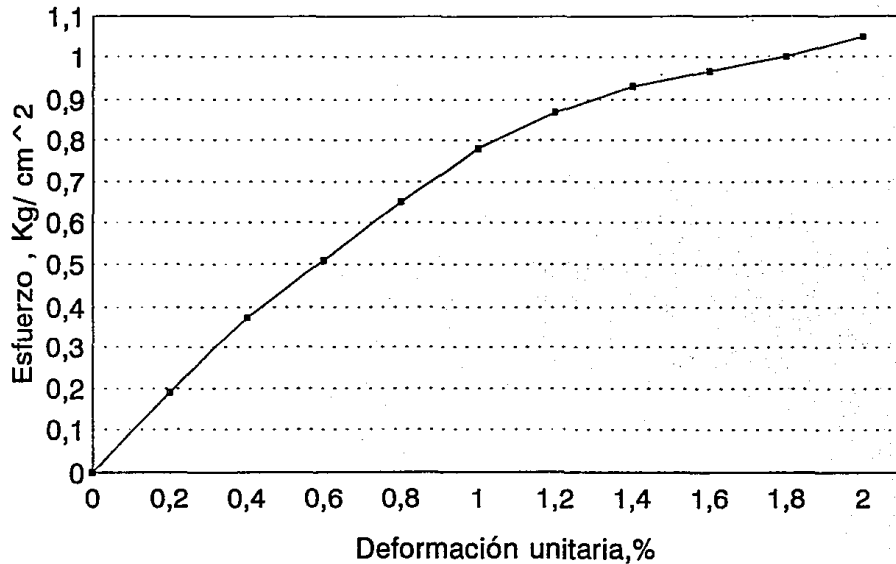
TRIAxIAL RAPIDA			
			OBRA: HUIXQUILUCAN
			PROF = m
Ds= 3.64			
Dc= 3.60			C = 0.5
Di= 3.62			
Altura= 7.88 cm			
Area= 10.24 cm <sup>2</sup>			
W= 0.1274 Kg			
Vol= 80.6563 cm <sup>3</sup>			
W Vol= 1.5792 T/m <sup>3</sup>			

CARGA	MICROMETR	DEF. TOTAL	DEF. UNIT	DEF. UNIT	AREA CORR	EFUERZO
Kg	mm	mm	%	%	cm <sup>2</sup>	Kg/cm <sup>2</sup>
0	22.648	0.000	0.000	0.000	10.238	0.000
1	22.57	0.078	0.001	0.099	10.248	0.098
2	22.48	0.168	0.002	0.213	10.257	0.195
3	22.41	0.238	0.003	0.302	10.267	0.292
4	22.31	0.338	0.004	0.429	10.280	0.389
5	22.2	0.448	0.006	0.569	10.294	0.488
6	22.09	0.558	0.007	0.708	10.309	0.582
7	21.98	0.668	0.008	0.848	10.323	0.678
8	21.87	0.778	0.010	0.987	10.338	0.774
9	21.694	0.954	0.012	1.211	10.361	0.869
10	21.421	1.227	0.016	1.557	10.398	0.962
11	21.041	1.607	0.020	2.039	10.449	1.053

OBSERVACIONES: NATURAL

# HUIXQUILUCAN

CONFINAMIENTO 0.5 Ton / m<sup>2</sup>



**TRIAxIAL RAPIDA**

OBRA: HUDQUILUCAN

PROF = m

Ds = 3.98 cm

Dc = 3.82 cm

Di = 3.77 cm

Altura = 8.80

Area = 11.57 cm<sup>2</sup>

W = 0.1274 Kg

Vol = 101.8559 cm<sup>3</sup>W Vol = 1.2505 T/m<sup>3</sup>

CARGA Kg	MICROMETR mm	DEF. TOTAL mm	DEF. UNIT	DEF. UNIT %	AREA CORREGIDA cm <sup>2</sup>	ESFUERZO Kg/cm <sup>2</sup>
0	22.996	0.000	0.000	0.000	11.575	0.000
1	22.678	0.318	0.004	0.361	11.616	0.086
2	22.203	0.793	0.009	0.901	11.680	0.171
3	22.153	0.843	0.010	0.958	11.686	0.257
4	22.105	0.891	0.010	1.012	11.693	0.342
5	22.061	0.935	0.011	1.062	11.699	0.427
6	22.016	0.980	0.011	1.114	11.705	0.513
7	21.969	1.027	0.012	1.167	11.711	0.598
8	21.916	1.080	0.012	1.227	11.718	0.683
9	21.866	1.130	0.013	1.284	11.725	0.768
10	21.812	1.184	0.013	1.345	11.732	0.852
11	21.759	1.237	0.014	1.406	11.740	0.937
12	21.7	1.296	0.015	1.473	11.748	1.021
13	21.639	1.357	0.015	1.542	11.756	1.108

OBSERVACIONES: NATURAL

TRIAxIAL RAPIDA					
					OBRA: HUIXQUILUCAN
					PROF = m
Ds = 3.98 cm					
Dc = 3.82 cm				C= 1	
Dj = 3.77 cm					
Altura = 8.80 cm					
Area = 11.57 cm <sup>2</sup>					
W = 0.1274 Kg					
Vol = 101.8559 cm <sup>3</sup>					
W Vol = 1.2505 T/m <sup>3</sup>					

CARGA	MICROMETR	DEF. TOTAL	DEF. UNT	DEF. UNIT	AREA CORREGIDA	ESFUERZO
Kg	mm	mm		%	cm <sup>2</sup>	Kg/cm <sup>2</sup>
14	21.574	1.422	0.016	1.616	11.765	1.190
15	21.518	1.478	0.017	1.680	11.772	1.274
16	21.448	1.548	0.018	1.759	11.782	1.358
17	21.375	1.621	0.018	1.842	11.792	1.442
18	21.309	1.687	0.019	1.917	11.801	1.525
19	21.222	1.774	0.020	2.016	11.813	1.608
20	21.132	1.864	0.021	2.118	11.825	1.691
21	21.048	1.948	0.022	2.214	11.837	1.774
22	20.943	2.053	0.023	2.333	11.851	1.856
23	20.842	2.154	0.024	2.448	11.865	1.938
24	20.718	2.278	0.026	2.589	11.882	2.020
25	20.593	2.403	0.027	2.731	11.899	2.101
26	20.453	2.543	0.029	2.890	11.919	2.181
27	20.294	2.702	0.031	3.070	11.941	2.261

OBSERVACIONES: NATURAL

# TRIAxIAL RAPIDA

OBRA: HUKQUILUCAN

PROF = m

C = 1

 $D_s = 3.98 \text{ cm}$ 
 $D_c = 3.82 \text{ cm}$ 
 $D_i = 3.77 \text{ cm}$ 

Altura = 8.80 cm

 Area = 11.57 cm<sup>2</sup>
 $W = 0.1274 \text{ Kg}$ 
 $Vol = 101.8559 \text{ cm}^3$ 
 $W Vol = 1.2505 \text{ T/m}^3$ 

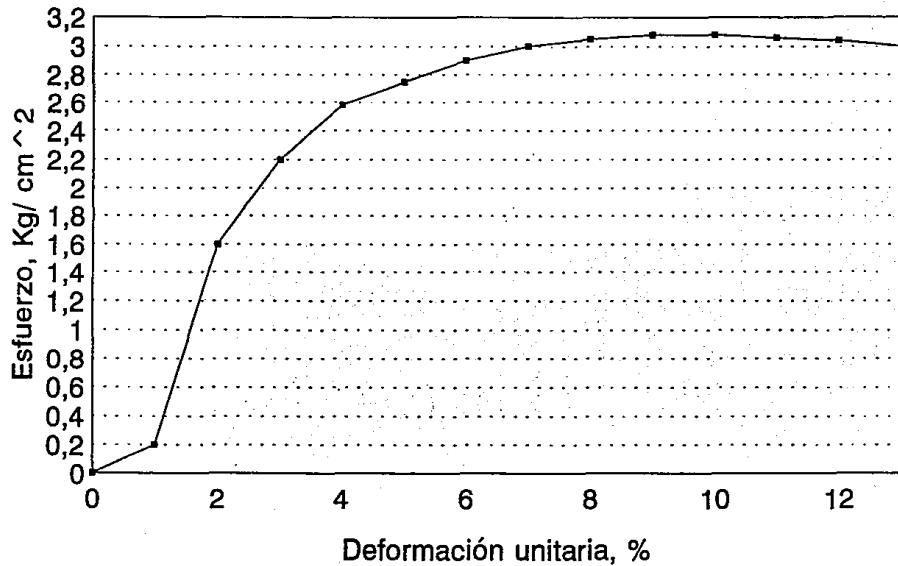
CARGA	MICROMETR.	DEF. TOTAL	DEF. UNT	DEF. UNIT	AREA CORREGIDA	ESFUERZO
Kg	mm	mm		%	cm <sup>2</sup>	Kg/cm <sup>2</sup>
28	20.108	2.888	0.033	3.282	11.967	2.340
29	19.903	3.093	0.035	3.515	11.996	2.417
30	19.683	3.313	0.038	3.765	12.027	2.494
31	19.416	3.580	0.041	4.068	12.065	2.569
32	19.132	3.864	0.044	4.391	12.106	2.643
33	18.812	4.184	0.048	4.755	12.152	2.716
34	18.444	4.552	0.052	5.173	12.206	2.786
35	18.008	4.988	0.057	5.668	12.270	2.852
36	17.498	5.497	0.062	6.247	12.346	2.916
37	16.864	6.132	0.070	6.968	12.441	2.974
38	16.032	6.964	0.079	7.914	12.569	3.023
39	14.81	8.186	0.093	9.302	12.762	3.056
40	11.63	11.366	0.129	12.916	13.291	3.010

OBSERVACIONES: NATURAL

# HUIXQUILUCAN

CONFINAMIENTO 1.0 Ton/ m<sup>2</sup>

---



## TRIAXIAL RAPIDA

					OBRA: HUIXQUILUCAN
					PROF = m
Ds = 3.57 cm					
Dc = 3.59 cm					C = 2
Di = 3.54 cm					
Altura = 8.47 cm					
Area = 10.06 cm <sup>2</sup>					
W = 0.1150 Kg					
Vol = 85.1811 cm <sup>3</sup>					
W Vol = 1.3501 T/m <sup>3</sup>					

CARGA	MICROMETR	DEF. TOTAL	DEF. UNIT	DEF. UNIT	AREA CORREGIDA	ESFUERZO
Kg	mm	mm		%	cm <sup>2</sup>	Kg/cm <sup>2</sup>
0	23.328	0.000	0.000	0.000	10.060	0.000
5	23.278	0.050	0.001	0.059	10.066	0.497
10	23.153	0.175	0.002	0.207	10.081	0.992
15	22.954	0.374	0.004	0.442	10.105	1.484
20	22.698	0.630	0.007	0.744	10.135	1.973
25	22.367	0.961	0.011	1.135	10.175	2.457
30	21.934	1.394	0.016	1.646	10.228	2.933
35	21.393	1.935	0.023	2.285	10.295	3.400
40	20.704	2.624	0.031	3.098	10.382	3.853
45	19.88	3.448	0.041	4.071	10.487	4.291
51	18.887	4.461	0.053	5.267	10.619	4.803
55	17.65	5.678	0.067	6.704	10.783	5.101

OBSERVACIONES: NATURAL

TRIAxIAL RAPIDA					
					OBRA: HUIXQUILUCAN
					PROF = m
$D_s = 3.62 \text{ cm}$					
$D_c = 3.60 \text{ cm}$					C = 0.5
$D_i = 3.61 \text{ cm}$					
$\text{Altura} = 9.37 \text{ cm}$					
$\text{Area} = 10.21 \text{ cm}^2$					
$W = 0.1792 \text{ Kg}$					
$\text{Vol} = 95.6405 \text{ cm}^3$					
$W \text{ vol} = 1.8733 \text{ T/m}^3$					

CARGA	MICROMETR	DEF. TOTAL	DEF. UNIT	DEF. UNIT	AREA CORREGIDA	ESFUERZO
Kg	mm	mm		%	cm <sup>2</sup>	Kg/cm <sup>2</sup>
0	19.409	0	0.000	0.000	10.207	0.000
0.573	19.401	0.008	0.000	0.009	10.208	0.056
1.178	19.398	0.013	0.000	0.014	10.209	0.115
1.744	19.389	0.02	0.000	0.021	10.209	0.171
2.365	19.38	0.029	0.000	0.031	10.210	0.232
3.615	19.35	0.059	0.001	0.063	10.214	0.354
4.865	19.3	0.109	0.001	0.116	10.219	0.476
6.116	19.25	0.159	0.002	0.170	10.224	0.598
7.428	19.171	0.238	0.003	0.254	10.233	0.726
8.69	19.063	0.346	0.004	0.369	10.245	0.848
9.315	19.01	0.399	0.004	0.426	10.251	0.909
9.94	18.96	0.449	0.005	0.479	10.256	0.969
10.582	18.9	0.509	0.005	0.543	10.263	1.031
11.908	18.824	0.585	0.006	0.624	10.271	1.159
13.238	18.711	0.698	0.007	0.745	10.284	1.287

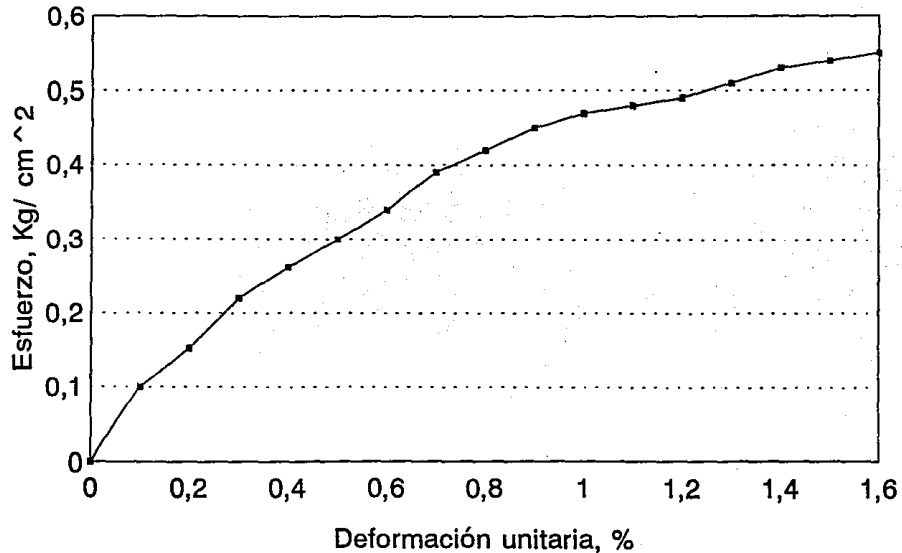
OBSERVACIONES: NATURAL

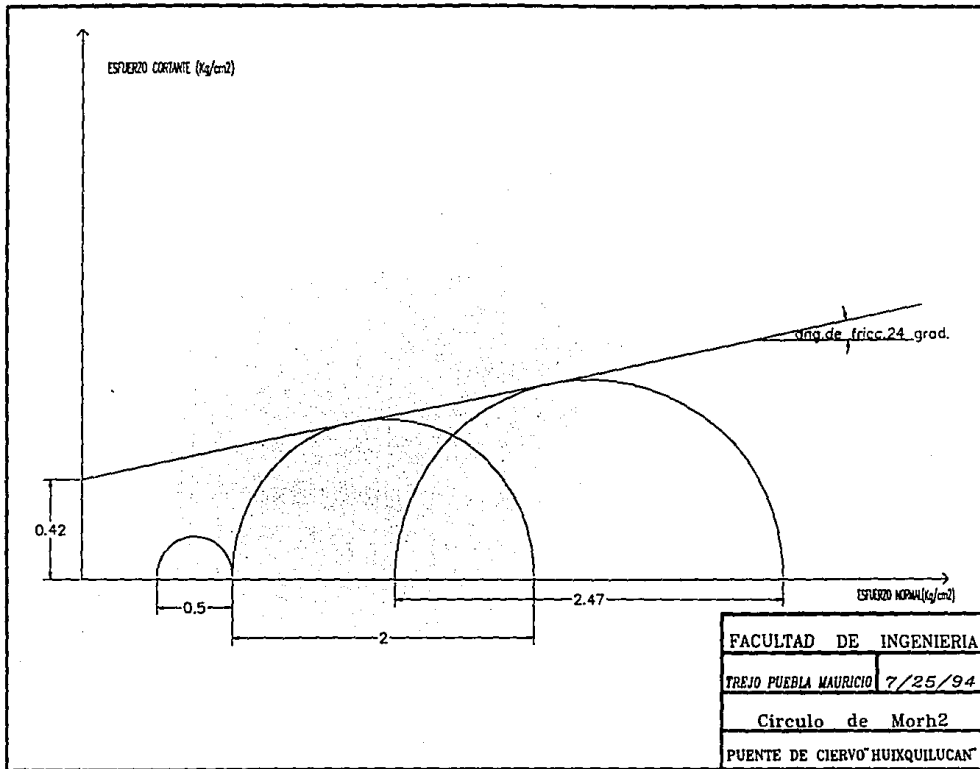


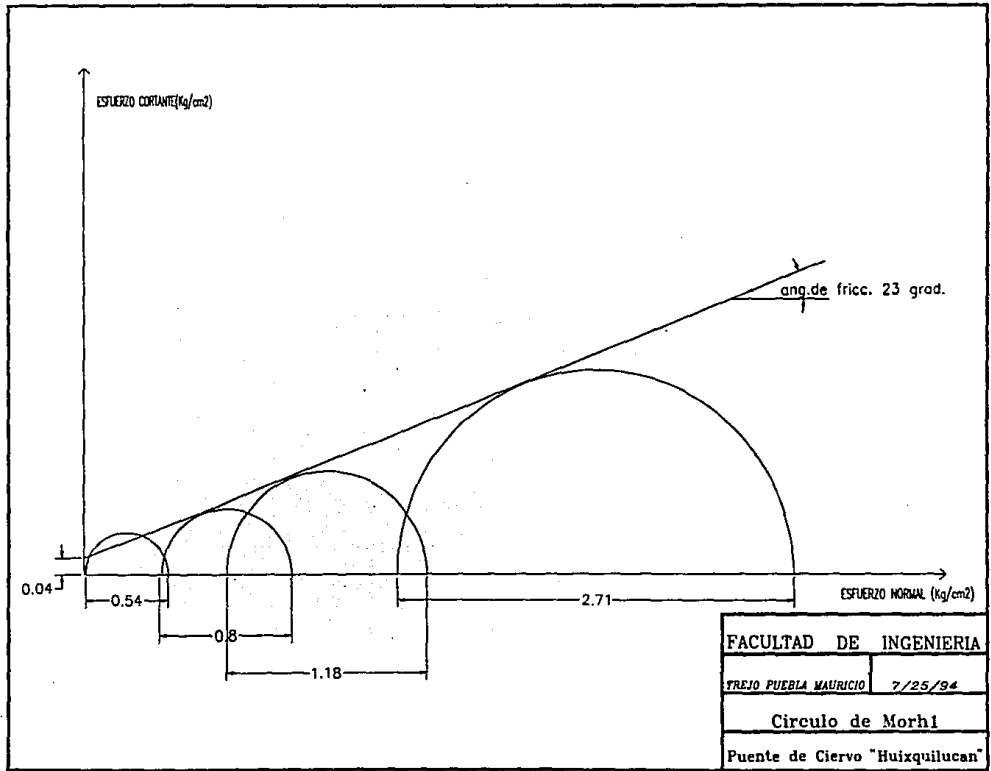
# HUIXQUILUICAN

## COMPRESION SIMPLE

---







**APENDICE C**  
**FIGURAS**

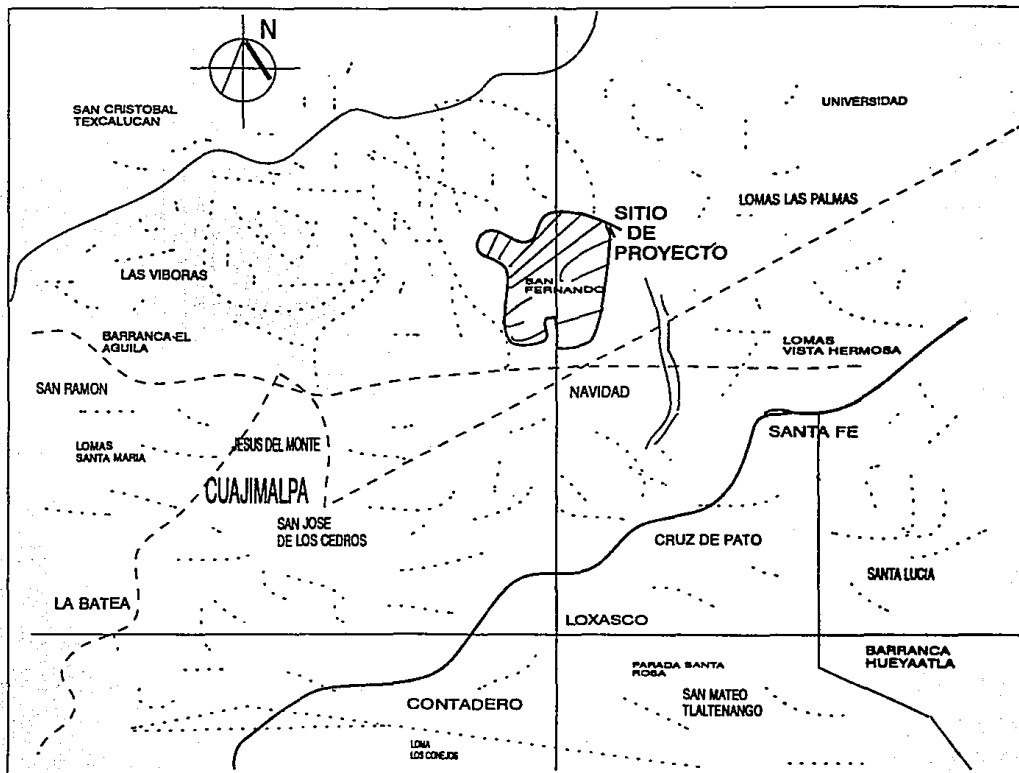


FIG.1

CROQUIS DE UBICACION DEL PREDIO Y DEL PROYECTO EN ESTUDIO

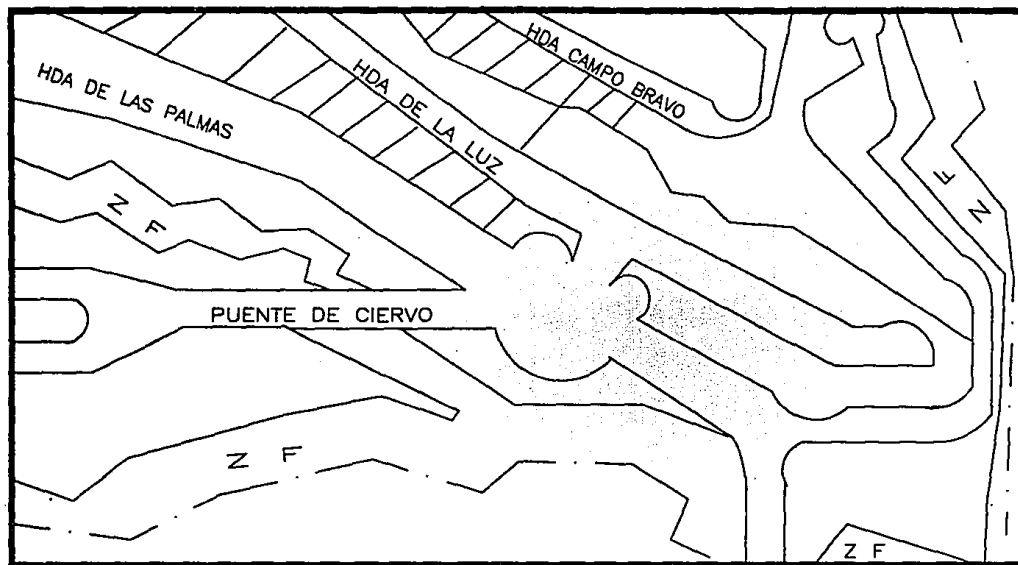


FIG.2 LOCALIZACION DEL SITIO  
EN ESTUDIO

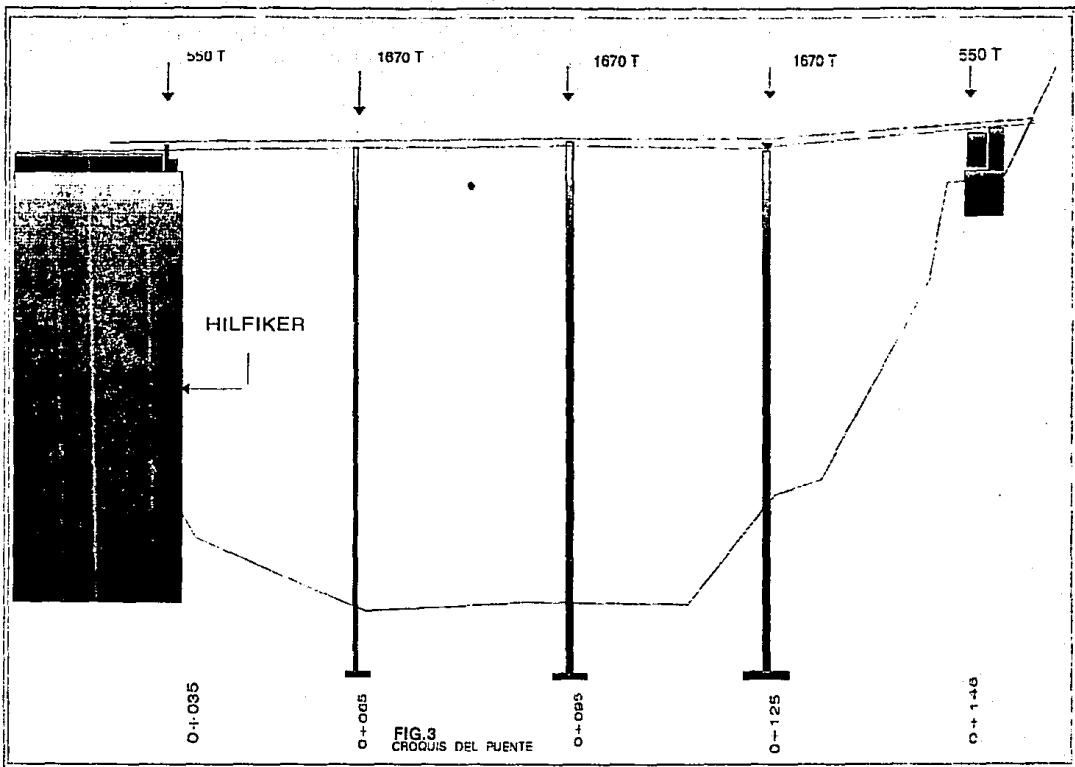
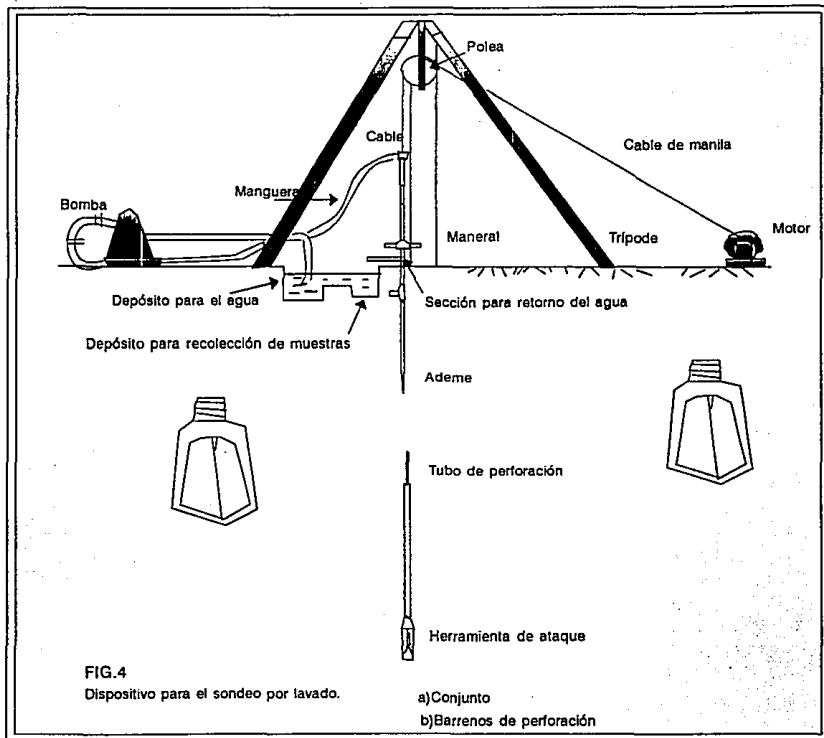
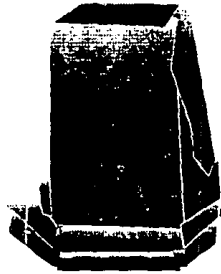


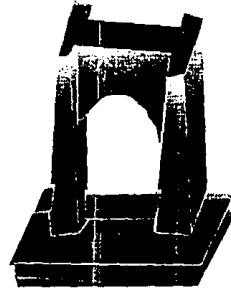
FIG. 3  
CROQUIS DEL PUENTE



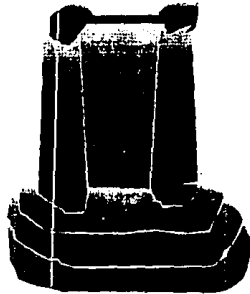




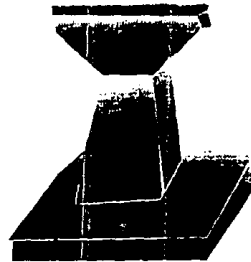
(a)



(b)



(c)



(d)

FIG.5  
Pilas de subestructura típica para puentes. a)Pila llena. b)y c)De dos cuerpos. d)En forma de T

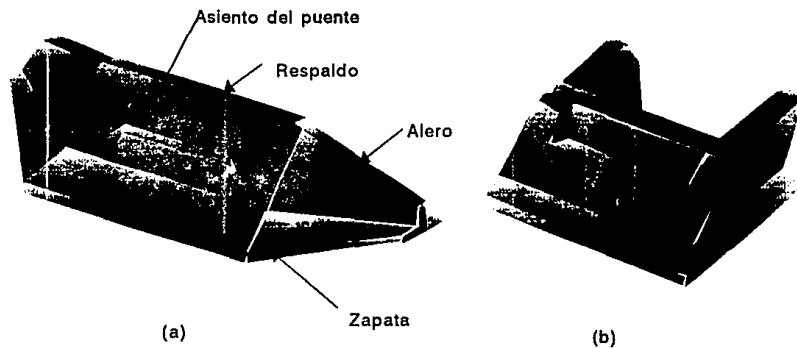
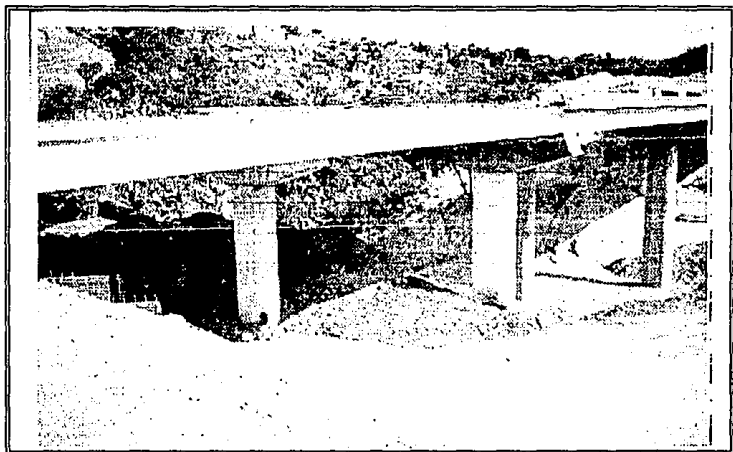


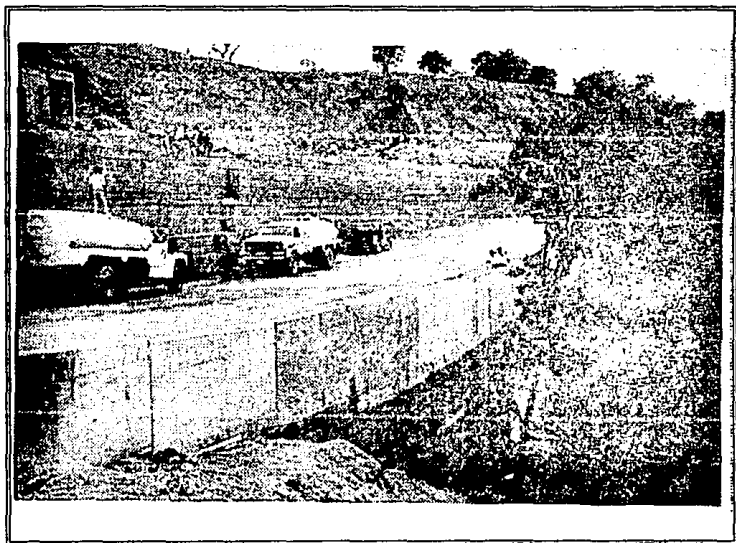
FIG.6  
Tipos de estribos:a)Estribo típico de gravedad con aleros.b)Estribo en U



---

FIG.7 FOTO DEL PUENTE YA  
CONSTRUIDO.

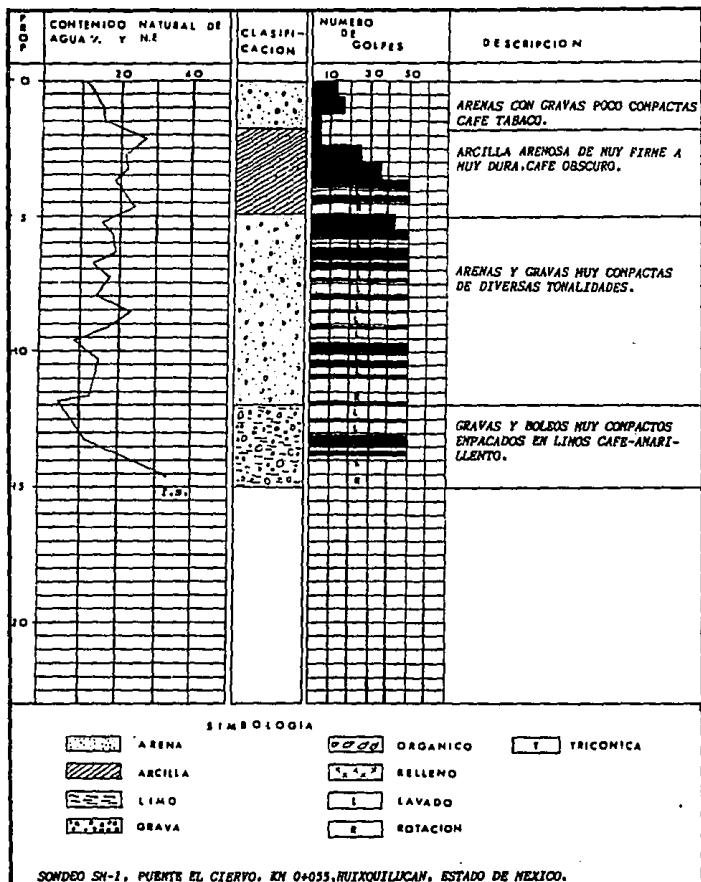
---

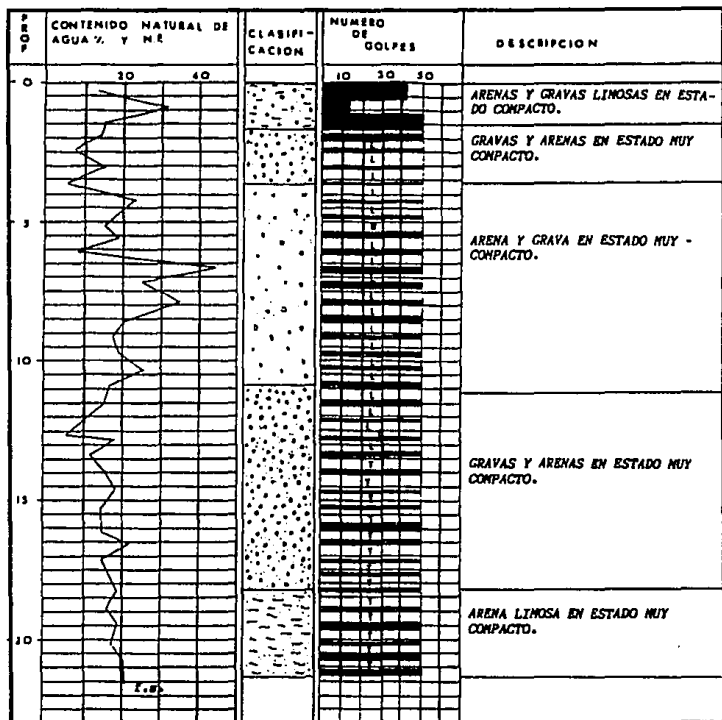


---

FIG.8 Construcción del Muro  
Hilfiker.

---

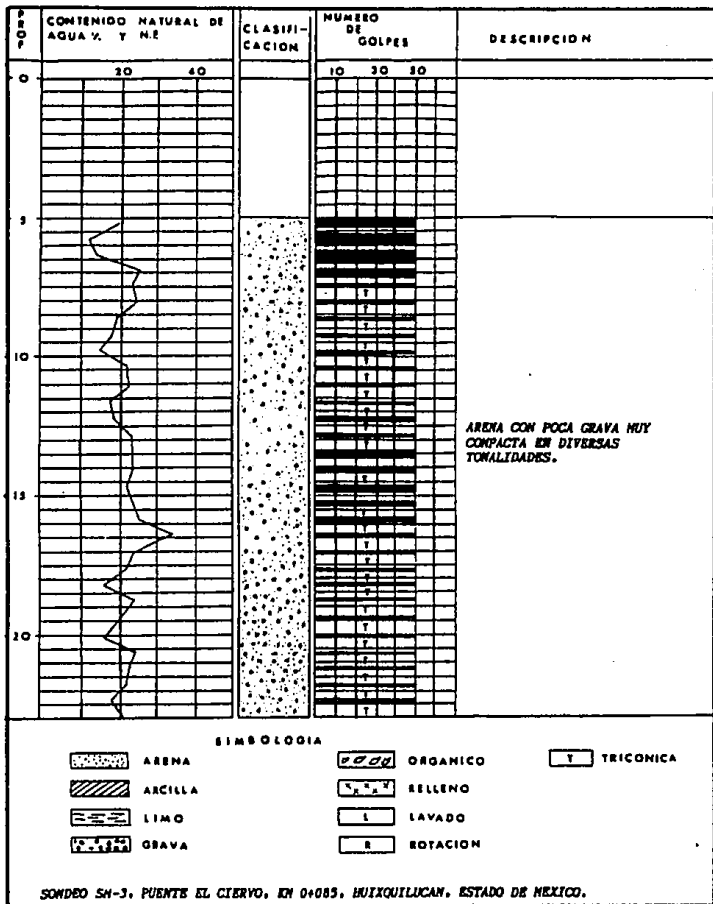




SIMBOLOGIA

	ARENA		ORGANICO		TRICONICA
	ARCILLA		RELLENO		LAVADO
	LIMO		ROTACION		
	GRAVA				

SONDEO SM-2. PUENTE EL CIERVO . KM 0+115. HUIXQUILUCAN, ESTADO DE MEXICO.



**CONCLUSIONES  
Y  
BIBLIOGRAFIA**



## **Conclusiones**

Al hacer el desarrollo de la tesis se comprende de que la estratigrafía mostrada en cuestión nos muestra que solo se tuvo algunos problemas con el estrato arcilloso mostrado en sodeo SM-1. El uso de la cimentación de pilas es debida a que las pilas son en menor cantidad que el número de pilotes ya sea de punta o de fricción y que por otro lado fue imposible el uso de cajones de cimentaciones o el uso de zapatas por el problema del estrato arcilloso pero que en la parte de los estribos del puente fueron colocadas ya que en la parte central era el problema.

Como se menciona en el interior de la tesis el nivel de desplante de estas pilas es variable en profundidad para cada apoyo pero en la cola 385. Su descarga es de 1675 Toneladas.

La altura de las pilas es considerable y se tienen que revisar a flexo-compresión. Las pilas están unidas entre sí por un dado de cimentación.

En términos generales los asentamientos esperados son del orden de 3 cm. los cuales se espera que se presenten durante la construcción.

Como ya se dijo el puente es apoyado sobre un estribo normal y muro del tipo Hilfiker el cual no es muy conocido, pero el cual se muestra una foto en anexo de la tesis.

Problemas encontrados durante la construcción:

- 1) En algunos pozos para las pilas, se encontró agua y en otros no.
- 2) En algunos se encontraron boleos enormes mayores de  $\Phi = 1$  m. que debieron romperse dejándole caer el Kelly al boleo.
- 3) No hubo caídos o desprendimientos en los pozos.

# ***Bibliografía***

Mecánica de Suelos  
Tomo I  
Fundamentos de la Mecánica de Suelos  
Autores: Juárez Badillo y Rico Rodríguez  
Tercera Edición  
Editorial Limusa  
1989

Mecánica de Suelos  
Tomo II  
Teoría y aplicaciones de la Mecánica  
de Suelos  
Autores: Juárez Badillo y Rico Rodríguez  
Segunda Edición  
Editorial Limusa  
1989

Mecánica de Suelos y Cimentaciones  
Autor: Ing. Carlos Crespo Villalaz  
Primera Edición  
Editorial Limusa  
1979

Ingeniería de Cimentaciones  
Autores: Ralph B. Peck  
Walter E. Hanson  
Thomas H. Thornborn  
Primera Edición  
Editorial Limusa  
1991

La Ingeniería de Suelos en las  
Vías Terrestres  
Carreteras, Ferrocarriles y Aeropistas  
Volumen 2  
Autores: Alfonso Rico y Hermilo Del Castillo  
Primera Edición  
Editorial Limusa  
1989