



# UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

## FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES ARAGÓN

**“PROCESO CONSTRUCTIVO DEL COLECTOR DE  
ALIVIO VILLADA, NEZAHUALCÓYOTL, ESTADO DE  
MÉXICO”**

### **DESARROLLO DE UN CASO PRÁCTICO**

PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

INGENIERO CIVIL

**PRESENTA:**

**EDWYN JOSEPH PORTILLA ESTRADA**

ASESOR:

M. EN I. JOSÉ ANTONIO DIMAS CHORA



ESTADO DE MÉXICO, 2016



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.

## **AGRADECIMIENTOS.**

Al creador de todas las cosas, el que me ha dado fortaleza para continuar cuando a punto de caer he estado; por ello, con toda la humildad que de mi corazón puede emanar, dedico primeramente mi trabajo a Dios.

Agradezco a la Universidad Nacional Autónoma de México en especial a la FES Aragón y a los profesores por compartirme su conocimiento y darme la oportunidad de egresar como ingeniero civil. En especial al M. en I. José Antonio Dimas Chora por su apoyo, enseñanza y aporte invaluable, que ha creído en mí como un profesional de confianza y siempre estuvo ahí para darme una mano de ayuda.

De igual forma, dedico a mi padre Benito Portilla Guzman que cada día que llegaba de la escuela me preguntaba que como me había ido, escuchaba mis locuras y mis sueños; quien ha sabido formarme con buenos sentimientos, hábitos y valores, lo cual me ha ayudado a salir adelante en los momentos más difíciles. Este logro lo comparto con él, quien siempre ha confiado en mí, incluso cuando yo no lo hacía; inmensas gracias le doy por darme las fuerzas, la esperanza y el ánimo que me ayudo a obtener todo lo que tengo hoy.

A mi madre Dolores Estrada Díaz, que a pesar de la distancia tiene tiempo para escucharme o leerme y decirme las palabras correctas en el momento preciso con ese toque de amor y cariño que toda madre tiene.

A mi hermano Leonardi Favian Portilla Estrada que siempre ha estado junto a mí brindándome su apoyo, muchas veces protegiéndome y tomando en serio el papel de hermano mayor.

A mi cuñada Patricia Villegas quien me ha apoyado incondicionalmente, dándome palabras de aliento y animándome a seguir siempre adelante.

A Julio Arreortua, Iván Sil, Cesar Tejeda, Ulises Arciniega y a todos mis amigos de la universidad e infancia que de una u otra forma me escucharon o dieron unas palabras que cambiaron el rumbo de mi vida y carrera universitaria.

Finalmente pero no menos importante, al Ing. Fortunato Díaz, quien me transmitió sus diversos conocimientos, especialmente de los temas que corresponden a mi profesión y a este trabajo. Así mismo agradezco al Arq. Luis Palma Quiñonez quien me dio la oportunidad de poder desenvolverme como profesionista compartiéndome sus enseñanzas y dándome las herramientas para crecer como ingeniero y ser humano.

A todos ustedes de todo corazón les digo ¡GRACIAS!

## CONTENIDO

INTRODUCCIÓN .....	3
CAPITULO I	
GENERALIDADES DEL PROYECTO.....	5
1.1 Breve historia de las obras hidráulicas en México.....	6
1.2 Descripción de la zona.....	7
1.3 Localización geográfica. ....	8
1.4 Clima. ....	10
1.5 Demografía.....	11
1.6 Economía e Infraestructura.....	12
1.6.1 Ganadería. ....	12
1.6.2 Actividades económicas.....	13
1.6.3 Cultura y turismo. ....	13
1.6.4 Museos. ....	14
1.6.5 Fiestas, danzas y tradiciones. ....	14
1.6.6 Infraestructura y Servicios.....	14
1.6.7 Infraestructura de drenaje existente.....	16
CAPITULO II	
CARACTERISTICAS DEL PROYECTO.....	19
2.1 Objetivo del proyecto.....	20
2.2 Descripción del proyecto. ....	20
2.3 Descripción del predio. ....	21
2.4 Exploración del subsuelo.....	24
2.4.1 Marco geológico regional. ....	24
2.4.2 Trabajos de campo. ....	26
2.4.3 Trabajos de laboratorio. ....	28
2.5 Condiciones estratigráficas e hidráulicas.....	29
2.5.1 Condiciones estratigráficas. ....	29
2.5.2 Condiciones hidráulicas. ....	32
2.6 Análisis geotécnicos. ....	32
2.6.1 Discusión de los trabajos de excavación e hincado de tubería.....	32
2.6.2 Calculo de capacidad de carga de la losa de fondo de lumbreras.....	34
2.6.3 Calculo de los desplazamientos verticales. ....	36
• Expansiones elásticas. ....	36
• Calculo de compensación.....	38
2.6.4 Revisión de falla de fondo en lumbreras.....	39
2.6.5 Revisión de falla por subpresión en lumbreras.....	40
2.6.6 Empuje activo de tierras en la estructura de contención.....	41
2.6.7 Empuje en reposo de tierras en la estructura de contención. ....	44

2.6.8	Empuje de tierras en el muro de reacción. ....	46
2.6.9	Capacidad de reacción de las lumbreras.....	48
2.6.10	Fricción entre tubería hincada y subsuelo. ....	49
2.6.11	Estabilidad del túnel. ....	50
2.6.12	Análisis de asentamientos superficiales. ....	52

### CAPITULO III

PROCESO CONSTRUCTIVO E INSTRUMENTACION.....	55
3.1 Procedimiento constructivo.....	56
3.1.1 Bombeo previo a la construcción de lumbreras.....	56
3.1.2 Construcción de los brocales .....	61
3.1.3 Construcción de lumbreras.....	62
• Notas para mantener la verticalidad en lumbreras.....	64
3.1.4 Hincado de tubería.....	64
3.1.5 Características del escudo presurizado EPB.....	70
3.1.6 Características del tubo hincado. ....	76
3.2 Instrumentación.....	78
3.2.1 Referencias superficiales. ....	78
3.2.2 Banco de nivel profundo.....	79
3.2.3 Piezómetros. ....	80
3.2.4 Inclínómetros. ....	81
3.2.5 Instrumentación para hincado de tubería. ....	82
3.3 Notas complementarias.....	83
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES. ....	84
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	87
ANEXOS. ....	89

## **INTRODUCCIÓN.**

Actualmente el Sistema de Drenaje Profundo de la Ciudad de México es insuficiente y existe la necesidad de un sistema alternativo con el propósito de evitar severas inundaciones en la ciudad y zona conurbada, es urgente aumentar la capacidad del drenaje para cubrir con las necesidades generadas por el crecimiento de la población y la demanda en el consumo de agua.

En los últimos años, gracias al avance tecnológico en las áreas de la Ingeniería de Obras Subterráneas y en particular como en el caso de los túneles, es posible disponer de diversos medios y herramientas para proyectar y construir de forma segura, eficiente y económica, las diferentes soluciones a los obstáculos y dificultades que nos muestra la naturaleza, por lo tanto nos provoca interés el área de Obras Subterráneas para reducir los temores del pasado

El túnel es un tipo de infraestructura que se adapta de forma adecuada o apropiada a las necesidades actuales de comunicación y medio ambiente requeridas por la sociedad. Ambos conceptos hacen del túnel un elemento de presente y de futuro; cada vez se construyen más túneles, largos y en condiciones más adversas, en los que las tuneladoras así como los escudos juegan un papel importante.

Cabe señalar que realizar un túnel no es cosa sencilla, ya que su complejidad así como su proceso constructivo es muy amplio, además de la gran variedad de situaciones que pueden presentarse en el suelo donde se realicen las obras; el caso particular de este trabajo, se dedica al proceso constructivo de un colector semiprofundo.

El presente documento aborda la metodología de trabajo para la realización del hincado de tubería por medio de un escudo EPB, presentando las características principales de los procedimientos constructivos que son necesarios para la construcción de lumbreras, excavaciones, construcción de estructuras, indicando a su vez la descripción básica del equipo, sus aplicaciones y limitaciones.

Se detallan los pasos a seguir para el análisis, estudio y la correcta ejecución de un proyecto de tal importancia, presentando la solución más óptima para resolver la problemática de inundación que esa zona específica presenta. De tal manera que el lector podrá basar esta experiencia práctica para trabajos futuros similares, además de que tendrá completa libertad de ampliar el conocimiento aquí presentado utilizando este trabajo como guía.

### Descripción del capitulado.

Para conocer la problemática que origino la construcción de esta infraestructura, en el *Capítulo I Generalidades del Proyecto* se presenta de forma general las características principales de la zona en estudio como su localización, clima, demografía, infraestructura, servicios, entre otros. Aquí podremos conocer la zona donde se encuentra localizado el proyecto que se ejecutará así como especificaciones generales.

Posteriormente el *Capítulo II Características del Proyecto* presenta el resultado final del estudio, indicando las características del proyecto, la descripción de los trabajos de campo y laboratorio, las condiciones estratigráficas, las consideraciones realizadas para revisar la cimentación y finalmente las recomendaciones generales para el procedimiento constructivo.

En el *Capítulo III Proceso Constructivo e Instrumentación*, se expone detalladamente los procesos constructivos que fueron necesarios en la construcción de este colector de alivio semiprofundo. Se explica los procedimientos de forma puntual y a detalle de cada trabajo por realizar en el proyecto así como la instrumentación utilizada en el mismo.

Finalmente se presentarán las *Conclusiones y Recomendaciones* basadas en la experiencia obtenida en esta obra de Ingeniería, resaltando sus ventajas y desventajas. Este trabajo en conjunto acerca al lector una herramienta para ampliar su criterio y conocimiento en perforación y excavación de túneles semiprofundos, particularmente en hincado de tubería por el método de escudos.

# **CAPITULO I**

## **GENERALIDADES DEL PROYECTO**

## 1.1 BREVE HISTORIA DE LAS OBRAS HIDRÁULICAS EN MÉXICO.

En el Valle de México se asienta una de las concentraciones urbanas más grandes del mundo, ubicada en una cuenca cerrada que originalmente formaba un sistema lacustre integrado por cinco grandes lagos: Texcoco, Xaltocan, Zumpango, Xochimilco y Chalco en donde el manejo del agua a significado desde tiempos prehispánicos un gran reto debido a las constantes inundaciones que se presentan en épocas de lluvia.



*Figura I.1 Vista aérea de la gran Tenochtitlan.*

Desde su fundación, la ciudad de México ha sufrido constantes inundaciones, a pesar de la construcción de diversas salidas para desecar los lagos y posteriormente para desalojar el agua residual y de lluvia, sin embargo, año con año estos buscan formarse nuevamente.

Durante la colonia en 1789 se concluyó la primera salida artificial, el tajo de Nochistongo. El propósito de dicha obra era evitar que las aguas del río Cuautitlán afectaran el lago de Texcoco, pero debido a la falta de revestimiento este túnel quedó inutilizado y se decidió sustituirlo por un tajo.

En 1900 se construyó el gran canal de desagüe. El proyecto consta de un canal, un túnel y un tajo de salida. Esta red de drenaje por gravedad, consistía en un sistema de tuberías que descargaba al gran canal, la cual fue terminada en 1930, pero a consecuencia del crecimiento demográfico, este sistema se volvió insuficiente.

Posteriormente en 1964 y 1975 se construyeron los emisores poniente y central, este último conocido como el drenaje profundo, diseñado para conducir agua de lluvia.

En 1975 la población del Valle de México era de 10 millones de habitantes, desde entonces a la fecha la población se ha multiplicado.

La sobreexplotación de los mantos acuíferos ha generado que el terreno del Valle de México se hunda más rápidamente, y como consecuencia, que el drenaje superficial pierda su pendiente natural y la capacidad de desalojo.

Al no poder desalojar las aguas residuales por el gran canal, fue necesario incorporarlas al drenaje profundo, alterando la vocación del mismo. Esto impidió su mantenimiento, favoreciendo su deterioro y reducción de capacidad, por ello cada año en mayores ocasiones este se satura, desborda en las lumbreras e inunda zonas pobladas. Esta situación hizo necesaria crear un sistema de drenaje que no fuera afectado por los asentamientos del terreno, que no necesitara bombeo y que desalojara las aguas residuales, de esta manera surgió la construcción del Sistema de Drenaje Profundo de la Ciudad de México.

En el 2006 la capacidad global del drenaje se había reducido casi una tercera parte, lo que hizo indispensable la construcción de cuatro plantas de bombeo de emergencia con las que a inicios del 2009 se recuperó el 35% de la capacidad perdida.

Estas obras permitieron también cerrar e inspeccionar el emisor central para iniciar su reparación urgente, pero los riesgos de inundación en el Valle de México subsisten, son serios y demandan acciones efectivas e inmediatas.

## **1.2 DESCRIPCIÓN DE LA ZONA.**

El municipio de Nezahualcóyotl se ubica al oriente de la Ciudad de México, colindando con la Delegación Gustavo A. Madero, Iztapalapa, Iztacalco y Venustiano Carranza. Colinda al norte con los municipios de Ecatepec de Morelos y Texcoco al Oriente con Chimalhuacán; al sur con el municipio de La Paz. Pertenece también al área metropolitana de la Ciudad de México. La superficie del municipio es plana, sin accidentes orográficos. Por el límite norte de poniente a oriente cruza el río de Los Remedios, de sur a noreste una rama del río Churubusco, en el límite noreste se encuentra el vaso del antiguo lago de Texcoco.

El municipio de Nezahualcóyotl cuenta con calles pavimentadas, red de alcantarillado, abasto de agua potable, suministro de energía eléctrica.

La cobertura del servicio de drenaje es de un 99.80%, lo que representa una población atendida de 1'221,421 habitantes. La zona carente de servicio es la colonia San Agustín Atlapulco, la cual no cuenta con el servicio de drenaje debido a problemas de carácter territorial.

Por la configuración topográfica del terreno, el sistema de drenaje del municipio es casi de forma rectangular, el cual canaliza las aguas residuales de sur a norte y las deposita en el Dren Xochiaca y Río de la Compañía, a través de las plantas ubicadas en el Bordo de Xochiaca y Avenida de los Reyes, así como en el Río Churubusco, en el caso de la zona centro-oriente. El Río de los Remedios es el principal cauce federal de la zona norte y lugar de depósito de aguas.

Con respecto a la infraestructura sanitaria y pluvial del municipio, ésta se compone de colectores que presentan diámetros que van desde 107 a 244 centímetros y conducen las aguas residuales y pluviales hacia las plantas de bombeo (cárcamos). Se tienen 2.6 kilómetros de emisores, que confluyen a los cárcamos Villada, Carmelo Pérez, Esperanza y Los Reyes.

### **1.3 LOCALIZACIÓN GEOGRÁFICA**

El municipio de Nezahualcóyotl se asienta en la porción oriental del valle de México, en lo que fuera el lago de Texcoco. La ubicación geográfica del territorio municipal tiene las siguientes coordenadas extremas: Latitud norte del paralelo 19° 21' 36" y 19° 30' 04" al paralelo; Longitud oeste del meridiano 98° 57' 57" y 99° 04' 17" al meridiano.

Nezahualcóyotl está situada a una altura de 2,220 msnm y pertenece a la región III Texcoco, subregión II y forma parte de la zona conurbada de la ciudad de México.

Limita al noroeste con el municipio de Ecatepec de Morelos y la zona federal del lago de Texcoco; al oeste con las delegaciones Gustavo A. Madero y Venustiano Carranza del Distrito Federal; al este con los municipios de La Paz, Chimalhuacán y Atenco; al sur con las delegaciones Iztapalapa e Iztacalco del Distrito Federal (ver Figura I.2).



*Figura 1.2 Municipio de Nezahualcóyotl Estado de México*

El municipio cuenta con un territorio de 63.44 kilómetros cuadrados de los cuales 50.57 son de uso urbano (81%) en donde se ubican 86 colonias; y 11.87 kilómetros cuadrados corresponden a la zona federal del Ex-vaso de Texcoco.

El territorio del municipio de Nezahualcóyotl está distribuido de la siguiente forma:

### ➤ **Nezahualcóyotl Norte**

En los límites de Nezahualcóyotl con la ciudad de México se encuentra ubicada la Facultad de Estudios Superiores Aragón de la Universidad Nacional Autónoma de México.

Esta zona se encuentra en los límites entre el municipio de Ecatepec de Morelos y la delegación Gustavo A. Madero, algunas de las colonias más importantes son: Bosque de Aragón, Impulsora, Valle de Aragón, Jardines de Guadalupe, Vergel de Guadalupe, Ciudad Lago, El Tesoro, y el edificio de administración municipal zona norte conocido como "La Bola".

También se encuentra la Unidad Académica Profesional UAEM Nezahualcóyotl (Universidad Autónoma del Estado de México) en la zona conocida como Ciudad Jardín.

### ➤ **Ciudad Jardín.**

La zona de Ciudad Jardín se encuentra localizada en lo que anteriormente era el basurero del Bordo de Xochiaca y la ciudad deportiva de Nezahualcóyotl, constituye uno de los complejos deportivos únicos en México por la gran gama de instalaciones deportivas y que servirá para la preparación de cientos de deportistas nezatlenses. Es una zona que abarca alrededor de 150 hectáreas, donde se ubicaba un basurero con más de 10 millones de toneladas de basura.

### ➤ **Zona lacustre.**

El municipio está dividido por una zona lacustre, que mide alrededor de 1.500 hectáreas cuyos límites van desde el aeropuerto de la Ciudad de México hasta donde se localiza el Río de Los Remedios y el Río La Compañía. Esta superficie está formada por ríos, lagunas, y enormes extensiones de áreas inundadas donde la mayoría son Aguas Negras, y es la zona más cercana a la Ciudad de México, donde hay rasgos de lo que una vez fue el lago de Texcoco, donde hace décadas eran las desembocaduras del Canal de San Juan, el río Churubusco, el río Consulado y el río de los Remedios, actualmente se puede apreciar una parte del lago de Texcoco conocido como lago Nabor Carrillo casi en los límites de los municipios de Texcoco y Chimalhuacán.

Así mismo, dentro de esta zona inicia una de las vialidades más importantes de la Ciudad de México llamada Anillo Periférico que recorre toda la Ciudad de México de Oriente-Sur-Poniente-Norte.

## **1.4 CLIMA.**

El clima predominante es templado, semiseco, con lluvias abundantes en verano y escasas en primavera; en invierno el clima es frío. La temperatura promedio anual es de 15.8°C, con una máxima de 34°C y una mínima de -5°C. La precipitación pluvial media anual es de 518.8 milímetros.

La humedad aumenta durante las lluvias de verano sobre todo por las tardes y noches. Se registran heladas en los meses de noviembre a marzo.

Los vientos dominantes se presentan principalmente entre los meses de febrero y abril y predominan los de sur a norte.

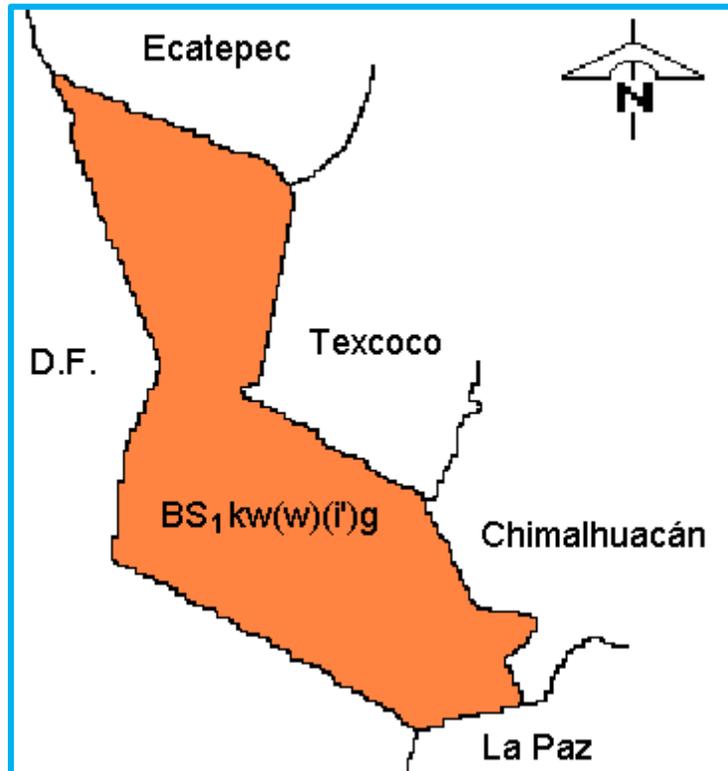


Figura I.3 Tipo de clima.

## 1.5 DEMOGRAFÍA.

De acuerdo a los resultados preliminares del Censo de Población y Vivienda 2010 (tabla I.1), elaborado por el Instituto Nacional de Estadística y Geografía, su población es de aproximadamente 1,104,585 habitantes y una densidad de 17,539.6 hab/km<sup>2</sup>.

La población de Nezahualcóyotl experimentó un importante aumento en los años setenta, década en la que el número de habitantes del municipio creció en un 131%, debido a la gran cantidad de inmigración proveniente de otros estados de México. El resultado de este fenómeno migratorio puede observarse en la actualidad, pues según el censo de 2010, el 58.4% de la población del municipio nació en otra entidad o país.

1970	1980	1990	1995	2000	2005	2010	2015
580,436	1,341,230	1,255,456	1,233,681	1,225,083	1,136,300	1,104,585	1,039,867

Tabla I.1 Evolución demográfica de Nezahualcóyotl. (Fuente: INEGI 2010)

Sin embargo, la población total del municipio ha decrecido consistentemente desde los años ochenta hasta la actualidad. Uno de los motivos a los que se

atribuye la disminución en la población es el problema de falta de espacio que padece el municipio, hecho que ha provocado que una parte de sus habitantes migre a lugares menos poblados para asentarse. De ese modo, mientras que en 1990 Nezahualcóyotl era el municipio más poblado del Estado de México, en la actualidad ocupa el segundo puesto, después de Ecatepec.

## **1.6 ECONOMÍA E INFRAESTRUCTURA.**

En la actualidad Ciudad Nezahualcóyotl ha dejado atrás los problemas de carencias en cuanto a servicios básicos, así como la disminución de los índices delictivos y por ende ha logrado un mayor desarrollo tecnológico y humano aunque falta por resolver pequeños focos rojos de delincuencia y la modernización y equipamiento de las vialidades y su imagen urbana para hacer más atractivo el municipio a la inversión privada.

En 1990, la Población Económicamente Activa era de 412,307 personas de las cuales 399,797 estaban ocupadas y 12,510 desocupados, ubicándose el desempleo en 3%.

Hoy en día su desarrollo económico está evolucionando, siendo un punto en potencia, tanto en la industria, el comercio y la cultura, al igual se pretende impulsar una zona especial parecida a Santa Fe para uso habitacional, comercial y recreativo atrayendo a niveles de población con alto poder adquisitivo (en resumen una zona dedicada a gente adinerada, ejecutiva y trabajadora en el lado Oriente de la Zona Metropolitana de la Ciudad de México). Aunque esto eleve el costo de la vida de quienes viven en los alrededores de este complejo ecológico.

Según el INEGI hasta el año 2003 la población económicamente activa es de 478 mil 479 personas y 98 mil 171 nezahualcoyotlenses contaría con fuente de trabajo dentro y fuera del municipio. Existen alrededor de 22 mil 268 unidades económicas en el municipio, los cuales ocupan 41 mil 046 personas, divididas en 22 mil 268 ocupan el sector comercial, 14 mil 988 en el sector de servicios, y 3 mil 797 en la manufactura.

### **1.6.1 GANADERÍA.**

La población agropecuaria del municipio no es de mucha importancia dado que por ser eminentemente urbano únicamente cuenta con establos y pequeñas granjas en las cuales se estiman 1,583 cabezas de bovino, 3,151 de porcino, 91 de ovino, 149 de caprino y 14,646 aves de corral entre otros.

## 1.6.2 ACTIVIDADES ECONÓMICAS.

Se puede decir que un alto porcentaje de la actividad económica en el municipio se concentra en el comercio de bienes y servicios, en mercados, tianguis o mercados sobre ruedas, plazas y centros comerciales. Esto se debe a que un alto porcentaje de la población trabaja en la Ciudad de México, pero consume y adquiere productos dentro del municipio.

El Municipio no cuenta con actividades económicas primarias y secundarias, más que terciarias, cuenta con 45 tianguis y 68 mercados públicos. Aunque colindando con el municipio de Chimalhuacán existen diversas fábricas que generan parte de la actividad económica de Nezahualcóyotl.

## 1.6.3 CULTURA Y TURISMO.

Al tratarse de un municipio de reciente creación, no cuenta con monumentos históricos. Sin embargo, hay monumentos de personajes históricos tales como el erigido a Nezahualcóyotl en la glorieta que forma el cruce de las avenidas Adolfo López Mateos y Pantitlán (figura I.4); el monumento a Sor Juana Inés de la Cruz en el cruce de la avenida del mismo nombre y Chimalhuacán; el monumento a Benito Juárez en la avenida Adolfo López Mateos y Chimalhuacán.



*Figura I.4 Monumento erigido a Nezahualcóyotl.*

Los monumentos de Nezahualcóyotl, Cuauhtémoc, Cuitláhuac y Miguel Hidalgo y Costilla ubicados enfrente de la Plaza Unión de Fuerzas del palacio municipal.

Arquitectura Civil. Entre los monumentos arquitectónicos de traza modernista destacan, el palacio municipal, el panteón municipal, la Casa de Cultura y el auditorio Alfredo del Mazo Vélez, el centro de servicios administrativos; el hospital general del Instituto de Salud del Estado de México, las clínicas del Instituto Mexicano del Seguro Social y el Parque del Pueblo.

Asimismo, cuenta con dos catedrales, una en el centro y la otra al norte. Otros atractivos turísticos El Parque del Pueblo donde puede disfrutar del tren panorámico y del lago artificial, del jardín zoológico.

#### **1.6.4 MUSEOS.**

Destacan los murales del palacio municipal y de la Casa de Cultura.

En el Centro Cultural José Martín se encuentra la galería José Guadalupe Posadas en donde se presentan exposiciones sobre diferentes tópicos.

#### **1.6.5 FIESTAS, DANZAS Y TRADICIONES.**

- **Música.**

El municipio no cuenta con música autóctona. Sin embargo, hay grupos de música norteña, estudiantinas, mariachis y tríos.

- **Gastronomía.**

Considerando que el municipio de Nezahualcóyotl fue un lugar de asentamiento de personas de diferentes estados y culturas de la República Mexicana, la gastronomía es muy variada. Sin embargo ésta tiene la característica de ser familiar.

#### **1.6.6 INFRAESTRUCTURAS Y SERVICIOS.**

- **Servicios de salud.**

Del total de población asegurada 588,296 el 52.97% son derechohabientes de algún servicio de salud, de los cuales 336,922 corresponden al IMSS, 111.248 al seguro popular, 104,291 son del ISSSTE y finalmente el 45.27% no derechohabientes.

- **Vivienda.**

Cabe señalar, que en el año 2010, de acuerdo a los datos preliminares del Censo General de Población y Vivienda, efectuado por el INEGI, hasta entonces, existen en el municipio 285,027 viviendas en las cuales en promedio habitan 3.9 personas en cada una.

- **Educación.**

El municipio cuenta con una gran diversidad de centros de educación media superior, superior y escolares tanto públicos como privados. Un 97% de alfabetismo (2.73% de analfabetismo). El 11.99% de la población mayor de quince de años de edad, no cuenta con la primaria terminada. Se cuenta con 479 escuelas de preescolar, 434 primarias, 144 secundarias, 71 bachilleratos y 8 escuelas de profesional técnico.

En educación superior cuenta con 4 universidades entre ellas la Universidad Nacional Autónoma de México, a través de la Facultad de Estudios Superiores Aragón.

- **Bibliotecas públicas.**

En 1994 estaban funcionando 24 y se agregaron 4 más en 1998. Las primeras contaban con 111 mil 873 libros en existencia y los consultaron 338 mil 678 usuarios. Asimismo, fue reinaugurado el Centro de Información y Documentación (CIDNE).

- **Servicios públicos.**

En el municipio la cobertura de los principales servicios públicos es la siguiente:

<b>Agua potable.</b>	99.56%
<b>Drenaje.</b>	99.43%
<b>Energía eléctrica.</b>	99.88%

*Tabla I.1 servicios públicos del municipio Nezahualcóyotl.*

- **Comunicaciones y transporte.**

Se cuenta con 88 oficinas postales, 5 administraciones y 83 expendios, así como con 4 oficinas telegráficas. Se pueden sintonizar todos los canales de radio y televisión del distrito federal, así como el canal 34 de televisión Mexiquense.

Actualmente, la red vial se compone de 1,026 kilómetros lineales, de los cuales más del 88% se encuentran pavimentadas, cabe señalar que en algunas zonas las condiciones materiales de la vialidad se encuentran deterioradas, debido al flujo vehicular que presentan, así como a la falta de mantenimiento.

Es importante mencionar que el trazo de las vialidades en Ciudad Nezahualcóyotl es en una cuadrícula que hace muy fácil el acceso a cualquiera de sus colonias. Entre las principales Avenidas de Nezahualcóyotl destacan las siguientes:

Anillo Periférico Oriente, que recorre toda la Ciudad de México de Oriente-Sur-Poniente-Norte, inicia en el cauce del Río de los Remedios, comunica al Municipio de Ecatepec de Morelos y divide el límite de Nezahualcóyotl, con la Delegación Iztacalco y con la Delegación Venustiano Carranza, en este tramo se le conoce como Calle 7.

Av. Texcoco, Av. Pantitlán, Av. Chimalhuacán, Av. Bordo de Xochiaca, Av. Cuauhtémoc, Av. Vicente Riva Palacio, Av. Nezahualcóyotl, Av. Adolfo López Mateos, Av. Sor Juana Inés de la Cruz, Av. General Vicente Villada, Av. Carmelo Pérez, Av. Tepozanes, Av. John F. Kennedy y Av. Floresta.

### **1.6.7 INFRAESTRUCTURA DE DRENAJE EXISTENTE.**

El municipio de Nezahualcóyotl tiene severos problemas para el desalojo de las aguas residuales y pluviales, debido principalmente a la condición actual en la que descarga su sistema de drenaje, la topografía del terreno y su situación sociopolítica.

El desalojo de las aguas residuales y pluviales en Nezahualcóyotl, en su mayoría se realiza en contra de la pendiente natural del terreno. Todas las líneas de drenaje presentan un sentido de flujo de suroeste (Av. Texcoco) a noreste (Av. Bordo de Xochiaca), lo que no permite que la eliminación de los caudales que se concentran sea de manera eficaz, oportuna y económica por medio de tuberías y que esta funcione por gravedad.

La infraestructura de drenaje que llega a las plantas de bombeo ubicadas sobre la Av. Bordo de Xochiaca; cuyos niveles de operación actual, reflejan tirantes conservadores, en el interior de las mismas, ocasionando que la(s) línea(s) de drenaje de llegada trabaje(n) ahogada(s), lo cual implica que en la mayoría de los casos estos niveles se acumulen gradualmente y por lo consiguiente este fenómeno se refleje aguas arriba en el sistema.

El agua que se concentra en los cárcamos, es bombeada hacia un tanque de carga; ubicado dentro de las instalaciones de la misma planta de bombeo. Con lo anterior se realiza el cambio de nivel necesario para que las aguas residuales y pluviales se conduzcan por medio de un micro emisor entubado a cielo abierto hacia un cuerpo de agua (canal de descarga) conocido como Dren Xochiaca (para los casos del sistema Sor Juana y Vicente Villada).

En general, la condición de funcionamiento de los micro emisores, (con pendientes limitadas); a la salida de las plantas de bombeo, presentan limitantes debido a las inciertas acciones de mantenimiento y los efectos de los asentamientos diferenciales del suelo, y a los niveles que presenta el canal de descarga Dren Xochiaca.

La descarga de los emisores que llegan al Dren Xochiaca; no son eficaces, por la sencilla razón de que la llegada, no se da en forma de vertido, sino en condiciones ahogadas.

El sistema de desalojo de aguas combinadas (residuales y pluviales) conducidas a través de los colectores y subcolectores que atraviesan el municipio de suroeste a noreste sobre la Av. Vicente Villada, desemboca en una planta de bombeo ubicada sobre la Av. Bordo de Xochiaca, con la cual se hace llegar los caudales tributarios al Dren Xochiaca por medio de un emisor, para finalmente descargar en El Río "La Compañía".

Debido a las condiciones geográficas del terreno e inclusive a las condiciones de límites políticos y operativos entre el Distrito Federal y el Estado de México (Municipio de Nezahualcóyotl), no existen puntos de desagüe natural satisfactorio para el desalojo eficaz y eficiente (por gravedad) de los caudales residuales combinados que se generan en la zona de estudio. Aun implementando acciones eficaces de mantenimiento preventivo y correctivo que se le den a las plantas de bombeo, existen algunas zonas susceptibles de inundaciones en épocas de lluvias. Debido a las condiciones geológicas del suelo y a los hundimientos diferenciales del terreno, el sistema de drenaje del área de influencia de la Planta de Bombeo Vicente Villada, opera en su mayor parte con tramos en

contrapendiente, lo cual implica que los conductos que lo conforman trabajen por carga hidráulica, y no por gravedad.

Los diámetros de las tuberías existentes que conforman el sistema principal de drenaje; están comprendidos en el rango de 107 cm. a 213 cm, con más de 20 años de servicio.

En la zona de estudio es común, que la infraestructura de drenaje existente presente condiciones de azolvamiento, inclusive en épocas de estiaje.

## **CAPITULO II**

### **CARACTERISTICAS DEL PROYECTO**

## **2.1 OBJETIVO DEL PROYECTO.**

El objetivo principal de este proyecto es darle continuidad a la construcción del colector de alivio denominado Villada, con el propósito de atender la problemática de drenaje que se presenta en las colonias aledañas a la avenida Vicente Villada, Municipio de Nezahualcóyotl, y de esta manera eliminar los problemas de inundaciones que padece la población en época de lluvias, que tanto han afectado a sus habitantes.

## **2.2 DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO.**

Para la solución a la problemática que existe, se propuso darle continuidad a la construcción del colector de alivio, sobre el camellón de la calle Gral. Vicente Villada entre las Avenidas Texcoco y Bordo de Xochiaca. Este colector descargara durante la temporada de lluvias los excedentes pluviales en la lumbrera No. 1 del Interceptor Oriente – Oriente, operada por el Sistema de Aguas de la Ciudad de México (SACMEX) el cual presenta su trayectoria a lo largo de la Av. Texcoco.

Para el proceso constructivo por el método de hincado, se construirán lumbreras de sección circular, con la profundidad que se indica en el proyecto.

El proceso constructivo a cielo abierto solamente se implementara en los tramos de interconexión entre la Lumbrera 1 del I.O.O y la Caja De Control.

Cabe aclarar que dada la capacidad de conducción del colector de proyecto, no es factible incorporar los caudales durante la presencia de un evento generalizado de lluvia, por lo que se deberá elaborar un manual operativo para tales acciones operativas.

No obstante lo anterior, es un hecho que la captación parcial o total del gasto de operación de las estructuras depende de las condiciones de lluvia y de las políticas operativas que establezcan el SACMEX, la CAEM y la CONAGUA a fin de mejorar el funcionamiento hidráulico del sistema de drenaje del Distrito Federal y del Municipio de Nezahualcóyotl durante la época de lluvias, sin comprometer el funcionamiento hidráulico del sistema de drenaje primario.

## 2.3 DESCRIPCIÓN DEL PREDIO.

La zona en estudio se encuentra sobre la Av. Vicente Villada, en Cd. Nezahualcóyotl, la cual comprende desde la Av. Texcoco hasta la Av. Bordo de Xochiaca. La vialidad en estudio tiene una longitud aproximada de 4.50 km.



*Figura II.1 Ubicación relativa del sitio en estudio.*

El sitio en estudio es el camellón de la vialidad en cuestión, este tiene un ancho aproximado de 18.0 m desde la Av. Texcoco hasta el cruce con la Av. Pantitlán, el cual se reduce aproximadamente a 15.0m hasta el cruce con la Av. Bordo de Xochiaca. A lo largo del sitio en estudio no se encuentran desniveles topográficos o estructuras que puedan interferir con el proyecto, solo algunas jardineras que podrán ser demolidas en caso de así requerirlo y árboles que no presentarán ningún riesgo en caso de que se necesite su tala. Las edificaciones que se encuentran paralelas a dicha vialidad se encuentran a una distancia de 10.0 a 12.0m a partir del paño exterior de las guarniciones del camellón, en algunos casos son estructuras de hasta cuatro niveles, sin embargo, en su mayoría son de uno o dos niveles (casas habitación).

La construcción del colector se realizará paralelo a la vialidad, en el sentido sur-norte de la Av. Vicente Villada. Se ha propuesto que la solución para la instalación de la tubería del colector será mediante el uso de un escudo de frente presurizado y el hincado de tubería de concreto reforzado.

A continuación se indican de manera general algunos de los trabajos requeridos para la instalación del nuevo colector, para cualquiera de las alternativas mencionadas:

- En este caso se requiere de lumbreras para el hincado de la tubería, por lo que, estas estructuras son las más importantes y requieren de un diseño.
- Una vez que se construyen las lumbreras, se requiere de equipo especial para el hincado de la tubería que conformará el colector.
- El bombeo previo solamente se hará en el área que ocuparán las lumbreras.

De acuerdo a la información proporcionada en planos de dicho proyecto (Anexo), la profundidad de la base del colector inicial (en Av. Texcoco) es a 13.80m, a partir del nivel de terreno actual, mientras que en el extremo de la Av. Bordo de Xochiaca se encuentra a 14.40m. El diámetro del colector será de 2.44m.

Para el lanzado del escudo, se construirán 20 lumbreras y su geometría en planta será circular, su diámetro dependerá de su uso en la construcción del colector, pues habrá tres tipos de lumbreras: 1) empuje, 2) extracción y 3) doble empuje.

Las lumbreras para empuje y doble empuje tendrán un diámetro interior y exterior de 9.00m y 10.20m, respectivamente, mientras que las de extracción contarán con 6.0m de diámetro exterior, la profundidad de nivel de piso terminado (NPT) variará de -10.0m a -16.0m, respecto al nivel de terreno actual. Se nos proporcionó el procedimiento constructivo de las lumbreras (Figura II.2) en la cual se delimitan dos etapas de construcción, la primera comprende de la lumbrera 1 a la 9, y la segunda de la 10 a la 19, también se indica el número de lumbrera y su uso. Las lumbreras para empuje en un sentido serán: 8, 13 y 18, para extracción: 1, 3, 5, 7, 10, 12, 15, 17 y 20, para doble empuje: 2, 4, 6, 9, 11, 14, 16 y 19.



Figura II.2 Procedimiento de construcción de lumbreras.

A continuación se indica la distancia entre cada una de las lumbreras a construirse para el lanzamiento de la tubería, así como el nivel de plantilla del colector (profundidad medida a partir del nivel de terreno actual).

TRAMO	DISTANCIA (m)	NIVEL DE PLANTILLA (m)	TRAMO	DISTANCIA (m)	NIVEL DE PLANTILLA (m)
1-L1	7.00	13.30	10-11	300.00	11.91
1-2	28.00	13.30	11-12	250.00	12.58
2-3	250.00	13.40	12-13	250.00	12.89
3-4	250.00	12.80	13-14	250.00	13.43
4-5	250.00	11.30	14-15	250.00	13.66
5-6	250.00	11.10	15-16	280.00	15.44
6-7	250.00	10.37	16-17	250.00	15.15
7-8	230.00	9.70	17-18	250.00	14.46
8-9	260.00	9.83	18-19	135.00	14.42
9-10	250.00	10.88	19-20	21.00	14.42

*Tabla II.1 Distancia entre las lumbreras de lanzado.*

Cada lumbrera de empuje tendrá las dimensiones mínimas para la construcción de un muro de reacción, la estación principal de gateo, una pieza de la tubería por hincar, el escudo y muro portal de salida. Considerando que para el hincado de los tubos se requiere de un riel, una losa de piso y la plantilla de concreto simple, se estiman espesores de 0.10m, 0.50m y 0.20m, respectivamente.

Se estimaron bajadas de carga de las lumbreras (para empuje y extracción), de acuerdo a la información proporcionada, se considera que los elementos (losa de fondo y muros) estarán contruidos de concreto armado y tendrán un espesor de 0.60m (ver Tabla II.2 y II.3).

Profundidad de desplante de lumbrera. (m)	Peso de lumbrera vacía. (ton)
9.00	508.53
10.00	551.96
11.00	595.39
12.00	638.82
13.00	682.25
14.00	725.68
15.00	769.11
16.00	812.54

*Tabla II.2 Bajada de cargas preliminar de lumbreras para empuje.*

Profundidad de desplante de lumbrera. (m)	Peso de lumbrera vacía. (ton)
9.00	260.58
10.00	285.01
11.00	309.43
12.00	333.86
13.00	358.29
14.00	382.72
15.00	407.15
16.00	431.58

*Tabla II.3 Bajada de cargas preliminar de lumbreras para extracción.*

## **2.4 EXPLORACIÓN DEL SUBSUELO.**

### **2.4.1 MARCO GEOLÓGICO REGIONAL.**

El Valle de México asemeja una gran presa azolvada, que está delimitada por las sierras de Pachuca, Tepetzotlán, Guadalupe, Patlachique, Tepozán hacia el norte; la sierra de las Cruces al oeste, la Nevada al este y al sur la sierra de Chichinautzin. El Valle se caracterizó por una intensa actividad volcánica que culminó en el Cuaternario, con abundantes emisiones de piroclásticos que se depositaron tanto en ambientes secos al pie de las sierras, como en agua, dando origen a las bien conocidas arcillas blandas de la Ciudad de México.

En las zonas altas del valle existen domos dacíticos y depósitos piroclásticos característicos de la Formación Tarango o derrames basálticos de la sierra de Chichinautzin. Al pie de las sierras y por el cambio brusco de pendiente en el cauce de los ríos, se depositaron grandes volúmenes de materiales aluviales de composición muy diversa y con estratificaciones cruzadas o lenticulares, manifestando una erosión dinámica ajustada a los períodos de lluvias, que contrastan con los intervalos de sequía.

En las partes bajas de la cuenca y principalmente hacia el centro, es posible detectar pómez, arenas potentes depósitos lacustres constituidos por cenizas volcánicas intercaladas con finas y limos; estos depósitos aparecen intercalados con estratos de origen aluvial en la vecindad de conos de deyección o directamente en contacto con formaciones pétreas de las zonas altas, (*Manual De Diseño Geotecnico (Volumen 1)-Comisión de Vialidad y Transporte Urbano, 1987*).

Con este panorama, la Ciudad de México ha sido dividida en tres zonas geotécnicas: Zona I (de Lomas), Zona II (de Transición) y Zona III (del Lago) de acuerdo con lo indicado en las Normas Técnicas Complementarias para el Diseño y Construcción de Cimentaciones del Reglamento de Construcciones del Distrito Federal (NTC-RCDF).

La Figura II.2 presenta la zonificación mencionada, así también se señala que el predio se ubica en la denominada Zona III o Zona de Lago.

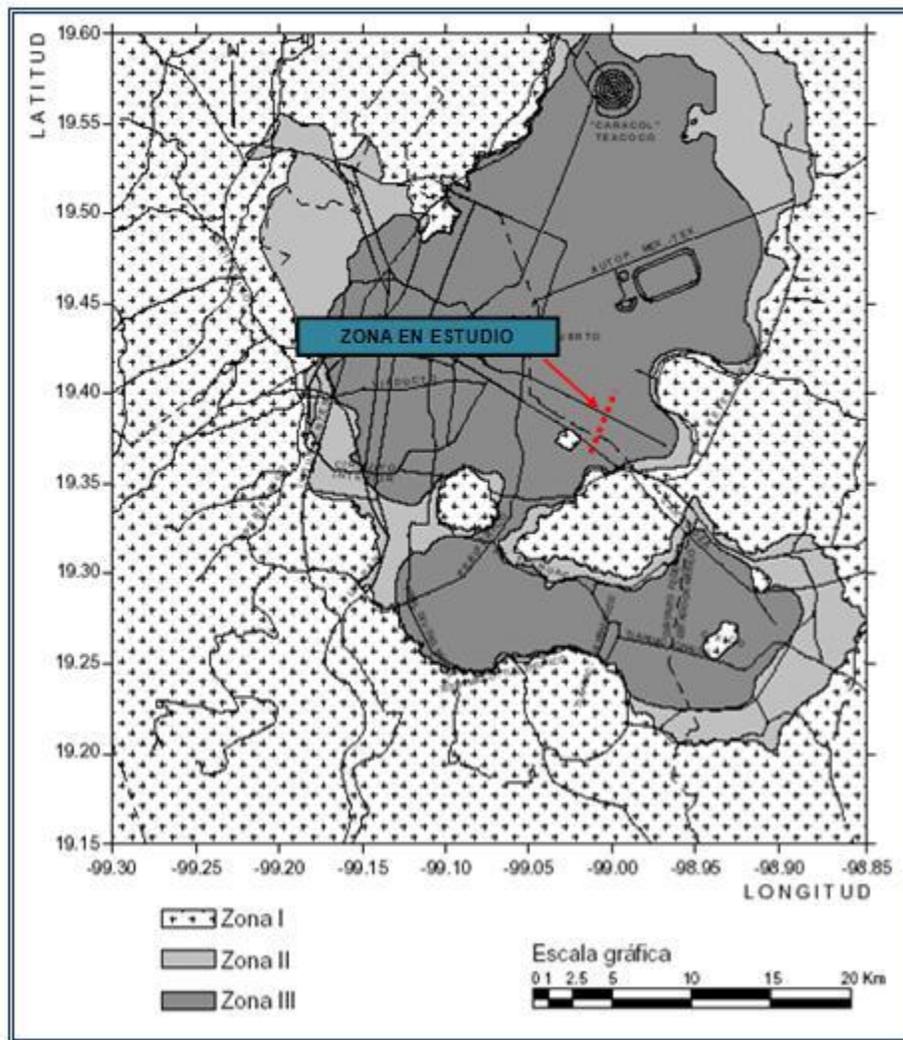


Figura II.2 Zonificación geotécnica.

De igual forma las mismas Normas Técnicas presentan una Zonificación para el Diseño por Sismo (Figura II.3) donde se establece que el predio se localiza en la Zona IIIId donde el coeficiente sísmico para estructuras del grupo B es  $CS = 0.30$ .

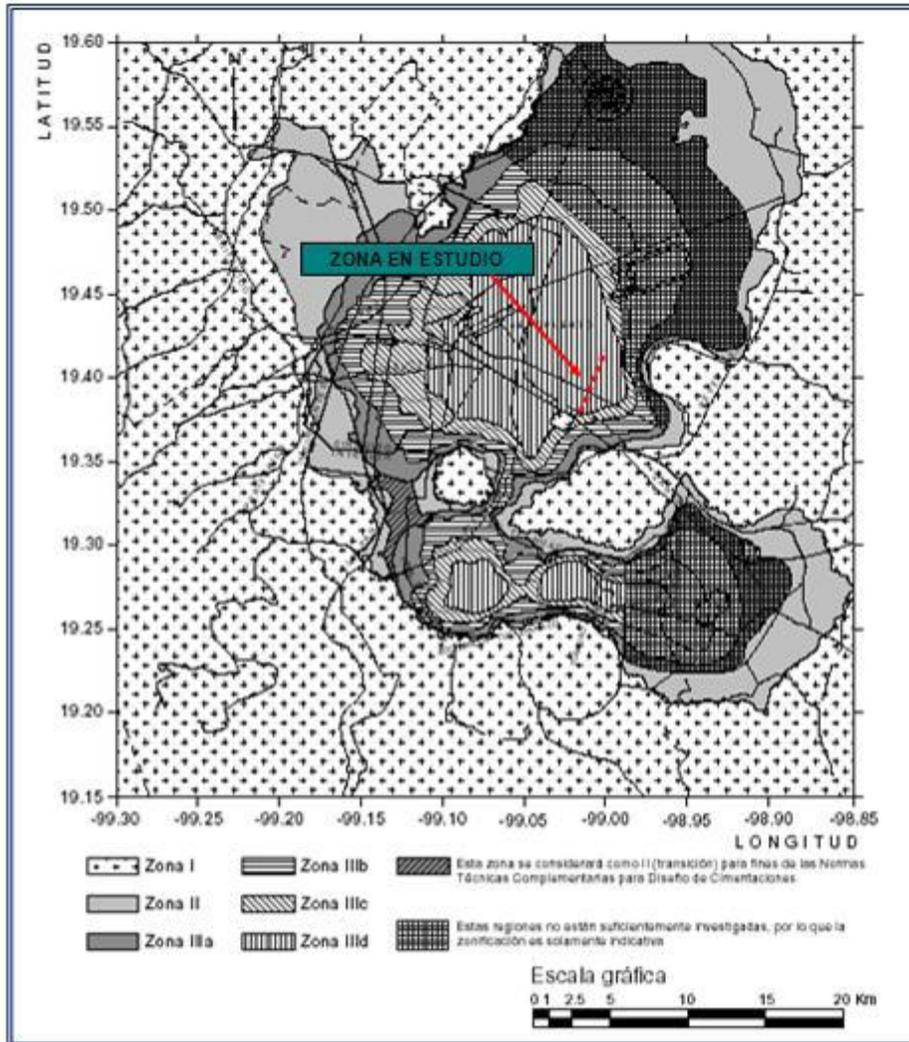


Figura II.3 Zonificación sísmica.

## 2.4.2 TRABAJOS DE CAMPO.

Inicialmente se llevó a cabo un reconocimiento sobre las avenidas en cuestión, cuya actividad primordial consistió en ubicar de forma relativa los sitios donde se llevarían a cabo los trabajos de exploración geotécnica.

Con base en la experiencia que se tiene de las condiciones estratigráficas del subsuelo en la zona, se programaron las siguientes actividades:

- Diez sondeos mixtos (SM) con una profundidad de exploración de los cuales 2 fueron a 20.0m y 8 fueron a 15.0m.

La ubicación relativa de estos trabajos se muestra en la Figura II.4.



Figura II.4 Localización de sondeos.

## SONDEO MIXTO

La ejecución del sondeo mixto, se llevó a cabo alternando la técnica conocida como penetración estándar para la obtención de muestras alteradas mediante la herramienta conocida como penetrómetro estándar, que al tiempo que recupera las muestras, permite medir la resistencia a la penetración estándar, que se define como el número de golpes que se deben aplicar con un martillo de 64 kg de peso con caída libre de 76.2 cm para alcanzar una penetración de 30 cm en el suelo. Por otra parte, la recuperación de muestras inalteradas con la utilización de un tubo de pared delgada tipo Shelby, el cual fue hincado a rotación en el suelo.

Simultáneamente a los trabajos de perforación se levantó un registro de campo, el cual contiene la identificación del sondeo, el número de muestras alteradas e inalteradas recuperadas y la profundidad a la que fueron extraídas, el tipo de herramienta empleado, el número de golpes registrado en las pruebas de penetración estándar y la clasificación geotécnica de campo de los estratos encontrados.

Sondeos	Profundidad (m)	NAF (m)	Coordenadas UTM	
			X	Y
SM-1	20.25	1.70	498253	2143183
SM-2	15.30	2.30	498449	2143569
SM-3	15.00	2.30	498605	2143852
SM-4	15.30	1.30	498849	2144336
SM-5	15.60	2.50	499118	2144865
SM-6	14.90	No detectado	499347	2145271
SM-7	14.00	2.10	499449	2145616
SM-8	15.30	1.90	499696	2146024
SM-9	15.20	1.70	499936	2146475
SM-10	19.80	1.70	500142	2146903

*Tabla II.4 Características de los trabajos de campo.*

Nota: la profundidad alcanzada y el NAF son medidas a partir del terreno actual.

**NAF:** Nivel de aguas freáticas, a partir del nivel del terreno actual.

**X & Y:** Localización UTM

**Z:** Elevación del brocal (de acuerdo al GPS)

### 2.4.3 TRABAJOS DE LABORATORIO.

Las muestras obtenidas de los sondeos se trasladaron al laboratorio, donde inicialmente se clasificaran visual y manualmente para programar la ejecución de ensayos que proporcionarían su clasificación en atención al Sistema Unificado de Clasificación de los Suelos (S.U.C.S.).

Las pruebas programadas para las muestras son las siguientes:

- Contenido de humedad.
- Porcentaje de partículas finas.
- Límites de consistencia.
- Densidad de sólidos.

Posteriormente, a las muestras inalteradas, se les realizaron ensayos mecánicos de resistencia y deformación, como son:

- Consolidación unidimensional.
- Prueba triaxial rápida UU.
- Prueba de compresión simple.

## **2.5 CONDICIONES ESTRATIGRÁFICAS E HIDRÁULICAS.**

### **2.5.1 CONDICIONES ESTRATIGRÁFICAS.**

Con base en los trabajos de campo realizados en la zona de estudio, se delimitó una secuencia estratigráfica general, que se muestra a continuación:

Estratigrafía general (profundidad de exploración 20.25m)

Ya que todos los sondeos se realizaron en el camellón de la vialidad en cuestión, en algunos casos se encontró un relleno conformado por una Arcilla arenosa, color café, de consistencia blanda a media, con algunas gravas o tezontle.

#### Estrato I.

Inicialmente, y como primer estrato natural, se identificó el manto superficial, alcanzando una profundidad de 2.50 a 3.50m; se describe como una Arcilla arenosa, color gris, de alta plasticidad y consistencia blanda. El número de golpes en la prueba de penetración estándar (N) varía de 3 a 10. Contenido de humedad de 60 a 110%, porcentaje de partículas finas de 65 a 92%, límite líquido de 368 a 417%, límite plástico de 45 a 73%, clasificación SUCS: CH.

#### Estrato I'.

En los SM- 9 y SM-10, el primer estrato natural se identifica como una Arcilla color café claro, de alta plasticidad y consistencia blanda a muy blanda, alcanzando una profundidad de 7.70m. El número de golpes en la prueba de penetración estándar (N) varía de 3 a 0. Contenido de humedad de 60 a 200%, límite líquido de 300 a 323%, límite plástico de 46%, clasificación SUCS: CH.

En el estrato I' se encuentra de manera intercalada un estrato de Arena fina, arcillosa, color café oscuro, de compacidad suelta, Contenido de humedad de 40 a 100%, clasificación SUCS: SC.

#### Estrato II.

Posteriormente se detectó la Formación Arcillosa Superior (FAS), alcanzando una profundidad de 4.50 a 10.50m; se describe como una Arcilla color gris verdoso a verde olivo, de alta plasticidad y consistencia muy blanda. El número de golpes en la prueba de penetración estándar (N) fue menor de 2. Contenido de humedad de 160 a 320%, porcentaje de partículas finas de 70 a 97%, límite líquido de 300 a 414%, límite plástico de 40 a 60%, clasificación SUCS: CH, densidad de sólidos de 2.62 a 2.66; peso volumétrico 1.16 a 1.26 ton/m<sup>3</sup>, relación de vacíos de 5.0 a

6.70, grado de saturación de 100%; en prueba de compresión triaxial (UU): cohesión de 1.30 a 2.60 ton/m<sup>2</sup> y ángulo de fricción interna de 2 a 3°; resistencia última a compresión simple de 0.80 a 2.80 ton/m<sup>2</sup>.

### Estrato III.

El tercer estrato, y que forma parte de la FAS, alcanzando una profundidad de 7.0 a 12.50m; se describe como una Arcilla color café claro a café rojizo, de alta plasticidad y consistencia muy blanda. El número de golpes en la prueba de penetración estándar (N) fue menor de 2. Contenido de humedad de 240 a 320%, porcentaje de partículas finas de 90 a 99%, límite líquido de 310 a 420%, límite plástico de 30 a 60%, clasificación SUCS: CH, densidad de sólidos de 2.61 a 2.64; peso volumétrico 1.18 ton/m<sup>3</sup>, relación de vacíos de 6.40 a 8.50, grado de saturación de 100%; en prueba de compresión triaxial (UU): cohesión de 1.0 a 1.30 ton/m<sup>2</sup> y ángulo de fricción interna de 2°; resistencia última a compresión simple de 0.70 a 2.20 ton/m<sup>2</sup>.

En el SM-1, el estrato III; se encuentra de manera intercalada entre el estrato I y II.

### Estrato IV.

El siguiente estrato, alcanzando una profundidad de 8.50 a 15.80m; se describe como una Arcilla color verde olivo, de alta plasticidad y consistencia muy blanda. El número de golpes en la prueba de penetración estándar (N) fue menor de 2. Contenido de humedad de 280 a 360%, porcentaje de partículas finas de 92 a 94%, límite líquido de 310 a 420%, límite plástico de 30 a 80%, clasificación SUCS: CH, densidad de sólidos de 2.62; peso volumétrico 1.12 a 1.17 ton/m<sup>3</sup>, relación de vacíos de 9.70 a 11.0, grado de saturación de 100%; en prueba de compresión triaxial (UU): cohesión de 1.10 a 2.0 ton/m<sup>2</sup> y ángulo de fricción interna de 2 a 3°; resistencia última a compresión simple de 0.50 a 3.90 ton/m<sup>2</sup>. Este estrato no se detectó en el SM-10.

### Estrato V.

Subyaciendo a los estratos arcillosos, con un espesor de 1.00 a 2.50 m; se identificó una Arena fina, color gris oscuro, de compacidad media a densa. El número de golpes en la prueba de penetración estándar (N) varió de 7 a 39. Contenido de humedad de 20 a 60%, porcentaje de partículas finas de 20 a 45%, clasificación SUCS: SC.

### Estrato V´.

En el SM-3, se identificó de manera intercalada una Arcilla arenosa, color gris verdoso de consistencia media, con un espesor de 1.50m. El número de golpes en la prueba de penetración estándar (N) fue de 5. Contenido de humedad de 260%, porcentaje de partículas finas de 92%, límite líquido de 415%, límite plástico de 40%, clasificación SUCS: CH, densidad de sólidos de 2.64; peso volumétrico 1.20 ton/m<sup>3</sup>, relación de vacíos de 7.0, grado de saturación de 100%; en prueba de compresión triaxial (UU): cohesión de 1.30 ton/m<sup>2</sup> y ángulo de fricción interna de 5°; resistencia última a compresión simple de 2.80 ton/m<sup>2</sup>.

### Estrato V´´.

Bajo el estrato definido como V´, se identificó una Arena fina, arcillosa, color gris oscuro, de compacidad densa. El número de golpes en la prueba de penetración estándar (N) varió de 31 a 45. Contenido de humedad de 20%, porcentaje de partículas finas de 31%, clasificación SUCS: SC.

### Estrato VI.

Como penúltimo estrato, e identificado en los SM-2 y SM-3, alcanzando una profundidad de 13.50 a 16.00m; se describe como una Arcilla arenosa, color café a café grisáceo, de alta plasticidad y consistencia muy blanda. El número de golpes en la prueba de penetración estándar (N) fue menor de 2. Contenido de humedad de 70 a 100%, límite líquido de 80%, límite plástico de 20%, clasificación SUCS: CH, densidad de sólidos de 2.60 a 2.67; peso volumétrico 1.40 ton/m<sup>3</sup>, relación de vacíos de 2.70 a 2.90, grado de saturación de 100%; en prueba de compresión triaxial (UU): cohesión de 2.20 a 3.0 ton/m<sup>2</sup> y ángulo de fricción interna de 3 a 16°; resistencia última a compresión simple de 4.60 a 6.30 ton/m<sup>2</sup>.

### Estrato VII.

Finalmente, alcanzando la profundidad de exploración máxima (20.25 m), se identificó una Arcilla arenosa, color café, de alta plasticidad y consistencia muy blanda. Con un número de golpes en la prueba de penetración estándar (N) menor de 2. Contenido de humedad de 260 a 410%, porcentaje de partículas finas de 84 a 97%, límite líquido de 310 a 390%, límite plástico de 40 a 80%, clasificación SUCS: CH, densidad de sólidos de 2.62; peso volumétrico 1.14 a 1.20 ton/m<sup>3</sup>, relación de vacíos de 7.30 a 11.00, grado de saturación de 100%; en prueba de compresión triaxial (UU): cohesión de 1.20 a 2.80 ton/m<sup>2</sup> y ángulo de fricción interna de 3 a 5°; resistencia última a compresión simple de 2.20 a 4.60 ton/m<sup>2</sup>.

## **2.5.2 CONDICIONES HIDRÁULICAS.**

El nivel de aguas freáticas (NAF) se detectó a 0.70 a 2.50 m de profundidad, a partir del nivel de terreno natural. En el SM-6 no se detectó, esto posiblemente al abatimiento por explotación de mantos acuíferos en la zona, sin embargo, y debido a que la profundidad del NAF varía con la estación a lo largo del año, es posible que en temporada de lluvias, su nivel se encuentre en el orden de los demás sondeos.

## **2.6 ANÁLISIS GEOTÉCNICO.**

### **2.6.1 DISCUSIÓN DE LOS TRABAJOS DE EXCAVACIÓN E HINCADO DE TUBERÍA.**

El terreno en el que se ubica el proyecto corresponde a un depósito de arcillas de origen lacustre, de baja resistencia al esfuerzo cortante y alta compresibilidad; por lo que se debe de contemplar la problemática que puede presentarse durante la construcción del colector.

La construcción del colector será mediante la excavación del terreno utilizando un escudo de frente presurizado y el hincado de tubos de concreto armado. Para el lanzamiento de la tubería es necesaria la construcción de lumbreras a lo largo del eje del colector. La geometría en planta de éstas será circular.

De acuerdo con lo anterior, la estructura de contención para las lumbreras, así como la mejor opción para su construcción es la técnica llamada “**Pozo Indio**”, en la cual se construirá una estructura de contención circular, sometida a un esfuerzo radial producto del empuje del suelo, se debe realizar la revisión contra la falla de fondo de la excavación.

Los análisis geotécnicos que deberán realizarse en la construcción de las lumbreras son los siguientes:

- Capacidad de carga de la losa de fondo.
- Cálculo de desplazamientos verticales.
- Revisión de la falla de fondo.
- Falla de fondo por subpresión.
- Empuje de tierras en los elementos de contención.

Existe la posibilidad de que se pueden llegar a presentar filtraciones de agua debido a la presencia del nivel freático, el cual varía de 0.70 a 2.50m. Como una

medida de protección se debe considerar que para garantizar la estabilidad de la excavación se realizará un abatimiento del nivel de aguas freáticas, previo a la excavación de la lumbrera.

Una vez que se construyan las lumbreras, se hará el hincado de la tubería mediante la estación principal de gateo.

Para el proceso de hincado de la tubería se deben de realizar los siguientes análisis:

- Estabilidad del túnel.
- Empuje de tierras en el muro de reacción.
- Cálculo de reacción en las lumbreras.
- Fricción entre tubería hincada y subsuelo.

Estos análisis nos permitirán establecer la factibilidad de utilizar la solución de instalación del colector con escudo, además de la distancia máxima entre lumbreras.

A continuación se presentan los parámetros mecánicos de la estratigrafía de trabajo con los cuales se realizaron los análisis geotécnicos.

Estrato No.	Profundidad máxima. (m)	SUCS	$\gamma$ (ton/m <sup>3</sup> )	C (ton/m <sup>2</sup> )	$\phi$ (°)	$q_u$ (ton/m <sup>2</sup> )
I y I'	3.00	CH	1.30	2.0*	5*	-
II	7.50	CH	1.20	1.30-2.60	2-3	0.80-2.80
III	10.00	CH	1.18	1.00-1.30	2	0.70-2.20
IV	11.50	CH	1.15	1.10-2.00	2-3	0.50-3.90-
V	13.00	SC	1.70	1.50*	30*	-
V'	14.00	CH	1.20	1.30	5	2.80
VI	16.00	CH	1.40	2.20-3.00	3-16	4.60-6.30-
VII	21.00	CH	1.17	1.20-2.80	3-5	2.20-4.60-

*Tabla II.5 Estratigrafía para los análisis técnicos.*

Nomenclatura:

SUCS: Clasificación de acuerdo al Sistema Unificado de Clasificación de Suelos.

$\gamma$ : Peso volumétrico.

c: Cohesión (Prueba Triaxial UU)

$\phi$ : Ángulo de fricción interna (Prueba Triaxial UU).

$q_u$ : Resistencia última a compresión simple.

(\*): Los valores fueron estimados de tablas de correlaciones empíricas basadas en la prueba de penetración estándar (Referencia No. 3).

## 2.6.2 CALCULO DE CAPACIDAD DE CARGA DE LA LOSA DE FONDO DE LUMBRERAS.

La revisión del Estado Límite de Falla se llevó a cabo de acuerdo a los lineamientos establecidos en las Normas Técnicas Complementarias para Construcción y Diseño de Cimentaciones del Reglamento de Construcciones del Departamento del Distrito Federal de 2004 (NTC-RCDF), para suelos de comportamiento “puramente cohesivo”.

$$qa = cN_c F_R + pv$$

Dónde:

$qa$ : Capacidad de carga admisible de la cimentación, en ton/m<sup>2</sup>.

$c$ : cohesión.

$N_c$ : coeficiente de capacidad de carga dado por:

$$N_c = 5.14 * (1 + 0.25 \left( \frac{D_f}{B} \right) + 0.25 \frac{B}{L})$$

$D_f$ : profundidad de desplante de la cimentación: m

$B$ : ancho de la cimentación: 10.20 (lumbrera empuje) y 6.0 (lumbrera extracción).

$L$ : largo de la cimentación: mismos valores que  $B$ .

$F_R$ : Factor de resistencia: 0.70

$pv$ : Presión vertical total a la profundidad de desplante de la cimentación, t/m<sup>2</sup>.

Como ya se comentó, la sección de las lumbreras será circular (10.20m y 6.0m para lumbreras de empuje y extracción, respectivamente), sin embargo, su profundidad variará de acuerdo a la profundidad necesaria para la instalación de la tubería. Por lo tanto, se obtuvo la capacidad de carga admisible para distintas profundidades, la cual varía de **17.0 a 27.50 ton/m<sup>2</sup>** (ver Figura II.5).

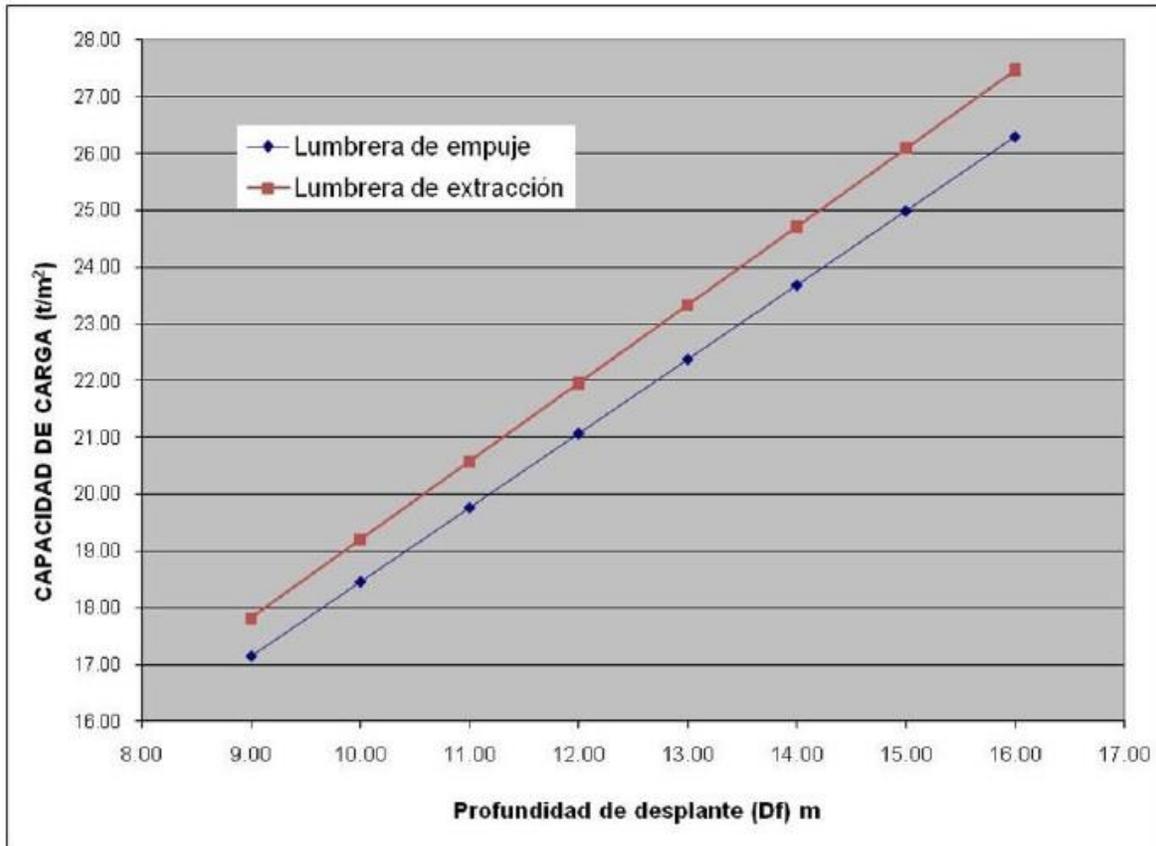


Figura II.5 Grafica de capacidad de carga para distintas profundidades de desplante de lumbreras.

Con la bajada de cargas “preliminar” se realizará la revisión del estado límite de falla mediante el cumplimiento de la siguiente desigualdad:

$$\sum \frac{QFc}{A} < qadm$$

Donde:

$\sum \frac{QFc}{A}$ : Suma de carga en la combinación considerada, afectada por su respectivo factor de carga, en ton.

A: area del cimiento, en m<sup>2</sup>.

Profundidad de desplante de lumbrera. (m)	Peso de lumbrera vacía. (ton)	Capacidad de carga. (ton)
9.0	508.53	1401.33
10.0	551.96	1508.03
11.0	595.39	1614.73
12.0	638.82	1721.43
13.0	682.25	1828.14

Profundidad de desplante de lumbrera. (m)	Peso de lumbrera vacía. (ton)	Capacidad de carga. (ton)
14.0	725.68	1934.84
15.0	769.11	2041.54
16.0	812.54	2148.24

Tabla II.6 Revisión "preliminar" del estado límite de falla en lumbreras para empuje.

Profundidad de desplante de lumbrera. (m)	Peso de lumbrera vacía. (ton)	Capacidad de carga. (ton)
9.0	260.58	503.74
10.0	285.01	542.75
11.0	309.43	581.77
12.0	333.86	620.79
13.0	358.29	659.80
14.0	382.72	698.82
15.0	407.15	737.83
16.0	431.58	776.85

Tabla II.7 Revisión "preliminar" del estado límite de falla en lumbreras de extracción.

Se aprecia que la cimentación (losa de fondo) será estable ante el estado límite de falla, pero una vez que se cuente con la bajada de cargas real, deberá realizarse nuevamente esta revisión

### 2.6.3 CALCULO DE LOS DESPLAZAMIENTOS VERTICALES.

Esta revisión corresponde a la estimación de los movimientos verticales que sufrirán las lumbreras de proyecto respecto al terreno circundante, estos se deberán a las recuperaciones de las expansiones elásticas producida durante el retiro del lodo bentonítico y la construcción de la cimentación y, al prever que la condición de la estructura será sobrecompensada, a las expansiones debidos a la consolidación (absorción de agua) de los depósitos arcillosos, producidos por el decremento de presión neta que será transmitida al subsuelo.

- **EXPANSIONES ELÁSTICAS.**

Se consideró que las deformaciones producidas por la excavación de las lumbreras serán de tipo elástico por lo que para evaluarlas, se utilizó la siguiente expresión, la cual modela el efecto elástico que tendrá el suelo de apoyo (*Ingeniería de Cimentaciones, TGC Geotecnia, 2001*).

$$\delta e = \frac{qB(1 - \mu^2)}{E} I_w$$

Donde:

$\delta e$ : Deformación elástica esperada, en cm.

q: Valor de la descarga actuante sobre el suelo, en kg/cm<sup>2</sup>.

B: ancho o diámetro de la cimentación, en m.

E: Módulo de elasticidad.

$\mu$ : Relación de Poisson, adimensional.

$I_w$ : factor de forma, adimensional.

Esta revisión se realizó mediante un programa de computadora, las propiedades tanto físicas como mecánicas se muestran en la Tabla II.8, mientras que la liberación de esfuerzo, para distintas profundidades, se indica en la Tabla II.9.

Estrato.	SUCS.	Profundidad máxima.	$\mu$	E (kg/cm <sup>2</sup> )
1	CH	3.00	0.45	70
2	CH	7.50	0.50	60
3	CH	10.00	0.50	50
4	CH	11.50	0.50	60
5	SC	13.00	0.40	150
6	CH	16.00	0.50	95
7	CH	35.00	0.50	70
8	SP*	38.00	0.40	200

Tabla II.8 Propiedades elásticas de los estratos del suelo.

Profundidad de desplante de lumbrera. (m)	Liberación de esfuerzo. (ton/m <sup>2</sup> )
9.00	10.80
10.00	12.00
11.00	13.20
12.00	14.40
13.00	15.60
14.00	16.80
15.00	18.00
16.00	19.20

Tabla II.9 Decremento de esfuerzos en el suelo por excavación de lumbreras.

En este análisis se calcularon expansiones al centro y esquina de las lumbreras, para diferentes profundidades de excavación (que de acuerdo al proyecto variará de 9.0 a 16.0m) dichos valores se presentan de manera gráfica en la Figura II.6.

Las expansiones al centro varían de 2.0 a 5.0cm, mientras que en la esquina de 0.50 a 1.50cm.

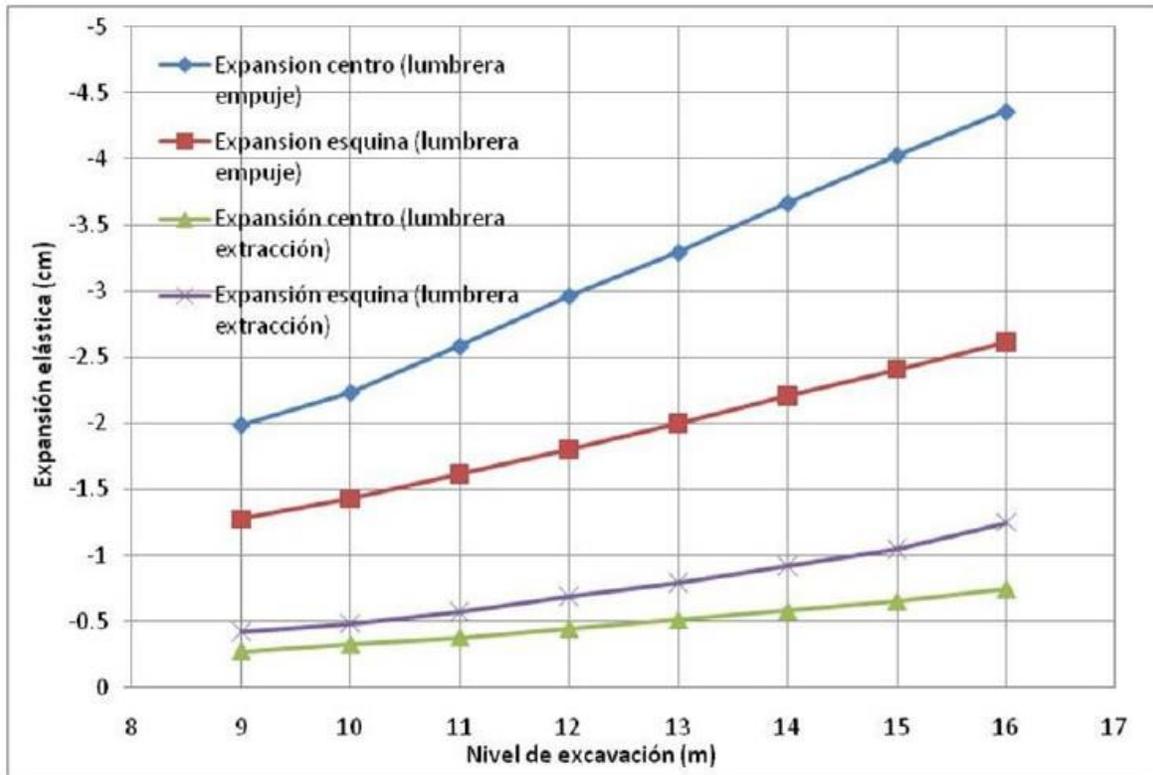


Figura II.6 Expansiones elásticas (en cm) para diferentes profundidades en lumbreras.

### • CALCULO DE COMPENSACIÓN.

Con la bajada de cargas preliminar se determinó el decremento de esfuerzo para la condición vacío de las lumbreras, las cuales varían de -4.58 ton/m<sup>2</sup> a -9.26 ton/m<sup>2</sup>. En la Tabla II.10 se muestra el desglose de dichos decrementos de presión en el suelo.

Profundidad de desplante de la lumbrera. (m)	Presión de lumbrera vacía. (ton/m <sup>2</sup> )	Descarga a profundidad de desplante. (ton/m <sup>2</sup> )	Decremento de presión vacío. (ton/m <sup>2</sup> )
9.00	6.22	-10.80	-4.58
10.00	6.75	-12.00	-5.25
11.00	7.29	-13.20	-5.91
12.00	7.82	-14.40	-6.58
13.00	8.35	-15.60	-7.25
14.00	8.88	-16.80	-7.92
15.00	9.41	-18.00	-8.59
16.00	9.94	-19.20	-9.26

Tabla II.10 Compensación de presión en el suelo por la construcción de lumbreras para empuje.

La revisión del estado límite de servicio se debe realizar conforme a lo estipulado en las Normas Técnicas Complementarias para el Diseño de Cimentaciones del 2004 (NTC-RCDF).

De acuerdo a la condición de “sobrecompensación” en la que estarán las lumbreras, se generarán expansiones a largo plazo, sin embargo, una vez que se cuente con la bajada de cargas real de cada lumbrera, se hará una revisión particular ya que en la bajada de cargas no se considera losa-tapa.

#### 2.6.4 REVISIÓN DE FALLA DE FONDO EN LUMBRERAS.

Es necesario hacer la revisión ante la falla de fondo, problema que se presenta en excavaciones profundas ademadas, esto para el caso de suelos arcillosos saturados, para hacer dicho análisis se utiliza la siguiente fórmula (*Manual De Diseño Geotecnico (Volumen 1)-Comisión de Vialidad y Transporte Urbano, 1987*):

$$Pv + \sum qFc \leq C_u N_c F_R$$

Donde:

$C_u$ : Cohesión aparente del suelo bajo el fondo de la excavación, en ton/m<sup>2</sup>.

$N_c$ : Coeficiente de capacidad de carga dado por:

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

$D_f$ : profundidad de desplante de la cimentación: m

$B$ : ancho de la cimentación: 10.20 (lumbrera empuje) y 6.0 (lumbrera extracción).

$L$ : largo de la cimentación: mismos valores que  $B$ .

$F_R$ : Factor de resistencia: 0.70

$p_v$ : Presión vertical total a la profundidad de desplante de la cimentación, t/m<sup>2</sup>.

$\sum qFc$ : Sobrecargas superficiales afectadas por sus respectivos factores de carga, ton/m<sup>2</sup>.

Debido a que en el procedimiento constructivo se colocará un relleno de lodo bentonítico a medida que la excavación se lleva a mayor profundidad (hasta alcanzar el nivel máximo de excavación), esto generará una sobrecarga en el fondo de la excavación, lo cual evitará dicha falla.

Para esta revisión se estableció un factor de seguridad mínimo para falla de fondo de 1.60 y se determinó el tirante de lodo bentonítico necesario para obtener dicho  $F_s$ , el cual evitará dicha falla. En la Figura II.7 se aprecia la gráfica “Profundidad de excavación vs Tirante de lodo bentonítico”, en el cual se puede ver que a partir de una excavación de 9.0m es necesario un tirante de 6.50 a 7.0m, dependiendo del tipo de lumbrera, en el caso del NME (16.0m) se requiere un tirante de bentonita cercano a los 14.0m.

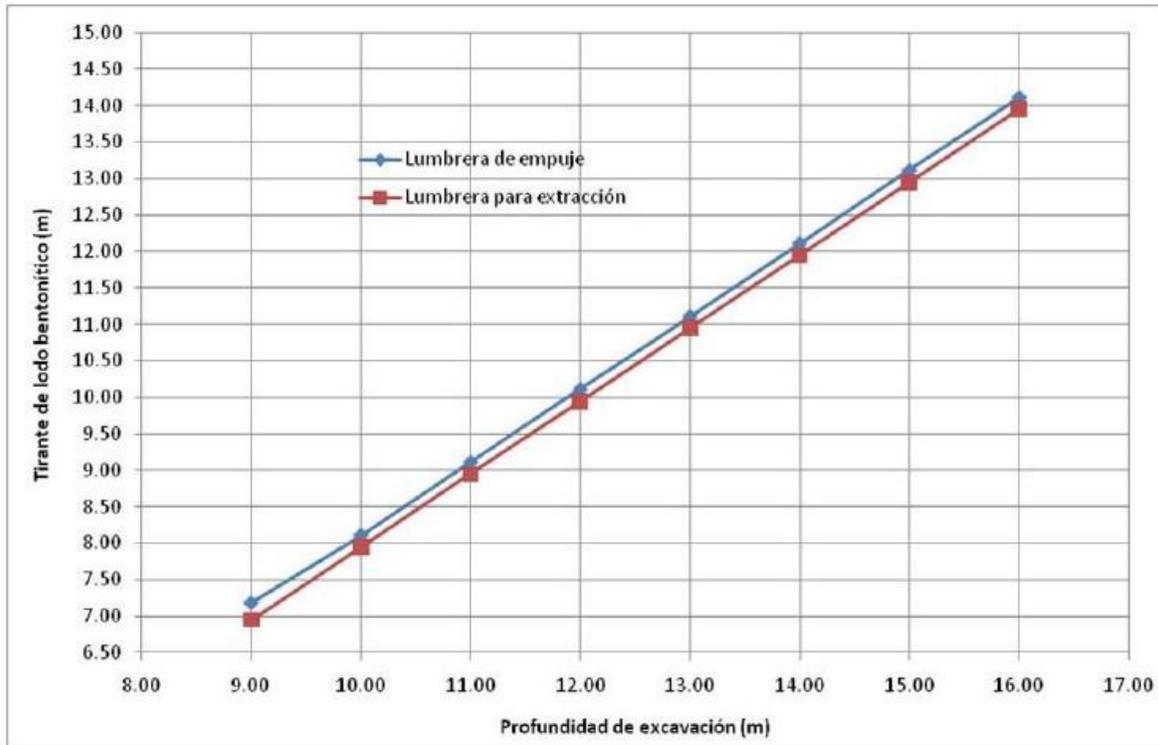


Figura II.7 Tirante de lodo bentonítico para evitar falla de fondo en las lumbreras ( $F_s=1.60$ ).

Para que este análisis sea válido, y se cumpla dicho comportamiento en campo, la densidad (mínima) del lodo debe de ser de 1.15ton/m<sup>3</sup>. En su respectivo procedimiento constructivo (tema próximo) se indican sus características y propiedades.

### 2.6.5 REVISIÓN DE FALLA POR SUBPRESIÓN EN LA LUMBRERA.

Cuando existe un estrato de material permeable confinado por arcilla bajo el fondo de la excavación se revisa la falla por efecto de la subpresión ejercida en dicho estrato.

La falla se presenta cuando la subpresión en la base del estrato de arcilla es mayor a la suma del peso del prisma de suelo bajo el fondo más la fuerza cortante resistente en las caras verticales del prisma, considerando las propiedades del suelo y la geometría de la excavación, la revisión se realiza con la siguiente ecuación (*Manual De Diseño Geotecnico (Volumen 1)-Comisión de Vialidad y Transporte Urbano, 1987*):

$$F_S = \frac{\gamma_m h_f BL + 2c(Bh_f + Lh_p)}{\gamma_w h_w BL}$$

Donde:

$h_f$ : Distancia entre el fondo de la excavación y el estrato de arena, en m.

$h_p$ : Distancia entre el nivel de desplante del muro y el estrato de arena, en m.

$\gamma_w$ : Peso volumétrico del agua.

$h_w$ : Altura piezométrica en el estrato de arena, en m.

B: Ancho de la excavación, en m.

L: Longitud del tramo a excavar, en m.

$\gamma_m$ : Peso volumétrico saturado del prisma de suelo bajo el fondo, en t/m<sup>3</sup>.

c: Valor medio de la resistencia al corte no drenada, en t/m<sup>2</sup>.

Se calcula que para una excavación de 15.50 m de profundidad (aproximadamente el NME) el Factor de seguridad es de 0.20, siendo que el mínimo recomendado es de 1.30, por lo que, es muy probable que se presente una falla por subpresión, por lo tanto, y como ya se había comentado, será necesario realizar un bombeo previo a la construcción de las lumbreras.

## **2.6.6 EMPUJE ACTIVO DE TIERRAS EN LA ESTRUCTURA DE CONTENCIÓN.**

Para el diseño de los elementos de la estructura de contención, se establecieron las condiciones bajo las cuales el suelo empujará sobre éstos, en la etapa de excavación.

- **Presiones en estado activo.**

El diagrama de empuje en estado activo sobre los elementos de contención se calculó de acuerdo a la siguiente expresión (*Ingeniería en Cimentaciones, TGC Geotecnia, 2001*):

$$Pa = (\sum g'H + q) * Ka - 2c(Ka)^{0.5} + u$$

Donde:

$\sum g'H$ : Suma de presiones efectiva del suelo, obtenido a partir del producto de los pesos volumétricos por su espesor respectivo, en t/m<sup>2</sup>.

q: Sobrecarga en la superficie, t/m<sup>2</sup>.

Ka: Coeficiente de tierras activo, adimensional.

$$Ka = \tan^2\left(45 - \frac{\varphi}{2}\right)$$

c: Cohesión aparente del terreno, t/m<sup>2</sup>.

u: presión hidrostática, t/m<sup>2</sup>.

Se indican los empujes a los que estará sometida la lumbrera durante su procedimiento constructivo, en la Figura II.8 se presenta el empuje de tierras en estado activo el cual regirá durante el procedimiento constructivo de dichos elementos. Se considera un abatimiento del NAF, por lo que el empuje es producido solamente por el empuje total del suelo.

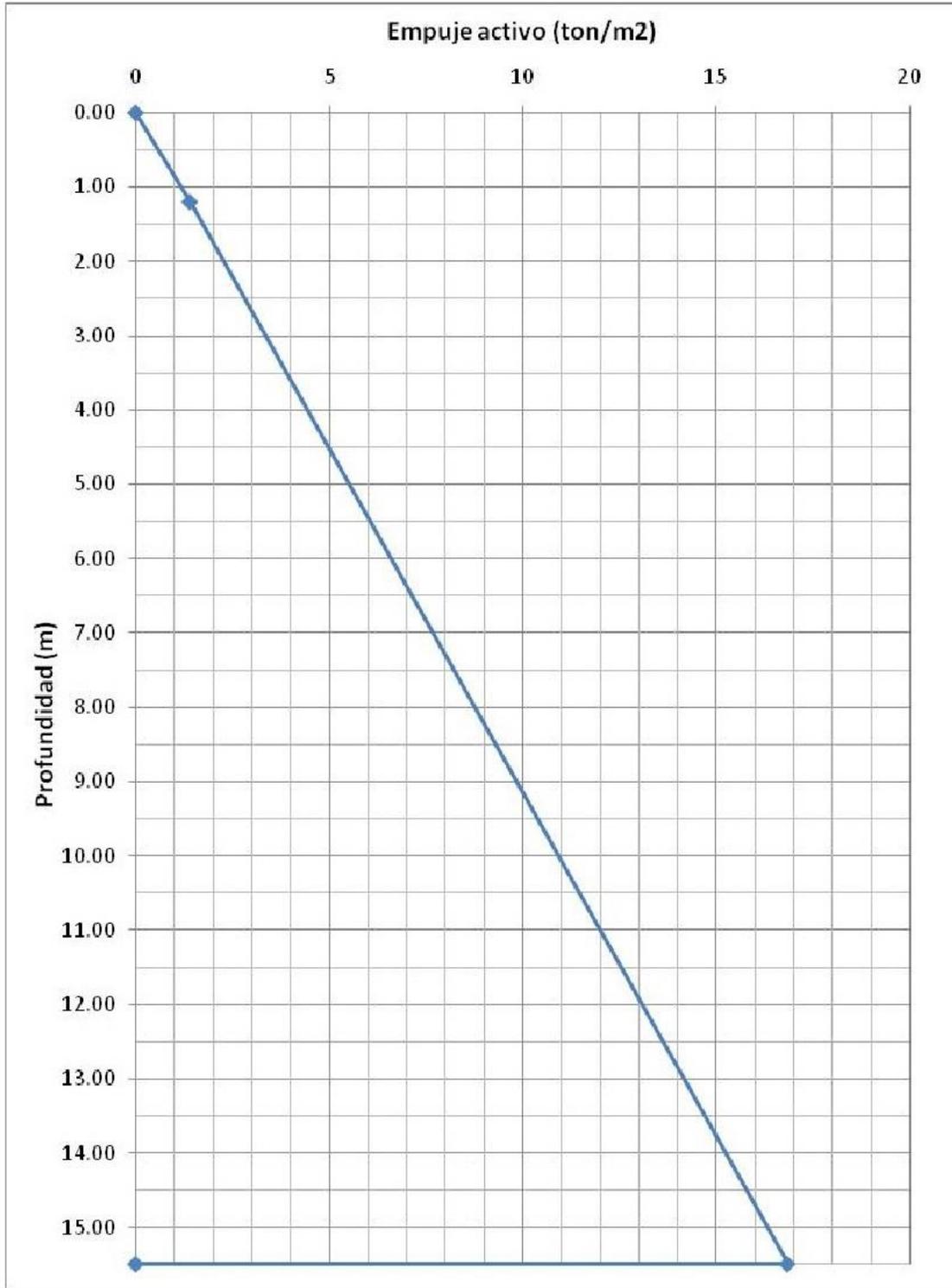


Figura II.8 Empuje de tierras en estado activo.

## 2.6.7 EMPUJE EN REPOSO DE TIERRAS EN LA ESTRUCTURA DE CONTENCIÓN.

Para el diseño de los elementos de la estructura de contención, se establecieron las condiciones bajo las cuales el suelo empujará sobre éstos.

En función del proceso constructivo propuesto, considerando para ello la condición más crítica y definitiva para su diseño; un empuje de tierras en reposo. Este se calculó mediante la expresión propuesta por Rankine (*Ingeniería en Cimentaciones, TGC Geotecnia, 2001*), expresada como sigue:

$$P_o = (\gamma' h + q) * K_o + u$$

Donde:

$\sum \gamma' h$ : Sumatoria de la presión efectiva del suelo, obtenida a partir del producto de los pesos volumétricos por su espesor respectivo, en ton/m<sup>2</sup>.

q: Sobrecarga en la superficie, en ton/m<sup>2</sup>.

u: Presión Hidrostática, en ton/m<sup>2</sup>.

$K_o$ : Coeficiente de tierras en reposo, adimensional.

En la Figura II.9 se presenta el empuje de tierras en estado de reposo (considerando una altura total de 15.50 m), el cual será la condición más desfavorable a los cuales estará sometida la lumbrera una vez que se construya y se ponga en servicio. En este se considera el empuje hidrostática, el empuje activo del suelo y la fuerza cuando se presente un sismo, en este caso, la suma de todas da el “empuje total” (indicado en color rojo), el cual será el empuje que regirá durante el diseño definitivo de los muros de las lumbreras.

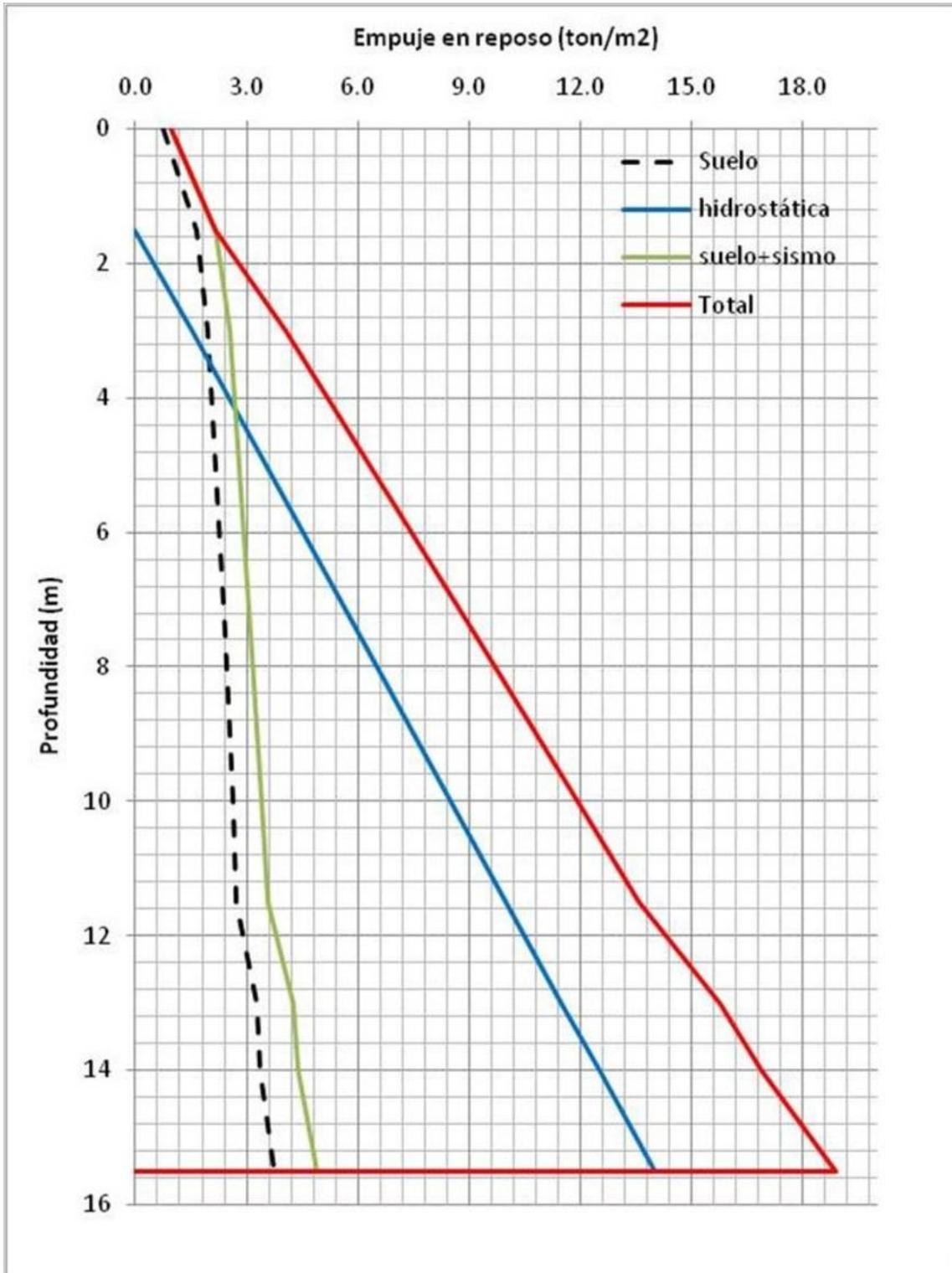


Figura II.9 Empuje de tierras en reposo sobre los muros de la lumbrera.

## 2.6.8 EMPUJE DE TIERRAS EN EL MURO DE REACCIÓN.

Considerando que el empuje se producirá del muro hacia el suelo, el empuje a calcular será un empuje pasivo.

- **Presiones en estado pasivo.**

El diagrama de empuje pasivo se calculó de acuerdo a la siguiente expresión (*Ingeniería en Cimentaciones, TGC Geotecnia, 2001*):

$$Pa = (\sum g'H + q) * K_p + 2c(K_p)^{0.5} + u$$

Donde:

$\sum g'H$ : Suma de presiones efectiva del suelo, obtenido a partir del producto de los pesos volumétricos por su espesor respectivo, en ton/m<sup>2</sup>.

q: Sobrecarga en la superficie, t/m<sup>2</sup>.

$K_p$ : Coeficiente de tierras activo, adimensional.

$$K_p = \tan^2(45 + \varphi/2)$$

c: Cohesión aparente del terreno, ton/m<sup>2</sup>.

u: Presión Hidrostática, ton/m<sup>2</sup>.

El diagrama de empuje de tierras en estado pasivo se presenta en la Figura II.10, el cual comprende una altura de 15.50m, pero este se podrá recortar a la altura acorde con el que se construya a lo largo del colector, para las diferentes profundidades de las lumbreras.

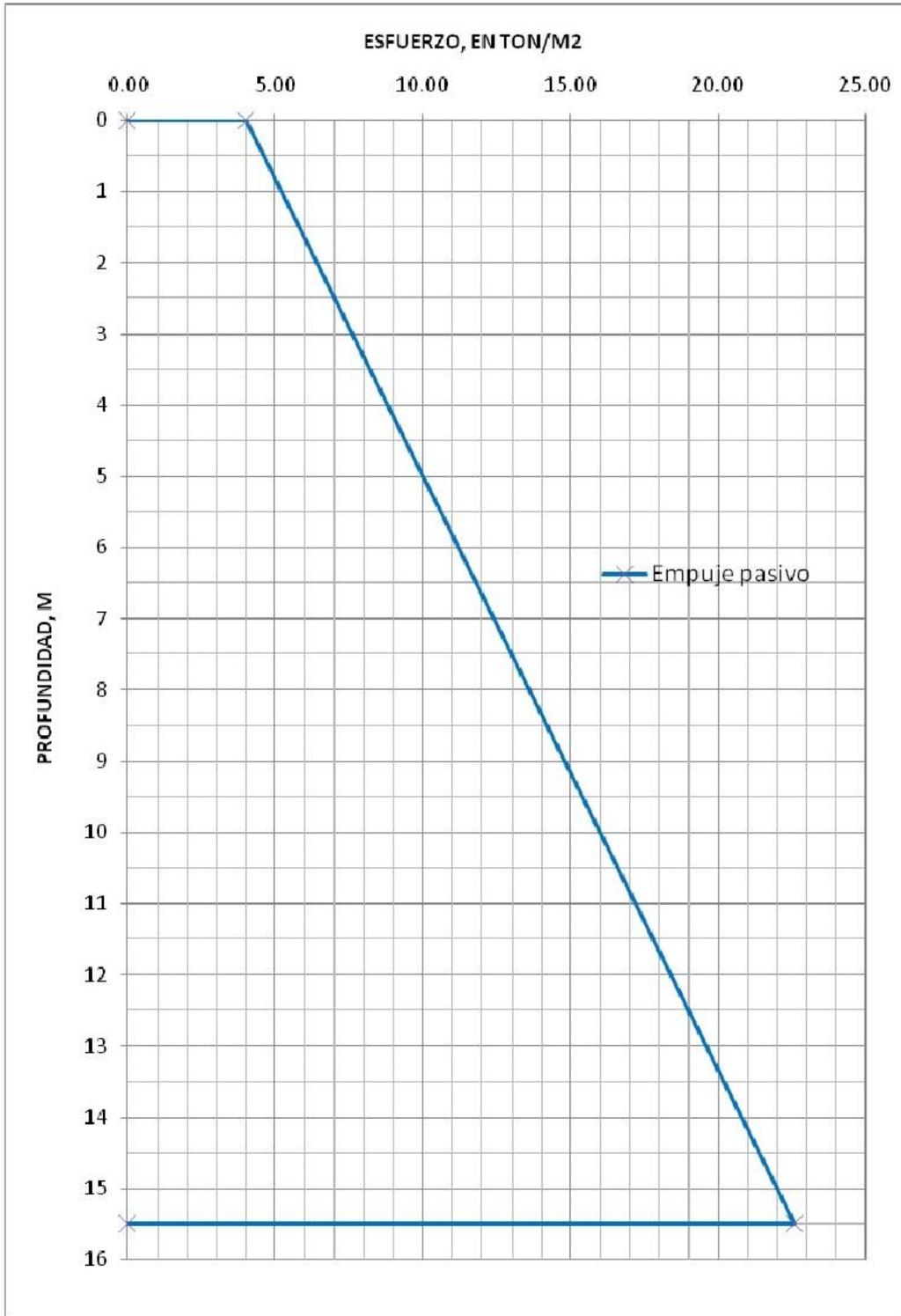


Figura II.10 Empuje de tierras en estado pasivo.

## 2.6.9 CAPACIDAD DE REACCIÓN DE LAS LUMBRERAS.

Se prevé que la estación principal de gateo tendrá una capacidad de empuje total igual a 1200 ton.

Por lo que, las lumbreras de lanzado deben tener una capacidad de reacción similar, a fin de contrarrestar en todo momento el empuje que se generará durante la instalación del colector.

### Empuje pasivo.

Ya que la profundidad de las lumbreras variará, se calculó el empuje pasivo que proporcionará el muro de reacción, estos empujes se indican en la siguiente tabla:

Nivel máximo de excavación. (m)	Empuje pasivo total. (ton)
9.00	678
10.00	801
11.00	934
12.00	1077
13.00	1229
14.00	1391
15.00	1562
16.00	1743

*Tabla II.11 Empuje pasivo para distintas profundidades.*

### Fricción de la losa de fondo.

$$FL = 81.71m^2 \times 1.50 \text{ ton}/m^2 = 122.50 \text{ ton}$$

Finalmente se calcula la Reacción en las lumbreras, RL, al sumar cada una de las fuerzas mencionadas anteriormente, al igual que en los análisis anteriores, dichos análisis se hicieron para cada una de las profundidades que alcanzarán estos elementos.

Nivel máximo de excavación. (m)	RL (ton)
9.00	868
10.00	992
11.00	1125
12.00	1267
13.00	1419
14.00	1581
15.00	1753
16.00	1934

*Tabla II.12 Reacción en las lumbreras.*

Comparando la capacidad de la estación de gateo (1200 ton) con la reacción en las lumbreras, se puede ver que cuando la lumbrera tenga una profundidad menor de 11.0m, esta no tendrá capacidad para resistir dicha fuerza, por lo que en estos casos, una vez que se comience con los trabajos para el lanzamiento de la tubería, NO debe de aplicarse una fuerza mayor a la que la lumbrera podrá reaccionar, ya que si se excede, es muy probable que la lumbrera falle por deslizamiento o por volteo, por lo tanto, será más viable el colocar estaciones de gato intermedias para reducir la fuerza de aplicación entre lumbreras.

Para lumbreras con una profundidad mayor a 12.0m, la fuerza de hincado de la estación de gateo, será menor que la capacidad de reacción de la lumbrera, por lo que en dichos casos, no hay riesgo de que falle la lumbrera.

### **2.6.10 FRICCIÓN ENTRE TUBERÍA HINCADA Y SUBSUELO.**

Para dicho análisis se consideró el criterio de Tomilson en el cual se calcula la fricción generada entre la tubería y el subsuelo, dicho criterio considera el hincado de la tubería en suelos arcillosos blandos y que ocasionalmente se cruzan lentes de material granular.

En este análisis se utilizó la siguiente ecuación (*Revista de la Sociedad Mexicana de Mecánica de Suelos, Número 209*):

$$f_s = ac + qk \tan(\alpha)$$

Donde:

$f_s$ : Resistencia por fricción, en ton/m<sup>2</sup>.

$a$ : Coeficiente de fricción o adherencia, 0.40.

$c$ : Cohesión promedio de los estratos atravesados, 1.50 ton/m<sup>2</sup>.

$q$ : Esfuerzo vertical efectivo, 4.50 ton/m<sup>2</sup> (ver figura II.10).

$K$ : Coeficiente de empuje de tierra, en estado de reposo, 0.50.

$\alpha$ : Angulo de fricción interna, residual del suelo, 17°.

Aplicando la ecuación anterior, se calculó la fricción teórica total la cual es de 1.28 ton/m<sup>2</sup>.

Considerando la longitud total del colector (4.50km, aproximadamente), así como su respectivo diámetro (2.87m), la fuerza de empuje necesaria para el hincado de la tubería en toda su longitud es de 51934 ton.

En la Tabla II.13 se indica la fuerza de hincado entre los tramos considerados, para 20 lumbreras.

Haciendo una comparativa entre la capacidad de reacción de lumbreras (868 a 1934 ton) y la fuerza de empuje para el hincado de tubería entre ellas (tabla II.13), las segundas son mayores, por lo que será necesaria la colocación de estaciones intermedias de ganeo a fin de tener la fuerza necesaria para el empuje de tubería entre lumbreras.

Tramo.	Longitud. (m)	Fuerza de hincado. (ton)
1-L1	25	288.52
2-1	250	2885.24
2-3	250	2885.24
4-3	250	2885.24
4-5	250	2885.24
6-5	250	2885.24
6-7	250	2885.24
8-7	230	2654.42
9-8	260	3000.65
9-10	250	2885.24
11-10	300	3462.29
11-12	250	2885.24
13-12	250	2885.24
14-13	250	2885.24
14-15	250	2885.24
16-15	280	3231.47
16-17	250	2885.24
18-17	250	2885.24
19-18	135	1558.03
19-20	20	230.82
$\Sigma$	4500	51934.30

Tabla II.13 Fuerza de hincado entre lumbreras.

## 2.6.11 ESTABILIDAD DEL TÚNEL.

Para el proceso de colocación de la tubería, se debe realizar una excavación horizontal, dicha excavación se realizará utilizando un escudo de frente presurizado y por lo tanto, se debe determinar la estabilidad de dicho avance.

Estableciendo que el comportamiento del suelo es puramente cohesivo (arcilla saturada) y que el escudo será de frente a presión, se usará la siguiente ecuación (*Diseño Geotécnico de Túneles, TGC Geotecnia, 1997*) para determinar el factor de seguridad del frente,  $F_{sf}$ .

$$F_{sf} = \frac{\left(4 \frac{zd}{D} + 2.7\right) c + P_f}{\gamma \left(H + \frac{D}{3}\right) + q_s - P_f}$$

Donde:

c: valor medio de la resistencia al corte no drenada, 1.50 ton/m<sup>2</sup>.

Zd: 1.7D, en m.

D: ancho del túnel, en m.

H: profundidad desde el nivel del terreno a la clave del túnel, en m.

q<sub>s</sub>: Presión de sobrecarga en la superficie, 2.0 ton/m<sup>2</sup>.

P<sub>f</sub>: Presión en el frente, en ton/m<sup>2</sup>.

A continuación se hace el desglose de este análisis, para una condición sin frente presurizado:

H (m)	Fsf
7	0.91
8	0.83
9	0.76
10	0.71
11	0.66
12	0.62
13	0.58
14	0.54
15	0.52

Tabla II.14 Desglose del factor de seguridad del frente (sin presión).

\*Nota: Las variables: c y q<sub>s</sub> fueron los mismos que en el análisis anterior.

El factor de seguridad mínimo recomendado (*Diseño Geotécnico de Túneles, TGC Geotecnia, 1997*), es de 1.60. Comparando este último valor con el calculado, se puede ver que el túnel será inestable para cualquier profundidad, si no existe presión en el frente.

#### Calculo de P<sub>f</sub>.

El escudo debe de estar habilitado con un sensor de presión, el cual debe de ser activado para aplicar una presión en el frente determinada por dicho elemento.

Para establecer la presión en el frente se calcularon los esfuerzos activos a la profundidad del eje del colector (ver Figura II.11), el cual es de 4.50 ton/m<sup>2</sup> mientras que la presión hidrostática es de 10.20 ton/m<sup>2</sup>. Por lo tanto, se propone una presión máxima en el frente de 14.70 ton/m<sup>2</sup>.

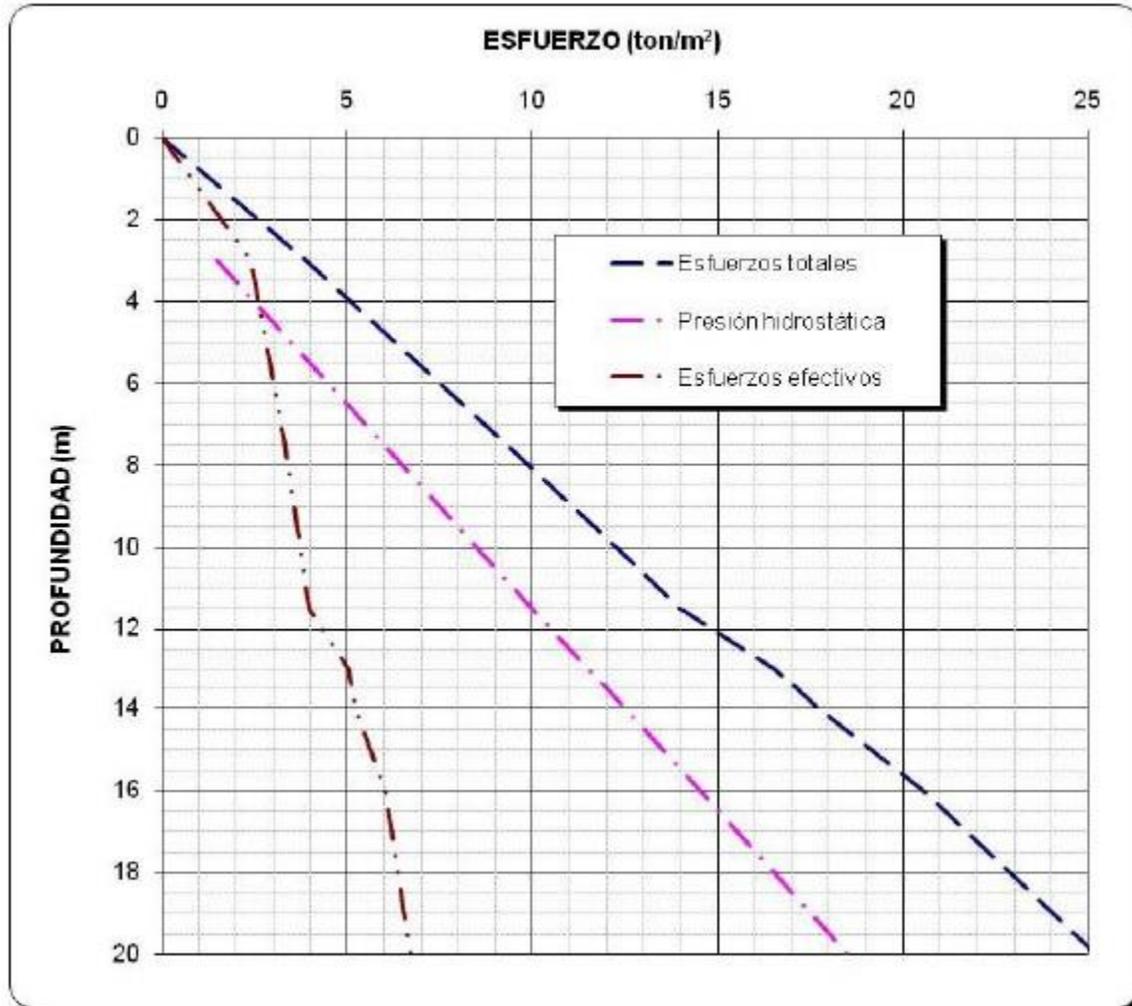


Figura II.11 Esfuerzos verticales en la masa de suelo.

De esta manera se evitará la inestabilidad al excavar una longitud igual al de la pieza por hincar (2.50m aproximadamente).

### 2.6.12 ANÁLISIS DE ASENTAMIENTOS SUPERFICIALES.

La excavación del microtúnel generará desplazamientos radiales hacia el interior de la zona excavada, lo cual se traduce en asentamientos en la superficie del terreno. El cálculo del asentamiento se calcula con la siguiente fórmula (*Diseño Geotécnico de Túneles, TGC Geotecnia, 1997*):

$$\lambda_m = \frac{2\pi D u_e}{2H + D}$$

Donde:

$\lambda_m$ : Asentamiento superficial, en m.

D: Ancho del túnel, en m.

H: Profundidad desde el nivel de terreno a la clave del túnel, en m.

$u_e$ : Desplazamiento radial suelo-revestimiento, calculado de la siguiente manera:

$$u_e = \frac{(1 - \nu)\gamma_m H_0 D}{2E_1}$$

Donde:

$u_e$ : Desplazamiento radial suelo-revestimiento, en m.

D: Ancho del túnel, en m.

$H_0$ : Profundidad desde el nivel de terreno a la clave del túnel, en m.

$\gamma_m$ : Peso volumétrico saturado del suelo, en ton/m<sup>3</sup>.

E: Modulo de elasticidad, en ton/m<sup>2</sup>.

$\nu$ : Relación de Poisson, adimensional.

Utilizando los valores ya establecidos se calcula un asentamiento a nivel de superficie para distintas profundidades, una vez que se excave el túnel, dicho asentamiento será del orden de 1.0cm en todos los casos, valor que al compararse en la Referencia de Diseño Geotécnico de Túneles, se encuentra en el rango permisible (2 a 4 cm), esto para suelos de comportamiento plástico y sobre el eje del túnel.

H (m)	$u_e$ (m)	$\lambda_m$ (cm)
7	0.025	0.98
8	0.028	0.99
9	0.032	1.00
10	0.035	1.01
11	0.039	1.02
12	0.042	1.03
13	0.046	1.03
14	0.049	1.04
15	0.053	1.04

Tabla II. 15 Asentamientos a nivel de terreno por la construcción del colector.

Los valores indicados en la tabla anterior se calcularon de acuerdo a métodos clásicos, los cuales solo toman en cuenta las propiedades del suelo, por lo que, adicionalmente se hizo un análisis mediante elemento finito, en el cual se detalla más el comportamiento mecánico tanto del suelo como de la tubería. En las Figuras II.12 y II.13 se presentan la malla deformada y los asentamientos, respectivamente, que se presentarán por la construcción del colector, este análisis se realizó solo para un caso con profundidad del eje del colector de 12.0m.

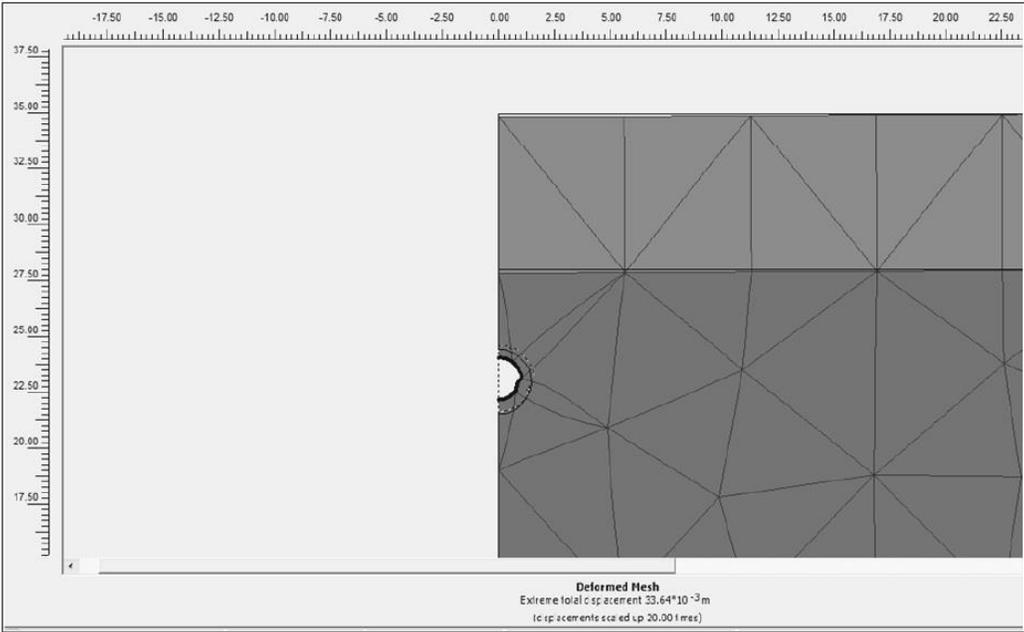


Figura II.12 Malla deformada con método numérico de elemento finito.

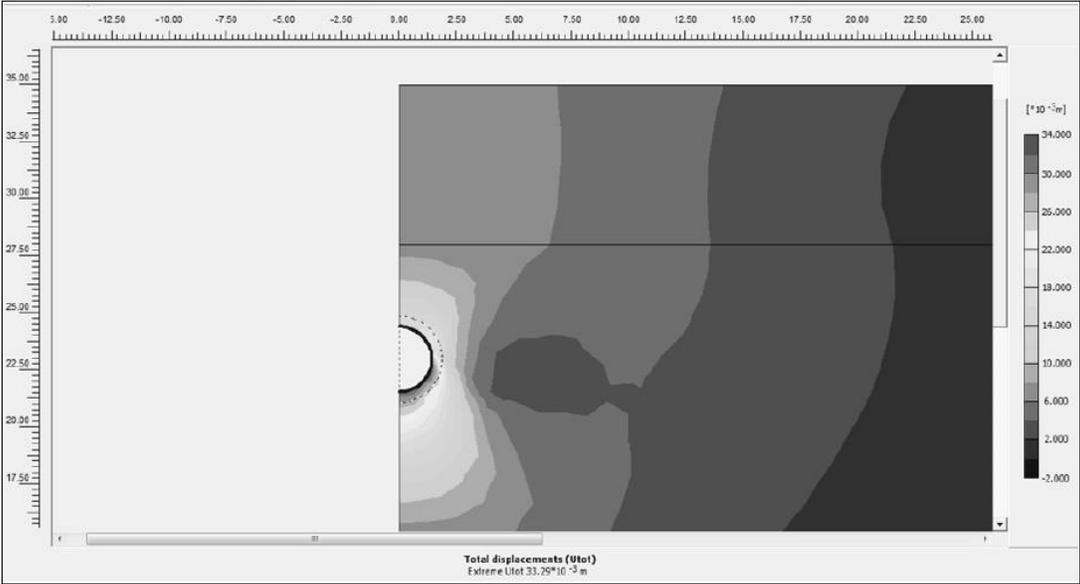


Figura II.13 Desplazamiento por la construcción del colector (elemento finito).

## **CAPITULO III**

# **PROCESO CONSTRUCTIVO E INSTRUMENTACIÓN**

## **3.1 PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO.**

### **3.1.1 BOMBEO PREVIO A LA CONSTRUCCIÓN DE LUMBRERAS.**

Para iniciar el procedimiento de excavación y construcción de cada una de las lumbreras, será necesario que previamente se efectúe el abatimiento del nivel freático, el cual requiere la instalación de un sistema de bombeo por gravedad, constituido por pozos de puntas eyectoras.

A continuación se indican los pasos que deben seguirse para la instalación del sistema de bombeo con pozos y puntas eyectoras.

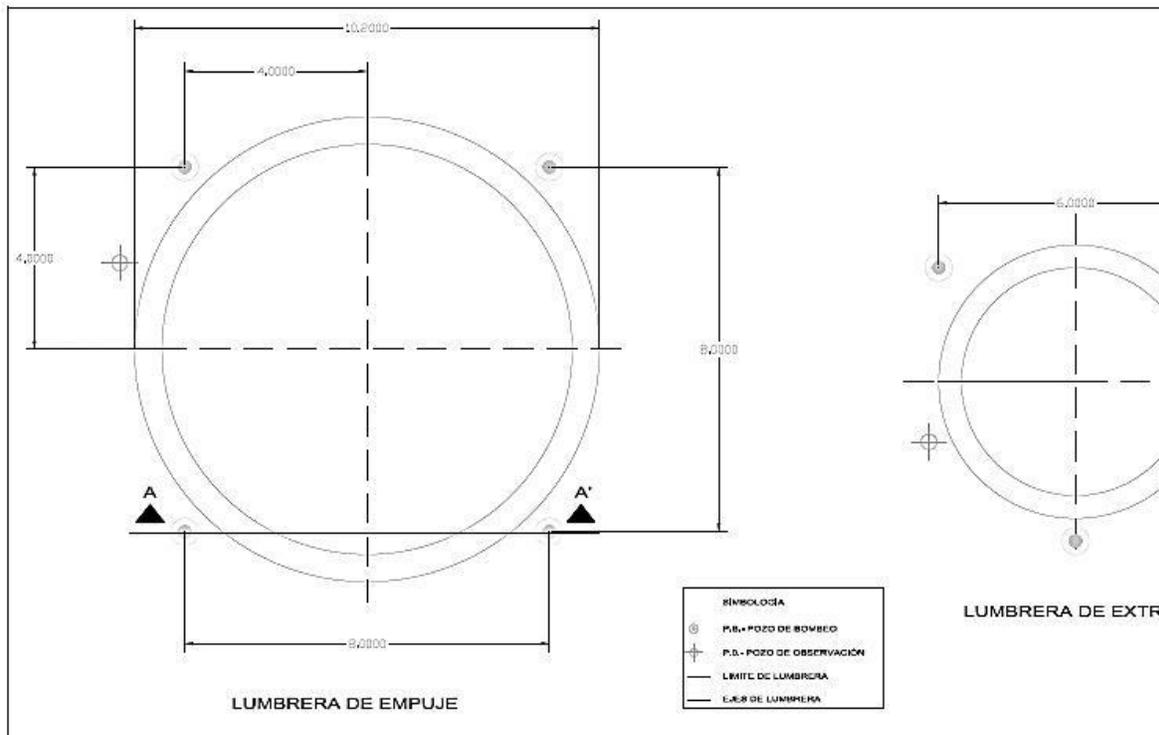
El bombeo se realizara con el fin de controlar las filtraciones, reducir las expansiones y mantener la excavación estanca.

El sistema de bombeo se integrara por los pozos que en su interior llevaran las puntas eyectoras, la bomba centrífuga, el cárcamo y las conexiones de mangueras y tubos derivadores.

Para la ejecución de cada pozo deben seguirse los siguientes pasos:

- Perforación.
- Colocación del ademe.
- Colocación del filtro.
- Colocación de bombas eyectoras.

Los pozos se deberán instalar al exterior de la lumbrera, separados a una distancia de 8.0m en el sentido ortogonal para el caso de las lumbreras de empuje, mientras que para las lumbreras de extracción se colocarán tres pozos en tresbolillo, a una distancia de 6.0m, se muestra de manera esquemática dichos arreglos en la Figura III.1.



*Figura III.1 Planta esquemática del arreglo de pozos para el bombeo previo a la construcción del revestimiento final.*

La profundidad a la que se perforaran los pozos de bombeo será a 22.0m a partir del nivel del terreno actual.

Los pozos tendrán un diámetro de 30 cm, debiéndose tener en cuenta que durante la perforación de estos se utilice exclusivamente agua a presión. Por ningún motivo se deberá utilizar lodo para hacer la perforación de los pozos. Para la perforación de los pozos se podrá utilizar broca de aletas o escalonada.

Para tener las perforaciones en condiciones necesarias para instalar el equipo de bombeo dentro de ellas, estas deberán estar limpias y libres de azolve, para la limpieza se emplearan cucharas de percusión con objeto de extraer el azolve grueso y, después de terminar esta operación, se lavara la perforación con agua a presión hasta que el agua retorne libre de partículas. Por ningún motivo se instalara 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.

El ademe en los pozos de bombeo será de tubo de PVC de uso industrial o similar, de 4" de diámetro. Los ademes se ranuraran con el objeto de que el agua por bombear penetre libremente a su interior. Las ranuras serán de 30 cm de longitud

y 3 mm de ancho (1/8"). El porcentaje de área de filtración del tubo no deberá ser menor del 3 % ni mayor de 5 % del área perimetral del tubo.

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 colocara 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.

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, será necesario instalar como mínimo un tubo de observación del nivel freático tangente al área por excavar, desplantados a 30.0m de profundidad y formados por tubos ranurados de 2" de diámetro dentro de un barreno de 6" de diámetro con el espacio anular entre el tubo y la pared del barreno relleno con grava bien graduada de 1/4" a 3/4" de diámetro.

En las Figuras III.2 y III.3 se presentan los detalles de los pozos de bombeo y observación, respectivamente.

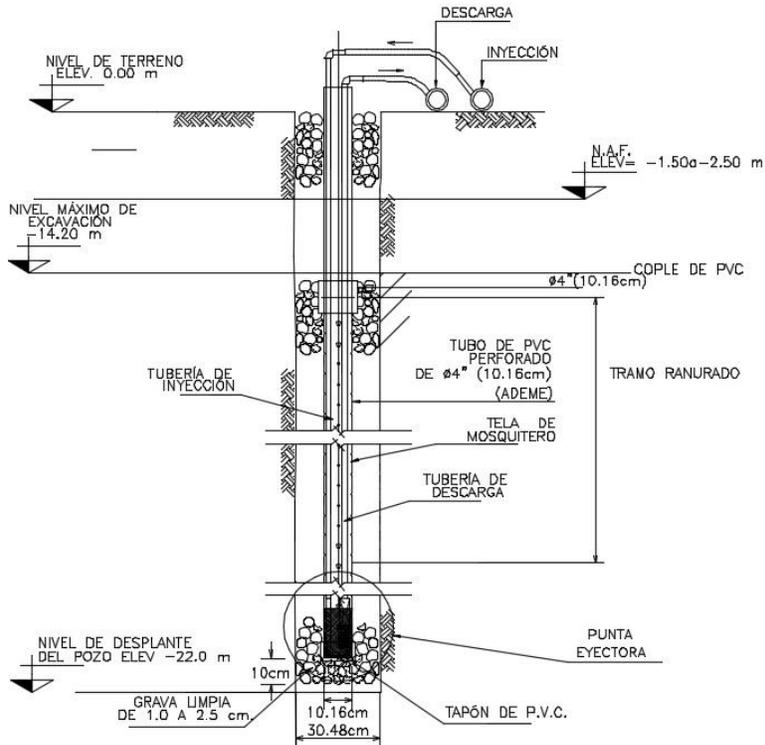


Figura III.2 Detalle de los pozos de bombeo.

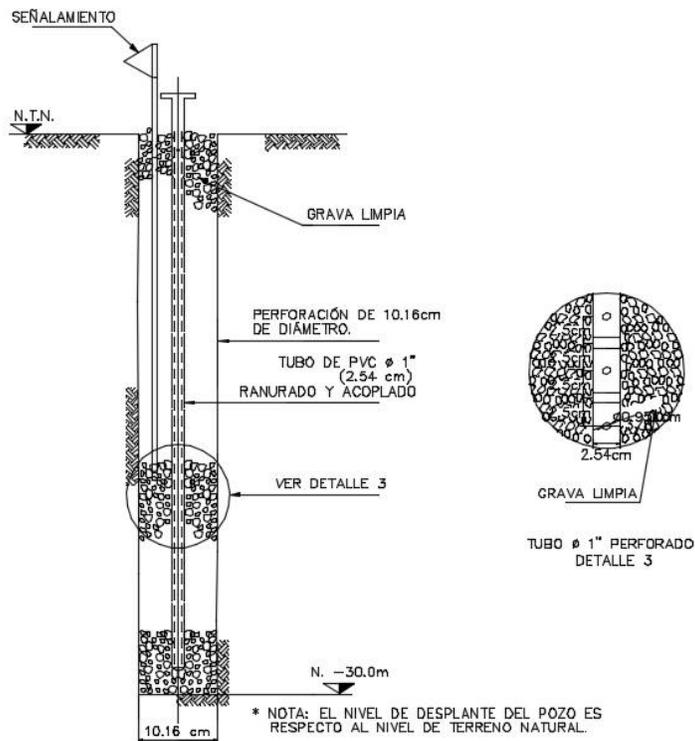


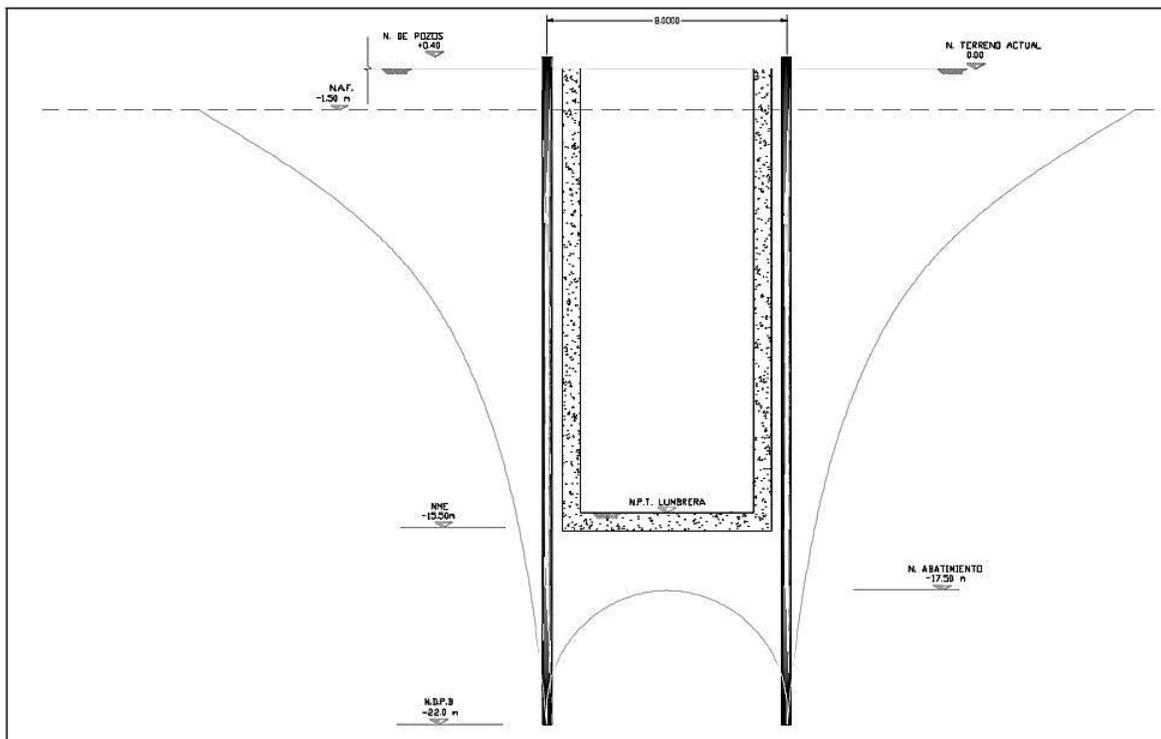
Figura III.3 Detalle de los pozos de observación.

Este control se registrara cada 12 horas. El gasto de extracción, y el nivel dinámico de cada pozo, y con los datos registrados elaborara gráficas tiempo vs nivel dinámico.

La operación de los pozos se programará de acuerdo con la etapa de excavación por atacar, debiendo activar todos aquellos que se encuentren dentro de la superficie correspondiente a la etapa, así como todos aquellos que se localicen dentro de un radio de influencia de 10m a partir del límite de la superficie por excavar.

El bombeo se iniciará dos días antes de empezar con la excavación de las lumbreras y se suspenderá cuando se haya concluido la construcción de dichas estructuras.

La excavación se podrá iniciar una vez que el nivel freático se encuentre abatido en 17.50m, a partir del nivel de terreno actual (Figura III.4).



*Figura III.4 Corte esquemático A-Á del arreglo de pozos para el bombeo previo a la excavación.*

Cuando el inicio de la excavación se retrase, el bombeo deberá suspenderse hasta que se conozca la fecha de excavación, cumpliendo nuevamente con el bombeo previo ya indicado.

Una vez suspendido el bombeo en cualquier etapa de excavación, deberá rellenarse el pozo con un mortero cemento-arena, con una relación 1:3.

### 3.1.2 CONSTRUCCIÓN DE LOS BROCALES.

Construcción del brocal exterior e interior de la lumbrera para formar una guía de la excavación de trinchera perimetral y para estabilizar el borde de la excavación y de esta manera permitir el acceso de los equipos y de la maquinaria pesada al borde de la excavación (Figura III.5). Antes del inicio de la construcción del brocal exterior, se hará un mejoramiento de 50cm c/u al 95% de su P.V.S.M. este brocal deberá quedar a nivel.

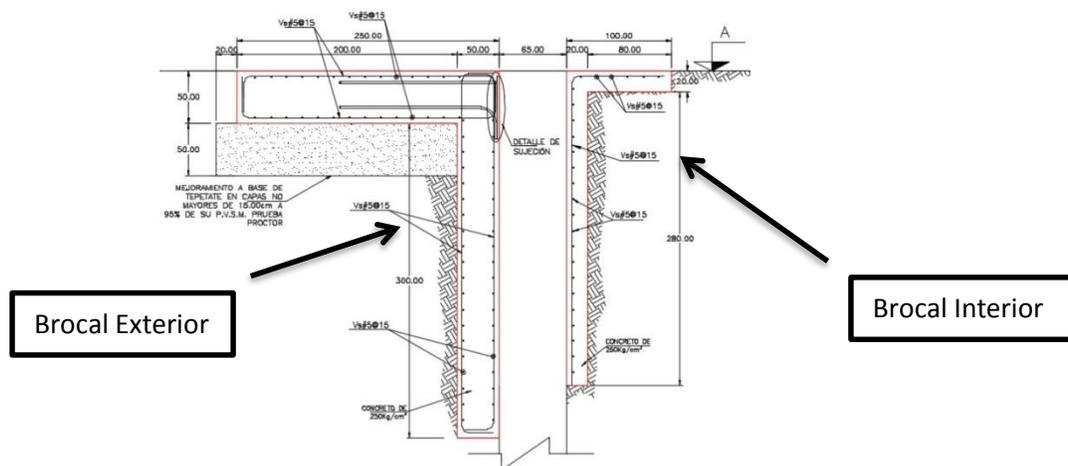


Figura III.5 Brocales para la estabilización de bordo de excavación y dirección de la almeja guiada durante la excavación de la trinchera perimetral.

Se hace hincapié que el brocal deberá ser un concreto de  $f'c = 250 \text{ kg/cm}^2$  con una RR de 24 horas.

#### Excavación del núcleo.

Antes de realizar la excavación al núcleo se demolerá y retirará el brocal interior como se muestra en la figura III.6, posteriormente se iniciara la excavación del núcleo central hasta el nivel de fondo de la excavación sustituyendo el suelo natural con los lodos bentoníticos. El nivel de lodos bentoníticos siempre se mantendrá lo más alto posible, siendo el mínimo de 40 cm por debajo del nivel superior de brocal y/o de suelo natural.

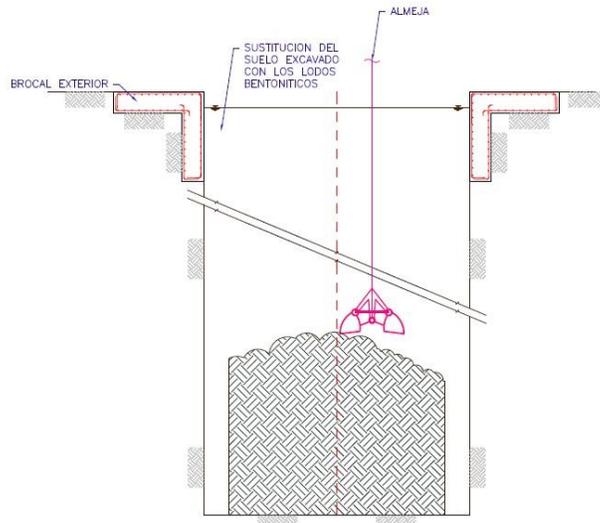


Figura III.6 Excavación de la trinchera perimetral con almeja guiada.

### 3.1.3 CONSTRUCCIÓN DE LUMBRERAS.

Ya que las lumbreras serán de sección circular, su procedimiento de excavación y construcción será con la técnica llamada “pozo indio”, en la cual la excavación es limitada lateralmente por una estructura de contención que se conforma de las paredes verticales de concreto armado de la lumbrera.

Se localizará el sitio de construcción de las lumbreras, es recomendable que el primer anillo sea un elemento prefabricado, el cual cuente con una cuchilla que facilite el hincado de toda la estructura (ver Figura III.7), debiendo dejar en su parte superior al descubierto las varillas de acero para realizar un empalme de refuerzo con las etapas posteriores.

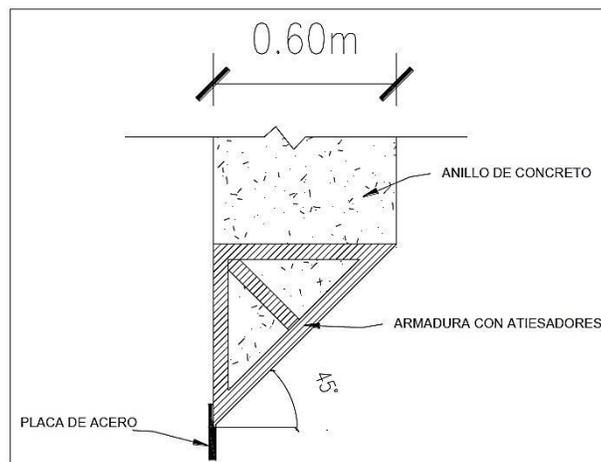
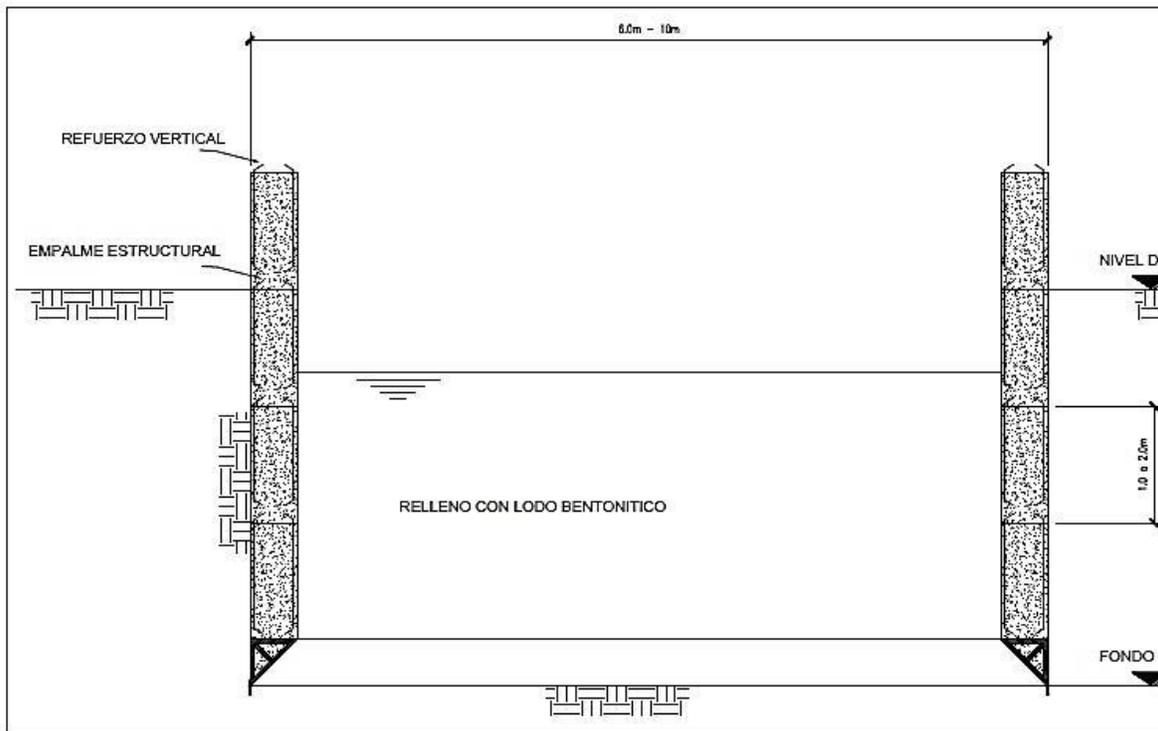


Figura III.7 Esquema de la cuchilla para el hincado de las lumbreras.

Una vez concluido el hincado del primer elemento prefabricado, se dará inicio a la excavación de la lumbrera, la cual se realizará con equipo mecánico (por ejemplo, draga), en la cual se alternará la excavación del suelo en el interior de la lumbrera, con el relleno de lodo bentonítico para evitar la falla de fondo.

A partir del nivel de terreno actual se hará el cimbrado, armado y colado de los anillos superiores, y previendo su velocidad de construcción, se estiman módulos de 1.0 a 2.0m de altura (ver Figura No III.8), al igual que en tramo inicial, se deberá dejar al descubierto el acero de la parte superior de cada anillo, para realizar el empalme estructural entre elementos.



*Figura III.8 Esquema de excavación para lumbreras.*

Al llegar al nivel máximo de excavación, se colará un “tapón inferior”, similar a una plantilla de concreto. El concreto deberá verterse al interior de la lumbrera con un tubo tremie.

Una vez que se haya colado el tapón de fondo y haya alcanzado el 80% de su resistencia de proyecto, se retirará el lodo bentonítico y se comenzará con la construcción de la losa de fondo, se deberá iniciar su construcción de inmediato al término de la excavación y ser un proceso continuo.

Se demolerá parte de la cuchilla de hincado para dejar al descubierto el acero y realizar una liga estructural pared-losa.

- **Notas para mantener la verticalidad en lumbreras.**

Al retirar el suelo que hay al interior de la lumbrera, esta debe de bajar por peso propio, sin embargo, ya que para el hincado de los tramos de la lumbrera se debe vencer la fricción que se generará en sus paredes exteriores, cabe la posibilidad de requerir el uso de lastres.

Se debe de tener un control del hincado de los elementos, esto para mantener la verticalidad excavando de manera uniforme en toda el área de la lumbrera.

Otra manera de lograrse la verticalidad será el uso de lastre diferencial, dragado diferencial, enderezado por cables o gatos hidráulicos.

### **3.1.4 HINCADO DE TUBERÍA.**

1.- Se construirá una losa de piso, de concreto armado de 60 cm de espesor, colocada sobre una cama de tezontle de 30 cm, la cual se deberá aumentar su densidad con un vibrador de placa por compactación, esto se efectuara en dos capas de 15 cm.

2.- En la parte superior del frente del hincado. Se deberá de construir el muro de reacción de concreto armado con un espesor de 0.35 m, un ancho de al menos 3.50 m y de igual forma en el portal de entrada (figura III.9). Se llevara a cabo un muro que dejara libre el diámetro del tubo más 10 cm.



*Figura III.9 Muro de reacción.*

3.- Para llevar a cabo el proceso de hincado mediante el sistema hidráulico de empuje, será necesario realizar los siguientes dispositivos:

- Estructura de apoyo y deslizamiento de los tubos. En la losa de piso de la caja de disparo, deberán fijarse tres viguetas metálicas las que se fijaron a la losa de piso de la caja de disparo mediante varillas embebidas en la losa (Figura III.10), así mismo se nivelaran las viguetas de acuerdo a la pendiente de proyecto de la tubería. Una función predominante de este dispositivo es facilitar el deslizamiento al hincado.

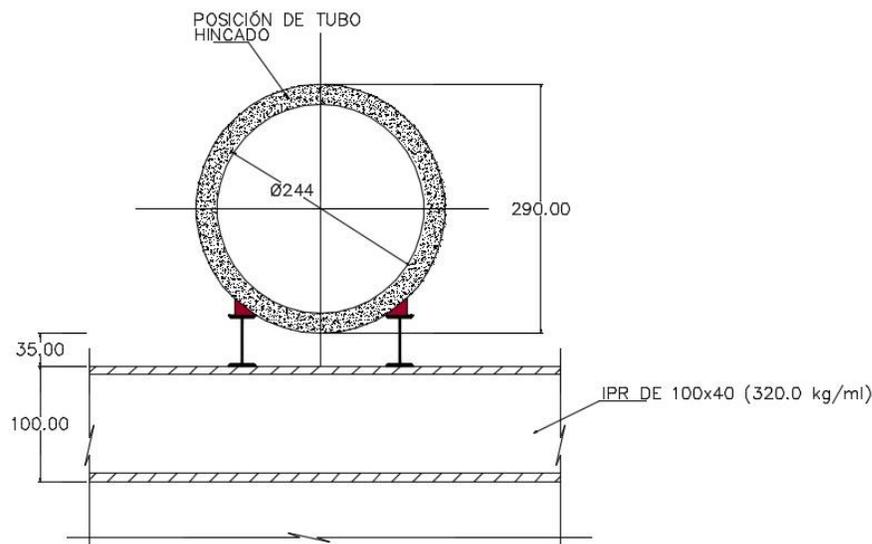


Figura III.10 Estructura de deslizamiento y apoyo.

- Estructura guía del sistema de transmisión de empuje. La estructura constara de cuatro viguetas, colocadas en forma paralela al eje longitudinal de la tubería y esta constará de dos niveles, en los extremos de los muros de la caja de disparo se unirán mediante placas metálicas las viguetas, las placas estarán embebidas en el concreto por medio de anclas.
- Estructura de transmisión de empuje al muro de reacción. Se colocaran horizontalmente tramos de viguetas en forma simplemente apoyadas y atesadas con placas metálicas sobre las viguetas guía, con el objeto de transmitir el empuje generado por el sistema hidráulico hacia el muro de reacción. Las viguetas se colocaran en el espacio comprendido entre el sistema hidráulico y el muro, de acuerdo al avance del hincado del tubo.
- Sistema hidráulico de empuje. Se utilizaran cuatro gatos hidráulicos de 300 toneladas de capacidad cada uno cuyo vástago será como mínimo de 30

cm que deberán ser accionadas mediante bombas que sean capaces de proporcionar capacidad de más de 400 kg/cm<sup>2</sup>. Para tener fijos los gatos se colocaran en secciones de tubos de acero o medias cañas cuya longitud será la que las dimensiones de los gatos la requieran, soldados sobre viguetas horizontales apoyadas en la estructura guía.

4.- Una vez efectuada la construcción de la caja de disparo e instalados los dispositivos descritos anteriormente, se efectuara el hincado de la siguiente manera:

- Colocar el tubo que se hincara sobre el dispositivo de desplazamiento con el frente de avance en contacto con el terreno, mediante una grúa de izaje como se muestra en la figura III.11.



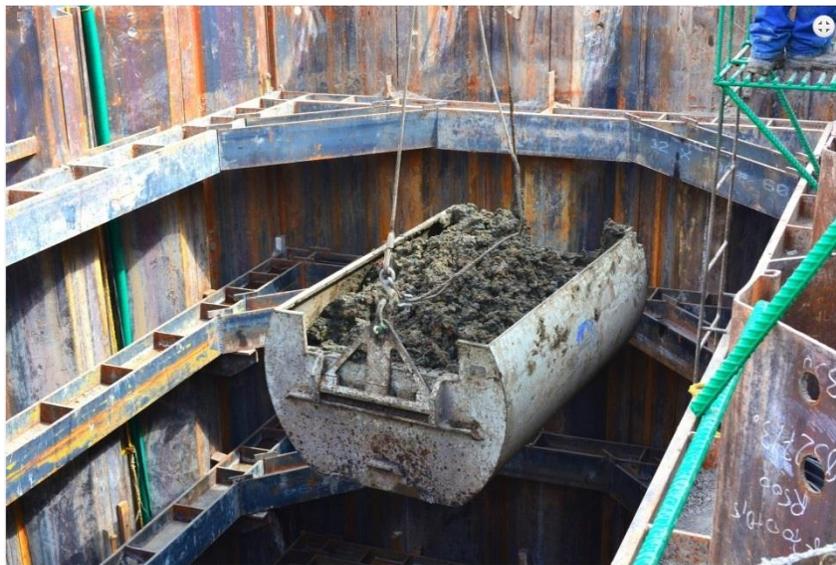
*Figura III.11 Colocación del tubo de concreto mediante grúa de izaje.*

- Empuje de escudo y de la sarta de tubos de concreto, una a uno, mediante la acción conjunta de los 4 gatos de la estación principal, ubicada en la lumbrera de salida, capaz de producir un empuje total hasta de 1200 ton.
- Realizar la excavación del perímetro exterior del tubo en forma manual, sobreexcavando un espesor que será de 2.54 cm, para evitar cierta adherencia lateral considerable. Se recomienda que los avances sean entre 50 cm como máximo.
- De manera simultánea se hace girar la cabeza de corte del escudo y se realiza la actividad del sistema de lodos, para transportar la rezaga en suspensión hasta la superficie (Figura III.12).



*Figura III.12 Frente del escudo presurizado.*

- Se retirara en forma manual y acarreo con carretilla el material de rezaga como se muestra en la figura III.13, colocándolo en la caja de disparo para retirarlo posteriormente con una grúa.



*Figura III.13 Retiro de material de rezaga.*

- Inmediatamente se afinaran las paredes, después se aplicara grasa a las paredes excavadas, posteriormente se colocaran, los dispositivos que son el marco de transmisión de carga, gatos hidráulicos y las viguetas horizontales de reacción y se procede a hincar el otro tramo de tubo.
- Conforme el avance se colocara las viguetas de reacción, acuñándolas a través de puntales cortos y placas de acero.

- La presión frontal se regula mediante la operación diferencial de las bombas que suministran y extraen lodo del frente. La presión se mide mediante sensores colocados exclusivamente en la cámara presurizada del escudo.
- Durante el proceso de hincado la máxima fuerza que se aplicara en cada gato para lograr el hincado de la tubería no será mayor a la capacidad de reacción de la lumbrera.
- Una vez que los pistones de los gatos hidráulicos de la estación principal alcanzan su máxima extensión, se procede a retraerlos para colocar un anillo metálico, de extensión, repitiendo el proceso de empuje. Nuevamente se retraen los pistones, se retira la extensión y se coloca un tubo de concreto, alineándolo y nivelándolo, topográficamente.
- A medida que la longitud de la sarta de tubos crece, su fricción con el terreno vecino se mitiga, mediante inyección de lubricante (constituido por un lodo bentonítico), a través de “graseras” (válvulas) dejadas ex profeso en los tubos.

A continuación se indica la dosificación de lubricante y sus propiedades.

Agua (litros)	Bentonita (gramos)	Densidad ( $ton/m^3$ )	Viscosidad (segundos)
1.00	100(10%)	1.07	40

*Tabla III.1 Lodo bentonítico recomendado para el hincado de tubería.*

- El control de la dirección se efectúa a control remoto, con ayuda de un haz de luz láser, que ubicado desde la lumbrera de entrada, impacta en un objetivo ubicado en el escudo, el cual se monitorea constantemente desde la cabina de control mediante un circuito cerrado de televisión.

5.- Desmonte de equipo. Después de conseguir la longitud deseada, se procederá a rescatar la tuneladora en la lumbrera de salida, posteriormente se desmontara la cabeza de perforación y se llevara a la superficie del terreno mediante grúa (figura III.14). Por último se desarmará el bastidor con todos sus componentes y el puente grúa.



*Figura III.14 Desmonte de la tuneladora en la superficie.*

La hincada subterránea de tubos está ganando crecimiento importante en lo referente a la instalación de nuevas tuberías de abastecimiento y de descarga, así como para la remodelación de tuberías ya existentes.

Las ventajas del método de hincado de tubería por microtuneleo son las siguientes:

- ✓ Disminución de costos debido a la drástica reducción de movimiento del material excavado al mínimo.
- ✓ Protección a los habitantes y al medio ambiente aparte de una reducida perturbación debido a la operación de la obra el avance se desarrolla de forma inadvertida para las personas y la naturaleza.
- ✓ Se evita rebajar el nivel freático previniendo así el asentamiento peligroso de cimientos de construcciones y de superficies de calles.
- ✓ No se afecta el tráfico vehicular.
- ✓ Los trabajos de construcción no dependen de las condiciones climatológicas.
- ✓ Conclusión de los trabajos, cumpliendo con los plazos para ello previstos.

- ✓ Posibilidad de conducir trazados en curva.

### **3.1.5 CARACTERÍSTICAS DEL ESCUDO PRESURIZADO.**

Como ya se ha mencionado, la construcción del colector se hará mediante el hincado de la tubería entre lumbreras. Será necesario que el escudo cuente con presurización frontal (EPB).

La hincada de tubería con escudo presurizado se caracteriza por la introducción de tubos mediante el empuje de tubería conforme se hace la excavación del frente del terreno. Para poder realizar con éxito este trabajo, el equipo básico debe estar compuesto por:

- Estación hidráulica principal de empuje, que acciona los cilindros principales de empuje, así como las posibles estaciones intermedias instaladas.
- Bastidor, cilindros hidráulicos de empuje, placa o superficie de reparto de esfuerzos y aro de empuje. Todos estos componentes se instalan en el pozo de ataque.
- Escudo mecánico de perforación con su correspondiente herramienta de corte (excavadora o rozadora de ataque puntual). La herramienta de excavación viene determinada por las características geológicas y geotécnicas del terreno.
- Sistema de extracción (vagonetas o tren eléctrico).
- Equipo de guiado (emisor de láser u otro tipo de equipo utilizado en este tipo de obras).
- Grúa o sistema de elevación de vagonetas así como para posicionamiento de los tubos.
- Generador eléctrico o suministro de energía eléctrica.
- Sistema de inyección de lodos bentoníticos para reducir el rozamiento de la tubería.

### **Estación principal de empuje.**

Compuesto por un equipo hidráulico de alta presión (hasta 500 bar) y accionado eléctricamente, que tiene por objeto realizar el suministro de aceite hidráulico a los cilindros principales de empuje para avanzar los tubos en la dirección de la hinca. También se puede acoplar al suministro de aceite hidráulico para las estaciones intermedias.

Los cilindros hidráulicos se fijan por un extremo a la placa de apoyo sobre el muro de reacción y por el otro al Anillo de empuje. El esfuerzo de los Cilindros Hidráulicos se transmite al muro de reacción de la lumbrera a través de la placa de apoyo y al tubo mediante el acoplamiento de éste al aro de empuje (Figura III.15). Éste, efectúa el movimiento de avance y retroceso sobre el bastidor colocado sobre la solera de la lumbrera.



*Figura III.15 fijación de los cilindros hidráulicos.*

Una vez los cilindros principales de empuje son extendidos totalmente, se procede a retraerlos para permitir la colocación de otro tubo delante del anillo de empuje.

El número de Cilindros Hidráulicos y su carrera estará en función de las dimensiones de la tubería, esfuerzos máximos que permite dicha tubería así como la longitud de las hincas a realizar.

### **Escudo presurizado (EPB).**

La cabeza de corte funciona como medio de excavación, mientras que el sostenimiento del frente se consigue mediante la contrapresión de la lechada,

normalmente una suspensión de bentonita o una mezcla de arcilla y agua (lechada).

Esta suspensión se bombea hacia el interior de la cámara de excavación, donde llega al frente y penetra en el suelo formando la torta de filtro o el mamparo impermeable (suelos finos) o la zona impregnada (suelos gruesos) que garantiza la transferencia de la contrapresión al frente de excavación.

Esquema de funcionamiento de un Escudo de Presión de Tierras:

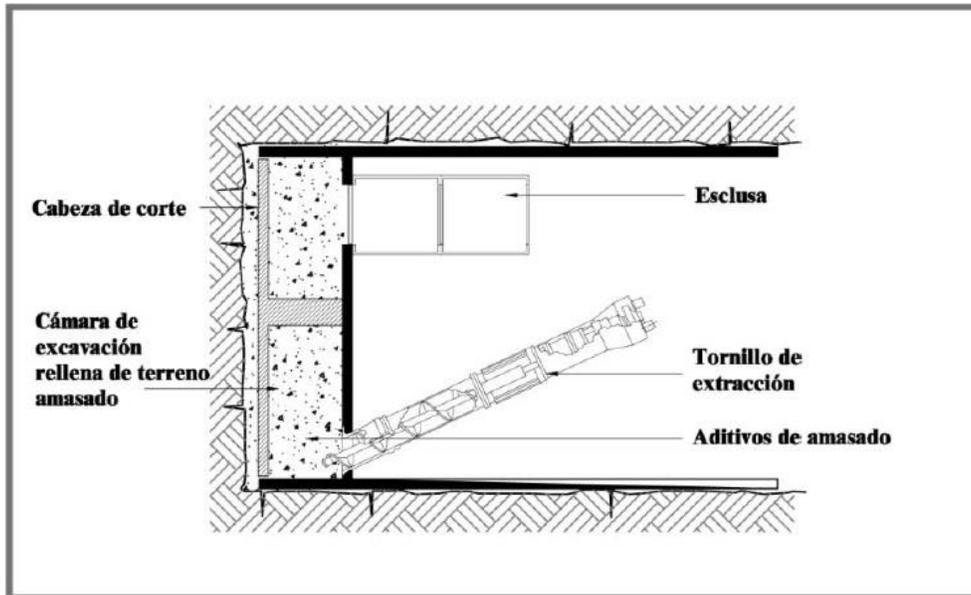


Figura III.16 Escudo excavando con presión de tierras.

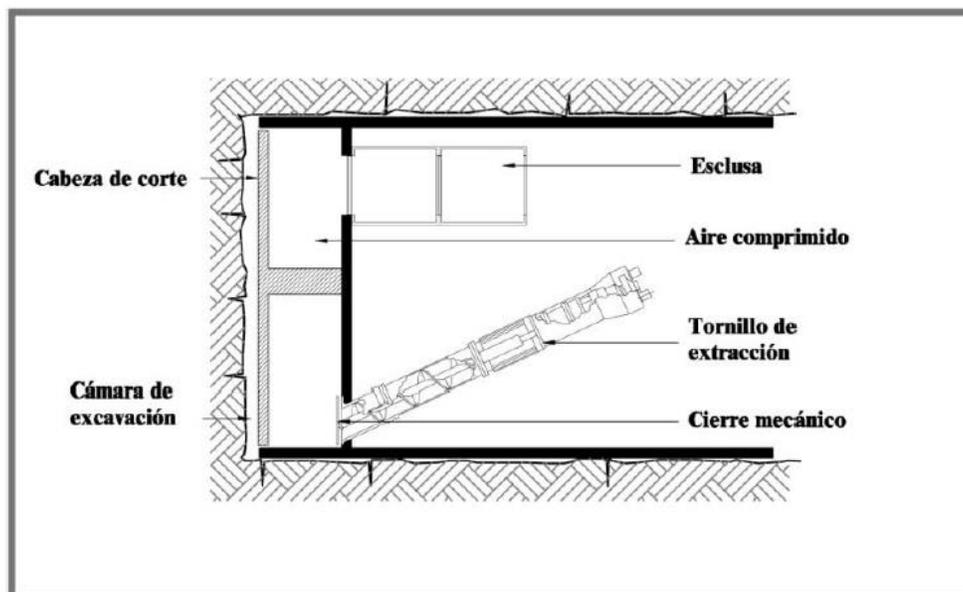


Figura III.17 Escudo parado con presión en el frente usando aire comprimido.

Los escombros excavados por las herramientas de la cabeza de corte giratoria están formados por suelo natural y por la mezcla de bentonita o arcilla y agua (lechada).

Dicha mezcla se bombea (desescombro hidráulico) desde la cámara de excavación hasta una planta de separación situada en la superficie, que permite reciclar la suspensión de bentonita y arcilla.

Posteriormente se instala el tubo de trabajo, donde se instala todo el accionamiento eléctrico e hidráulico para manejar el sistema de excavación.

En la unión entre el escudo de perforación y el tubo siguiente (tubo de trabajo) se colocan una serie de cilindros hidráulicos de pequeñas dimensiones y pequeño recorrido que permiten la orientación del escudo respecto a la tubería para poder corregir las desviaciones de la tubería.



*Figura III.18 Cilindros de orientación.*

### **Sistema de extracción.**

Normalmente está compuesto por una cinta situada detrás de la tolva del escudo que vierte el material o detritus en una vagoneta de capacidad suficiente en función de las dimensiones de la tubería y el pozo de ataque. Una vez llena la vagoneta, por medio de un cabestrante hidráulico se retira hasta el pozo de ataque, donde se evacuan los detritus fuera del pozo de ataque. Acabada esta acción, se deposita nuevamente la vagoneta en el pozo de ataque y por medio de otro cabestrante situado en la propia maquina se introduce dentro de la tubería para así continuar con el ciclo de excavación-extracción avance. También existe la

posibilidad de la evacuación del material excavado por medio de una locomotora y vagonetas adecuadas al uso (figura III.19).

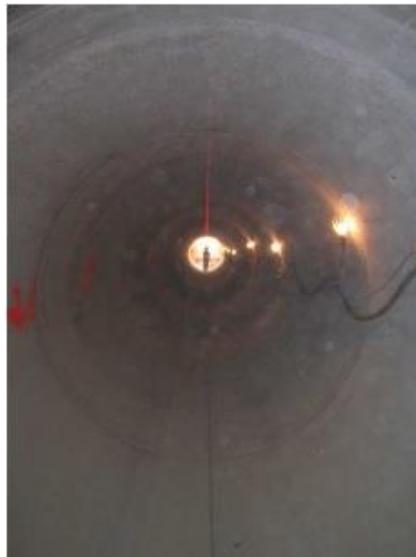


*Figura III.19 Carga de la vagoneta.*

### **Equipo de guiado.**

Para la realización de hincas con resultado satisfactorio y con este sistema es imprescindible un sistema de guiado que nos asegure el posicionamiento en todo momento de la tubería. Desde este punto de vista podemos distinguir dos tipos de trabajo:

- Hincas de longitud reducida (hasta 350 - 400 metros) y rectos.
- Hincas de longitud superior a 350 – 400 metros o con trazado curvo.



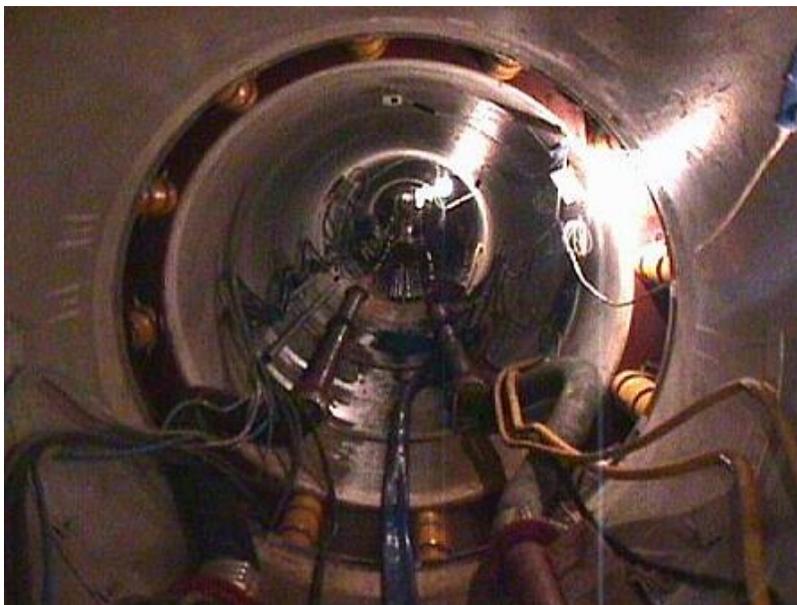
*Figura III.20 Rayo láser guía.*

Para el primer caso es suficiente disponer de un emisor de rayo láser de suficiente potencia (Figura III.20).

En el segundo caso se tiene que contar con empresas especializadas en este tipo de trabajos, bien sea con métodos giroscópicos o sistemas de topografía específicos para obras de hincado de tubería.

### **Estaciones intermedias.**

Para que se produzca el avance de la tubería, es necesario el uso de estaciones intermedias para que el esfuerzo de empuje sea superior a las fuerzas de rozamiento entre el terreno y el traslado del tubo (Figura III.21).



*Figura III.21 Estación intermedia.*

Cuando por la longitud entre pozos de empuje la presión de trabajo de los cilindros hidráulicos de la estación principal se aproxima al límite admisible, se fraccionan los tramos de tubería introduciendo las estaciones intermedias. Éstas, formadas por una Carcasa Envoltante y Anillo de Presión que trabajan según un movimiento de acordeón mediante la retracción o extensión de sus cilindros hidráulicos destinados a tal fin al presionar sobre el tramo anterior o absorber el avance del tramo posterior respectivamente. El número de Estaciones Intermedias depende de la longitud de obra a realizar, las características del terreno y las dimensiones del tubo.

### **Sistema de inyección de bentonita.**

Para reducir el coeficiente de rozamiento, entre el tubo de hinca y el terreno circundante se procede a realizar inyecciones de bentonita. Con esta medida reducimos el coeficiente de rozamiento de la tubería así como los esfuerzos de empuje sobre la propia tubería. Dichos parámetros (empuje máximo soportado) están definidos por el fabricante de la tubería de hinca.

Normalmente, la tubería de hinca se fabrica con inyectores dispuestos cada 120° (Figura III.22), por los cuales se inyecta una mezcla de cemento con bentonita a presión baja para su buena distribución alrededor del tubo.



*Figura III.22 Sistema de inyección de bentonita.*

### **3.1.6 CARACTERÍSTICAS DEL TUBO HINCADO.**

Para el hincado de tubería, fue suministrada tubería de 2.44 metros de diámetro interior de grado III pared "B" con junta hermética, reforzado con virola.

La tubería de concreto reforzado hinca para microtuneleo se fabrica bajo las normas:

- NOM-001-CONAGUA-2011
- NMX-C-402-ONNCCE-2011

Los tubos hinca se utilizan para instalar líneas de drenaje sin la necesidad de abrir zanjas a cielo abierto:

- ✓ Con refuerzos especiales para hincado (estribos)
- ✓ Con virola de acero con bisel y sello de silicón
- ✓ Con graseras para inyección de bentonita
- ✓ Diámetros de 45 a 244 cm

Los tubos de concreto reforzado para hincado, por los esfuerzos que deben soportar y por la complejidad del hincado (ya que requiere un perfecto paralelismo entre sus caras), deben ser diseñados y fabricados siguiendo los más estrictos controles de calidad. Hay, de hecho, cuatro aspectos fundamentales que caracterizan y condicionan el diseño de la tubería de hincado:

- 1) Limitación de la longitud útil a tres metros como máximo para evitar el pandeo. Así mismo, las superficies de los frontales de los tubos, que transmitirán la carga de empuje durante el montaje de la tubería, deben ser planas y estar libres de irregularidades que puedan dar lugar a concentraciones puntuales de carga.
- 2) Los tubos llevan un zuncho metálico galvanizado (virola) en uno de sus extremos de forma que para conseguir la estanqueidad de la conducción se colocará una junta elástica en el extremo macho del tubo para que en la unión haga tope contra la virola. Esta pletina debe ser de acero y se incorpora a los tubos durante el proceso de fabricación de modo que su unión resulte solidaria. Para ello se conecta adecuadamente a la armadura de la tubería. Además entre las testas de los tubos se intercalan aros de madera conglomerada (sufrideras) que evitan el desconche del hormigón al recibir los esfuerzos de empuje.
- 3) Los tubos de hincado llevan instalados unos taladros metálicos en las paredes del tubo para facilitar la instalación en obra al permitir la inyección de lodo bentonítico que lubrican reduciendo el rozamiento y evitan el posible desmoronamiento del terreno perforado.
- 4) En el caso de juntas a medio espesor las armaduras de los tubos de hincado deben prolongarse desde el cuerpo del tubo hasta los extremos macho y hembra. La armadura transversal debe reforzarse en un 20 % en ambos extremos del tubo, en una longitud de  $0,25 D$  con un mínimo de 25 cm. Además se deben disponer estribos que conecten la armadura exterior e interior en los dos extremos del tubo. La cuantía de la armadura longitudinal debe ser al menos de un 10% de la armadura transversal, con una separación máxima entre barras de 40 cm.

## **3.2 INSTRUMENTACIÓN.**

Con el objetivo de medir el comportamiento de la masa de suelo, durante la construcción de las lumbreras, es pertinente determinar:

- a) La evolución con el tiempo de las deformaciones verticales, en puntos representativos de las estructuras de proyecto.
- b) La variación con el tiempo de la presión de poro en los estratos más significativos, para estimar la evolución de los esfuerzos efectivos del suelo, conforme avanza la construcción.

El fin de instrumentar la construcción de cada lumbrera es verificar que esta se lleve dentro de la seguridad proyectada, así como advertir posibles condiciones de inestabilidad, así como obtener información básica del comportamiento del suelo, que se debe de comparar con el de diseño previsto, lo cual permitirá ver la confiabilidad del diseño mismo, detectar errores posibles y fundamentar modificaciones en los análisis y durante la construcción.

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

### **3.2.1 REFERENCIAS SUPERFICIALES.**

Para observar el comportamiento del microtúnel, una vez que se comiencen con los trabajos de construcción, se colocarán a lo largo del eje del colector puntos de control (referencias superficiales), las cuales se nivelarán (con respecto a un banco de nivel profundo) antes de iniciar con los trabajos de excavación y posteriormente, dos veces por semana durante el proceso de excavación, con los resultados se harán gráficas de los movimientos con el tiempo, de tal manera de estar en condiciones de verificar el buen comportamiento de los hundimientos, o de ser necesario realizar el ajuste conveniente al procedimiento constructivo aquí mencionado.

De la misma manera, se medirán los desplazamientos verticales del terreno vecino, que se generen en las lumbreras, estas se harán cada 2 días.

Se recomienda colocar referencias superficiales a cada 20.0 m, sobre el eje del colector, en la figura III.23 se presenta el detalle constructivo de dichos elementos.

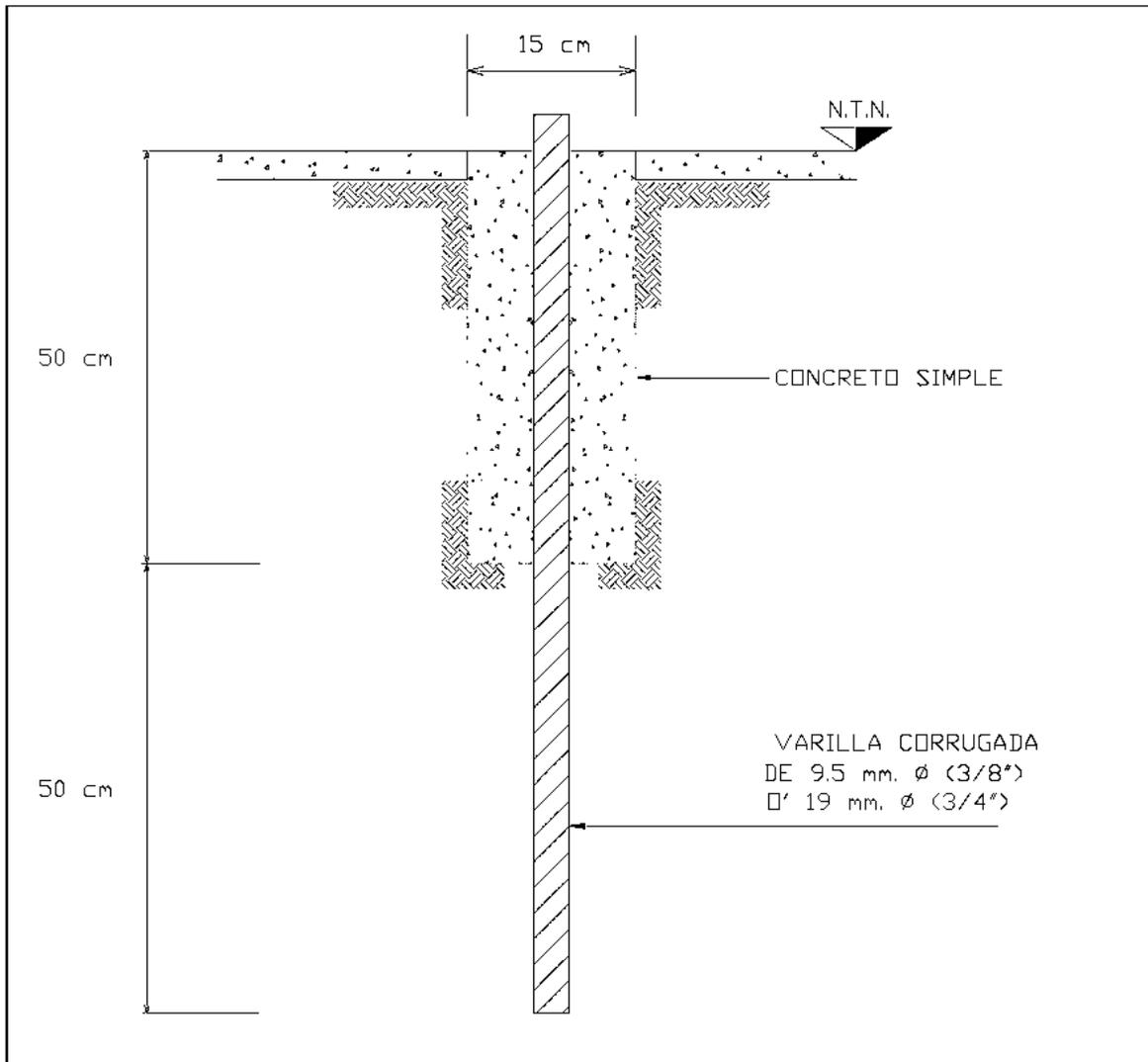


Figura III.23 Detalle constructivo de las referencias superficiales (RS).

### 3.2.2 BANCO DE NIVEL PROFUNDO.

Se construirán dos bancos de nivel profundo, el primero en el cruce de la Av. Vicente Villada y Av. Pantitlán y el segundo en el cruce de la Av. Vicente Villada y 4ª Av., estos elementos deberán desplantarse en la capa dura, penetrando 30cm en dicha capa, como muestra el detalle de dicho elemento en la figura III.24. El alcance de los trabajos de campo de este estudio no permitió ubicar dicha profundidad, sin embargo, se prevé que dicha capa se encuentra entre 30 y 40 m de profundidad, a partir del nivel de terreno.

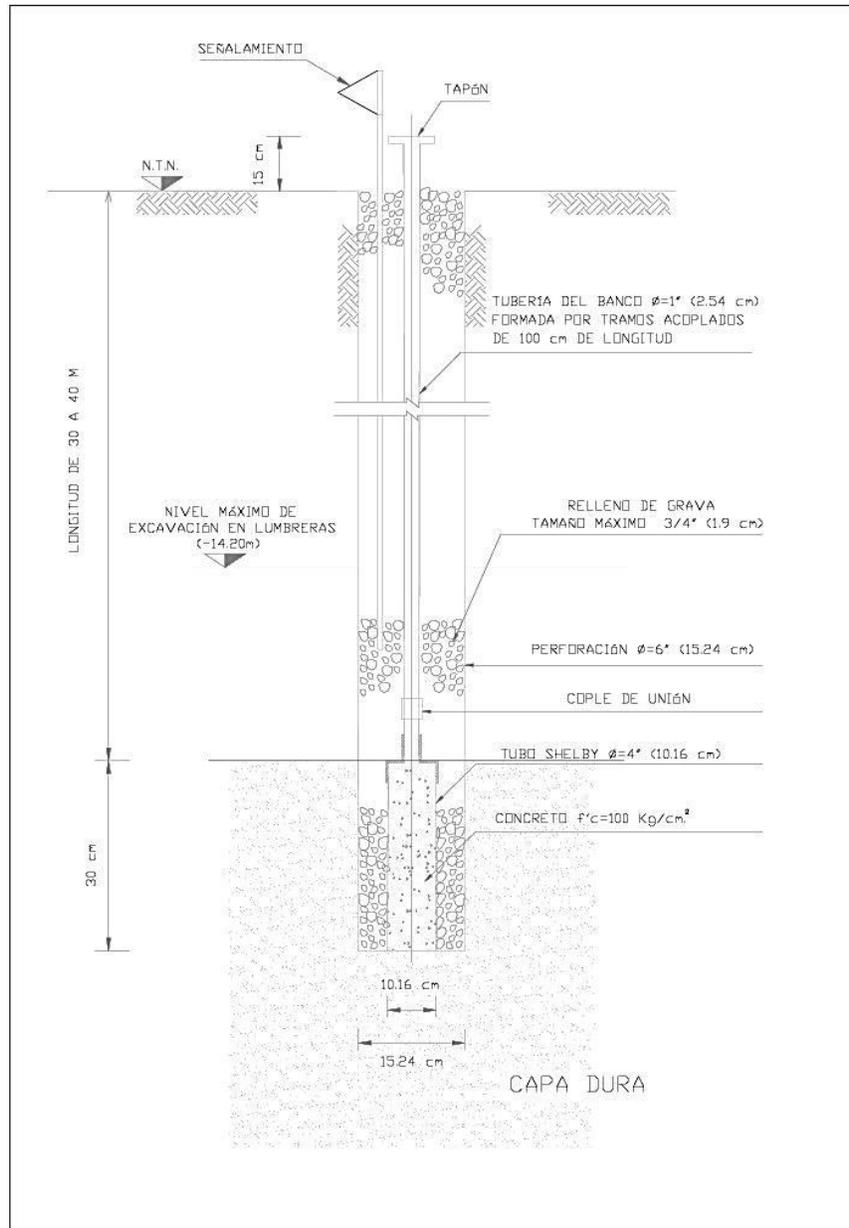


Figura III.24 Detalle constructivo del banco de nivel profundo.

### 3.2.3 PIEZÓMETROS.

Los piezómetros consisten en una celda permeable de 60 cm de longitud y 2" de diámetro; en su parte inferior; un tubo delgado de PVC de 1/2" de diámetro que comunica la celda con la superficie del terreno.

La celda queda embebida en una capa de filtro de arena de 90 cm de espesor, confinada con un sello de bentonita de 100 cm de espesor; el resto de la perforación se rellena con una mezcla bentonita-cemento-agua; el tubo de PVC de 1/2" de diámetro sobresale del terreno natural 15 cm sobre el terreno natural y va acompañado con un registro de protección (Figura III.25).

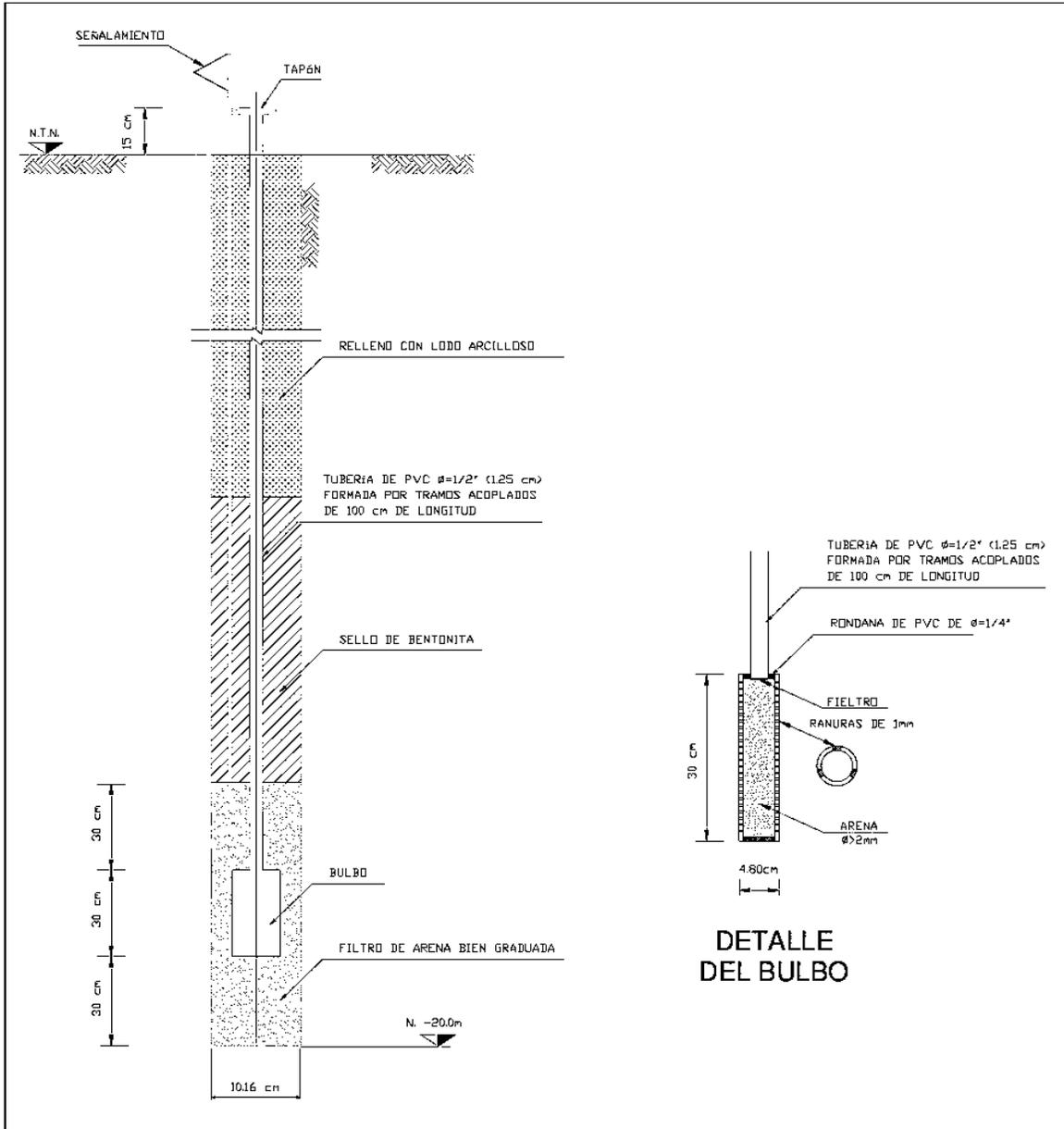


Figura III.25 Detalle constructivo del piezómetro.

### 3.2.4 INCLINÓMETROS.

El inclinómetro mide el cambio de inclinación de un tubo que se coloca en una perforación y de esta manera se calcula la distribución de los movimientos laterales, En esta forma se puede determinar la profundidad de la superficie de falla y la dirección y magnitud de los desplazamientos.

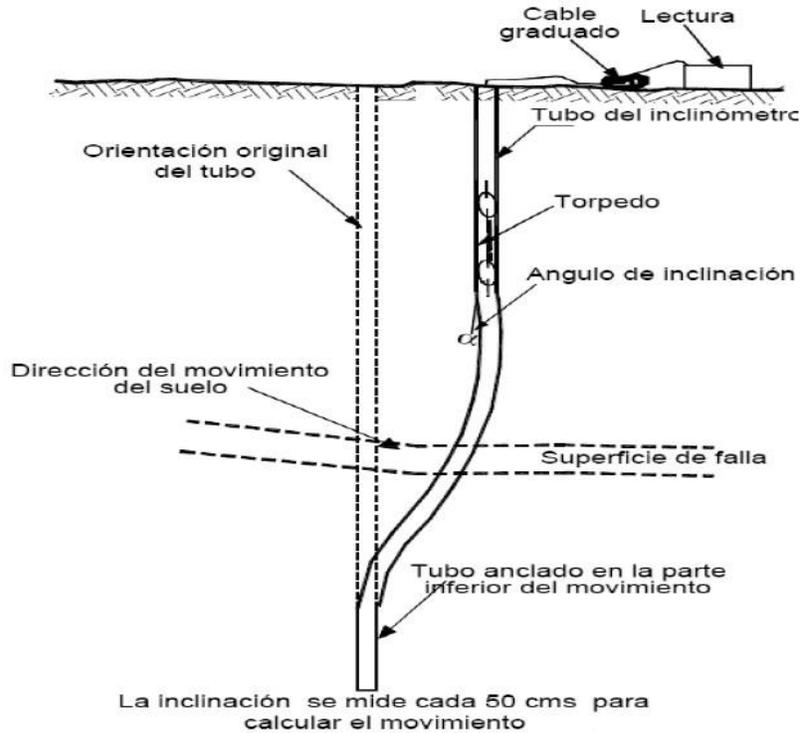


Figura III.26 Esquema típico de un sistema de Inclinómetro.

### 3.2.5 INSTRUMENTACIÓN PARA HINCADO DE TUBERÍA.

La instrumentación se realizara con mediciones topográficas. Se llevara un control de nivelaciones topográficas de superficie, con la finalidad de conocer en todo momento los movimientos verticales que se podrán presentar en caso de que se presente algún desplazamiento, realizar correcciones necesarias para evitar modificaciones con el proceso de hincado, así mismo se determinaran las posibles desviaciones verticales y horizontales para cada tramo de tubo hincado, nivelando la plantilla hidráulica de cada tubo.

Realizadas las nivelaciones, se analizaran los posibles asentamientos detectados en cada uno de los cruces con las vías del ferrocarril, en el tiempo que dure el hincado de la tubería.

### **3.3 NOTAS COMPLEMENTARIAS.**

- A.** Tomando en cuenta la profundidad de las lumbreras se requiere hacer una exploración complementaria mediante 5 sondeos adicionales a una profundidad de 40m como mínimo, distribuidos en los 4.50km que comprende el colector Vicente Villada.
- B.** La exploración complementaria servirá para ratificar la profundidad del bombeo con puntas eyectoras y definir el comportamiento de las lumbreras a largo plazo.
- C.** Durante la construcción del colector, lumbreras e hincado de tubería, se deberá tener supervisión por parte de un ingeniero geotecnista, para estudiar y dar solución a problemas que puedan ocurrir durante dichos trabajos.

## **CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

## **CONCLUSIONES.**

La técnica de escudo para la construcción de colectores depende de un completo estudio de la mecánica de suelos, ya que es la parte fundamental para la toma de decisiones en cuanto a los procedimientos constructivos a utilizar y la selección de equipos para la excavación.

Es importante resaltar el alto índice de seguridad que proporciona este método, es muy superior al que proporcionan otras técnicas. Se han logrado con las diferentes técnicas utilizadas en el Valle de México, altos rendimientos de avance, ocasionando un mínimo de daños a la construcción urbana de la superficie, buena calidad en los trabajos ejecutados y condiciones de trabajo seguras para el personal.

Las obras subterráneas requieren una combinación entre la teoría, la tecnología y las mejores prácticas constructivas que la experiencia permita, de esta manera se lograra realizar un trabajo con la mejor calidad, de acuerdo a un proyecto ejecutivo, a las normas y reglamentos vigentes, y cumpliendo con el tiempo y costo pactados.

Consultar este trabajo le será de utilidad para identificar las características principales de los procedimientos constructivos necesarios para la construcción de colectores indicando los pasos a seguir para el análisis, estudio y la correcta ejecución de un proyecto de tal importancia. Sin embargo, será la situación que le sea presentada al ingeniero la que determine que solución emplear, ya que todo proyecto tiene su particular autenticidad.

## **RECOMENDACIONES.**

La construcción de obras subterráneas, es una actividad que por su particularidad y dificultades que conlleva su realización, requiere un amplio conocimiento de la geología del terreno, así como de cada una de las fases que se involucran en su proceso constructivo.

En las obras para túneles o microtúneles como es el caso de este trabajo, es necesario, al comienzo de la obra, estar en posesión de todos aquellos datos geológicos, geotécnicos e hidrológicos así como tener un perfecto conocimiento del terreno que se va a perforar, y por donde está previsto el trazado del túnel o colector.

En zonas urbanas, el tener conocimiento del terreno resulta ser una tarea difícil, debido a la existencia de edificaciones bajo las cuales va el trazado del colector, así como por imposiciones urbanísticas. En la mayoría de las obras subterráneas es posible encontrarnos con el nivel de aguas freáticas por encima del trazado del proyecto así como suelos alterados o manipulados, instalaciones de agua y electricidad, colectores, etc.

Es por ello que la obtención del mayor número de datos para el conocimiento del terreno, es de gran importancia para la elección de la modalidad o tipo de perforación a emplear, evitando con ello la posibilidad de accidentes.

Las excavaciones subterráneas requieren un alto nivel de preparación por parte de los profesionales que dirigen los trabajos, ya sea por la complejidad de la propia ejecución como por el peligro que estos trabajos originan. Debemos prestar especial atención a la naturaleza del terreno, dimensiones de la excavación, tanto en longitud como en la sección, planificación y ejecución de obra, y los medios o métodos de ejecución que se utilizaran.

## **REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS**

## REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.

1. Manual de diseño geotécnico (volumen 1), Comisión de vialidad y transporte urbano (COVITUR), 1987.
2. Normas Técnicas Complementarias para el Diseño y Construcción de Cimentaciones, Gaceta Oficial del Distrito Federal, 2004.
3. Ingeniería de Cimentaciones, TGC Geotecnia, 2001.
4. Manual de Construcción Geotécnica, Sociedad Mexicana de Mecánica de Suelos, 2002.
5. Diseño Geotécnico de Túneles, TGC Geotecnia, 1997.
6. Revista de la Sociedad Mexicana de Mecánica de Suelos, Número 208, Oct-Dic 2007.
7. Revista de la Sociedad Mexicana de Mecánica de Suelos, Número 209, Ene-Mar 2008.
8. Instituto Nacional de Estadística y Geografía. «Información Nacional, por entidad federativa y municipios». México: Instituto Nacional de Estadística y Geografía.
9. Instituto Nacional de Estadística y Geografía. «Censo de Población y Vivienda 2010-Resultados preliminares».
- 10.H. Ayuntamiento de Ciudad Nezahualcóyotl. «Reseña Histórica». Nezahualcóyotl, Estado de México: H. Ayuntamiento de Ciudad Nezahualcóyotl.

# **ANEXO**

## MEMORIA FOTOGRAFICA.



*Fotografía A.1 Trabajos realizados durante el sondeo mixto (SM-1)*



*Fotografía A.2 Trabajos realizados durante el sondeo mixto (SM-1)*



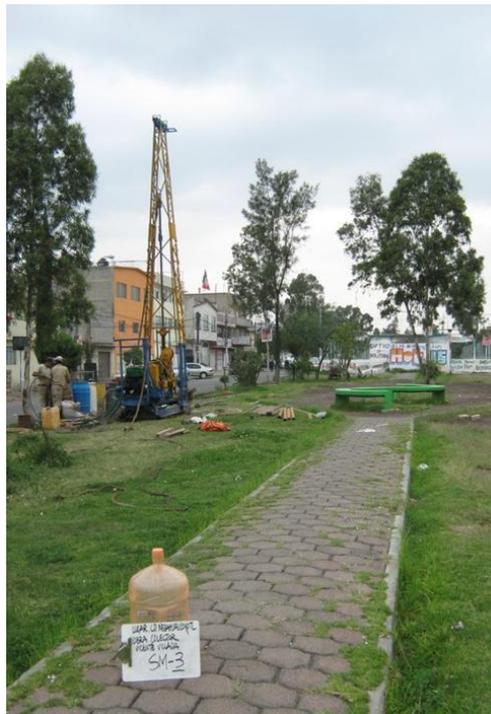
*Fotografía A.3 El equipo de perforación realiza el sondeo mixto 2.*



*Fotografía A.4 Se observa una muestra inalterada (tubo Shelby).*



*Fotografía A.5 Imagen del sondeo mixto (SM-3) realizado, se aprecian las maniobras para la ejecución del sondeo.*



*Fotografía A.6 Imagen del sondeo mixto (SM-3).*



*Fotografía A.7 Imagen del sondeo mixto (SM-4) realizado, dicho sondeo se realizó sobre el camellón en la Av. Vicente Villada.*



*Fotografía A.8 Imagen del sondeo mixto (SM-4).*



*Fotografía A.9 Ubicación del sondeo mixto (SM-5) así como los trabajos y maniobras realizadas.*



*Fotografía A.10 SM-5*



*Fotografía A.11 Imagen del sondeo mixto (SM-6) realizado, este sondeo se realizó en el cruce de Av. Vicente Villada y Chimalhuacán.*



*Fotografía A.12 Imagen del sondeo mixto (SM-7) realizado, se aprecian las maniobras para la ejecución del sondeo.*



*Fotografía A.13 Sondeo Mixto (SM-8).*



*Fotografía A.14 Sondeo Mixto (SM-8).*



*Fotografía A.15 Imagen del sondeo mixto (SM-9) realizado, al igual que en varios de los trabajos, este sondeo se hizo en el camellón, se puede ver la disminución de su ancho.*



*Fotografía A.16 Último sondeo mixto (SM-10), se realizó en el cruce de la Av. Bordo de Xochiaca y Vicente Villada.*

# **EXPLORACIÓN Y RESULTADOS DE** **LABORATORIO**

# ANEXO

## EXPLORACIÓN

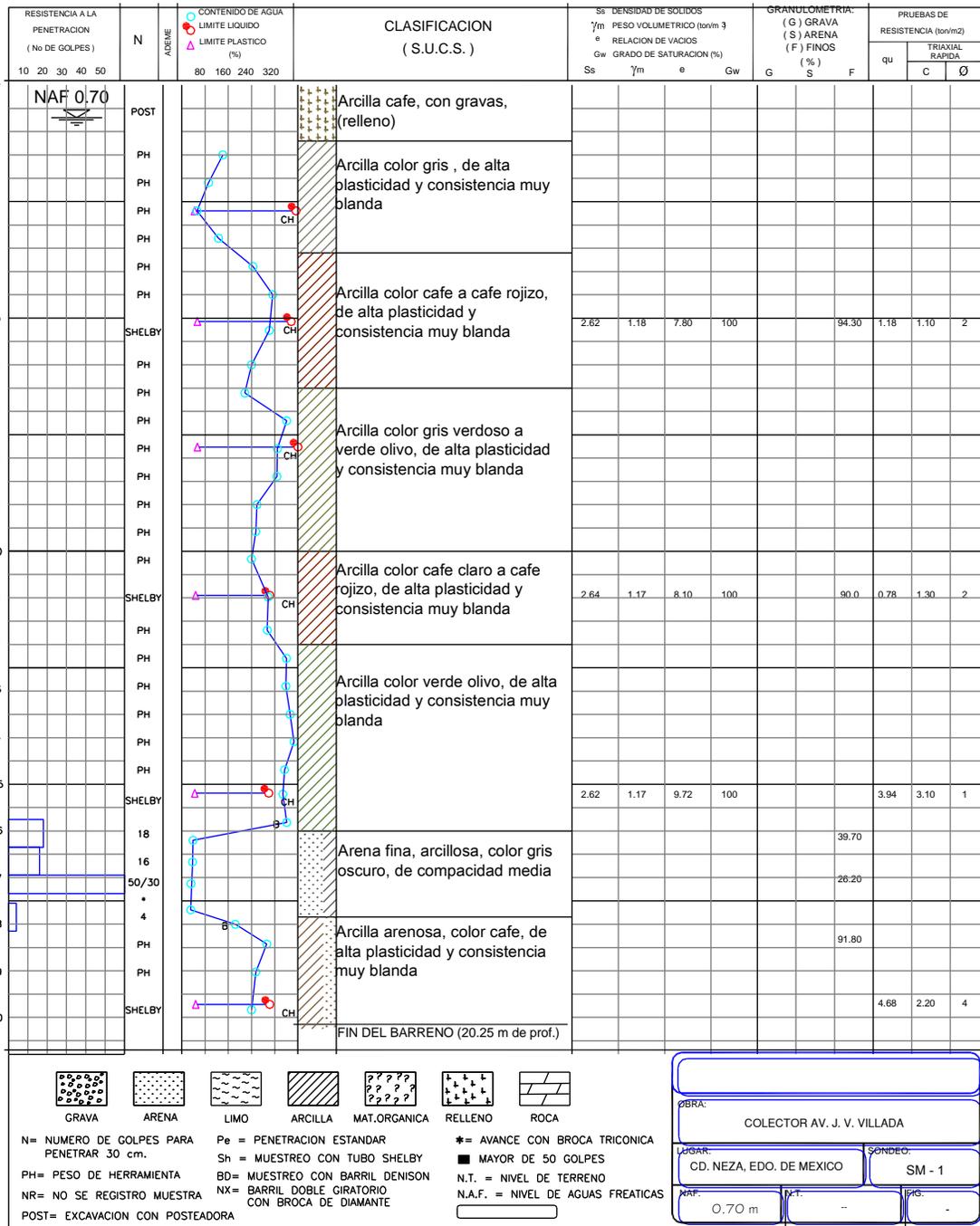


FIGURA A.17 PERFIL ESTRATIGRÁFICO SM-1

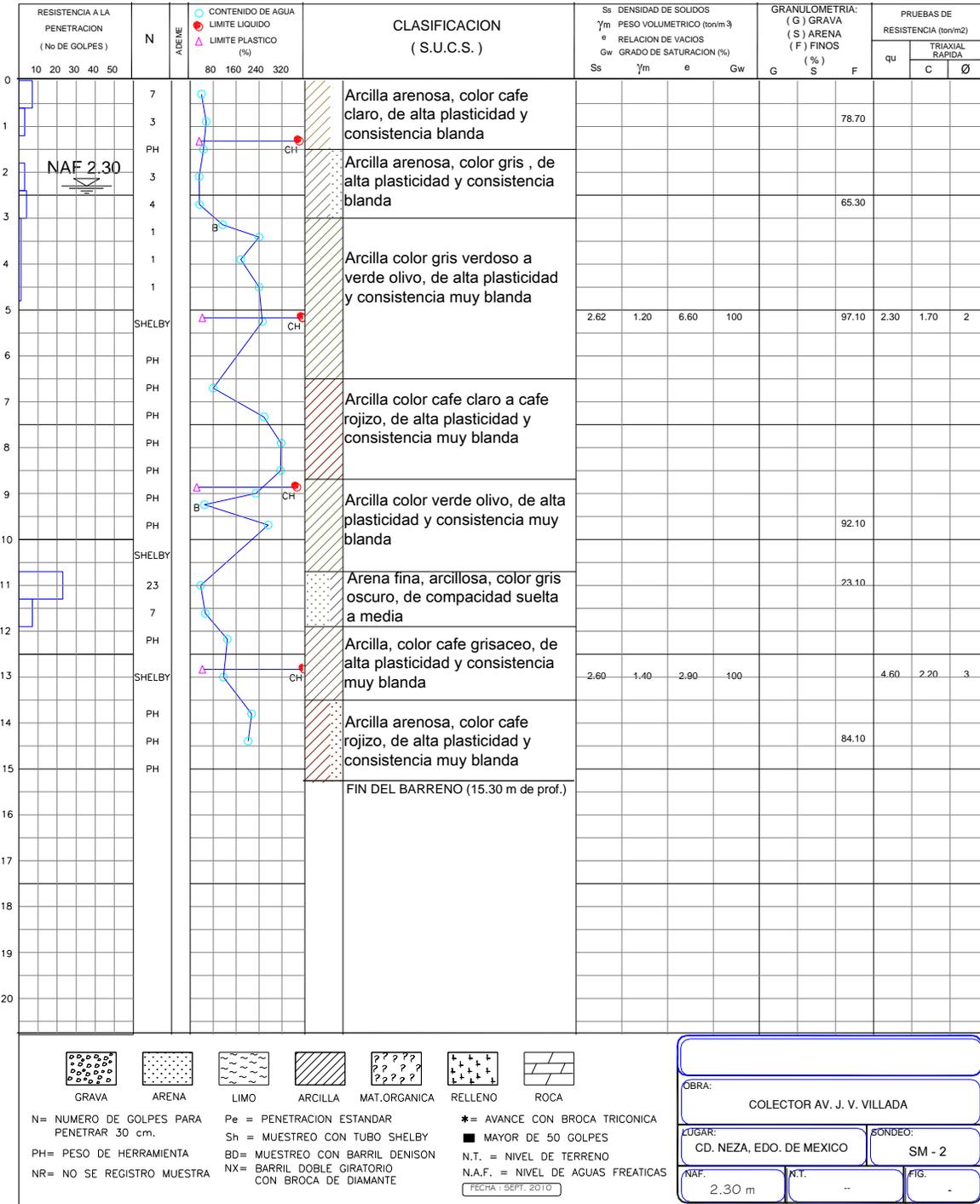


FIGURA A.18 PERFIL ESTRATIGRAFICO SM-2

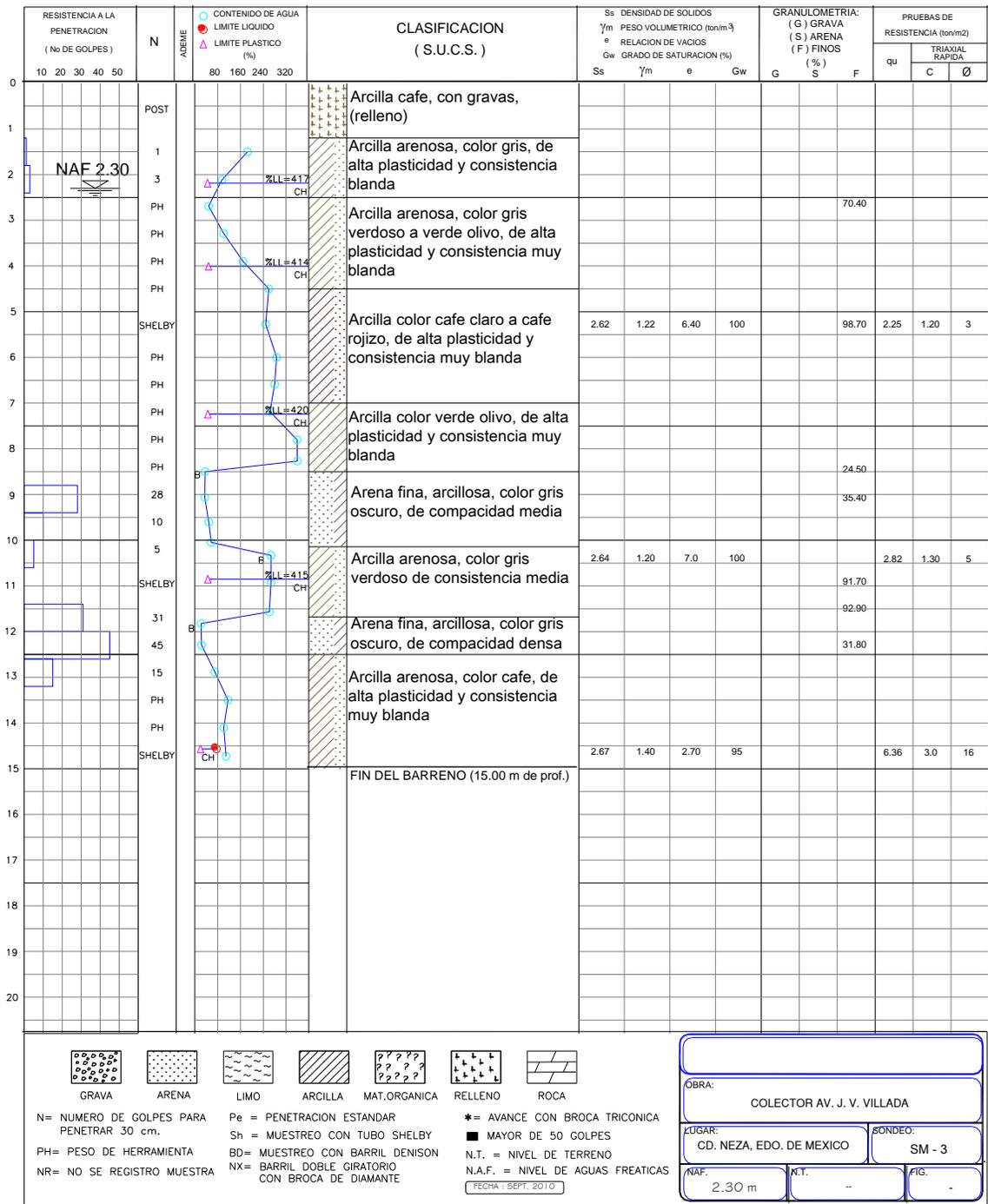


FIGURA A.19 PERFIL ESTRATIGRAFICO SM-3

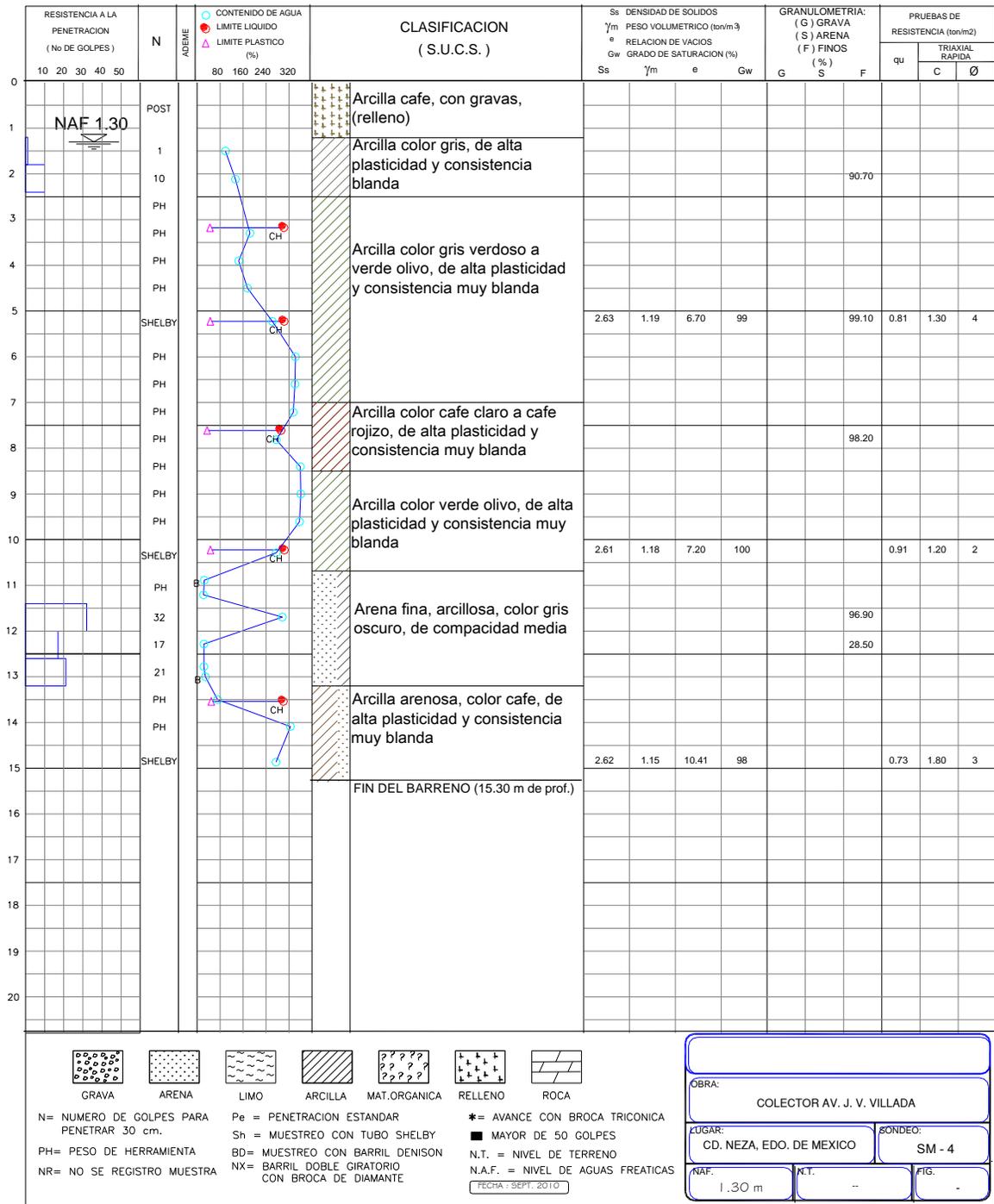


FIGURA A.20 PERFIL ESTRATIGRAFICO SM-4

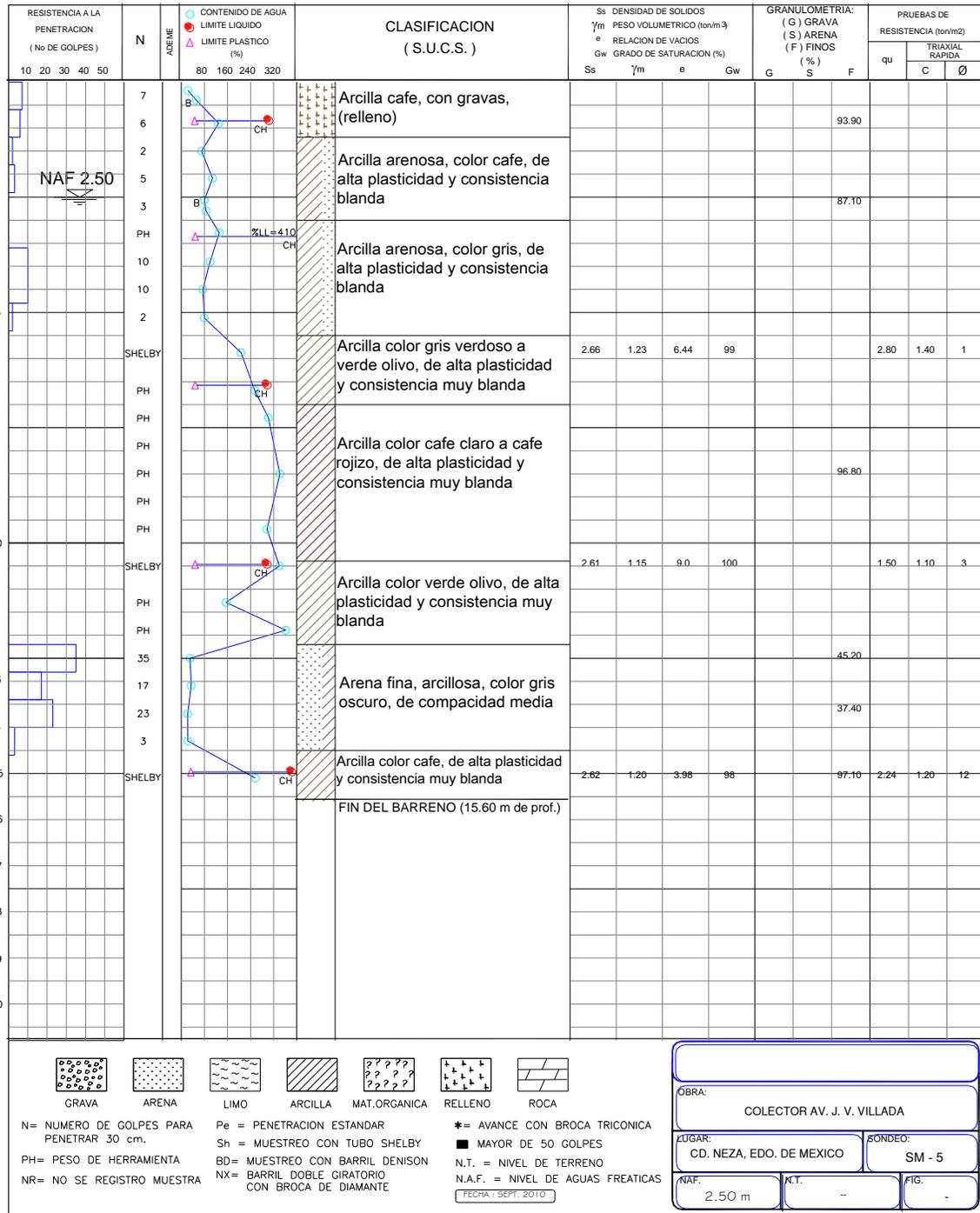


FIGURA A.21 PERFIL ESTRATIGRAFICO SM-5



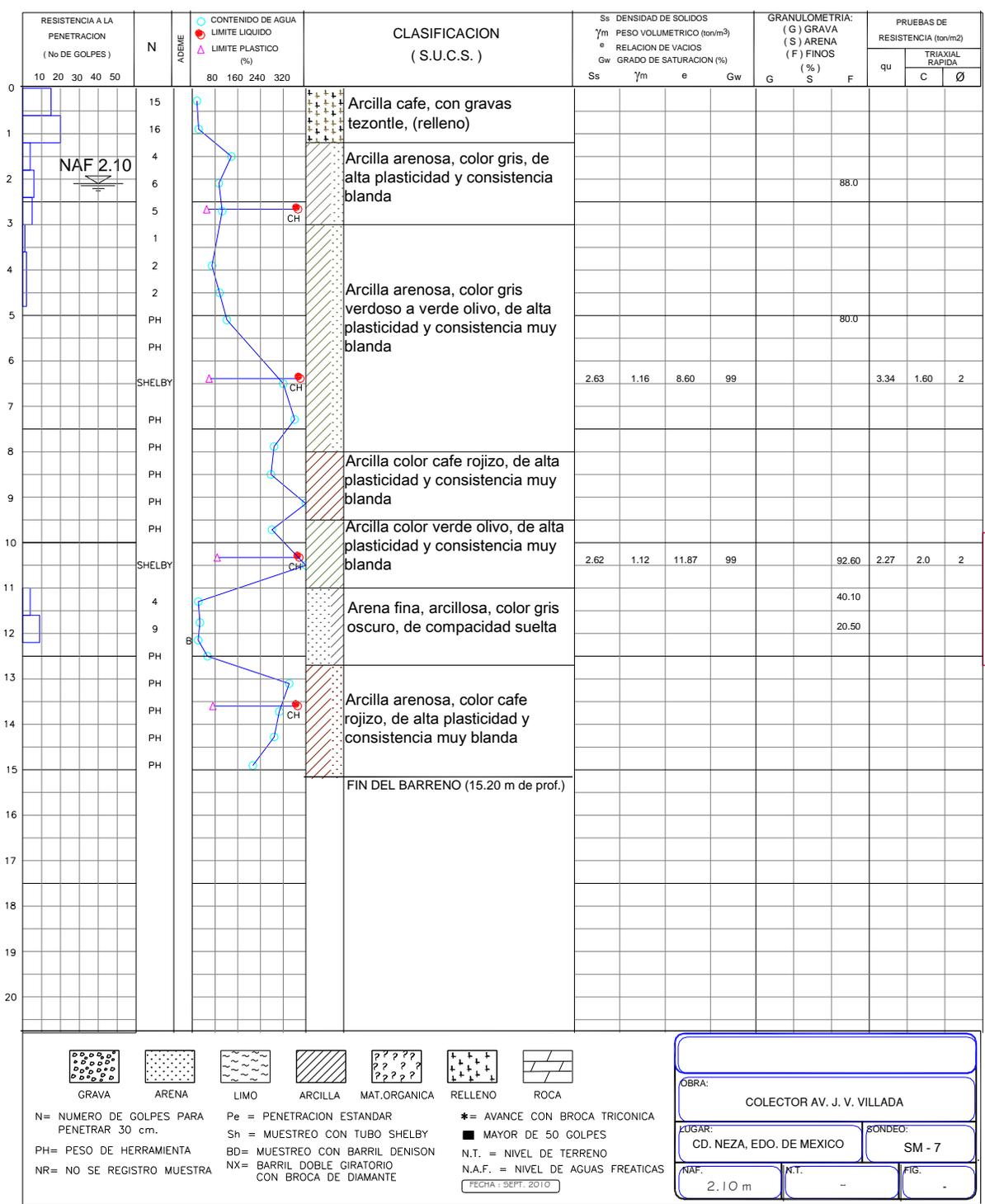


FIGURA A.23 PERFIL ESTRATIGRAFICO SM-7

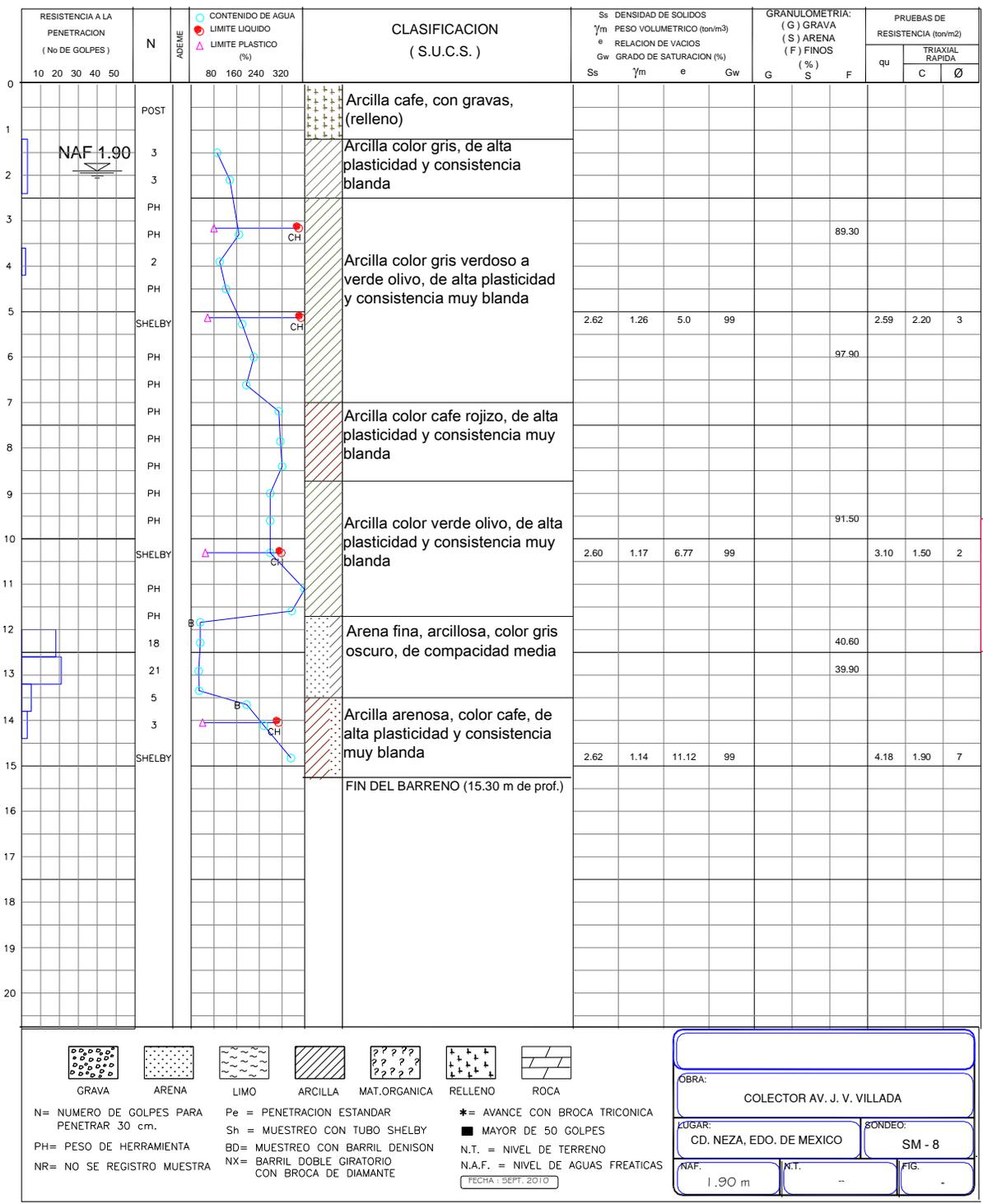


FIGURA A.24 PERFIL ESTRATIGRAFICO SM-8

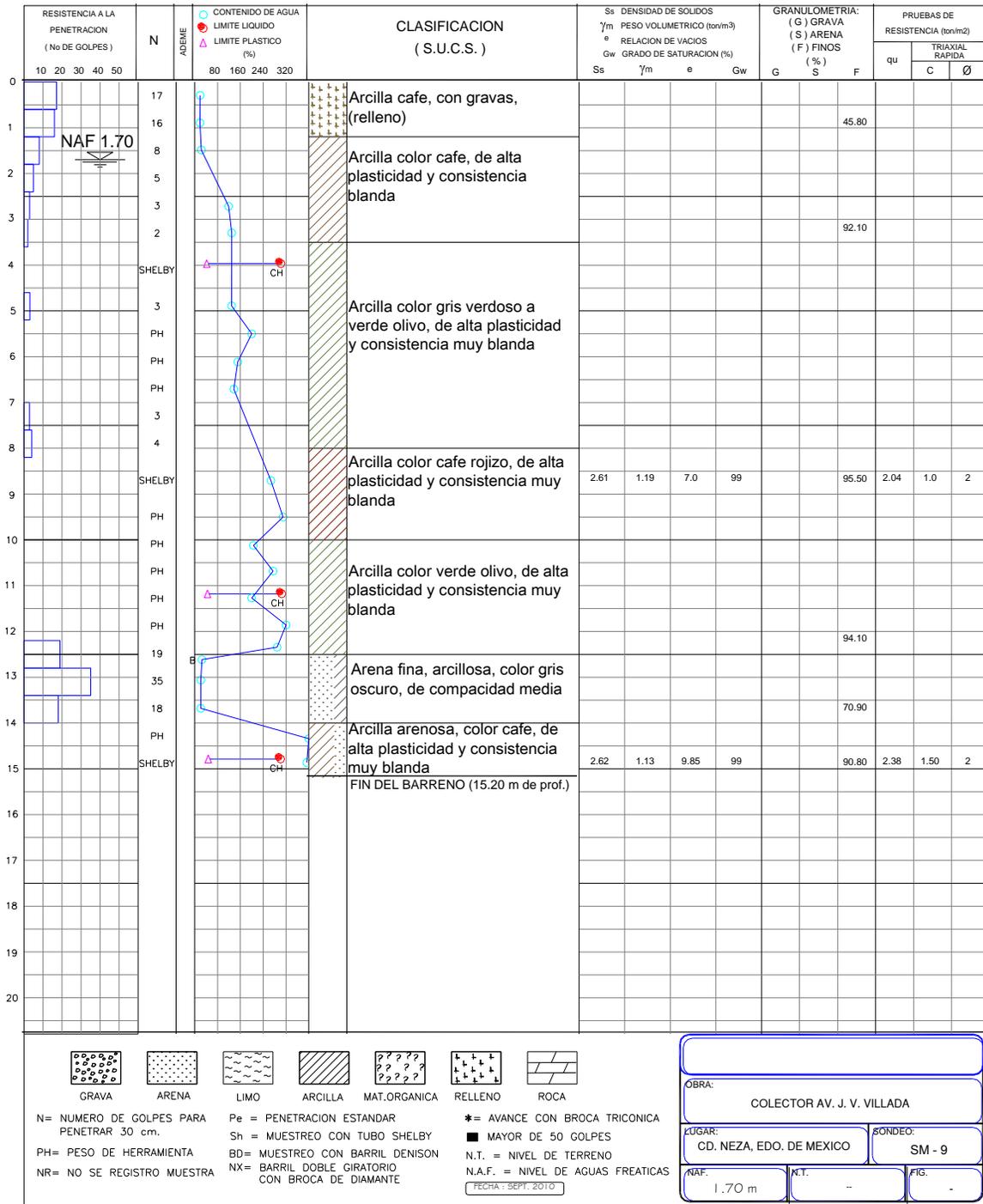


FIGURA A.25 PERFIL ESTRATIGRAFICO SM-9

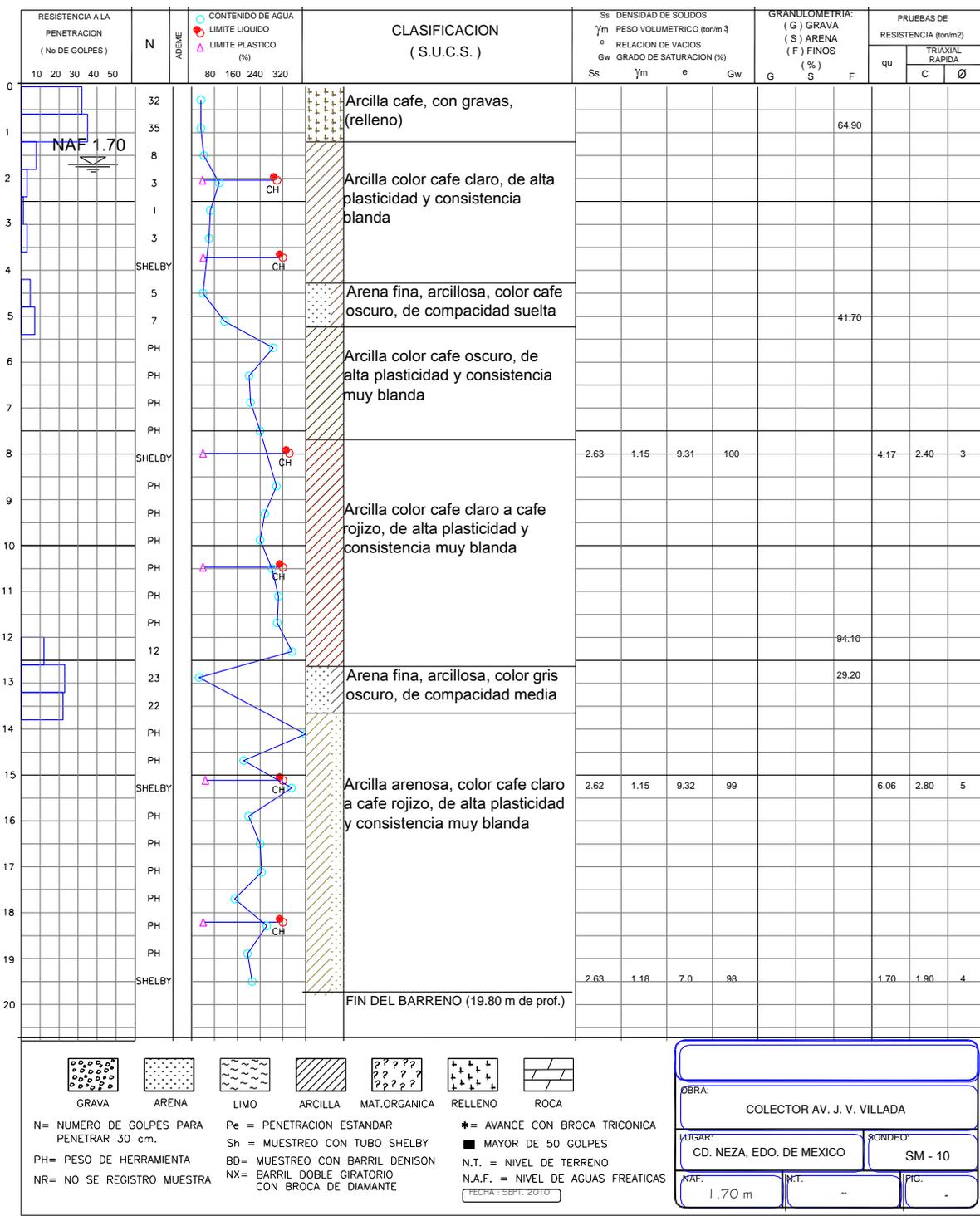


FIGURA A.26 PERFIL ESTRATIGRAFICO SM-10

# RESULTADOS DE LABORATORIO

## CONTENIDO DE AGUA

OBRA: COLECTOR VICENTE VILLADA  
 LOCALIZACION: NETZAHUALCOYOTL, EDO. MEX.  
 SONDEO: SM - 1  
 FECHA: \_\_\_\_\_

No. MUESTRA	PROF. INICIAL (m)	PROF. FINAL (m)	HUMEDAD (%)	DESCRIPCIÓN MICROSCÓPICA	PROF. INICIAL (m)	PROF. FINAL (m)	No. CAP.	W <sub>1</sub> (gr)	W <sub>2</sub> (gr)	W <sub>3</sub> (gr)	W <sub>4</sub> (gr)	W <sub>5</sub> (gr)	W <sub>6</sub> (gr)	W <sub>7</sub> (gr)
1	1.20	1.80	140.2	ARCILLA COLOR CAFÉ OSCURO CON GRUMOS DEL MISMO MATERIAL Y ESCASA ARENA FINA Y ALTO CONTENIDO DE CaCo.	1.20	1.80	120	81	44.3	11	35.3	46.7		
2	1.80	2.40	86.7	ARCILLA COLOR GRIS CON GRUMOS DEL MISMO MATERIAL, ESCASA MATERIA FINA COLOR GRIS Y ALTO CONTENIDO DE CaCo.	1.80	2.40	49	122.1	71.3	127	58.6	50.8		
3	2.40	3.00	61.3	ARCILLA COLOR GRIS OSCURO. ESCASA ARENA FINA COLOR GRIS Y ALTO CONTENIDO DE CaCo.	2.40	3.00	477	71.1	48.3	111	37.2	22.8		
4	3.00	3.60	131.7	ARCILLA COLOR GRIS CLARO CON PEQUEÑOS GRUMOS DEL MISMO MATERIAL, ESCASA ARENA FINA Y ALTO CONTENIDO DE CaCo.	3.00	3.60	79	133.3	64	114	52.6	69.3		
5	3.60	4.20	265.2	ARCILLA CAFÉ ROJIZO Y GRIS CLARO. OSCURO PEQUEÑOS GRUMOS DEL MISMO MATERIAL, ESCASA ARENA FINA Y ALTO CaCo.	3.60	4.20	98	86.3	30.1	114	21.7	53.2		
6	4.20	4.80	316.5	ARCILLA COLOR CAFÉ CLARO Y GRIS CLARO. PEQUEÑOS GRUMOS DEL MISMO MATERIAL, ESCASA ARENA FINA Y ALTO CONTENIDO DE CaCo.	4.20	4.80	67	83.8	30	13	17	23.8		
7	0.00	0.00	#N/A	TUBO SHELBY						#N/A				
8	5.70	6.30	238.7	ARCILLA CAFÉ ROJIZA CON GRUMOS DEL MISMO MATERIAL, ESCASA ARENA FINA Y ALTO CONTENIDO DE CaCo.	5.70	6.30	62	86.6	34.8	131	21.7	51.8		
9	6.30	6.90	224.1	ARCILLA GRIS VERDOSA CON GRUMOS DEL MISMO MATERIAL Y ESCASA ARENA FINA Y ALTO CONTENIDO DE CaCo.	6.30	6.90	60	92	36.2	113	24.9	65.8		
10	6.90	7.50	355.5	ARCILLA GRIS VERDOSA CON GRUMOS DEL MISMO MATERIAL Y ESCASA ARENA FINA Y ALTO CONTENIDO DE CaCo.	6.90	7.50	48	65.2	22.9	11	11.9	42.3		
11	7.50	8.10	330.8	ARCILLA GRIS VERDOSA CON GRUMOS DEL MISMO MATERIAL Y ESCASA ARENA FINA Y ALTO CONTENIDO DE CaCo.	7.50	8.10	46	65.7	23	11	12	39.7		
12	8.10	8.70	332.8	ARCILLA GRIS VERDOSA CON GRUMOS DEL MISMO MATERIAL Y ESCASA ARENA FINA Y ALTO CONTENIDO DE CaCo.	8.10	8.70	66	69.7	26.1	13	13.1	43.6		
13	8.70	9.30	295.2	ARCILLA GRIS VERDOSA CON GRUMOS DEL MISMO MATERIAL, ESCASA ARENA FINA Y ALTO CONTENIDO DE CaCo.	8.70	9.30	65	76.2	30.5	128	17.7	45.7		
14	9.30	9.90	247.9	ARCILLA CAFÉ ROJIZA CON GRUMOS DEL MISMO MATERIAL, ESCASA ARENA FINA GRIS Y ALTO CONTENIDO DE CaCo.	9.30	9.90	59	72.2	30.3	134	16.9	41.9		
15	9.90	10.50	248.1	ARCILLA CAFÉ ROJIZA CON GRUMOS DEL MISMO MATERIAL, ESCASA ARENA FINA GRIS Y ALTO CONTENIDO DE CaCo.	9.90	10.50	128	84.2	32.1	111	21	52.1		
16	0.00	0.00	#N/A	TUBO SHELBY						#N/A				
17	11.40	12.00	301.2	ARCILLA CAFÉ ROJIZA CON GRUMOS GRIS CLARO. ESCASA ARENA FINA GRIS, POCO CONTENIDO DE CaCo.	11.40	12.00	42	80.6	28.5	112	17.3	52.1		
18	12.00	12.60	389.5	ARCILLA GRIS CLARO CON GRUMOS DEL MISMO MATERIAL, ESCASA ARENA FINA Y BAJO CONTENIDO DE CaCo.	12.00	12.60	133	82.2	30	127	17.3	52.2		
19	12.60	13.20	355.9	ARCILLA GRIS VERDOSO CON GRUMOS DEL MISMO MATERIAL, ESCASA ARENA FINA T BAJO CONTENIDO DE CaCo.	12.60	13.20	84	104.2	32.3	121	29.2	71.9		
20	13.20	13.80	390.6	ARCILLA GRIS VERDOSO OSCURO CON GRUMOS DEL MISMO MATERIAL, ESCASA ARENA FINA Y BAJO CONTENIDO DE CaCo.	13.20	13.80	101	82.3	27.5	131	14.4	54.8		
21	13.80	14.40	391.0	ARCILLA GRIS VERDOSO OSCURO CON GRUMOS DEL MISMO MATERIAL, ESCASA ARENA FINA Y BAJO CONTENIDO DE CaCo.	13.80	14.40	105	67.3	23.9	128	11.1	43.4		
22	14.40	15.00	347.5	ARCILLA GRIS VERDOSO OSCURO CON GRUMOS DEL MISMO MATERIAL, ESCASA ARENA FINA Y POCO CONTENIDO DE CaCo.	14.40	15.00	127	75.5	26.2	113	13.9	48.3		
23	0.00	0.00	#N/A	TUBO SHELBY						#N/A				
24	15.73	16.33	40.9	ARENA GRIS DE FINA A MEDIA Y ALTO CONTENIDO DE CaCo.	15.73	16.33	112	126.5	93.6	132	86.4	32.9		
25	16.33	16.93	38.3	ARENA GRIS OSCURO DE FINA A MEDIA Y ALTO CONTENIDO DE CaCo.	16.33	16.93	111	94.8	72	124	59.6	22.8		
26	16.93	17.53	324	ARENA GRIS OSCURO DE FINA A MEDIA Y BAJO CONTENIDO DE CaCo.	16.93	17.53	78	94.7	74.8	133	61.5	18.9		
27	17.53	18.13	339	ARENA GRIS CON ESCASO LIMO Y ALTO CONTENIDO DE CaCo.	17.53	18.13	74	109.4	84.5	111	73.4	24.9		
28	18.13	18.73	301.8	ARCILLA CAFÉ CON ESCASA ARENA FINA Y GRUMOS DEL MISMO MATERIAL Y BAJO CONTENIDO DE CaCo.	18.13	18.73	100	55.5	22.3	113	11	33.2		
29	18.73	19.33	250.6	ARCILLA CAFÉ CLARO CON GRUMOS DEL MISMO MATERIAL, ESCASA ARENA FINA Y ALTO CONTENIDO DE CaCo.	18.73	19.33	81	68	27.4	112	16.2	40.6		
24B	-	-	381.7	ARCILLA CAFÉ CLARO CON GRUMOS DEL MISMO MATERIAL, ESCASA ARENA FINA Y BAJO CONTENIDO DE CaCo.	-	-	51	68	24.6	126	12	43.4		
27B	-	-	180.5	ARCILLA CAFÉ CLARO CON GRUMOS DEL MISMO MATERIAL, ESCASA ARENA FINA Y MUY BAJO CONTENIDO DE CaCo.	-	-	116	54.4	26.6	112	15.4	27.8		

# CONTENIDO DE AGUA

OBRA: COLECTOR VICENTE VILLADA

LOCALIZACION: NEZAHUALCOYOTL, EDO. MEX.

SONDEO: SM - 2

FECHA: \_\_\_\_\_

No MUESTRA	PROF. INICIAL (m)	PROF. FINAL (m)	HUMEDAD (%)	DESCRIPCIÓN MICROSCÓPICA	PROF. INICIAL (m)	PROF. FINAL (m)	No. CAP.	WHYCAP/YSWCA (gr)	W CAP. (gr)	VS (gr)	Ww (gr)	
1	0.00	0.60	41.7	LIMO CAFÉ CLARO CON POCAS ARENAS FINAS DEL MISMO COLOR Y BAJO CONTENIDO DE CaCo.	0.00	0.60	102	82.5	61.5	11.1	50.4	21
2	0.60	1.20	63.1	ARCILLA CAFÉ CLARO CON POCO LIMO Y ESCASA ARENA FINA AMBOS DEL MISMO COLOR.	0.60	1.20	64	86.1	57.9	13.2	44.7	28.2
3	1.20	1.80	46.9	ARCILLA CAFÉ CLARO CON POCO LIMO Y ESCASA ARENA FINA AMBOS DEL MISMO COLOR.	1.20	1.80	123	75.7	55	10.9	44.1	20.7
4	1.80	2.40	33.9	LIMO CAFÉ CLARO CON POCAS ARENAS FINAS DEL MISMO COLOR Y BAJO CONTENIDO DE CaCo.	1.80	2.40	110	105.7	81.9	11.6	70.3	23.8
5	2.40	3.00	35.4	LIMO CAFÉ CLARO CON POCAS ARENAS FINAS DEL MISMO COLOR Y ALTO CaCo.	2.40	3.00	114	93.1	72.1	12.7	59.4	21
6	3.00	3.60	296.9	ARCILLA GRIS VERDOSO POCO GRUMOSA CON ARENAS FINAS MISMO COLOR AISLADA CON CaCo.	3.00	3.60	92	83.3	32.6	11.2	21.4	50.7
7	3.60	4.20	172.2	ARCILLA GRIS VERDOSO CON ESCASO LIMO Y GRABAS AISLADAS DE HASTA 1/2"	3.60	4.20	109	67.1	31.8	11.3	20.5	35.3
8	4.20	4.80	241.9	ARCILLA VERDE OLIVO CON ESCASA ARENA FINA Y ALTO CONTENIDO DE CaCo.	4.20	4.80	120	64	26.5	11	15.5	37.5
9	4.80	5.80	#N/A	TUBO SHELBY	4.80	5.80			#N/A	#N/A	#N/A	0
10	6.40	7.00	81.1	ARCILLA CAFÉ CLARO CON ESCASA ARENA GRUESA DEL MISMO COLOR.	6.40	7.00	41	80.8	50.3	12.7	37.6	30.5
11	7.00	7.60	253.3	ARCILLA CAFÉ ALICRO CON ESCASA ARENA FINA DEL MISMO COLOR Y BAJO CONTENIDO DE CaCo.	7.00	7.60	75	65	26.5	11.3	15.2	38.5
12	7.60	8.20	319.7	ARCILLA CAFÉ ROJIZO CON ESCASA ARENA FINA DEL MISMO COLOR Y BAJO CaCo.	7.60	8.20	76	73.3	26.3	11.6	14.7	47
13	8.20	8.80	317.2	ARCILLA VERDE OLIVO CON POCAS ARENAS FINAS A MEDIA DEL MISMO COLOR.	8.20	8.80	93	66.3	25.8	12.4	13.4	42.5
14	8.80	9.40	231.6	ARCILLA VERDE OLIVO CON POCAS ARENAS FINAS A MEDIA DEL MISMO COLOR.	8.80	9.40	106	88.4	35.6	12.8	22.8	52.8
15	9.40	10.00	288.4	ARCILLA VERDE OLIVO CON POCAS ARENAS FINAS A MEDIA DEL MISMO COLOR.	9.40	10.00	53	92.2	34.5	13	21.5	57.7
16	10.70	11.30	35.3	ARENA FINA CAFÉ OSCURO CON ALTO CONTENIDO DE CaCo.	10.70	11.30	54	96.2	74.5	13.1	61.4	21.7
17	11.30	11.90	59.5	ARENA FINA A MEDIA CAFÉ OSCURO CON ESCASA ARCILLA CAFÉ CLARO.	11.30	11.90	39	88.4	59.5	10.9	48.6	28.9
18	11.90	12.50	131.3	ARCILLA CAFÉ CLARO CON POCAS ARENAS FINAS DEL MISMO COLOR Y ALTO CONTENIDO DE CaCo.	11.90	12.50	86	71	37.9	12.7	25.2	33.1
19	10.00	10.70	#N/A	TUBO SHELBY	10.00	10.70			#N/A	#N/A	#N/A	0
20	13.50	14.10	225.7	ARCILLA CAFÉ ROJIZO CON GRUMOS CAFÉ CLARO Y ESCASA ARENA FINA DEL MISMO COLOR.	13.50	14.10	40	70.6	30.2	12.3	17.9	40.4
21	14.10	14.70	204.2	ARCILLA CAFÉ ROJIZO CON GRUMOS CAFÉ CLARO Y ESCASA ARENA FINA DEL MISMO COLOR.	14.10	14.70	57	70.6	32	13.1	18.9	38.6
6-B	-	-	111.2	ARENA FINA GRIS CLARO GRUMOSA CON MATERIA ORGANICA EN DESCOMPOSICION T ALTO CONTENIDO DE CaCo.	-	-	81	94.2	50.5	11.2	39.3	43.7
15-B	-	-	54.5	ARENA FINA CAFÉ OSCURO CON POCAS ARCILLAS CAFÉ CLARO Y ALTO CONTENIDO DE CaCo.	-	-	68	85.8	59.5	11.2	48.3	26.3

# CONTENIDO DE AGUA

OBRA: COLECTOR VICENTE VILLADA  
 LOCALIZACION: NEZAHUALCOYOTL, EDO. MEX.  
 SONDEO: SM - 3  
 FECHA: \_\_\_\_\_

No MUESTRA	PROF. INICIAL (m)		HUMEDAD FINAL (%)	DESCRIPCIÓN MICROSCÓPICA										No. CAP. FINAL	Wt+WCAP (gr)	Wt+WCAP (gr)	W CAP. (gr)	Ww (gr)	
	INICIAL (m)	FINAL (m)		PROF. INICIAL (m)	PROF. FINAL (m)	No. CAP.	Wt+WCAP (gr)	W CAP. (gr)	Ww (gr)										
1	1.20	1.80	183.1	ARCILLA CAFÉ OSCURO CON POCO LIMO MISMO COLOR CON ESCASA ARENA FINA AISLADA CON ALTO CONTENIDO DE CaCo.										101	73.4	34.4	13.1	21.3	39
2	1.80	2.40	93.1	ARCILLA CAFÉ A GRIS POCO GRUMOSO CON ALTO CONTENIDO DE CaCo.										75	89.9	52	11.3	40.7	37.9
3	2.40	3.00	52.7	ARCILLA GRIS POCO GRUMOSA CON MATERIA ORGANICA EN DESCOMPOSICION Y ESCASA ARENA FINA Y ALTO CONTENIDO DE CaCo.										116	114.3	78.7	11.2	67.5	35.6
4	3.00	3.60	100.7	ARCILLA GRIS POCO GRUMOSA CON MATERIA ORGANICA EN DESCOMPOSICION Y ESCASA ARENA FINA Y ALTO CONTENIDO DE CaCo.										889	74.2	43.4	12.8	30.6	30.8
5	3.60	4.20	167.6	ARCILLA GRIS VERDOSO POCO GRUMOSA CON ESCASA ARENA FINA AISLADA.										420	94.4	42.1	10.9	31.2	52.3
6	4.20	4.80	247.8	ARENA CAFÉ ESCASO. VERDOSO. POCO GRUMOSA CON CaCo.										106	76.8	31.2	12.8	18.4	45.6
7	4.80	5.70	#N/A	TUBO SHELBY													#N/A	#N/A	0
8	5.70	6.30	287.8	ARCILLA CAFÉ ROJIZO GRUMOSA CON CONTENIDO MEDIO DE CaCo.										120	71.5	26.6	11	15.6	44.9
9	6.30	6.90	280.2	ARCILLA CAFÉ POCO ROJIZO POCO GRUMOSA CON CONTENIDO MEDIO DE CaCo.										127	84.3	30.5	11.3	19.2	53.8
10	6.90	7.50	259.5	ARCILLA CAFÉ VERDOSO POCO GRUMOSA CON CONTENIDO DE CaCo.										88	58.2	24.2	11.1	13.1	34
11	7.50	8.10	358.2	ARCILLA CAFÉ VERDOSO POCO GRUMOSA CON CONTENIDO DE CaCo.										51	63	23.6	12.6	11	39.4
12	8.10	8.70	360.3	ARCILLA GRIS VERDOSO POCO GRUMOSA CON ESCASA ARENA FINA AISLADA Y CaCo.										84	79.3	26.7	12.1	14.6	52.6
13	8.70	9.30	34.5	ARENA FINA POCO MEDIA GRIS OSCURO CON ALTO CONTENIDO DE CaCo.										40	79.3	62.1	12.3	49.8	17.2
14	9.30	9.90	47.8	ARENA FINA POCO MEDIA GRIS CLARO POCO GRUMOSA CON ALTO CONTENIDO DE CaCo.										41	82	59.6	12.7	46.9	22.4
15	9.90	10.50	64.9	ARENA FINA POCO MEDIA GRIS. POCO GRUMOSA CON ALTO CONTENIDO DE CaCo.										68	88.7	56.2	11.2	47	30.5
16	10.50	11.40	#N/A	TUBO SHELBY													#N/A	#N/A	0
17	11.40	12.00	248.4	ARCILLA CAFÉ VERDOSO. GRUMOSA CON ALTO CONTENIDO DE CaCo.										42	65	26.6	11.2	15.4	38.4
18	12.00	12.60	28.2	ARENA GRUESA GRIS OSCURO POCO GRUMOSA CON ALTO CONTENIDO DE CaCo.										111	82.5	67.1	12.4	54.7	15.4
19	12.60	13.20	71.5	ARCILLA ARENOSA GRIS OSCURO. GRUMOSA CON MATERIA EN DESCOMPOSICION Y ALTO CONTENIDO DE CaCo.										109	55.2	36.9	11.3	25.6	18.3
20	13.20	13.80	118.0	ARCILLA CAFÉ POCO OSCURO. GRUMOSA CON ESCASA ARENA FINA GRIS OSCURO CON ALTO CONTENIDO DE CaCo.										74	69.3	37.8	11.1	26.7	31.5
21	13.80	14.40	100.6	ARCILLA CAFÉ POCO OSCURO. GRUMOSA CON ESCASA ARENA FINA GRIS OSCURO CON ALTO CONTENIDO DE CaCo.										76	78.8	45.1	11.6	33.5	33.7
22	14.40	15.00	#N/A	TUBO SHELBY													#N/A	#N/A	0
12-B	-	-	41.9	ARENA FINA GRIS A CAFÉ POCO GRUMOSA CON ALTO CONTENIDO DE CaCo.										105	89	66.5	12.8	53.7	22.5
15-B	-	-	265.8	ARCILLA VERDE OLIVO A GRIS GRUMOSA CON POCAS ARENA FINA GRIS CLARO Y ALTO CONTENIDO DE CaCo.										102	51.7	22.2	11.1	11.1	29.5
17-B	-	-	23.2	ARENA FINA A MEDIA GRIS OSCURO POCO GRUMOSA CON CaCo.										93	73.9	62.3	12.4	48.9	11.6

# CONTENIDO DE AGUA

OBRA: COLECTOR VICENTE VILLADA

LOCALIZACION: NEZAHUALCOYOTL, EDO. MEX.

SONDEO: SM-4

FECHA: \_\_\_\_\_

No MUESTRA	PROF. INICIAL (m)		PROF. FINAL (m)		HUMEDAD (%)	DESCRIPCIÓN MICROSCÓPICA	PROF. INICIAL (m)	PROF. FINAL (m)	No. CAP.	W/H+WCAP+V+H+ICA (gr)	W CAP. (gr)	W/s (gr)	W/w (gr)
	1.20	1.80	3.00	4.20									
1	1.20	1.80	96.6			ARCILLA GRIS A CAFÉ GRUMOSA CON ESCASO LIMO MISMO COLOR Y ARENA FINA CON ALTO CONTENIDO DE CaCo.	1.20	1.80	80	82.1	48.1	12.9	35.2
2	1.80	2.40	139.2			ARCILLA GRIS A CAFÉ GRUMOSA CON ESCASO LIMO MISMO COLOR Y ARENA FINA CON ALTO CONTENIDO DE CaCo.	1.80	2.40	60	83.3	41.4	11.3	30.1
3	3.00	3.60	178.7			ARCILLA GRIS CON GRUMOS MISMO MATERIAL Y ARENA FINA POCO AISLADA CON MATERIA ORGANICA EN DESCOMPOSICION Y ALTO CONTENIDO DE CaCo.	3.00	3.60	117	99	42.7	11.2	31.5
4	3.60	4.20	147.9			ARCILLA GRIS VERDOSO POCO GRUMOSA CON ARENA FINA POCO AISLADA Y ALTO CONTENIDO DE CaCo.	3.60	4.20	62	119.7	56.1	13.1	43
5	4.20	4.80	170.9			ARCILLA GRIS VERDOSO POCO GRUMOSA CON ALTO CONTENIDO DE CaCo.	4.20	4.80	67	77.2	36.7	13	23.7
6	4.80	5.70	#N/A			TUBO SHELBY	4.80	5.70				#N/A	0
7	5.70	6.30	398.1			ARCILLA GRIS VERDOSO POCO GRUMOSA CON ESCASA ARENA FINA MUY AISLADA Y CaCo.	5.70	6.30	52	62.1	23.9	12.6	11.3
8	6.30	6.90	341.4			ARCILLA GRIS VERDOSO POCO GRUMOSA CON ESCASA ARENA FINA MUY AISLADA Y CaCo.	6.30	6.90	128	75.1	25.6	11.1	14.5
9	6.90	7.50	328.8			ARCILLA CAFÉ ROJIZO POCO GRUMOSA CON ALTO CONTENIDO DE CaCo.	6.90	7.50	99	62	23.2	11.4	11.8
10	7.50	8.10	276.8			ARCILLA CAFÉ VERDOSO POCO GRUMOSA CON POCO CaCo.	7.50	8.10	65	76.1	29.6	12.8	16.8
11	8.10	8.70	355.4			ARCILLA CAFÉ VERDOSO POCO GRUMOSA CON BAJO CONTENIDO DE CaCo.	8.10	8.70	59	76.7	27.3	13.4	13.9
12	8.70	9.30	366.2			ARCILLA CAFÉ VERDOSO POCO GRUMOSA CON BAJO CONTENIDO DE CaCo.	8.70	9.30	49	69.3	25	12.7	12.3
13	9.30	9.90	362.5			ARCILLA CAFÉ ROJIZO GRUMOSA CON POCO CaCo.	9.30	9.90	46	59.1	21.4	11	10.4
14	9.90	10.80	#N/A			TUBO SHELBY	9.90	10.80				#N/A	0
15	10.80	11.40	25.5			ARENA FINA POCO MEDIA GRIS OSCURO CON GRUMOS Y ESCASO CaCo.	10.80	11.40	74	100.7	82.5	11.1	71.4
16	11.40	12.00	296.1			ARCILLA GRIS VERDOSO POCO GRUMOSA CON MUY ESCASA ARENA GRIS AISLADA CON BAJO CONTENIDO DE CaCo.	11.40	12.00	477	61.8	23.9	11.1	12.8
17	12.00	12.60	26.7			ARENA MEDIA GRIS OSCURO POCO GRUMOSA CON CaCo.	12.00	12.60	38	80.1	65.6	11.2	54.4
18	12.60	13.20	27.3			ARENA MEDIA GRIS OSCURO POCO GRUMOSA CON CaCo.	12.60	13.20	79	107.1	86.6	11.4	75.2
19	13.20	13.80	71.4			ARCILLA CAFÉ VERDOSO POCO ROJIZO CON GRUMOS DE ARENA FINA A GRIS OSCURO CON CaCo.	13.20	13.80	81	67.6	44.1	11.2	32.9
20	13.80	14.40	325.0			ARCILLA CAFÉ VERDOSO POCO ROJIZO CON GRUMOS DE ARENA FINA A GRIS OSCURO CON CaCo.	13.80	14.40	999	50	21.4	12.6	8.8
21	14.40	15.30	#N/A			TUBO SHELBY	14.40	15.30				#N/A	0
15-B	-	-	26.2			ARENA MEDIA CON GRUMOS COLOR GRIS OSCURO CON POCO CaCo.	-	-	133	64.2	53.5	12.7	40.8
16-B	-	-	28.7			ARENA FINA POCO MEDIA GRIS OSCURO GRUMOS CON POCO CaCo.	-	-	66	99.2	80	13	67

# CONTENIDO DE AGUA

OBRA: COLECTOR VICENTE VILLADA

LOCALIZACION: NEZAHUALCOYOTL, EDO. MEX.

SONDEO: SM - 5

FECHA: \_\_\_\_\_

## DESCRIPCIÓN MICROSCÓPICA

No MUESTRA	PROF. INICIAL (m)	PROF. FINAL (m)	HUMEDAD (%)	DESCRIPCIÓN MICROSCÓPICA	PROF. INICIAL (m)	PROF. FINAL (m)	No. CAP.	Wt+WCAP (gr)	W CAP. (gr)	Ws (gr)	Ww (gr)	
1	0.00	0.60	23.7	LIMO CAFÉ CLARO CON GRUMOS POCO COMPACTOS DEL MISMO MATERIAL CON Poca ARENA FINA MISMO COLOR.	0.00	0.60	187	80.4	67.3	12.1	55.2	13.1
2	0.60	1.20	124.9	ARCILLA CAFÉ POCO OSCURO GRUMOSA CON CaCo.	0.60	1.20	131	57.1	32.5	12.8	19.7	24.6
3	1.20	1.80	75.5	ARCILLA CAFÉ POCO OSCURO GRUMOSA CON ESCASA ARENA FINA GRIS OSCURO CON CaCo.	1.20	1.80	92	93	57.8	11.2	46.6	35.2
4	1.80	2.40	107.3	ARCILLA CAFÉ POCO OSCURO GRUMOSA	1.80	2.40	126	78.9	43.7	10.9	32.8	35.2
5	2.40	3.00	84.6	ARCILLA CAFÉ POCO OSCURO GRUMOSA	2.40	3.00	115	88.5	42.2	11.1	31.1	26.3
6	3.00	3.60	132.2	ARCILLA VERDE OLIVO POCO GRUMOSA CON ESCASA ARENA FINA GRIS AISLADA CON ALTO CONTENIDO DE CaCo.	3.00	3.60	55	67.4	36.2	12.6	23.6	31.2
7	3.60	4.20	98.1	ARCILLA GRIS POCO OSCURO CON GRUMOS COMPACTOS Y ARENA FINA AISLADA MISMO COLOR CON ALTO CONTENIDO DE CaCo.	3.60	4.20	44	85.3	49.7	13.4	36.3	35.6
8	4.20	4.80	78.6	ARCILLA GRIS POCO VERDOSO CON GRUMOS Y ARENA FINA AISLADA DEL MISMO COLOR CON CaCo.	4.20	4.80	73	70.9	45.2	12.5	32.7	25.7
9	4.80	5.40	80.7	ARCILLA GRIS POCO VERDOSO CON GRUMOS Y ARENA FINA AISLADA DEL MISMO COLOR CON CaCo.	4.80	5.40	113	65.8	41.6	11.6	30	24.2
10	5.40	6.40	#N/A	TUBO SHELBY	5.40	6.40			#N/A	#N/A	#N/A	0
11	6.40	7.00	247.8	ARCILLA GRIS VERDOSO POCO GRUMOSA CON CaCo.	6.40	7.00	108	51.6	23.1	11.6	11.5	28.5
12	7.00	7.60	305.0	ARCILLA CAFÉ CLARO POCO GRUMOSA CON Poca ARENA FINA CON CaCo.	7.00	7.60	37	59.5	23.2	11.3	11.9	36.3
13	8.20	8.80	333.3	ARCILLA VERDE POCO GRIS, CON GRUMOS DEL MISMO MATERIAL	8.20	8.80	118	65.5	23.5	10.9	12.6	42
14	8.40	10.00	308.5	ARCILLA CAFÉ ROJIZO POCO GRUMOSA CON ESCASA ARENA FINA AISLADA CON CaCo.	8.40	10.00	85	60.9	24.5	12.7	11.8	36.4
15	10.00	11.00	#N/A	TUBO SHELBY	10.00	11.00			#N/A	#N/A	#N/A	0
16	11.00	11.60	156.3	ARCILLA GRIS VERDOSO POCO GRUMOSA CON CaCo.	11.00	11.60	61	67.7	34.4	13.1	21.3	33.3
17	11.60	12.20	355.4	ARCILLA CAFÉ POCO GRUMOSA CON ARENA FINA GRIS POCO AISLADA CON CaCo.	11.60	12.20	48	57	21.1	11	10.1	35.9
18	12.20	12.80	24.9	ARENA FINA A MEDIA GRIS OSCURO POCO GRUMOSA CON CaCo.	12.20	12.80	43	87.3	72.4	12.5	59.9	14.9
19	12.80	13.40	30.2	ARENA FINA A MEDIA GRIS OSCURO POCO GRUMOSA CON CaCo.	12.80	13.40	130	82.7	66.4	12.4	54	16.3
20	13.40	14.00	25.5	ARENA FINA A MEDIA GRIS OSCURO POCO GRUMOSA CON CaCo.	13.40	14.00	71	72.3	59.9	11.3	48.6	12.4
21	14.00	14.60	26.8	ARENA FINA A GRUESA GRIS CLARO CON GRUMOS DE ARENA GRIS AISLADA CON ALTO CONTENIDO DE CaCo.	14.00	14.60	124	70	57.6	11.4	46.2	12.4
22	14.60	15.60	#N/A	TUBO SHELBY	14.60	15.60			#N/A	#N/A	#N/A	0
1-B	-	-	56.9	ARCILLA CAFÉ POCO GRUMOSA CON ESCASA ARENA FINA CON CaCo.	-	-	122	48.9	35.3	11.4	23.9	13.6
5-B	-	-	79.6	ARCILLA GRIS VERDOSO CON ARENA MEDIA PUMITICA POCO GRUESA CON CaCo.	-	-	124	51.1	35.5	11.4	22.1	17.6

# CONTENIDO DE AGUA

OBRA: COLECTOR VICENTE VILLADA  
 LOCALIZACION: NETZAHUALCOYOTL, EDO. MEX.  
 SONDEO: SM - 6  
 FECHA: \_\_\_\_\_

No MUESTRA	PROF INICIAL (m)	PROF FINAL (m)	NUMERO (%)	DESCRIPCIÓN MICROSCÓPICA	PROF INICIAL (m)	PROF FINAL (m)	No. CAP	Wt+WCAP (gr)	Wt+WCAP (gr)	W CAP (gr)	Ws (gr)	Ww (gr)
1	1.30	1.90	61.3	ARCILLA GRIS VERDOSO, ESCASA ARENA FINA, GRUMOS DEL MISMO MATERIAL Y POCO CONTENIDO DE CaCo.	1.30	1.90	187	76.8	52.2	12.1	40.1	24.6
2	1.90	2.50	86.2	ARCILLA GRIS VERDOSO Y NEGRO CON ESCASA ARCILLA FINA, GRUMOS DEL MISMO MATERIAL Y ALTO CONTENIDO DE CaCo.	1.90	2.50	133	89.8	54.1	12.7	41.4	36.7
3	2.50	3.10	109.8	ARCILLA GRIS VERDOSO CON ESCASA ARENA FINA, GRUMOS DEL MISMO MATERIAL Y MUY POCO CONTENIDO DE CaCo.	2.50	3.10	58	75.8	42.1	11.4	30.7	33.7
4	3.10	3.70	202.5	ARCILLA GRIS VERDOSO Y GRIS CLARO CON ESCASA ARENA FINA, GRUMOS DEL MISMO MATERIAL Y ESCASO CONTENIDO DE CaCo.	3.10	3.70	85	60.8	28.6	12.7	15.9	32.2
5	3.70	4.60	30.4	ARCILLA GRIS OSCURO Y CLARO CON ESCASA ARENA FINA, GRUMOS PEQUEÑOS DEL MISMO MATERIAL Y POCO CONTENIDO DE CaCo.	3.70	4.60	989	103.8	60.5	12.8	47.9	43.3
6	4.60	4.90	131.8	ARCILLA GRIS, ESCASA ARENA FINA, PEQUEÑOS GRUMOS DEL MISMO MATERIAL Y POCO CONTENIDO DE CaCo.	4.60	4.90	55	37.4	23.3	12.6	10.7	14.1
7	0.00	0.00	#N/A	TUBO SHELBY						#N/A	#N/A	0
8	5.80	6.40	206.4	ARCILLA GRIS VERDOSO CON GRUMOS DEL MISMO MATERIAL Y ESCASA ARENA FINA CON POCO CONTENIDO DE CaCo.	5.80	6.40	44	75.3	33.6	13.4	20.2	41.7
9	6.40	7.00	245.9	ARCILLA GRIS VERDOSO CON PEQUEÑOS GRUMOS DEL MISMO MATERIAL Y POCO CONTENIDO DE CaCo.	6.40	7.00	126	89.7	27.9	10.9	17	41.8
10	7.00	7.60	313.2	ARCILLA GRIS VERDOSO CON PEQUEÑOS GRUMOS DEL MISMO MATERIAL Y POCO CONTENIDO DE CaCo.	7.00	7.60	37	86.5	28.5	11.3	18.2	57
11	7.60	8.20	318.9	ARCILLA GRIS OLIVO CON PEQUEÑOS GRUMOS DEL MISMO MATERIAL Y ESCASA ARENA FINA CON POCO CONTENIDO DE CaCo.	7.60	8.20	108	82.7	23.8	11.6	12.2	36.9
12	8.20	8.80	286.7	ARCILLA CAFÉ ROJIZO CON ESCASA ARENA FINA Y GRUMOS DEL MISMO MATERIAL Y POCO CONTENIDO DE CaCo.	8.20	8.80	113	69.9	27.5	11.6	15.9	42.4
13	8.80	9.40	270.1	ARCILLA GRIS VERDOSO Y CAFÉ CON GRUMOS DEL MISMO MATERIAL Y ESCASA ARENA FINA CON POCO CONTENIDO DE CaCo.	8.80	9.40	73	52.1	23.2	12.5	10.7	28.9
14	0.00	0.00	#N/A	TUBO SHELBY						#N/A	#N/A	0
15	10.30	10.90	274.1	ARCILLA CAFÉ VERDOSO, GRUMOS DEL MISMO MATERIAL Y ESCASA ARENA FINA Y POCO CONTENIDO DE CaCo.	10.30	10.90	48	61.5	24.5	11	13.5	37
16	10.90	11.50	254.7	ARCILLA CAFÉ ROJIZO Y GRUMOS DEL MISMO MATERIAL, ESCASA ARENA FINA, POCO CONTENIDO DE CaCo.	10.90	11.50	61	66.3	28.1	13.1	15	38.2
17	11.50	12.10	181.1	ARCILLA GRIS VERDOSO, ESCASA ARENA FINA, GRUMOS DEL MISMO MATERIAL Y POCO CONTENIDO DE CaCo.	11.50	12.10	130	76.2	35.1	12.4	22.7	41.1
18	12.10	12.45	24.7	ARENA NEGRA SIN CONTENIDO DE CaCo.	12.10	12.45	124	69	57.6	11.4	46.2	11.4
19	12.70	13.30	231.3	ARCILLA NEGRA Y CAFÉ CLARO CON ESCASA ARENA FINA, GRUMOS DEL MISMO MATERIAL Y POCO CONTENIDO DE CaCo.	12.70	13.30	122	61.1	26.4	11.4	15	34.7
20	13.30	13.90	23.8	ARENA NEGRA SIN CONTENIDO DE CaCo.	13.30	13.90	93	84.7	70.8	12.4	58.4	13.9
21	0.00	0.00	#N/A	TUBO SHELBY						#N/A	#N/A	0
8B	-	-	134.3	ARCILLA GRIS VERDOSO CON GRUMOS DEL MISMO MATERIAL Y ESCASA ARENA FINA CON POCO CONTENIDO DE CaCo.	-	-	127	79	48.2	11.3	20.9	38.8
17-B	-	-	75.1	ARENA NEGRA Y ARCILLA VERDOSA CON POCO CONTENIDO DE CaCo.	-	-	102	87.1	54.5	11.1	43.4	32.6
18-B	-	-	32.0	ARENA NEGRA CON ESCASO CONTENIDO DE CaCo.	-	-	88	89	70.1	11.1	59	18.9

# CONTENIDO DE AGUA

OBRA: COLECTOR VICENTE VILLADA  
 LOCALIZACION: NEZAHUALCOYOTL, EDO. MEX.  
 SONDEO: SM - 7  
 FECHA: \_\_\_\_\_

No. MUESTRA	PROF. INICIAL (m)	PROF. FINAL (m)	HUMEDAD (%)	DESCRIPCIÓN MICROSCÓPICA	PROF. INICIAL (m)	PROF. FINAL (m)	No. CAP.	Wt+WCAP (gr)	Wt+WCAP+VCA (gr)	W CAP. (gr)	Ws (gr)	Ww (gr)
1	0.00	0.60	19.0	LIMO CAFÉ CLARO CON ESCASA ARENA FINA, RAICES Y MADA DE CONTENIDO DE CaCo.	0.00	0.60	75	55.8	48.7	11.3	37.4	7.1
2	0.60	1.20	30.9	LIMO COLOR CAFÉ CON GRUMOS CAFÉ CLARO, RAICES, ESCASA ARENA FINA Y POCO CONTENIDO DE CaCo.	0.60	1.20	51	74.5	59.9	12.6	47.3	14.6
3	1.20	1.80	141.2	ARCILLA NEGRA CON ESCASA ARENA FINA, PEQUEÑOS GRUMOS Y BAJO CONTENIDO DE CaCo.	1.20	1.80	76	73.1	37.1	11.6	25.5	36
4	1.80	2.40	88.9	ARCILLA GRIS OSCURO CON GRUMOS DEL MISMO MATERIAL, ESCASA ARENA FINA Y POCO CONTENIDO DE CaCo.	1.80	2.40	120	87.9	51.7	11	40.7	36.2
5	2.40	3.00	95.4	ARENA MEDIA LIMOSA COLOR VERDE OLIVO CON PEQUEÑOS GRUMOS Y BAJO CONTENIDO DE CaCo.	2.40	3.00	80	81.5	48	12.9	35.1	33.5
6	3.60	4.20	74.3	ARCILLA VERDE CLARO, GRUMOS DEL MISMO MATERIAL Y ESCASA ARENA FINA, BAJO CONTENIDO DE CaCo.	3.60	4.20	106	85.3	54.4	12.8	41.6	30.9
7	4.20	4.80	90.7	ARCILLA GRIS VERDOSA, GRUMOS DEL MISMO MATERIAL Y ESCASA ARENA FINA, BAJO CONTENIDO DE CaCo.	4.20	4.80	74	92.7	53.9	11.1	42.8	38.8
8	4.80	5.40	124.1	ARCILLA GRIS VERDOSA CON GRUMOS DEL MISMO MATERIAL Y ESCASA ARENA FINA, BAJO CONTENIDO DE CaCo.	4.80	5.40	123	81.5	42.4	10.9	31.5	39.1
9	0.00	0.00	#N/A	TUBO SHELBY						#N/A	#N/A	0
10	7.00	7.60	360.8	ARCILLA VERDE OLIVO CON GRUMOS DEL MISMO MATERIAL Y ESCASA ARENA FINA, BAJO CONTENIDO DE CaCo.	7.00	7.60	101	57.8	22.8	13.1	9.7	35
11	7.60	8.20	295.1	ARCILLA VERDE OLIVO CON GRUMOS DEL MISMO MATERIAL Y ESCASA ARENA FINA, BAJO CONTENIDO DE CaCo.	7.60	8.20	105	61	25	12.8	12.2	36
12	8.20	8.80	288.1	ARCILLA CEFÉ ROJIZA CON GRUMOS DEL MISMO MATERIAL Y ESCASA ARENA FINA Y ALTO CONTENIDO DE CaCo.	8.20	8.80	899	55.1	23.7	12.8	10.9	31.4
13	8.80	9.40	460.0	ARCILLA VERDOSA CON GRUMOS DEL MISMO MATERIAL Y ESCASA ARENA FINA Y BAJO CONTENIDO DE CaCo.	8.80	9.40	84	82.1	24.6	12.1	12.5	57.5
14	9.40	10.00	278.0	ARCILLA GRIS VERDOSA CON GRUMOS DEL MISMO MATERIAL Y ESCASA ARENA FINA, BAJO CONTENIDO DE CaCo.	9.40	10.00	109	45.7	20.4	11.3	9.1	25.3
15	0.00	0.00	#N/A	TUBO SHELBY						#N/A	#N/A	0
16	11.00	11.60	25.7	ARENA FINA COLOR NEGRO CON ESCASO CONTENIDO DE CaCo.	11.00	11.60	68	61.6	51.3	11.2	40.1	10.3
17	11.60	12.20	34.7	ARENA FINA COLOR NEGRO CON ESCASO CONTENIDO DE CaCo.	11.60	12.20	117	96.6	74.6	11.2	63.4	22
18	12.20	12.80	61.2	ARCILLA CAFÉ Y NEGRO CON BAJO CONTENIDO DE CaCo, PEQUEÑOS GRUMOS Y ESCASA ARENA FINA.	12.20	12.80	62	89.5	60.5	13.1	47.4	29
19	12.80	13.40	331.1	ARCILLA CAFÉ ROJIZA CON PEQUEÑOS GRUMOS Y ESCASA ARENA FINA CON BAJO CONTENIDO DE CaCo.	12.80	13.40	110	57.3	22.2	11.6	10.6	35.1
20	13.40	14.00	311.0	ARCILLA CAFÉ ROJIZA CON PEQUEÑOS GRUMOS Y ESCASA ARENA FINA CON BAJO CONTENIDO DE CaCo.	13.40	14.00	121	53.6	22.5	12.5	10	31.1
21	14.00	14.60	290.6	ARCILLA GRIS VERDOSA Y CAFÉ ROJIZA CON GRUMOS DEL MISMO MATERIAL, ESCASA ARENA FINA Y BAJO CONTENIDO DE CaCo.								
22	14.60	15.20	219.1	ARCILLA GRIS VERDOSA CON GRUMOS DEL MISMO MATERIAL ESCASA ARENA FINA, BAJO CONTENIDO DE CaCo.	14.60	15.20	128	66.3	28.4	11.1	17.3	37.9
H-B	-	-	249	ARCILLA ARENOSA COLOR GRIS OSCURO CON BAJO CONTENIDO DE CaCo.	-	-	67	89.3	74.1	13	61.1	15.2
17-B	-	-	16.1	GRAVA COLOR GRIS OSCURO, ARENA FINA COLOR GRIS CON POCO CONTENIDO DE CaCo.	-	-	39	85.7	75.3	10.9	64.4	10.4
1-C	-	-	296	LIMO ARENOSO COLOR CAFÉ OSCURO CON MATERIA ORGANICA Y BAJO CONTENIDO DE CaCo.	-	-	99	60.9	49.6	11.4	38.2	11.3

# CONTENIDO DE AGUA

OBRA: COLECTOR VICENTE VILLADA  
 LOCALIZACION: NETZAHUALCOYOTL, EDO. MEX.  
 SONDEO: SM - 8  
 FECHA: \_\_\_\_\_

No MUESTRA	PROF INICIAL (m)		HUMEDAD (%)	DESCRIPCIÓN MICROSCÓPICA	PROF FINAL (m)		Na CAP.	Ww/WCAP	W/VCA	W CAP.	Ww
	INICIAL	FINAL			INICIAL	FINAL					
1	1.20	1.80	87.1	ARCILLA OSCURO CON GRUMOS DEL MISMO MATERIAL Y POCO CARBONATO DE CALCIO.	1.20	1.80	82	74.9	45.3	11.3	34
2	1.80	2.40	142.9	ARCILLA OSCURO CON GRUMOS DEL MISMO MATERIAL. ESCASA ARENA FINA GRIS CLARO Y POCO CARBONATO DE CALCIO.	1.80	2.40	87	82.4	35.1	12.6	20.5
3	3.00	3.60	166.6	ARCILLA GRIS CLARO CON GRUMOS DEL MISMO MATERIAL. ESCASA ARENA FINA GRIS CLARO Y POCO CARBONATO DE CALCIO.	3.00	3.60	72	104.1	46.8	12.4	34.4
4	3.60	4.20	97.7	ARCILLA GRIS VERDOSO CON GRUMOS DEL MISMO MATERIAL. ESCASA ARENA FINA GRIS CLARO Y POCO CARBONATO DE CALCIO.	3.60	4.20	119	96	54.1	11.2	42.9
5	4.20	4.80	145.8	ARCILLA GRIS VERDOSO, GRIS OSCURO, PEQUEÑOS GRUMOS DEL MISMO MATERIAL. ESCASA ARENA FINA GRIS CLARO Y POCO CARBONATO DE CALCIO.	4.20	4.80	91	81.2	38.5	10.9	28.6
6	0.00	0.00	#NA	TUBO SHELBY					#NA	#NA	0
7	5.70	6.30	216.9	ARCILLA CAFÉ CLARO, GRIS VERDOSO CON PEQUEÑOS GRUMOS DEL MISMO MATERIAL, ESCASA ARENA FINA GRIS CLARO Y POCO CARBONATO DE CALCIO.	5.70	6.30	83	88	35.3	11	24.3
8	6.30	6.90	193.8	ARCILLA GRIS VERDOSO CON PEQUEÑOS GRUMOS DEL MISMO MATERIAL. ESCASA ARENA FINA GRIS CLARO Y POCO CARBONATO DE CALCIO.	6.30	6.90	63	78.6	35.2	12.8	22.4
9	6.90	7.50	311.4	ARCILLA CAFÉ CLARO, GRIS OSCURO CON PEQUEÑOS GRUMOS DEL MISMO MATERIAL, ESCASA ARENA FINA GRIS CLARO Y ALTO CONTENIDO DE CACO.	6.90	7.50	59	78.4	28.2	13.4	15.8
10	7.50	8.10	315.6	ARCILLA CAFÉ ROJIZO CON GRUMOS DEL MISMO MATERIAL. ESCASA ARENA FINA GRIS CLARO Y ALTO CARBONATO DE CALCIO.	7.50	8.10	49	63.4	24.9	12.7	12.2
11	8.10	8.70	323.1	ARCILLA VERDE OLIVO CON GRUMOS DEL MISMO MATERIAL. ESCASA ARENA FINA GRIS CLARO Y ALTO CARBONATO DE CALCIO.	8.10	8.70	79	68.1	24.8	11.4	13.4
12	8.70	9.30	274.3	ARCILLA GRIS VERDOSO CON GRUMOS DEL MISMO MATERIAL. ESCASA ARENA FINA GRIS CLARO Y POCO CARBONATO DE CALCIO.	8.70	9.30	96	68.3	27.7	12.9	14.8
13	9.30	9.90	281.6	ARCILLA CAFÉ ROJIZO CON PEQUEÑOS GRUMOS, GRIS OSCURO, GRIS VERDOSO DEL MISMO MATERIAL, ESCASA ARENA FINA GRIS CLARO Y POCO CACO.	9.30	9.90	46	64.8	25.1	11	14.1
14	0.00	0.00	#NA	TUBO SHELBY					#NA	#NA	0
15	10.80	11.40	418.6	ARCILLA CAFÉ CLARO CON PEQUEÑOS GRUMOS DEL MISMO MATERIAL, ESCASA ARENA FINA GRIS CLARO Y POCO CACO.	10.80	11.40	23	63.2	22.6	12.9	9.7
16	11.40	12.00	344.1	ARCILLA CAFÉ CLARO CON PEQUEÑOS GRUMOS DEL MISMO MATERIAL, ESCASA ARENA FINA GRIS CLARO Y POCO CACO.	11.40	12.00	29	66.8	25.1	12.4	12.7
17	12.00	12.60	31.9	ARENA FINA GRIS OSCURO	12.00	12.60	32	63.3	66.1	12.1	54
18	12.60	13.20	28.1	ARENA FINA GRIS OSCURO CON MUY POCO CACO.	12.60	13.20	27	75.5	61.5	11.6	49.9
19	13.20	13.80	26.6	ARENA FINA GRIS OSCURO CON MUY POCO CACO.	13.20	13.80	3	87.5	71.8	12.8	59
20	13.80	14.40	282.8	ARCILLA GRIS VERDOSO CON PEQUEÑOS GRUMOS DEL MISMO MATERIAL. ESCASA ARENA FINA GRIS CLARO Y POCO CARBONATO DE CALCIO.	13.80	14.40	6	80.5	31.1	12.3	18.8
21	0.00	0.00	#NA	TUBO SHELBY					#NA	#NA	0
16-B	-	-	33.8	ARENA FINA GRIS OSCURO CON MUY POCO CACO.	-	-	8	101.8	78.2	12.3	66.9
18-B	-	-	195.6	ARCILLA CAFÉ CLARO CON PEQUEÑOS GRUMOS DEL MISMO MATERIAL, ESCASA ARENA FINA GRIS CLARO Y POCO CACO.	-	-	31	66.4	30.8	12.6	18.2

# CONTENIDO DE AGUA

OBRA: COLECTOR VICENTE VILLADA  
 LOCALIZACION: NEZAHUALCOYOTL, EDO. MEX.  
 SONDEO: SM - 9  
 FECHA: \_\_\_\_\_

No. MUESTRA	PROF. INICIAL (m)	PROF. FINAL (m)	HUMEDAD (%)	DESCRIPCIÓN MICROSCÓPICA	PROF. INICIAL (m)	PROF. FINAL (m)	No. CAP.	W <sub>H</sub> +W <sub>CAP</sub> (gr)	W <sub>H</sub> +W <sub>CAP</sub> +W <sub>CA</sub> (gr)	W CAP. (gr)	W <sub>S</sub> (gr)	W <sub>w</sub> (gr)								
													15.1	16.1	26.5	116.7	132.4	#N/A	133.3	201.1
1	0.00	0.60	15.1	LIMO CAFÉ CLARO CON POCO ARENA FINA CAFÉ CLARO, ESCASAS GRAVAS HASTA DE 1/2" Y ALTO CONTENIDO DE CaCO <sub>3</sub> .	0.00	0.60	190	101	89.2	11	78.2	11.8								
2	0.60	1.20	16.1	LIMO CAFÉ CLARO CON POCO ARENA FINA DEL MISMO COLOR, PEQUEÑOS GRUMOS DEL MISMO MATERIAL Y POCO CARBONATO DE CALCIO.	0.60	1.20	56	84.1	74.2	12.8	61.4	9.9								
3	1.20	1.80	26.5	LIMO CAFÉ CLARO CON POCO ARENA FINA DEL MISMO COLOR, PEQUEÑOS GRUMOS DEL MISMO MATERIAL Y POCO CARBONATO DE CALCIO.	1.20	1.80	134	75.6	62.1	11.1	51	13.5								
4	2.40	3.00	116.7	ARCILLA GRIS CLARO CON ESCASA ARENA FINA DEL MISMO COLOR, PEQUEÑOS GRUMOS DEL MISMO MATERIAL Y POCO CARBONATO DE CALCIO.	2.40	3.00	103	68	37.9	12.1	25.8	30.1								
5	3.60	3.60	132.4	ARCILLA CAFÉ ROJIZO CON ESCASA ARENA FINA GRIS CLARO, PEQUEÑOS GRUMOS DEL MISMO MATERIAL Y POCO CARBOTANO DE CALCIO.	3.60	3.60	98	77.3	40.5	12.7	27.8	36.8								
6	0.00	0.00	#N/A	TUBO SHELBY						#N/A	#N/A	0								
7	4.60	5.20	133.3	ARCILLA GRIS VERDOSO CON PEQUEÑOS GRUMOS GRIS OSCURO DEL MISMO MATERIAL, ESCASA ARENA FINA GRIS CLARO Y POCO CARBONATO DE CALCIO.	4.60	5.20	409	63.3	33.7	11.5	22.2	29.6								
8	5.20	5.80	201.1	ARCILLA GRIS VERDOSO, GRIS CLARO, PEQUEÑOS GRUMOS DEL MISMO MATERIAL, ESCASA ARENA FINA GRIS CLARO Y POCO CARBONATO DE CALCIO.	5.20	5.80	45	66.1	30.5	12.8	17.7	35.6								
9	5.80	6.40	156.8	ARCILLA GRIS CLARO, GRIS OSCURO, PEQUEÑOS GRUMOS DEL MISMO MATERIAL, ESCASA ARENA FINA GRIS CLARO Y ALTO CONTENIDO DE CARBONATO DE CALCIO.	5.80	6.40	86	68.7	34.9	12.7	22.2	34.8								
10	6.40	7.00	194.7	ARCILLA GRIS CLARO CON ESCASA ARENA FINA DEL MISMO COLOR, PEQUEÑOS GRUMOS DEL MISMO MATERIAL Y ALTO CARBONATO DE CALCIO.	6.40	7.00	20	89.1	45.2	12.6	32.6	43.9								
11	0.00	0.00	#N/A	TUBO SHELBY						#N/A	#N/A	0								
12	9.20	9.80	311.3	ARCILLA CAFÉ ROJIZO CON PEQUEÑOS GRUMOS DEL MISMO MATERIAL, ESCASA ARENA FINA GRIS CLARO Y POCO CARBONATO DE CALCIO.	9.20	9.80	39	66.9	25	10.9	14.1	43.9								
13	9.80	10.40	209.5	ARCILLA VERDE OLIVO CON PEQUEÑOS GRUMOS DEL MISMO MATERIAL, ESCASA ARENA FINA GRIS CLARO Y POCO CARBONATO DE CALCIO.	9.80	10.40	7	58.1	27.1	12.3	14.8	31								
14	10.40	11.00	267.3	ARCILLA VERDE OLIVO CON PEQUEÑOS GRUMOS DEL MISMO MATERIAL, ESCASA ARENA FINA GRIS CLARO Y POCO CARBONATO DE CALCIO.	10.40	11.00	10	66.8	27.5	12.8	14.7	39.3								
15	11.00	11.60	203.6	ARCILLA CAFÉ CLARO CON PEQUEÑOS GRUMOS DEL MISMO MATERIAL, ESCASA ARENA FINA GRIS CLARO Y POCO CARBONATO DE CALCIO.	11.00	11.60	36	71.5	31.8	12.3	19.5	39.7								
16	11.60	12.20	316.9	ARCILLA CAFÉ CLARO CON PEQUEÑOS GRUMOS DEL MISMO MATERIAL, ESCASA ARENA FINA GRIS CLARO Y POCO CARBONATO DE CALCIO.	11.60	12.20	33	65.9	24.6	12.2	12.4	39.3								
17	12.20	12.80	295.6	ARCILLA CAFÉ CLARO CON ESCASA ARENA FINA GRIS CLARO, PEQUEÑOS GRUMOS DE CENIZA VOLCANICA Y POCO CARBONATO DE CALCIO.	12.20	12.80	19	67.1	26.9	13.3	13.6	40.2								
18	12.80	13.40	26.8	ARENA FINA GRIS OSCURO CON POCO CARBONATO DE CALCIO.	12.80	13.40	21	102.4	83.4	12.6	70.8	19								
19	13.40	14.00	28.2	ARENA FINA GRIS OSCURO CON MUY POCO CARBONATO DE CALCIO.	13.40	14.00	34	94.9	76.7	12.2	64.5	18.2								
20	14.00	14.60	400.0	ARCILLA CAFÉ CLARO CON PEQUEÑOS GRUMOS DEL MISMO MATERIAL, ESCASA ARENA FINA Y POCO CARBONATO DE CALCIO.	14.00	14.60	1	58	21.1	12.1	9	96.9								
21	0.00	0.00	#N/A	TUBO SHELBY						#N/A	#N/A	0								
17-B	-	-	27.0	ARENA FINA GRIS OSCURO CON POCO CARBONATO DE CALCIO.	-	-	11	99.8	81.2	12.4	88.8	18.6								

# CONTENIDO DE AGUA

OBRA: COLECTOR VICENTE VILLADA  
 LOCALIZACION: NEZAHUALCOYOTL, EDO. MEX.  
 SONDEO: SM - 10  
 FECHA: \_\_\_\_\_

No MUESTRA	PROF. INICIAL (m)	PROF. FINAL (m)	HUMEDAD (%)	DESCRIPCIÓN MICROSCÓPICA	PROF. INICIAL (m)	PROF. FINAL (m)	No. CAP.	WHWCAP (gr)	W (gr)	Ws (gr)	Ww (gr)	
1	0.00	0.60	30.2	LIMO CAFÉ CLARO CON GRUMOS DEL MISMO MATERIAL Y ESCASA ARENA FINA.	0.00	0.60	79	54.9	44.8	11.4	33.4	10.1
2	0.60	1.20	30.7	LIMO CAFÉ OSCURO CON POCA ARENA FINA Y GRAVAS AISLADAS DE TEZONTLE	0.60	1.20	49	83.4	66.8	12.7	54.1	16.6
3	1.20	1.80	29.0	LIMO CAFÉ CLARO CON ESCASA ARENA MEDIA DEL MISMO COLOR CON ALTO CaCo.	1.20	1.80	190	81.3	65.5	11	54.5	15.8
4	1.80	2.40	30.3	ARCILLA CAFÉ CLARO CON POCA ARENA FINA DEL MISMO COLOR.	1.80	2.40	91	66.1	39.9	10.9	29	26.2
5	2.40	3.00	67.7	ARCILLA CAFÉ CLARO CON POCA ARENA FINA DEL MISMO COLOR.	2.40	3.00	96	87.7	57.5	12.9	44.6	30.2
6	3.00	3.60	65.3	ARCILLA CAFÉ CLARO CON GRUMOS GRIS CLARO DEL MISMO MATERIAL Y ALTO CONTENIDO DE CaCo.	3.00	3.60	75	109.5	70.7	11.3	59.4	38.8
7	0.00	0.00	#N/A	TUBO SHELBY					#N/A	#N/A	0	
8	4.20	4.80	43.7	ARCILLA CAFÉ OSCURO CON ESCASA ARENA FINA DEL MISMO COLOR Y ALTO CaCo.	4.20	4.80	88	89.7	65.8	11.1	54.7	23.9
9	4.80	5.40	112.8	ARCILLA CAFÉ OSCURO CON ESCASA ARENA FINA DEL MISMO COLOR Y ALTO CaCo.	4.80	5.40	102	67.7	37.7	11.1	26.6	30
10	5.40	6.00	283.9	ARCILLA CAFÉ CLARO CON GRUMOS GRIS CLARO DEL MISMO MATERIAL Y ALTO CONTENIDO DE CaCo.	5.40	6.00	127	68.5	26.2	11.3	14.9	42.3
11	6.00	6.60	207.2	ARCILLA CAFÉ OSCURO CON POCA ARENA FINA GRIS CLARO	6.00	6.60	122	66.7	28.4	11.4	18	37.3
12	6.60	7.20	227.2	ARCILLA CAFÉ OSCURO CON POCA ARENA FINA GRIS CLARO	6.60	7.20	130	69	29.7	12.4	17.3	39.3
13	7.20	7.80	236.8	ARCILLA CAFÉ OSCURO CON POCA ARENA FINA GRIS CLARO	7.20	7.80	61	65.3	28.6	13.1	15.5	36.7
14	0.00	0.00	#N/A	TUBO SHELBY					#N/A	#N/A	0	
15	8.40	9.00	314.8	ARCILLA CAFÉ ROJIZO CON POCA ARENA FINA DEL MISMO COLOR Y ALTO CONTENIDO DE CaCo.	8.40	9.00	48	61.6	23.2	11	12.2	38.4
16	9.00	9.60	252.0	ARCILLA CAFÉ ROJIZO CON POCA ARENA FINA DEL MISMO COLOR Y ALTO CONTENIDO DE CaCo.	9.00	9.60	52	66.1	27.8	12.6	15.2	38.3
17	9.60	10.20	240.1	ARCILLA CAFÉ ROJIZO CON POCA ARENA FINA DEL MISMO COLOR Y ALTO CONTENIDO DE CaCo.	9.60	10.20	38	57.5	24.6	10.9	13.7	32.9
18	10.20	10.80	276.2	ARCILLA CAFÉ ROJIZO CON POCA ARENA FINA DEL MISMO COLOR Y ALTO CONTENIDO DE CaCo.	10.20	10.80	121	71.5	28.1	12.5	15.6	43.4
19	10.80	11.40	311.9	ARCILLA CAFÉ CLARO CON POCA ARENA FINA DEL MISMO COLOR.	10.80	11.40	128	70	25.4	11.1	14.3	44.6
20	11.40	12.00	307.6	ARCILLA CAFÉ CLARO CON POCA ARENA FINA DEL MISMO COLOR.	11.40	12.00	73	66.3	25.7	12.5	13.2	40.6
21	12.00	12.60	340.5	ARCILLA CAFÉ CLARO CON POCA ARENA FINA DEL MISMO COLOR.	12.00	12.60	133	80.1	28	12.7	15.3	52.1
22	12.60	13.20	27.2	ARENA FINA CAFÉ OSCURO CON ALTO CONTENIDO DE CaCo.			899	89	72.7	12.8	59.9	16.3
23	13.80	14.40	783.6	ARCILLA CAFÉ CLARO, CAFÉ ROJIZO CON POCA ARENA FINA DEL MISMO COLOR.	13.80	14.40	999	109.8	23.6	12.6	11	86.2
24	14.40	15.00	178.7	ARCILLA CAFÉ CLARO, CAFÉ ROJIZO CON POCA ARENA FINA DEL MISMO COLOR.	14.40	15.00	110	65.3	30.8	11.6	19.2	34.5
25	0.00	0.00	#N/A	TUBO SHELBY					#N/A	#N/A	0	
26	15.60	16.20	205.6	ARCILLA CAFÉ CLARO CON GRUMOS CAFÉ ROJIZOS DEL MISMO MATERIAL Y ESCASA ARENA FINA.	15.60	16.20	109	70.9	30.8	11.3	19.5	40.1
27	16.20	16.80	242.6	ARCILLA CAFÉ CLARO CON GRUMOS CAFÉ ROJIZOS DEL MISMO MATERIAL Y ESCASA ARENA FINA.	16.20	16.80	106	61.1	26.9	12.8	14.1	34.2
28	16.80	17.40	244.9	ARCILLA CAFÉ CLARO CON POCA ARENA FINA DEL MISMO COLOR Y BAJO CONTENIDO DE CaCo.	16.80	17.40	55	66.4	28.2	12.6	15.6	38.2
29	17.40	18.00	154.4	ARCILLA CAFÉ CLARO CON POCA ARENA FINA DEL MISMO COLOR Y BAJO CONTENIDO DE CaCo.	17.40	18.00	37	92.7	43.3	11.3	32	49.4
30	18.00	18.60	263.7	ARCILLA CAFÉ CLARO CON POCA ARENA FINA DEL MISMO COLOR Y BAJO CONTENIDO DE CaCo.	18.00	18.60	44	66.5	28	13.4	14.6	38.5
31	18.60	19.20	191.8	ARCILLA CAFÉ ROJIZO CON POCA ARENA FINA BAJO CONTENIDO DE CaCo.	18.60	19.20	126	71.3	31.6	10.9	20.7	39.7

# SONDEO SM-1, M-7

## PRUEBA DE CONSOLIDACION

FECHA:

PROYECTO: COLECTOR VILLADA

LOCALIZACION: CD. NEZAHUALCOYOTL EDO DE MEXICO.

No. DE MUESTRA: M-7 SONDEO: SM-1

PROFUNDIDAD: 4.80-5.30m

CARGA 1	P= 0.125 Kg/C <sup>2</sup>			P= 0.250 Kg/C <sup>2</sup>			P= 0.500 Kg/C <sup>2</sup>			P= 1.000 Kg/C <sup>2</sup>			P= 2.000 Kg/C <sup>2</sup>			P= 4.000 Kg/C <sup>2</sup>			DESCARGAS		
	Tempo (seg)	Lec. Micr.	Def. (mm)	Tempo (min)	Tempo (seg)	Lec. Micr.	Def. (mm)	Tempo (min)	Tempo (seg)	Lec. Micr.	Def. (mm)	Tempo (min)	Tempo (seg)	Lec. Micr.	Def. (mm)	Tempo (min)	Tempo (seg)	Lec. Micr.	Def. (mm)	CARGA	LECTURA
0	1	19.527	0.000	0	1	19.579	0.000	0	1	17.321	0.000	0	1	13.506	0.000	0	1	10.320	0.000		
0.1	6	19.400	0.127	0.1	6	19.508	0.071	0.1	6	17.237	0.084	0.1	6	13.415	0.081	0.1	6	10.230	0.080		
0.2	12	19.373	0.154	0.2	12	19.491	0.098	0.2	12	17.199	0.122	0.2	12	13.382	0.124	0.2	12	10.193	0.127		7.931
0.3	18	19.351	0.176	0.3	18	19.458	0.121	0.3	18	17.167	0.154	0.3	18	13.350	0.156	0.3	18	10.150	0.170		8.050
0.5	30	19.342	0.185	0.5	30	19.428	0.151	0.5	30	17.122	0.199	0.5	30	13.237	0.269	0.5	30	10.120	0.200		8.198
1	60	19.309	0.218	1	60	19.372	0.207	1	60	17.039	0.282	1	60	13.112	0.394	1	60	10.050	0.270		8.358
2	120	19.261	0.266	2	120	19.299	0.280	2	120	16.913	0.408	2	120	13.110	0.396	2	120	9.812	0.508		8.530
5	300	19.219	0.308	5	300	19.172	0.407	5	300	16.575	0.746	5	300	12.850	0.656	5	300	9.697	0.623		8.688
10	600	19.190	0.337	10	600	19.039	0.540	10	600	16.301	1.020	10	600	12.510	0.996	10	600	9.458	0.862		8.870
15	900	19.181	0.346	15	900	17.963	0.616	15	900	16.063	1.259	15	900	12.302	1.204	15	900	9.292	1.028		
30	1800	19.165	0.362	30	1800	17.852	0.727	30	1800	15.564	1.757	30	1800	11.643	1.863	30	1800	8.963	1.357		
60	3600	19.150	0.377	60	3600	17.750	0.829	60	3600	14.989	2.352	60	3600	11.326	2.180	60	3600	8.652	1.638		
120	7200	19.128	0.399	120	7200	17.651	0.928	120	7200	14.495	2.826	120	7200	10.997	2.509	120	7200	8.443	1.877		
180	10800	19.111	0.416	180	10800	17.590	0.989	180	10800	14.290	3.031	180	10800	10.795	2.711	180	10800	8.360	1.960		
300	18000	19.089	0.438	300	18000	17.505	1.074	300	18000	13.969	3.352	300	18000	10.602	2.904	300	18000	7.999	2.321		
480	28800	19.064	0.463	480	28800	17.420	1.159	480	28800	13.693	3.628	480	28800	10.469	3.037	480	28800	7.956	2.364		
1440	86400	19.057	0.470	1440	86400	17.321	1.259	1440	86400	13.506	3.815	1440	86400	10.320	3.186	1440	86400	7.831	2.389		

**CALCULO DE CONSOLIDACION UNIDIMENSIONAL**

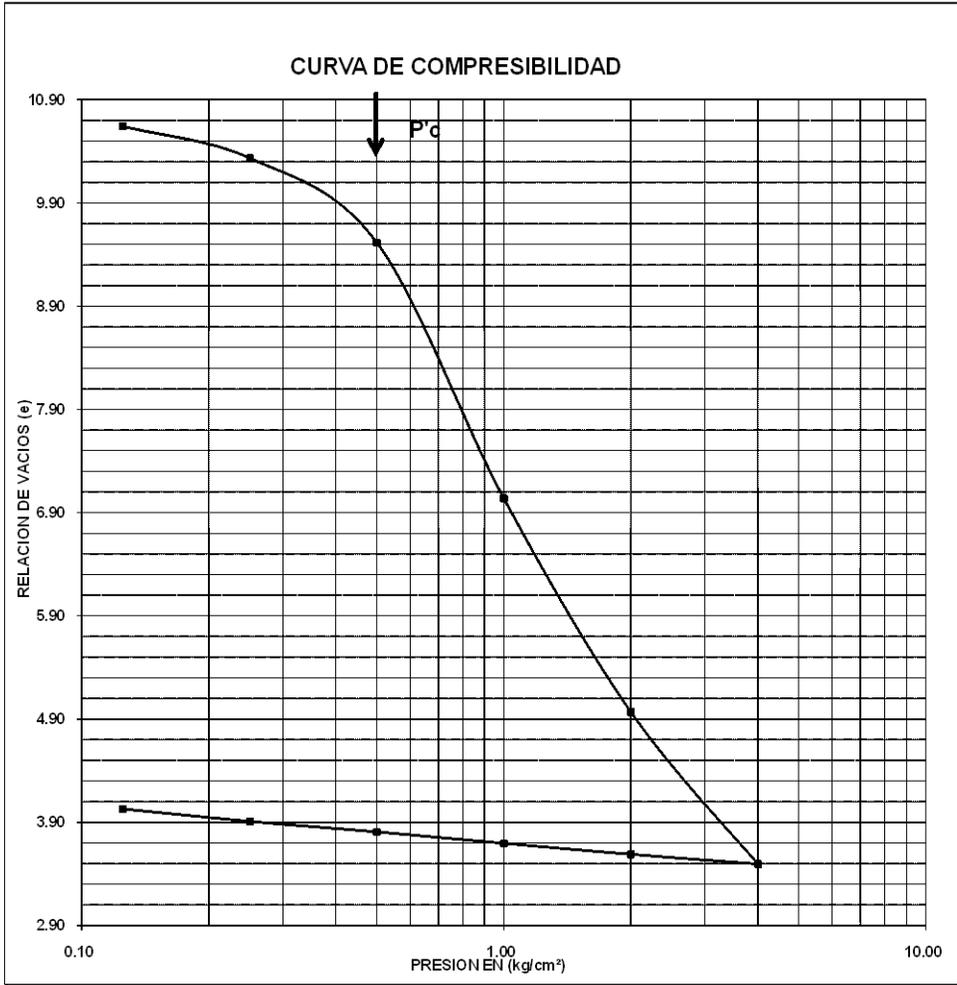
PROYECTO: COLECTOR VILLADA PROF.: 4.80-5.30m  
 LUGAR: CD. NEZAHUALCOYOTL EDO DE MEXICO. SONDEO: SM-1  
 MUESTRA: M-7  
 ANILLO No 1 Ss= 2.616  
 D. ANILLO 8.030 Cm.  
 H. ANILLO 1.840 Cm.  
 A. ANILLO 50.643 Cm2.  
 W.ANILLO 150.200 Gr.

DATOS INICIALES DATOS FINALES  
 Whi+A 256.00 gr Whf+A 207.50 gr  
 Ws+A 170.60

Ws= 20.400 gr Whi= 105.8000 gr  
 Wwi= 85.400 gr Whf= 57.3000 gr  
 Wwf= 36.900 gr Vi= 93.1836 cm3  
 Vf= 39.213 cm3 Vs= 7.7982 cm3  
 Vv= 85.385 cm3 Vw= 85.4000 cm3  
 Pvhi= 1.135 ton/m3 Pvhf= 1.4612 ton/m3  
 Wi= 418.627 % Si= 100.02 %  
 Wf= 180.882 % Sf= 100.04 %  
 ei 10.949 ef 4.0285

Presión Kg/cm2	Micro mm	Corr.d.A mm	D.Corr.A mm	Def.vol. %	e	Vf cm3	av cm2/kg	mv cm2/kg	Presión Kg/cm2	e
Lec.l=	19.527				10.9494					
0.125	19.057		0.4700	2.554	10.6442	90.8033	2.44	0.210	0.13	10.644
0.250	18.579		0.9480	5.152	10.3338	88.3826	2.4834	0.219	0.25	10.334
0.500	17.321		2.2060	11.989	9.5168	82.0117	3.2679	0.311	0.50	9.517
1.000	13.506		6.0210	32.723	7.0392	62.6913	4.9551	0.616	1.00	7.039
2.000	10.320		9.2070	50.038	4.9702	46.5563	2.0691	0.347	2.00	4.970
4.000	8.050		11.4770	62.375	3.4960	35.0603	0.7371	0.164	4.00	3.496
4.000	8.050		11.4770	62.375	3.4960	35.0603			4.00	3.496
2.000	8.196		11.3310	61.582	3.5908	35.7997	0.0474	0.010	2.00	3.591
1.000	8.358		11.1690	60.701	3.6960	36.6201	0.1052	0.022	1.00	3.696
0.500	8.530		10.9970	59.766	3.8077	37.4912	0.2234	0.046	0.50	3.808
0.250	8.688		10.8390	58.908	3.9103	38.2914	0.4104	0.084	0.25	3.910
0.125	8.870		10.6570	57.918	4.0285	39.2131	0.9456	0.188	0.13	4.028
0.000	8.870		10.6570	57.918	4.0285	39.2131	0.0000	0.000		

PROYECTO: <b>COLECTOR VILLADA</b>		
LUGAR: CD. NEZAHUALCOYOTL EDO DE MEXICO.	SONDEO: SM-1	
MUESTRA M-7	PROFUNDIDAD 4.80-5.30m	FIGURA: -



DATOS INICIALES				Pc	P
W%	Ss	e	Gw %	(kg/cm²)	(kg/cm²)
419	2.616	10.949	100	0.500	

# SONDEO SM-2, M-9

## PRUEBA DE CONSOLIDACION

PROYECTO: COLECTOR  
 LOCALIZACION: CD. NEZAHUALCOYOTL EDO. DE MEXICO.  
 No. DE MUESTRA: M-9  
 PROFUNDIDAD: 4.80-5.80m  
 SONDEO: SM-2

CARGA 1		CARGA 2		CARGA 3		CARGA 4		CARGA 5		CARGA 6		DESCARGAS							
Tiempo (min)	Lec. (seg)	Def. (mm)	P=0.125 Kg/C²		Tiempo (seg)	Def. (mm)	P=0.250 Kg/C²		Tiempo (seg)	Def. (mm)	P=1.00 Kg/C²		Tiempo (seg)	Def. (mm)	Lec. (seg)	Def. (mm)	Lec. (seg)	Def. (mm)	
			Micr.	Micr.			Micr.	Micr.			Micr.	Micr.							Micr.
0	1	16.231	0.000	0.000	0	1	15.293	0.000	0	1	11.872	0.000	0	1	8.290	0.000			
0.1	6	16.146	0.085	0.038	0.1	6	15.761	0.045	0.1	6	11.773	0.089	0.1	6	8.209	0.081			5.790
0.2	12	16.128	0.103	0.050	0.2	12	15.740	0.066	0.2	12	11.734	0.138	0.2	12	8.182	0.108			
0.3	18	16.112	0.119	0.059	0.3	18	15.724	0.082	0.3	18	11.698	0.184	0.3	18	8.160	0.130			
0.5	30	16.098	0.133	0.069	0.5	30	15.697	0.109	0.5	30	11.642	0.230	0.5	30	8.130	0.160			
1	60	16.081	0.150	0.084	1	60	15.666	0.140	1	60	11.543	0.328	1	60	8.068	0.222			
2	120	16.060	0.171	0.100	2	120	15.612	0.194	2	120	11.391	0.481	2	120	7.957	0.333			
5	300	16.042	0.188	0.122	5	300	15.541	0.265	5	300	10.968	0.705	5	300	7.693	0.597			
10	600	16.040	0.191	0.130	10	600	15.527	0.279	10	600	10.664	1.020	10	600	7.462	0.828			
15	900	16.032	0.198	0.134	15	900	15.514	0.292	15	900	10.391	1.183	15	900	7.265	1.025			
30	1800	16.029	0.202	0.142	30	1800	15.495	0.311	30	1800	9.771	1.642	30	1800	6.805	1.485			
60	3600	16.023	0.208	0.151	60	3600	15.470	0.336	60	3600	9.291	2.111	60	3600	6.472	1.818			
120	7200	16.012	0.219	0.162	120	7200	15.441	0.365	120	7200	8.908	2.535	120	7200	6.279	2.011			
180	10800	16.010	0.221	0.171	180	10800	15.426	0.390	180	10800	8.743	3.128	180	10800	6.157	2.133			
300	18000	16.005	0.226	0.182	300	18000	15.355	0.451	300	18000	8.585	3.287	300	18000	5.998	2.292			
480	28800	16.003	0.228	0.190	480	28800	15.300	0.506	480	28800	8.419	3.453	480	28800	5.850	2.440			
1440	86400	16.001	0.230	0.195	1440	86400	15.293	0.513	1440	86400	8.290	3.592	1440	86400	5.790	2.500			

### CALCULO DE CONSOLIDACION UNIDIMENSIONAL

PROYECTO: COLECTOR

PROF.: 4.80-5.80m

LUGAR: CD. NEZAHUALCOYOTL EDO. DE MEXICO. SM-2

MUESTRA: M-9

ANILLO No S/N Ss= 2.621

D. ANILLO 8.000 Cm.

H. ANILLO 1.830 Cm.

A. ANILLO 50.266 Cm2.

W. ANILLO 152.600 Gr.

DATOS INICIALES

DATOS FINALES

Whi+A 260.00 gr

Whf+A 217.40 gr

Ws+A 179.20

Ws= 26.600 gr

Whi= 107.4000 gr

Wwi= 80.800 gr

Whf= 64.8000 gr

Wwf= 38.200 gr

Vi= 91.9860 cm3

Vf= 44.475 cm3

Vs= 10.1488 cm3

Vv= 81.837 cm3

Vw= 80.8000 cm3

Pvhi= 1.168 ton/m3

Pvhf= 1.4570 ton/m3

Wi= 303.759 %

Si= 98.73 %

Wf= 143.609 %

Sf= 97.36 %

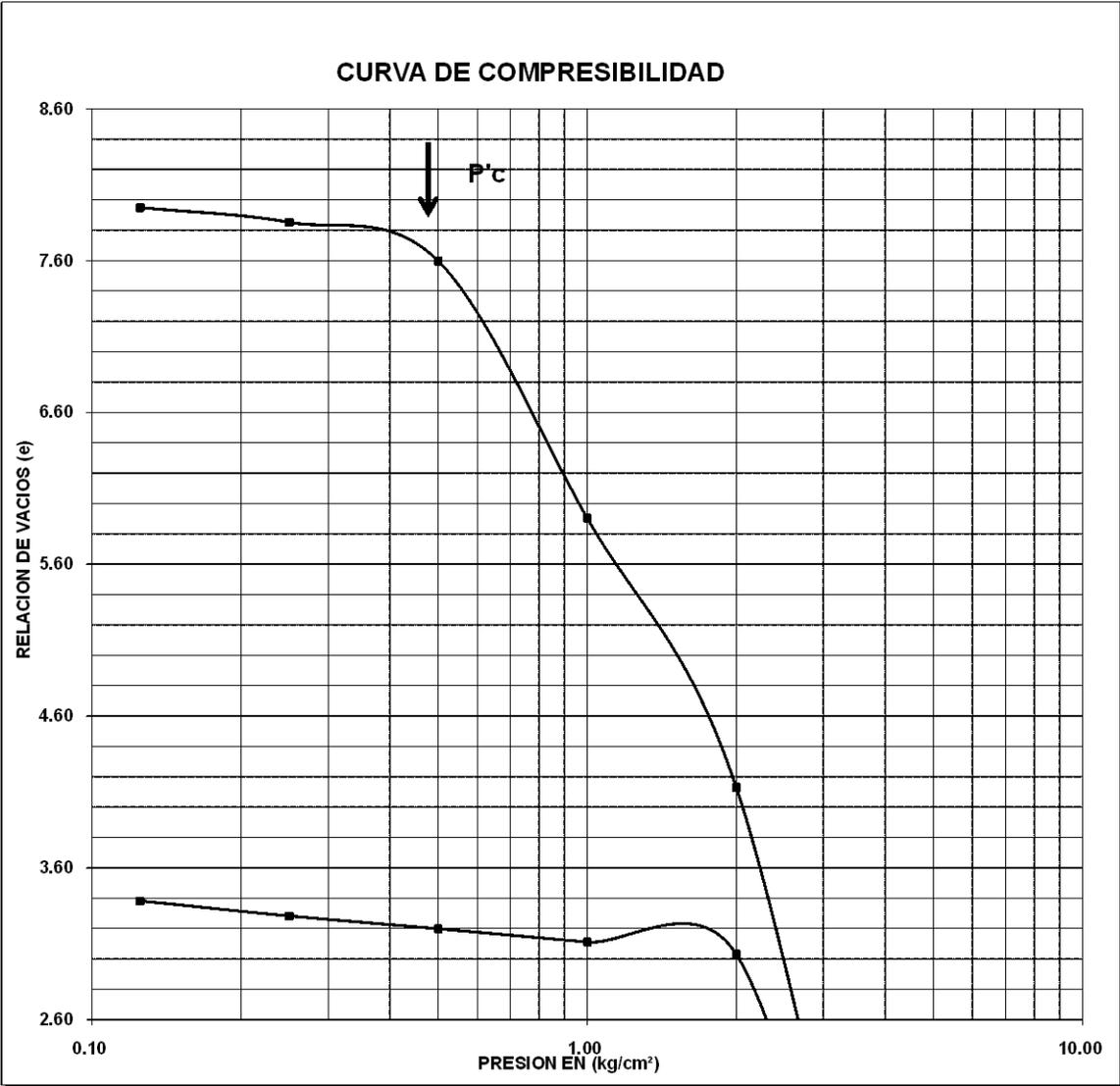
ei 8.064

ef 3.3823

Presión Kg/cm2	Micro mm	Corr.d.A mm	D.Corr.A mm	Def.vol. %	e	Vf cm3
Lec.l=	16.231				8.0637	
0.125	16.001		0.2300	1.257	7.9498	90.8299
0.250	15.806		0.4250	2.322	7.8532	89.8497
0.500	15.293		0.9380	5.126	7.5992	87.2711
1.000	11.872		4.3590	23.820	5.9048	70.0752
2.000	8.290		7.9410	43.393	4.1307	52.0701
4.000	5.911		10.3200	56.393	2.9524	40.1119
4.000	5.911		10.3200	56.393	2.9524	40.1119
2.000	6.071		10.1600	55.519	3.0316	40.9162
1.000	6.234		9.9970	54.628	3.1124	41.7355
0.500	6.408		9.8230	53.678	3.1985	42.6101
0.250	6.581		9.6500	52.732	3.2842	43.4797
0.125	6.779		9.4520	51.650	3.3823	44.4750
0.000	6.779		9.4520	51.650	3.3823	44.4750

av cm2/kg	mv cm2/kg	Presión Kg/cm2	e
0.91	0.102	0.13	7.950
0.7726	0.087	0.25	7.853
1.0163	0.118	0.50	7.599
3.3887	0.491	1.00	5.905
1.7741	0.346	2.00	4.131
0.5891	0.149	4.00	2.952
		4.00	2.952
0.0396	0.010	2.00	3.032
0.0807	0.020	1.00	3.112
0.1724	0.041	0.50	3.199
0.3427	0.080	0.25	3.284
0.7845	0.179	0.13	3.382
0.0000	0.000		

<b>PROYECTO:</b> COLECTOR		
<b>LUGAR:</b> CD. NEZAHUALCOYOTL EDO. DE MEXICO.		<b>SONDEO:</b> SM-2
<b>MUESTRA</b> M-9	<b>PROFUNDIDAD</b> 4.80-5.80m	<b>FIGURA:</b>



<b>DATOS INICIALES</b>				<b>Pc</b>	<b>P</b>
W%	Ss	e	Gw %	(kg/cm²)	(kg/cm²)
304	2.621	8.064	99	0.490	

# SONDEO SM-3, M-7

## PRUEBA DE CONSOLIDACION

PROYECTO: **COLECTOR**  
 LOCALIZACION: **CD. NEZAHUALCOYOTL EDO. DE MEXICO.**  
 No. DE MUESTRA: **M-7** SONDEO: **SM-3**  
 PROFUNDIDAD: **4.80-5.70m**

CARGA 1			CARGA 2			CARGA 3			CARGA 4			CARGA 5			CARGA 6			DESCARGAS			
Tiempo (min)	Lec. (seg)	Def. (mm)	Tiempo (min)	Lec. (seg)	Def. (mm)	Tiempo (min)	Lec. (seg)	Def. (mm)	Tiempo (min)	Lec. (seg)	Def. (mm)	Tiempo (min)	Lec. (seg)	Def. (mm)	Tiempo (min)	Lec. (seg)	Def. (mm)	CARGA	LECTURA		
																		P=0.125 Kg/C²	P=0.250 Kg/C²	P=0.500 Kg/C²	P=1.000 Kg/C²
0	1	15.389	0.000	0	1	15.119	0.000	0	1	13.331	0.000	0	1	9.740	0.000	0	1	6.211	0.000		
0.1	6	15.222	0.077	0.1	6	15.073	0.046	0.1	6	13.239	0.082	0.1	6	9.648	0.092	0.1	6	6.140	0.071	P= 4.000 Kg/C²	3.861
0.2	12	15.281	0.118	0.2	12	15.042	0.077	0.2	12	13.205	0.126	0.2	12	9.613	0.127	0.2	12	6.121	0.090	P= 2.000 Kg/C²	3.853
0.3	18	15.270	0.129	0.3	18	15.029	0.090	0.3	18	13.171	0.160	0.3	18	9.574	0.166	0.3	18	6.100	0.111	P= 1.000 Kg/C²	4.009
0.5	30	15.251	0.148	0.5	30	15.019	0.100	0.5	30	13.132	0.199	0.5	30	9.537	0.203	0.5	30	6.071	0.140	P= 0.500 Kg/C²	4.195
1	60	15.238	0.161	1	60	14.998	0.121	1	60	13.038	0.293	1	60	9.458	0.282	1	60	6.021	0.190	P= 0.250 Kg/C²	4.429
2	120	15.210	0.189	2	120	14.972	0.147	2	120	12.927	0.404	2	120	9.329	0.411	2	120	5.940	0.271	P= 0.125 Kg/C²	4.654
5	300	15.182	0.217	5	300	14.950	0.169	5	300	12.602	0.729	5	300	8.970	0.770	5	300	5.773	0.438	P= 0.0 Kg/C²	4.925
10	600	15.176	0.223	10	600	14.938	0.181	10	600	12.269	1.062	10	600	8.704	1.036	10	600	5.550	0.661		
15	900	15.165	0.234	15	900	14.929	0.190	15	900	12.098	1.233	15	900	8.480	1.260	15	900	5.402	0.809		
30	1800	15.159	0.240	30	1800	14.911	0.208	30	1800	11.695	1.726	30	1800	7.940	1.800	30	1800	5.020	1.191		
60	3600	15.149	0.250	60	3600	14.899	0.220	60	3600	11.121	2.210	60	3600	7.412	2.328	60	3600	4.647	1.564		
120	7200	15.133	0.266	120	7200	14.879	0.240	120	7200	10.700	2.631	120	7200	6.863	2.777	120	7200	4.440	1.771		
180	10800	15.132	0.267	180	10800	14.863	0.256	180	10800	10.531	2.800	180	10800	6.750	2.980	180	10800	4.292	1.919		
300	18000	15.125	0.274	300	18000	14.833	0.286	300	18000	10.299	3.032	300	18000	6.557	3.183	300	18000	4.099	2.112		
480	28800	15.122	0.277	480	28800	14.819	0.300	480	28800	10.060	3.271	480	28800	6.559	3.382	480	28800	3.930	2.281		
1440	86400	15.119	0.280	1440	86400	14.810	0.309	1440	86400	9.740	3.591	1440	86400	6.211	3.529	1440	86400	3.861	2.350		

**CALCULO DE CONSOLIDACION UNIDIMENSIONAL**

PROYECTO: COLECTOR PROF.: 4.80-5.70m  
 CD. NEZAHUALCOYOTL  
 LUGAR: EDO. DE MEXICO. SONDEO: SM-3  
 MUESTRA: M-7  
 ANILLO No **3** Ss= **2.619**  
 D. ANILLO 8.020 Cm.  
 H. ANILLO 2.000 Cm.  
 A. ANILLO 50.517 Cm2.  
 W. ANILLO 161.800 Gr.

DATOS INICIALES DATOS FINALES  
 Whi+A **280.40** gr Whf+A **230.50** gr  
 Ws+A **190.10**

Ws= **28.300** gr Whi= **118.6000** gr  
 Wwi= **90.300** gr Whf= **68.7000** gr  
 Wwf= **40.400** gr Vi= **101.0344** cm3  
 Vf= **48.123** cm3 Vs= **10.8057** cm3  
 Vv= **90.229** cm3 Vw= **90.3000** cm3  
 Pvhi= **1.174** ton/m3 Pvhf= **1.4276** ton/m3  
 Wi= **319.081** % Si= **100.08** %  
 Wf= **142.756** % Sf= **100.18** %  
 ei **8.350** ef **3.4535**

Presión Kg/cm2	Micro mm	Corr.d.A mm	D.Corr.A mm	Def.vol. %	e	Vf cm3
Lec.l=	15.399				<b>8.3501</b>	
0.125	15.119		<b>0.2800</b>	<b>1.400</b>	<b>8.2192</b>	<b>99.6199</b>
0.250	14.810		<b>0.5890</b>	<b>2.945</b>	<b>8.0748</b>	<b>98.0589</b>
0.500	13.331		<b>2.0680</b>	<b>10.340</b>	<b>7.3833</b>	<b>90.5874</b>
1.000	9.740		<b>5.6590</b>	<b>28.295</b>	<b>5.7045</b>	<b>72.4467</b>
2.000	6.211		<b>9.1880</b>	<b>45.940</b>	<b>4.0547</b>	<b>54.6192</b>
4.000	3.853		<b>11.5460</b>	<b>57.730</b>	<b>2.9523</b>	<b>42.7072</b>
4.000	3.853		<b>11.5460</b>	<b>57.730</b>	<b>2.9523</b>	<b>42.7072</b>
2.000	4.009		<b>11.3900</b>	<b>56.950</b>	<b>3.0252</b>	<b>43.4953</b>
1.000	4.195		<b>11.2040</b>	<b>56.020</b>	<b>3.1122</b>	<b>44.4349</b>
0.500	4.429		<b>10.9700</b>	<b>54.850</b>	<b>3.2216</b>	<b>45.6170</b>
0.250	4.654		<b>10.7450</b>	<b>53.725</b>	<b>3.3268</b>	<b>46.7537</b>
0.125	4.925		<b>10.4740</b>	<b>52.370</b>	<b>3.4535</b>	<b>48.1227</b>
0.000	4.925		<b>10.4740</b>	<b>52.370</b>	<b>3.4535</b>	<b>48.1227</b>

av cm²/kg	mv cm²/kg	Presión Kg/cm2	e
1.05	0.114	0.13	8.219
1.1557	0.127	0.25	8.075
2.7658	0.330	0.50	7.383
3.3576	0.501	1.00	5.705
1.6498	0.326	2.00	4.055
0.5512	0.139	4.00	2.952
		4.00	2.952
0.0365	0.009	2.00	3.025
0.0870	0.021	1.00	3.112
0.2188	0.052	0.50	3.222
0.4208	0.097	0.25	3.327
1.0136	0.228	0.13	3.453
0.0000	0.000		

PROYECTO:  
COLECTOR

LUGAR:  
CD. NEZAHUALCOYOTL EDO. DE MEXICO.

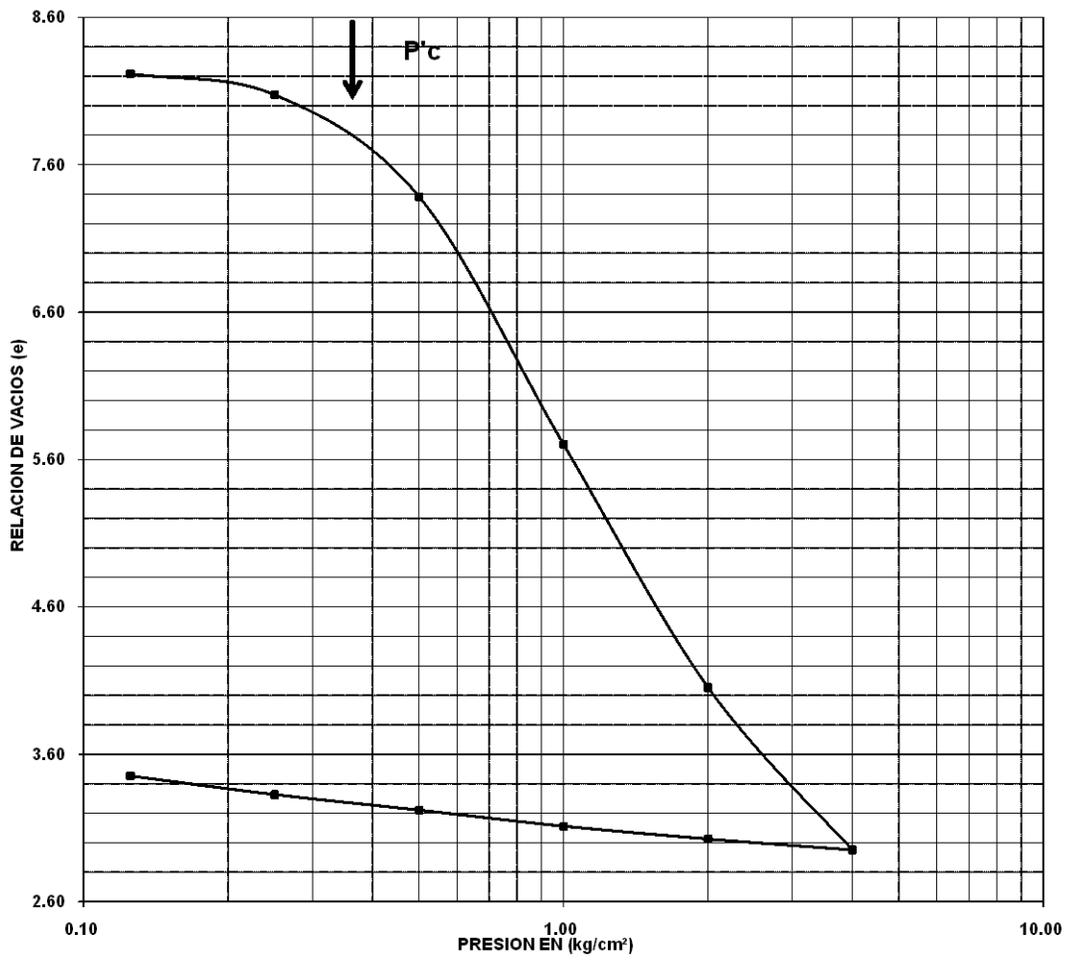
SONDEO:  
SM-3

MUESTRA  
M-7

PROFUNDIDAD  
4.80-5.70m

FIGURA:

CURVA DE COMPRESIBILIDAD



DATOS INICIALES				Pc	P
W%	Ss	e	Gw %	(kg/cm²)	(kg/cm²)
319	2.619	8.350	100	0.380	

# SONDEO SM-4, M-6

## PRUEBA DE CONSOLIDACION

PROYECTO: COLECTOR

LOCALIZACION: CD. NEZAHUALCOYOTL EDO. DE MEXICO.

No. DE MUESTRA: M - 6 SONDEO: SM - 4

PROFUNDIDAD: 4.80 - 5.70m

CARGA 1			CARGA 2			CARGA 3			CARGA 4			CARGA 5			CARGA 6			DESCARGAS	
Tiempo (mn)	Lec. Micr.	Def. (mm)	Tiempo (seg)	Lec. Micr.	Def. (mm)	Tiempo (mn)	Lec. Micr.	Def. (mm)	Tiempo (mn)	Lec. Micr.	Def. (mm)	Tiempo (seg)	Lec. Micr.	Def. (mm)	Tiempo (mn)	Lec. Micr.	Def. (mm)	CARGA	LECTURA
																		P=0.125 Kg/C²	P=0.250 Kg/C²
0	16.301	0.000	1	16.092	0.000	0	15.103	0.000	0	12.865	0.000	0	9.479	0.000	0	0	0		Micr
0.1	16.263	0.038	6	16.063	0.029	0.1	15.049	0.054	0.1	12.550	0.055	0.1	9.384	0.095	0.1	6	6	P=4.00 Kg/C²	7.220
0.2	16.252	0.049	12	16.050	0.042	0.2	15.026	0.075	0.2	12.529	0.076	0.2	9.369	0.110	0.2	12	12	P=2.00 Kg/C²	7.341
0.3	16.243	0.058	18	16.043	0.049	0.3	15.013	0.090	0.3	12.510	0.095	0.3	9.357	0.122	0.3	18	18	P=1.00 Kg/C²	7.513
0.5	16.237	0.064	30	16.035	0.057	0.5	14.989	0.110	0.5	12.485	0.120	0.5	9.335	0.144	0.5	30	30	P=0.500 Kg/C²	7.689
1	16.222	0.079	60	16.020	0.072	1	14.953	0.150	1	12.447	0.158	1	9.307	0.172	1	60	60	P=0.250 Kg/C²	7.845
2	16.202	0.099	120	16.001	0.091	2	14.895	0.208	2	12.373	0.232	2	9.240	0.239	2	120	120	P=0.125 Kg/C²	8.028
5	16.177	0.124	300	15.972	0.120	5	14.748	0.355	5	12.163	0.442	5	9.126	0.353	5	300	300	P=0.0 Kg/C²	8.303
10	16.163	0.138	600	15.949	0.143	10	14.615	0.488	10	11.996	0.609	10	8.900	0.499	10	600	600		
15	16.151	0.150	900	15.932	0.160	15	14.531	0.572	15	11.832	0.773	15	8.806	0.613	15	900	900		
30	16.139	0.162	1800	15.912	0.180	30	14.312	0.791	30	11.461	1.144	30	8.573	0.906	30	1800	1800		
60	16.128	0.173	3600	15.891	0.201	60	13.989	1.104	60	11.010	1.595	60	8.168	1.311	60	3600	3600		
120	16.110	0.191	7200	15.881	0.211	120	13.630	1.473	120	10.477	2.128	120	7.967	1.512	120	7200	7200		
180	16.108	0.193	10800	15.869	0.223	180	13.448	1.655	180	10.192	2.413	180	7.782	1.697	180	10800	10800		
300	16.105	0.196	18000	15.849	0.243	300	13.187	1.916	300	9.925	2.680	300	7.542	1.937	300	18000	18000		
480	16.097	0.204	28800	15.829	0.263	480	12.950	2.153	480	9.651	2.944	480	7.325	2.154	480	28800	28800		
1440	16.092	0.209	86400	15.810	0.282	1440	12.605	2.488	1440	9.479	3.126	1440	7.220	2.259	1440	86400	86400		

**CALCULO DE CONSOLIDACION UNIDIMENSIONAL**

PROYECTO: COLECTOR PROF.: 4.80 - 5.70m

LUGAR: CD. NEZAHUALCOYOTL EDO. DE MEXICO. SONDEO: SM - 4

MUESTRA: M - 6  
 ANILLO No 6 Ss= 2.628

D. ANILLO 8.000 Cm.  
 H. ANILLO 1.820 Cm.  
 A. ANILLO 50.266 Cm2.  
 W. ANILLO 152.200 Gr.

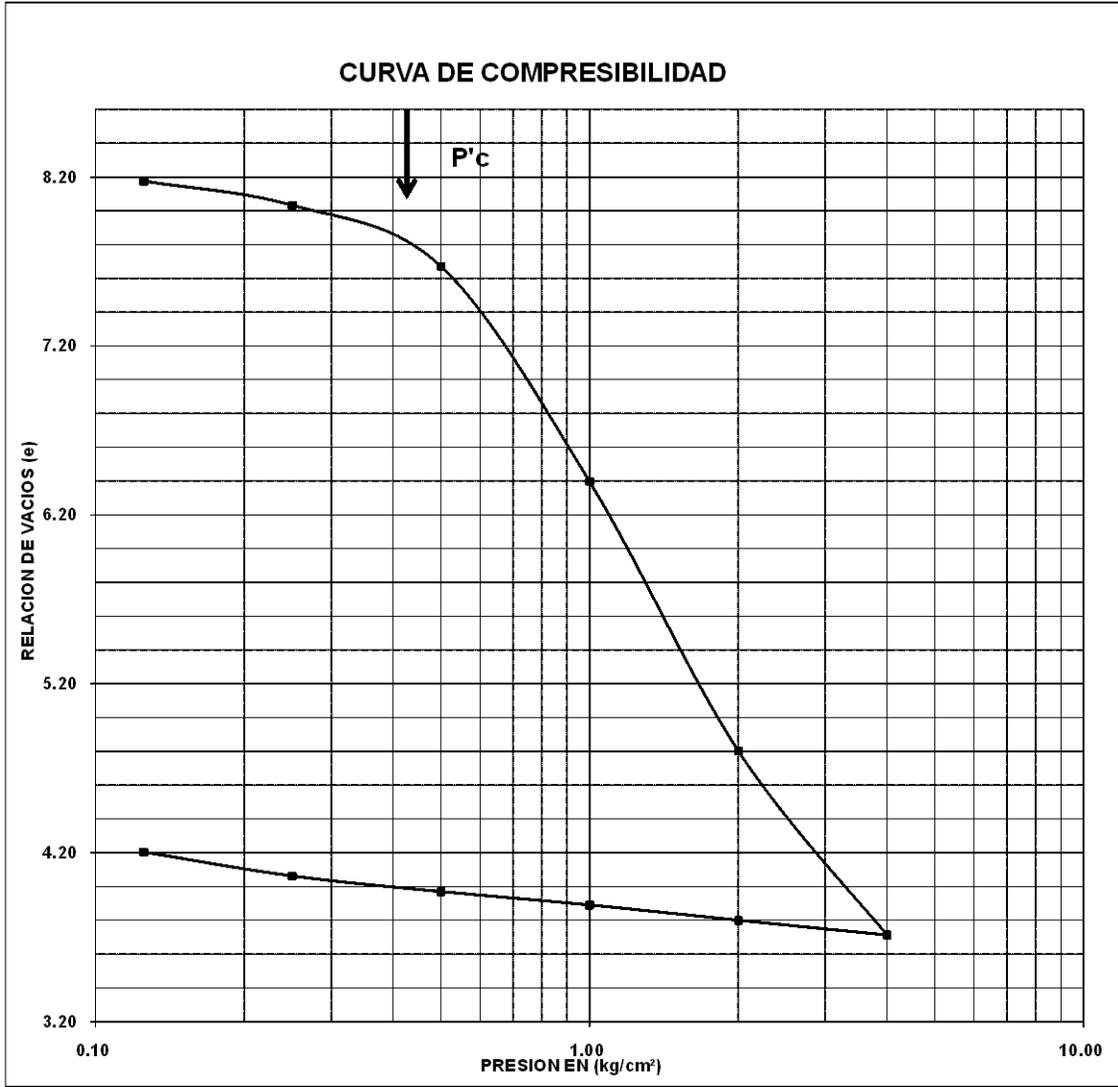
DATOS INICIALES DATOS FINALES  
 Whi+A 257.50 gr Whf+A 223.40 gr  
 Ws+A 178.10

Ws= 25.900 gr Whi= 105.3000 gr  
 Wwi= 79.400 gr Whf= 71.2000 gr  
 Wwf= 45.300 gr Vi= 91.4833 cm3  
 Vf= 51.281 cm3 Vs= 9.8554 cm3  
 Vv= 81.628 cm3 Vw= 79.4000 cm3  
 Pvhi= 1.151 ton/m3 Pvhf= 1.3884 ton/m3  
 Wi= 306.564 % Si= 97.27 %  
 Wf= 174.903 % Sf= 95.31 %  
 ei 8.283 ef 4.2033

Presión Kg/cm2	Micro mm	Corr.d.A mm	D.Corr.A mm	Def.vol. %	e	Vf cm3
Lec.l=	16.301				8.2826	
0.125	16.092		0.2090	1.148	8.1760	90.4328
0.250	15.810		0.4910	2.698	8.0321	89.0153
0.500	15.103		1.1980	6.582	7.6715	85.4615
1.000	12.605		3.6960	20.308	6.3975	72.9052
2.000	9.479		6.8220	37.484	4.8031	57.1921
4.000	7.341		8.9600	49.231	3.7127	46.4454
4.000	7.341		8.9600	49.231	3.7127	46.4454
2.000	7.513		8.7880	48.286	3.8004	47.3099
1.000	7.689		8.6120	47.319	3.8902	48.1946
0.500	7.845		8.4560	46.462	3.9697	48.9788
0.250	8.026		8.2750	45.467	4.0621	49.8886
0.125	8.303		7.9980	43.945	4.2033	51.2809
0.000	8.303		7.9980	43.945	4.2033	51.2809

av cm2/kg	mv cm2/kg	Presión Kg/cm2	e
0.85	0.093	0.13	8.176
1.1506	0.127	0.25	8.032
1.4424	0.166	0.50	7.672
2.5481	0.344	1.00	6.397
1.5944	0.275	2.00	4.803
0.5452	0.116	4.00	3.713
		4.00	3.713
0.0439	0.009	2.00	3.800
0.0898	0.018	1.00	3.890
0.1591	0.032	0.50	3.970
0.3693	0.073	0.25	4.062
1.1302	0.217	0.13	4.203
0.0000	0.000		

<b>PROYECTO:</b> COLECTOR		
<b>LUGAR:</b> CD. NEZAHUALCOYOTL EDO. DE MEXICO.		<b>SONDEO:</b> SM - 4
<b>MUESTRA</b> M - 6	<b>PROFUNDIDAD</b> 4.80 - 5.70m	<b>FIGURA:</b>



<b>DATOS INICIALES</b>				<b>P<sub>c</sub></b>	<b>P</b>
<b>W%</b>	<b>S<sub>s</sub></b>	<b>e</b>	<b>G<sub>w</sub> %</b>	<b>(kg/cm<sup>2</sup>)</b>	<b>(kg/cm<sup>2</sup>)</b>
307	2.628	8.283	97	0.430	

SONDEO SM-5, M-10

PRUEBA DE CONSOLIDACION

PROYECTO: COLECTOR VICENTE VILLADA  
 LOCALIZACION: CD. NEZAHUALCOYOTL  
 No. DE MUESTRA: M-10 SONDEO: SM-5  
 PROFUNDIDAD: 5.40-6.40m

CARGA 1			CARGA 2			CARGA 3			CARGA 4			CARGA 5			CARGA 6			DESCARGAS	
Tiempo (min)	P=0.125 Kg/C <sup>2</sup>		Tiempo (seg)	P=0.250 Kg/C <sup>2</sup>		Tiempo (min)	P=0.500 Kg/C <sup>2</sup>		Tiempo (min)	P=1.000 Kg/C <sup>2</sup>		Tiempo (seg)	P=2.000 Kg/C <sup>2</sup>		Tiempo (min)	P=4.000 Kg/C <sup>2</sup>		CARGA	LECTURA
	Lec. Micr.	Def. (mm)	Lec. Micr.	Def. (mm)															
0	15.498	0.000	0	15.330	0.000	0	15.105	0.000	0	14.700	0.000	0	12.670	0.000	0	9.973	0.000		
0.1	15.445	0.053	0.1	15.290	0.040	0.1	15.070	0.065	0.1	14.553	0.117	0.1	12.540	0.130	0.1	9.810	0.163	P=4.00 Kg/C <sup>2</sup>	7.762
0.2	15.433	0.065	0.2	15.280	0.050	0.2	15.054	0.081	0.2	14.553	0.147	0.2	12.471	0.189	0.2	9.779	0.194	P=2.00 Kg/C <sup>2</sup>	7.898
0.3	15.428	0.070	0.3	15.271	0.059	0.3	15.041	0.094	0.3	14.551	0.149	0.3	12.439	0.231	0.3	9.750	0.223	P=1.00 Kg/C <sup>2</sup>	8.077
0.5	15.420	0.078	0.5	15.261	0.069	0.5	15.022	0.113	0.5	14.493	0.207	0.5	12.362	0.288	0.5	9.702	0.271	P=0.500 Kg/C <sup>2</sup>	8.260
1	15.408	0.090	1	15.250	0.090	1	14.984	0.151	1	14.443	0.257	1	12.267	0.403	1	9.618	0.355	P=0.250 Kg/C <sup>2</sup>	8.418
2	15.395	0.103	2	15.237	0.093	2	14.963	0.172	2	14.338	0.362	2	12.150	0.520	2	9.551	0.422	P=0.125 Kg/C <sup>2</sup>	8.604
5	15.387	0.111	5	15.221	0.109	5	14.920	0.215	5	14.161	0.539	5	11.873	0.797	5	9.322	0.651	P=0.0 kg/C <sup>2</sup>	8.890
10	15.372	0.126	10	15.210	0.120	10	14.899	0.236	10	14.023	0.677	10	11.608	1.062	10	9.110	0.863		
15	15.371	0.127	15	15.199	0.131	15	14.890	0.255	15	13.994	0.706	15	11.391	1.279	15	8.970	1.003		
30	15.369	0.129	30	15.191	0.139	30	14.870	0.265	30	13.778	0.922	30	11.082	1.588	30	8.693	1.280		
60	15.354	0.144	60	15.190	0.140	60	14.848	0.287	60	13.550	1.150	60	10.770	1.900	60	8.452	1.521		
120	15.351	0.147	120	15.179	0.151	120	14.834	0.301	120	13.319	1.381	120	10.526	2.144	120	8.297	1.676		
180	15.348	0.150	180	15.171	0.159	180	14.830	0.305	180	13.212	1.488	180	10.392	2.276	180	8.192	1.781		
300	15.340	0.158	300	15.154	0.176	300	14.829	0.306	300	13.031	1.669	300	10.260	2.410	300	8.029	1.944		
480	15.335	0.163	480	15.139	0.191	480	14.805	0.330	480	12.911	1.789	480	10.113	2.557	480	7.864	2.109		
1440	15.330	0.168	1440	15.135	0.195	1440	14.700	0.435	1440	12.670	2.030	1440	9.973	2.697	1440	86400	7.762		

**CALCULO DE CONSOLIDACION UNIDIMENSIONAL**

PROYECTO: COLECTOR VICENTE VILLADA PROF.: 5.40-6.40m

LUGAR: CD. NEZAHUALCOYOTL SONDEO: SM-5

MUESTRA: M-10

ANILLO No **9** Ss= **2.662**

D. ANILLO 8.000 Cm.

H. ANILLO 1.820 Cm.

A. ANILLO 50.266 Cm2.

W.ANILLO 151.800 Gr.

DATOS INICIALES

DATOS FINALES

Whi+A **262.90** gr Whf+A **233.80** gr

Ws+A **184.50**

Ws= **32.700** gr Whi= **111.1000** gr

Wwi= **78.400** gr Whf= **82.0000** gr

Wwf= **49.300** gr Vi= **91.4833** cm3

Vf= **58.268** cm3 Vs= **12.2840** cm3

Vv= **79.199** cm3 Vw= **78.4000** cm3

Pvhi= **1.214** ton/m3 Pvhf= **1.4073** ton/m3

Wi= **239.755** % Si= **98.99** %

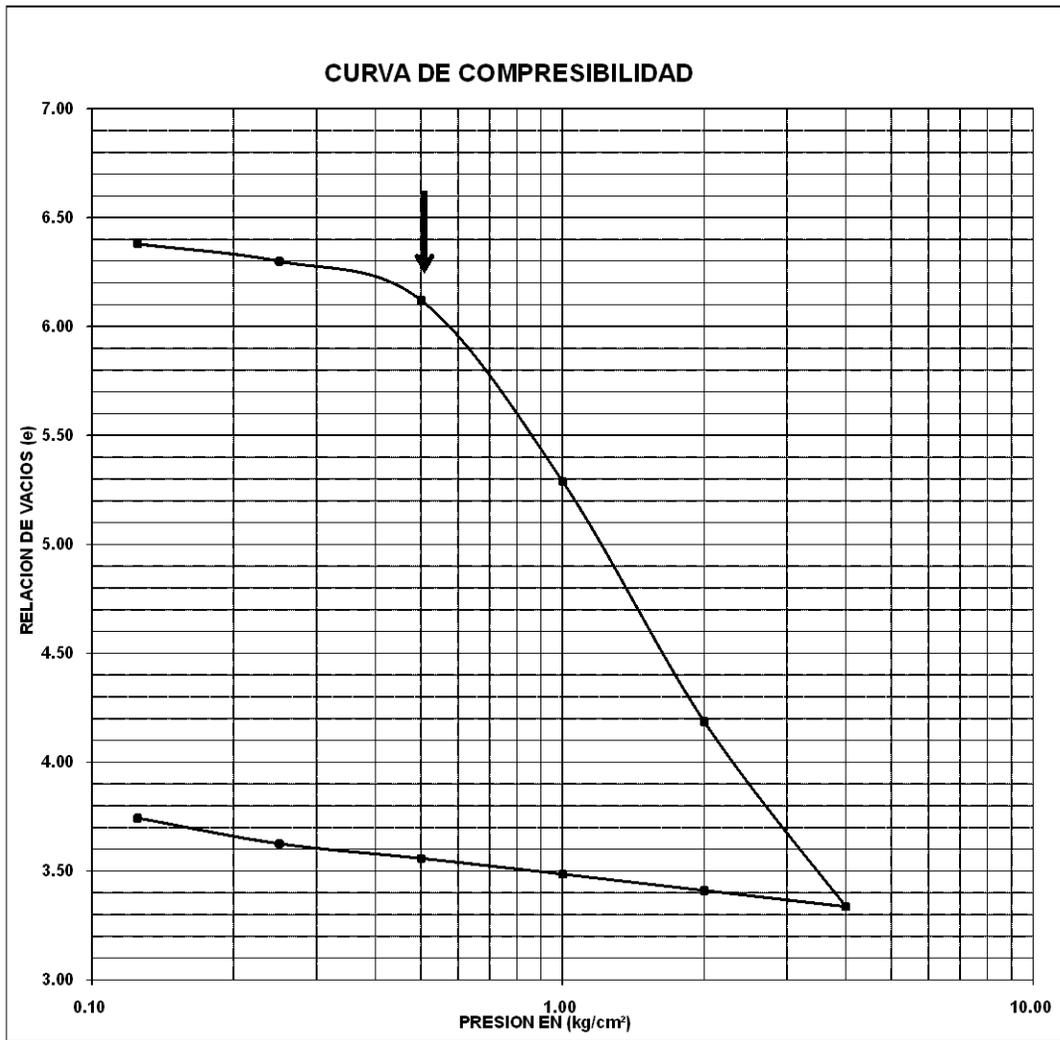
Wf= **150.765** % Sf= **98.40** %

ei **6.447** ef **3.7434**

Presión Kg/cm2	Micro mm	Corr.d.A mm	D.Corr.A mm	Def.vol. %	e	Vf cm3
Lec.l=	15.498				<b>6.4474</b>	
0.125	15.330		<b>0.1680</b>	<b>0.923</b>	<b>6.3786</b>	<b>90.6388</b>
0.250	15.135		<b>0.3630</b>	<b>1.995</b>	<b>6.2988</b>	<b>89.6587</b>
0.500	14.700		<b>0.7980</b>	<b>4.385</b>	<b>6.1208</b>	<b>87.4721</b>
1.000	12.670		<b>2.8280</b>	<b>15.538</b>	<b>5.2902</b>	<b>77.2682</b>
2.000	9.973		<b>5.5250</b>	<b>30.357</b>	<b>4.1866</b>	<b>63.7116</b>
4.000	7.898		<b>7.6000</b>	<b>41.758</b>	<b>3.3375</b>	<b>53.2815</b>
4.000	7.898		<b>7.6000</b>	<b>41.758</b>	<b>3.3375</b>	<b>53.2815</b>
2.000	8.077		<b>7.4210</b>	<b>40.775</b>	<b>3.4107</b>	<b>54.1812</b>
1.000	8.260		<b>7.2380</b>	<b>39.769</b>	<b>3.4856</b>	<b>55.1011</b>
0.500	8.438		<b>7.0600</b>	<b>38.791</b>	<b>3.5584</b>	<b>55.9958</b>
0.250	8.604		<b>6.8940</b>	<b>37.879</b>	<b>3.6264</b>	<b>56.8302</b>
0.125	8.890		<b>6.6080</b>	<b>36.308</b>	<b>3.7434</b>	<b>58.2678</b>
0.000	8.890		<b>6.6080</b>	<b>36.308</b>	<b>3.7434</b>	<b>58.2678</b>

av cm²/kg	mv cm²/kg	Presión Kg/cm2	e
0.55	0.075	0.13	6.379
0.6383	0.087	0.25	6.299
0.7120	0.100	0.50	6.121
1.6613	0.264	1.00	5.290
1.1036	0.213	2.00	4.187
0.4245	0.098	4.00	3.337
		4.00	3.337
0.0366	0.008	2.00	3.411
0.0749	0.017	1.00	3.486
0.1457	0.032	0.50	3.558
0.2717	0.059	0.25	3.626
0.9362	0.197	0.13	3.743
0.0000	0.000		

<b>PROYECTO:</b> COLECTOR VICENTE VILLADA		
<b>LUGAR:</b> CD. NEZAHUALCOYOTL		<b>SONDEO:</b> SM-5
<b>MUESTRA</b> M-10	<b>PROFUNDIDAD</b> 5.40-6.40m	<b>FIGURA:</b>



<b>DATOS INICIALES</b>				<b>Pc</b>	<b>P</b>
<b>W%</b>	<b>Ss</b>	<b>e</b>	<b>Gw %</b>	<b>(kg/cm²)</b>	<b>(kg/cm²)</b>
240	2.662	6.447	99	0.510	

# SONDEO SM-6, M-7

## PRUEBA DE CONSOLIDACION

PROYECTO: COLECTOR VILLADA  
 LOCALIZACION: CD-NEZAHUALCOYOTL  
 No. DE MUESTRA: M-7  
 PROFUNDIDAD: 4.90-5.80m  
 SONDEO: SM-6

CARGA 1		P= 0.25 Kg/C <sup>2</sup>		CARGA 2		P= 0.25 Kg/C <sup>2</sup>		CARGA 3		P= 0.50 Kg/C <sup>2</sup>		CARGA 4		P= 1.00 Kg/C <sup>2</sup>		CARGA 5		P= 2.00 Kg/C <sup>2</sup>		CARGA 6		P= 4.00 Kg/C <sup>2</sup>					
Tempo (min)	Def. (mm)	Lec. (mm)	Def. (mm)	Tempo (seg)	Mixt. (mm)	Lec. (mm)	Def. (mm)	Tempo (min)	Def. (mm)	Lec. (mm)	Def. (mm)	Tempo (seg)	Mixt. (mm)	Lec. (mm)	Def. (mm)	Tempo (min)	Def. (mm)	Lec. (mm)	Def. (mm)	Tempo (seg)	Mixt. (mm)	Lec. (mm)	Def. (mm)	Tempo (min)	Def. (mm)	Lec. (mm)	Def. (mm)
0	1	19.163	0.000	0	1	19.559	0.000	0	1	18.461	0.000	0	1	18.461	0.000	0	1	18.461	0.000	0	1	13.400	0.000	0	1	13.400	0.000
0.1	6	19.111	0.072	0.1	6	19.521	0.038	0.1	6	18.384	0.050	0.1	6	18.384	0.077	0.1	6	18.384	0.118	0.1	6	13.290	0.110	0.1	6	13.290	0.140
0.2	12	19.100	0.083	0.2	12	19.913	0.046	0.2	12	18.710	0.070	0.2	12	18.353	0.108	0.2	12	18.438	0.172	0.2	12	13.260	0.140	0.2	12	13.260	0.140
0.3	18	19.094	0.088	0.3	18	19.910	0.049	0.3	18	18.701	0.079	0.3	18	18.329	0.132	0.3	18	18.382	0.228	0.3	18	13.230	0.170	0.3	18	13.230	0.170
0.5	30	19.081	0.102	0.5	30	19.903	0.056	0.5	30	18.689	0.091	0.5	30	18.259	0.162	0.5	30	18.333	0.277	0.5	30	13.187	0.213	0.5	30	13.187	0.213
1	60	19.080	0.103	1	60	19.891	0.068	1	60	18.689	0.111	1	60	18.250	0.211	1	60	18.238	0.372	1	60	13.096	0.304	1	60	13.096	0.304
2	120	19.080	0.123	2	120	19.881	0.078	2	120	18.644	0.136	2	120	18.185	0.276	2	120	18.073	0.537	2	120	12.915	0.485	2	120	12.915	0.485
5	300	19.039	0.144	5	300	19.881	0.088	5	300	18.609	0.171	5	300	18.029	0.432	5	300	15.760	0.850	5	300	12.630	0.770	5	300	12.630	0.770
10	600	19.029	0.154	10	600	19.853	0.106	10	600	18.589	0.191	10	600	17.939	0.522	10	600	15.410	1.200	10	600	12.445	0.955	10	600	12.445	0.955
15	900	19.022	0.161	15	900	19.849	0.110	15	900	18.579	0.201	15	900	17.882	0.599	15	900	15.182	1.428	15	900	12.325	1.075	15	900	12.325	1.075
30	1800	19.016	0.167	30	1800	19.839	0.120	30	1800	18.563	0.217	30	1800	17.725	0.736	30	1800	14.628	1.982	30	1800	12.019	1.381	30	1800	12.019	1.381
60	3600	19.009	0.174	60	3600	19.839	0.130	60	3600	18.549	0.231	60	3600	17.560	0.961	60	3600	14.359	2.251	60	3600	11.739	1.661	60	3600	11.739	1.661
120	7200	19.000	0.183	120	7200	19.821	0.138	120	7200	18.529	0.251	120	7200	17.373	1.086	120	7200	14.052	2.558	120	7200	11.480	1.920	120	7200	11.480	1.920
180	10800	18.991	0.192	180	10800	19.818	0.141	180	10800	18.514	0.265	180	10800	17.270	1.191	180	10800	13.886	2.724	180	10800	11.385	2.015	180	10800	11.385	2.015
300	18000	18.980	0.203	300	18000	19.800	0.159	300	18000	18.491	0.289	300	18000	17.041	1.420	300	18000	13.650	2.950	300	18000	11.246	2.154	300	18000	11.246	2.154
480	28800	18.964	0.219	480	28800	19.790	0.169	480	28800	18.472	0.305	480	28800	16.798	1.653	480	28800	13.517	3.053	480	28800	11.119	2.281	480	28800	11.119	2.281
1440	86400	18.959	0.224	1440	86400	19.780	0.179	1440	86400	18.461	0.319	1440	86400	16.610	1.851	1440	86400	13.400	3.210	1440	86400	10.925	2.475	1440	86400	10.925	2.475

**CALCULO DE CONSOLIDACION UNIDIMENSIONAL**

PROYECTO: COLECTOR VILLADA PROF.: 4.90-5.80m

LUGAR: CD- NEZAHUALCOYOTL SONDEO: SM-6

MUESTRA: M-7

ANILLO No S/N Ss= 2.629

D. ANILLO 8.000 Cm.

H. ANILLO 1.830 Cm.

A. ANILLO 50.266 Cm2.

W. ANILLO 152.600 Gr.

**DATOS INICIALES**

Whi+A 266.30 gr

**DATOS FINALES**

Whf+A 234.30 gr

Ws+A 188.20

Ws= 35.600 gr

Whi= 113.7000 gr

Wwi= 78.100 gr

Whf= 81.7000 gr

Wwf= 46.100 gr

Vi= 91.9860 cm3

Vf= 55.036 cm3

Vs= 13.5413 cm3

Vv= 78.445 cm3

Vw= 78.1000 cm3

Pvhi= 1.236 ton/m3

Pvhf= 1.4845 ton/m3

Wi= 219.382 %

Si= 99.56 %

Wf= 129.494 %

Sf= 99.26 %

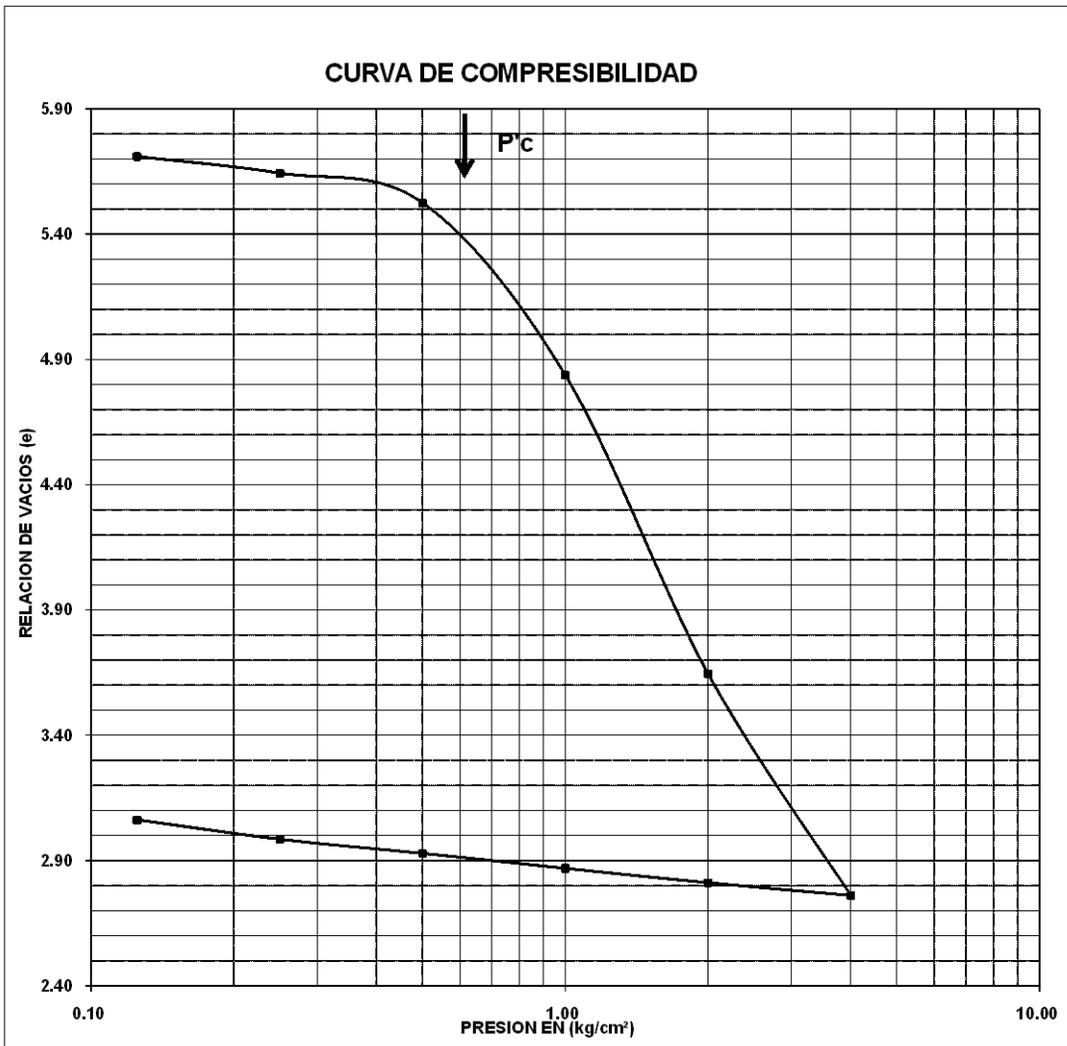
ei 5.793

ef 3.0643

Presión Kg/cm2	Micro mm	Corr.d.A mm	D.Corr.A mm	Def.vol. %	e	Vf cm3
Lec.l=	19.183				5.7930	
0.125	18.959		0.2240	1.224	5.7099	90.8600
0.250	18.780		0.4030	2.202	5.6434	89.9603
0.500	18.461		0.7220	3.945	5.5250	88.3568
1.000	16.610		2.5730	14.060	4.8379	79.0526
2.000	13.400		5.7830	31.601	3.6463	62.9174
4.000	11.016		8.1670	44.628	2.7614	50.9341
4.000	11.016		8.1670	44.628	2.7614	50.9341
2.000	11.152		8.0310	43.885	2.8119	51.6177
1.000	11.307		7.8760	43.038	2.8694	52.3968
0.500	11.469		7.7140	42.153	2.9296	53.2111
0.250	11.620		7.5630	41.328	2.9856	53.9701
0.125	11.832		7.3510	40.169	3.0643	55.0358
0.000	11.832		7.3510	40.169	3.0643	55.0358

av cm2/kg	mv cm2/kg	Presión Kg/cm2	e
0.67	0.099	0.13	5.710
0.5316	0.080	0.25	5.643
0.4737	0.073	0.50	5.525
1.3742	0.235	1.00	4.838
1.1916	0.256	2.00	3.646
0.4425	0.118	4.00	2.761
		4.00	2.761
0.0252	0.007	2.00	2.812
0.0575	0.015	1.00	2.869
0.1203	0.031	0.50	2.930
0.2242	0.056	0.25	2.986
0.6296	0.155	0.13	3.064
0.0000	0.000		

<b>PROYECTO:</b> COLECTOR VILLADA		
<b>LUGAR:</b> CD- NEZAHUALCOYOTL		<b>SONDEO:</b> SM-6
<b>MUESTRA</b> M-7	<b>PROFUNDIDAD</b> 4.90-5.80m	<b>FIGURA:</b>



<b>DATOS INICIALES</b>				<b>Pc</b>	<b>P</b>
<b>W%</b>	<b>Ss</b>	<b>e</b>	<b>Gw %</b>	<b>(kg/cm²)</b>	<b>(kg/cm²)</b>
219	2.629	5.793	100	0.620	

# SONDEO SM-7, M-9

## PRUEBA DE CONSOLIDACION

PROYECTO: **COLECTOR VILLADA**  
 LOCALIZACION: **CD. NEZAHUALCOYOTL, EDO. MEX.**  
 No. DE MUESTRA: **M - 9** SONDEO: **SM - 7**  
 PROFUNDIDAD: **6.00 A 7.00 mt.**

CARGA 1			CARGA 2			CARGA 3			CARGA 4			CARGA 5			CARGA 6			DESCARGAS			
Tiempo (seg)	Lec. (mm)	Def. (mm)	Tiempo (seg)	Lec. (mm)	Def. (mm)	Tiempo (seg)	Lec. (mm)	Def. (mm)	Tiempo (seg)	Lec. (mm)	Def. (mm)	Tiempo (seg)	Lec. (mm)	Def. (mm)	Tiempo (seg)	Lec. (mm)	Def. (mm)	Lec. (mm)	Def. (mm)	DESCARGAS	
																				CARGA	LECTURA
0	19.130	0.000	0	18.834	0.000	0	18.716	0.000	0	17.982	0.000	0	14.900	0.000	0	11.800	0.000				
0.1	19.111	0.019	0.1	18.913	-0.079	0.1	18.687	0.029	0.1	17.902	0.060	0.1	13.239	1.661	0.1	10.000	1.800				
0.2	19.109	0.021	0.2	18.901	-0.087	0.2	18.666	0.050	0.2	17.873	0.089	0.2	13.206	1.684	0.2	9.950	1.860				
0.3	19.091	0.039	0.3	18.900	-0.066	0.3	18.652	0.064	0.3	17.840	0.122	0.3	13.168	1.732	0.3	9.900	1.820				
0.5	19.085	0.045	0.5	18.893	-0.059	0.5	18.634	0.082	0.5	17.799	0.163	0.5	13.142	1.758	0.5	9.955	1.845				
1	19.061	0.069	1	18.871	-0.087	1	18.600	0.116	1	17.700	0.262	1	13.067	1.833	1	9.900	1.900				
2	19.051	0.078	2	18.859	-0.055	2	18.552	0.164	2	17.600	0.362	2	12.988	1.932	2	9.757	2.013				
5	19.023	0.107	5	18.820	0.005	5	18.471	0.245	5	17.510	0.652	5	12.710	2.190	5	9.300	2.087				
10	19.009	0.121	10	18.810	0.024	10	18.415	0.301	10	17.002	0.960	10	12.438	2.462	10	9.000	2.111				
15	19.008	0.122	15	18.802	0.032	15	18.389	0.327	15	16.779	1.183	15	12.233	2.667	15	9.000	2.120				
30	19.000	0.130	30	18.791	0.043	30	18.348	0.368	30	16.355	1.607	30	11.698	3.202	30	8.600	2.131				
60	18.989	0.141	60	18.779	0.055	60	18.308	0.408	60	15.604	2.356	60	11.304	3.586	60	8.600	2.140				
120	18.983	0.147	120	18.771	0.063	120	18.257	0.459	120	14.672	3.090	120	10.849	4.051	120	8.600	2.190				
180	18.978	0.152	180	18.768	0.066	180	18.214	0.502	180	14.544	3.418	180	10.599	4.301	180	8.600	2.195				
300	18.963	0.167	300	18.750	0.084	300	18.150	0.564	300	14.031	3.981	300	10.320	4.580	300	8.600	2.200				
480	18.852	0.278	480	18.732	0.102	480	18.080	0.645	480	13.680	4.384	480	10.224	4.676	480	8.600	2.250				
1440	18.834	0.296	1440	18.716	0.118	1440	18.000	0.754	1440	13.062	5.062	1440	11.800	5.100	1440	8.600	3.800				

**CALCULO DE CONSOLIDACION UNIDIMENSIONAL**

PROYECTO: COLECTOR VILLADA PROF.: 6.00 A 7.00 mt.

LUGAR: CD. NEZAHUALCOYOTL,

EDO. MEX.

SONDEO: SM - 7

MUESTRA: M - 9

ANILLO No **3**

Ss= **2.633**

D. ANILLO 8.020 Cm.

H. ANILLO 2.000 Cm.

A. ANILLO 50.517 Cm2.

W.ANILLO 161.800 Gr.

DATOS INICIALES

DATOS FINALES

Whi+A **277.70** gr

Whf+A **238.00** gr

Ws+A **185.10**

Ws= **23.300** gr

Whi= **115.9000** gr

Wwi= **92.600** gr

Whf= **76.2000** gr

Wwf= **52.900** gr

Vi= **101.0344** cm3

Vf= **57.706** cm3

Vs= **8.8492** cm3

Vv= **92.185** cm3

Vw= **92.6000** cm3

Pvhi= **1.147** ton/m3

Pvhf= **1.3205** ton/m3

Wi= **397.425** %

Si= **100.45** %

Wf= **227.039** %

Sf= **100.79** %

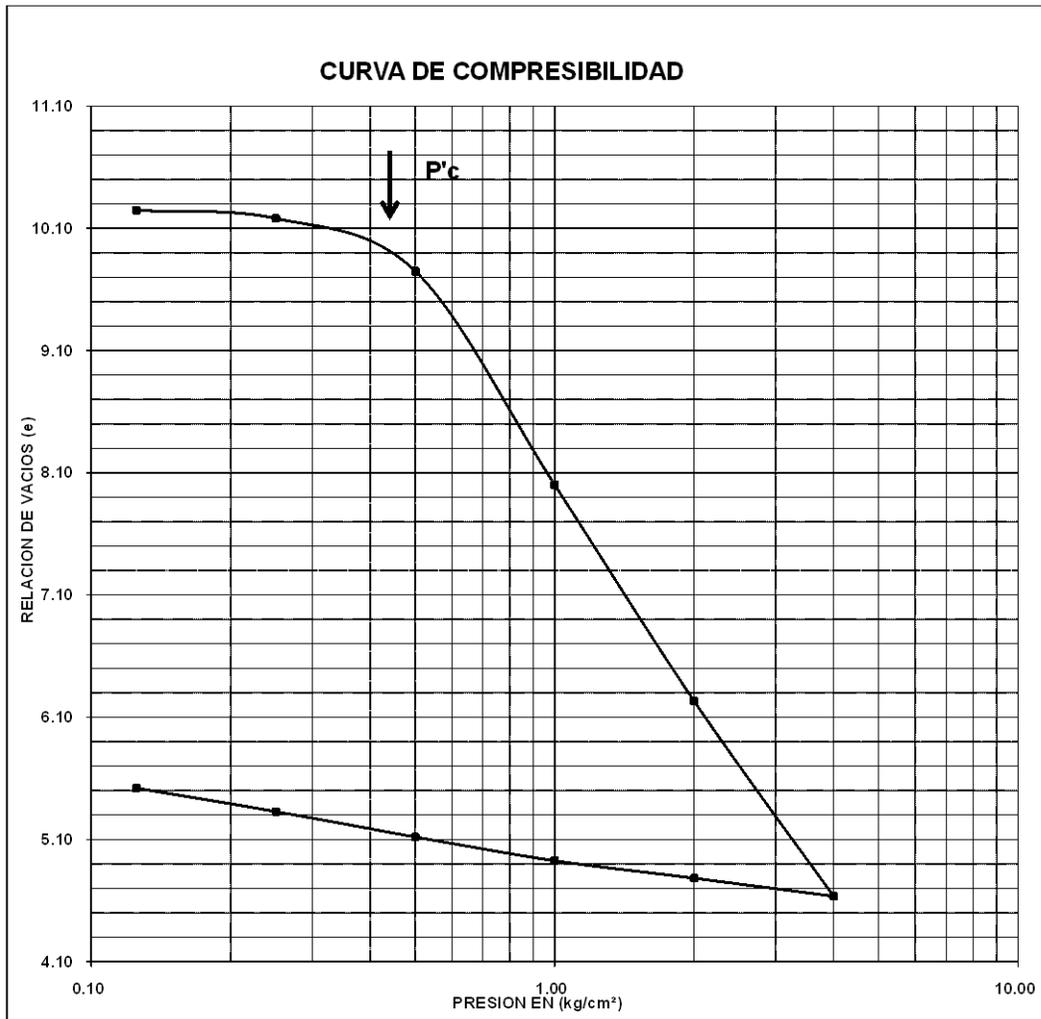
ei **10.417**

ef **5.5210**

Presión Kg/cm2	Micro mm	Corr.d.A mm	D.Corr.A mm	Def.vol. %	e	Vf cm3
Lec.l=	19.130				<b>10.4173</b>	
0.125	18.834		<b>0.2960</b>	<b>1.480</b>	<b>10.2483</b>	<b>99.5391</b>
0.250	18.716		<b>0.4140</b>	<b>2.070</b>	<b>10.1810</b>	<b>98.9430</b>
0.500	17.962		<b>1.1680</b>	<b>5.840</b>	<b>9.7505</b>	<b>95.1340</b>
1.000	14.900		<b>4.2300</b>	<b>21.150</b>	<b>8.0026</b>	<b>79.6656</b>
2.000	11.800		<b>7.3300</b>	<b>36.650</b>	<b>6.2329</b>	<b>64.0053</b>
4.000	9.000		<b>10.1300</b>	<b>50.650</b>	<b>4.6344</b>	<b>49.8605</b>
4.000	9.000		<b>10.1300</b>	<b>50.650</b>	<b>4.6344</b>	<b>49.8605</b>
2.000	9.260		<b>9.8700</b>	<b>49.350</b>	<b>4.7829</b>	<b>51.1739</b>
1.000	9.510		<b>9.6200</b>	<b>48.100</b>	<b>4.9256</b>	<b>52.4368</b>
0.500	9.851		<b>9.2790</b>	<b>46.395</b>	<b>5.1203</b>	<b>54.1595</b>
0.250	10.216		<b>8.9140</b>	<b>44.570</b>	<b>5.3286</b>	<b>56.0034</b>
0.125	10.553		<b>8.5770</b>	<b>42.885</b>	<b>5.5210</b>	<b>57.7058</b>
0.000	10.553		<b>8.5770</b>	<b>42.885</b>	<b>5.5210</b>	<b>57.7058</b>

av cm²/kg	mv cm²/kg	Presión Kg/cm2	e
1.35	0.120	0.13	10.248
0.5389	0.048	0.25	10.181
1.7217	0.160	0.50	9.751
3.4960	0.388	1.00	8.003
1.7697	0.245	2.00	6.233
0.7992	0.142	4.00	4.634
		4.00	4.634
0.0742	0.013	2.00	4.783
0.1427	0.024	1.00	4.926
0.3893	0.064	0.50	5.120
0.8335	0.132	0.25	5.329
1.5391	0.236	0.13	5.521
0.0000	0.000		

PROYECTO: <b>COLECTOR VILLADA</b>		
LUGAR: CD. NEZAHUALCOYOTL, EDO. MEX.		SONDEO: SM - 7
MUESTRA M - 9	PROFUNDIDAD 6.00 A 7.00 mt.	FIGURA: -



DATOS INICIALES				Pc	P
W%	Ss	e	Gw %	(kg/cm²)	(kg/cm²)
397	2.633	10.417	100	0.450	

# SONDEO SM-8, M-6

## PRUEBA DE CONSOLIDACION

PROYECTO: **COLECTOR VILLADA**  
 LOCALIZACION: **CD. NEZAHUALCOYOTL**  
 No. DE MUESTRA: **M-6** SONDEO: **SM-8**  
 PROFUNDIDAD: **4.80-5.70m**

CARGA 1			CARGA 2			CARGA 3			CARGA 4			CARGA 5			CARGA 6			DESCARGAS	
Tiempo (seg)	Lec. (mm)	Def. (mm)	Tiempo (seg)	Lec. (mm)	Def. (mm)	Tiempo (seg)	Lec. (mm)	Def. (mm)	Tiempo (seg)	Lec. (mm)	Def. (mm)	Tiempo (seg)	Lec. (mm)	Def. (mm)	Tiempo (seg)	Lec. (mm)	Def. (mm)	CARGA	LECTURA
																		(Kg/C <sup>2</sup> )	(Kg/C <sup>2</sup> )
0	9.253	0.000	0	9.120	0.000	0	9.014	0.000	0	8.911	0.000	0	8.634	0.000	0	7.790	0.000	P= 4.00 Kg/C <sup>2</sup>	Micr
0.1	9.247	0.015	0.1	9.111	0.023	0.1	9.009	0.013	0.1	8.901	0.025	0.1	8.620	0.036	0.1	7.728	0.157	P= 4.00 Kg/C <sup>2</sup>	5.944
0.2	9.241	0.030	0.2	9.110	0.025	0.2	9.008	0.015	0.2	8.899	0.030	0.2	8.612	0.056	0.2	7.689	0.231	P= 2.00 Kg/C <sup>2</sup>	5.972
0.3	9.239	0.036	0.3	9.109	0.028	0.3	9.006	0.020	0.3	8.895	0.041	0.3	8.608	0.066	0.3	7.675	0.282	P= 1.00 Kg/C <sup>2</sup>	6.011
0.5	9.234	0.048	0.5	9.108	0.030	0.5	9.002	0.030	0.5	8.890	0.053	0.5	8.598	0.091	0.5	7.623	0.424	P= 0.500 Kg/C <sup>2</sup>	6.051
1	9.228	0.064	1	9.103	0.043	1	9.000	0.036	1	8.884	0.069	1	8.590	0.137	1	7.551	0.607	P= 0.250 Kg/C <sup>2</sup>	6.091
2	9.219	0.086	2	9.099	0.053	2	8.994	0.051	2	8.876	0.089	2	8.562	0.183	2	7.380	1.041	P= 0.125 Kg/C <sup>2</sup>	6.140
5	9.198	0.140	5	9.088	0.081	5	8.988	0.066	5	8.850	0.155	5	8.509	0.318	5	7.055	1.328	P= 0.0 kg/C <sup>2</sup>	6.210
10	9.189	0.163	10	9.080	0.102	10	8.982	0.081	10	8.840	0.180	10	8.451	0.465	10	6.898	1.867		
15	9.181	0.183	15	9.073	0.119	15	8.979	0.089	15	8.829	0.208	15	8.409	0.571	15	6.898	2.286		
30	9.173	0.203	30	9.069	0.130	30	8.973	0.104	30	8.809	0.259	30	8.294	0.864	30	6.591	3.045		
60	9.163	0.229	60	9.059	0.155	60	8.966	0.122	60	8.788	0.312	60	8.221	1.049	60	6.348	3.663		
120	9.159	0.239	120	9.051	0.175	120	8.959	0.140	120	8.761	0.381	120	8.116	1.316	120	6.180	4.089		
180	9.152	0.257	180	9.048	0.183	180	8.951	0.160	180	8.745	0.422	180	8.040	1.509	180	6.135	4.204		
300	9.144	0.277	300	9.032	0.224	300	8.940	0.188	300	8.711	0.508	300	7.935	1.775	300	6.046	4.430		
480	9.132	0.307	480	9.022	0.249	480	8.927	0.221	480	8.671	0.610	480	7.850	1.981	480	5.990	4.572		
1440	9.120	0.338	1440	9.014	0.269	1440	8.911	0.262	1440	8.634	0.704	1440	7.790	2.144	1440	5.944	4.689		

**CALCULO DE CONSOLIDACION UNIDIMENSIONAL**

PROYECTO: COLECTOR VILLADA PROF.: 4.80-5.70m

LUGAR: CD. NEZAHUALCOYOTL SONDEO: SM-8

MUESTRA: M-6

ANILLO No **4** Ss= **2.627**

D. ANILLO 8.020 Cm.

H. ANILLO 2.020 Cm.

A. ANILLO 50.517 Cm<sup>2</sup>.

W. ANILLO 165.800 Gr.

DATOS INICIALES

DATOS FINALES

Whi+A **293.50** gr Whf+A **255.00** gr

Ws+A **206.70**

Ws= **40.900** gr Whi= **127.7000** gr

Wwi= **86.800** gr Whf= **89.2000** gr

Wwf= **48.300** gr Vi= **102.0447** cm<sup>3</sup>

Vf= **62.999** cm<sup>3</sup> Vs= **15.5691** cm<sup>3</sup>

Vv= **86.476** cm<sup>3</sup> Vw= **86.8000** cm<sup>3</sup>

Pvhi= **1.251** ton/m<sup>3</sup> Pvhf= **1.4159** ton/m<sup>3</sup>

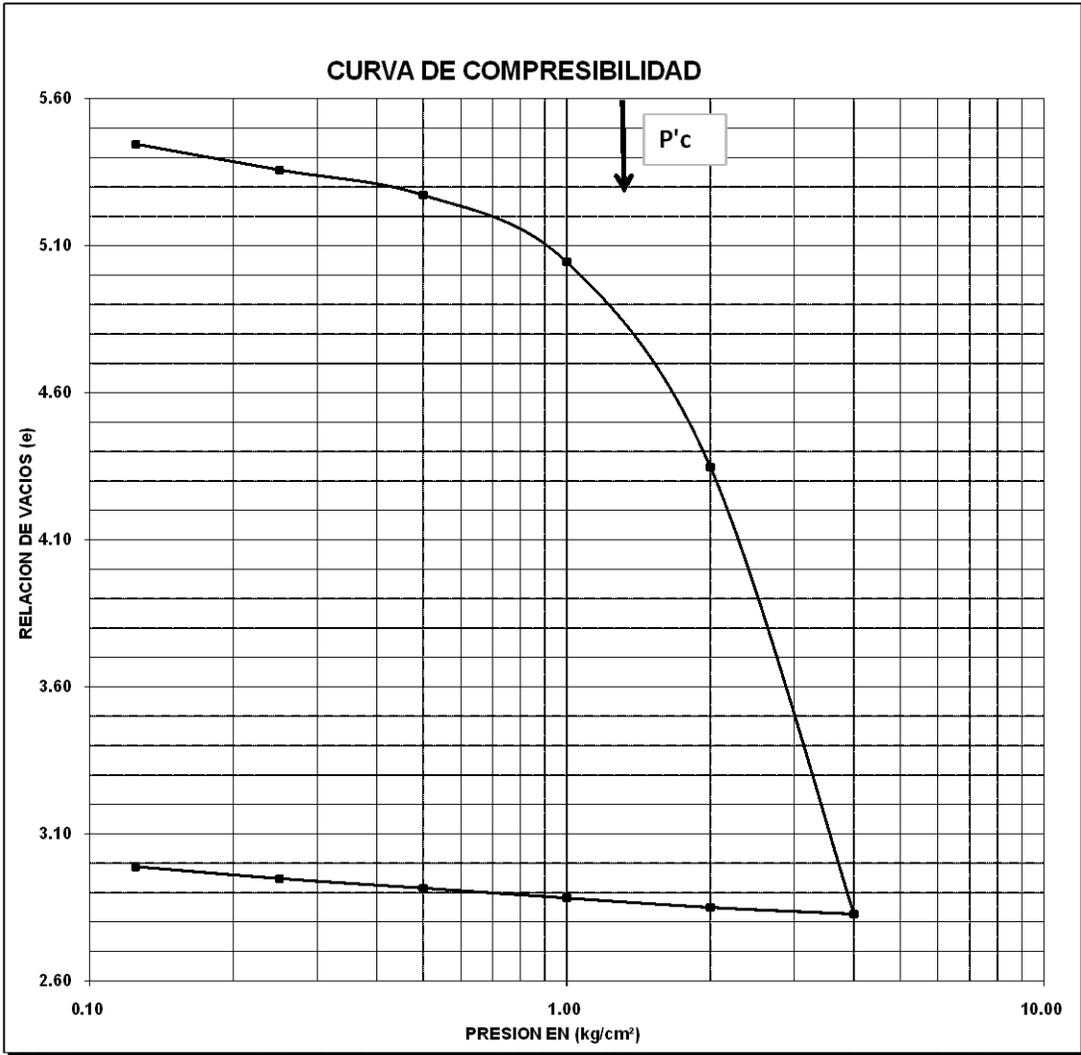
Wi= **212.225** % Si= **100.38** %

Wf= **118.093** % Sf= **100.68** %

ei **5.554** ef **3.0464**

Presión Kg/cm <sup>2</sup>	Micro mm	Corr.d.A mm	D.Corr.A mm	Def.vol. %	e	Vf cm <sup>3</sup>	av cm <sup>2</sup> /kg	mv cm <sup>2</sup> /kg	Presión Kg/cm <sup>2</sup>	e
Lec.l=	20.000				<b>5.5543</b>					
0.125	19.662		<b>0.3378</b>	<b>1.672</b>	<b>5.4447</b>	<b>100.3382</b>	0.88	0.136	0.13	5.445
0.250	19.393		<b>0.6071</b>	<b>3.005</b>	<b>5.3573</b>	<b>98.9780</b>	0.6989	0.110	0.25	5.357
0.500	19.131		<b>0.8687</b>	<b>4.300</b>	<b>5.2725</b>	<b>97.6564</b>	0.3396	0.054	0.50	5.272
1.000	18.428		<b>1.5723</b>	<b>7.783</b>	<b>5.0442</b>	<b>94.1021</b>	0.4566	0.076	1.00	5.044
2.000	16.284		<b>3.7160</b>	<b>18.396</b>	<b>4.3486</b>	<b>83.2724</b>	0.6956	0.130	2.00	4.349
4.000	11.595		<b>8.4049</b>	<b>41.608</b>	<b>2.8272</b>	<b>59.5857</b>	0.7607	0.199	4.00	2.827
4.000	11.595		<b>8.4049</b>	<b>41.608</b>	<b>2.8272</b>	<b>59.5857</b>			4.00	2.827
2.000	11.666		<b>8.3337</b>	<b>41.256</b>	<b>2.8503</b>	<b>59.9450</b>	0.0115	0.003	2.00	2.850
1.000	11.765		<b>8.2347</b>	<b>40.766</b>	<b>2.8824</b>	<b>60.4454</b>	0.0321	0.008	1.00	2.882
0.500	11.867		<b>8.1331</b>	<b>40.263</b>	<b>2.9154</b>	<b>60.9587</b>	0.0659	0.017	0.50	2.915
0.250	11.969		<b>8.0315</b>	<b>39.760</b>	<b>2.9483</b>	<b>61.4719</b>	0.1319	0.033	0.25	2.948
0.125	12.093		<b>7.9070</b>	<b>39.144</b>	<b>2.9887</b>	<b>62.1007</b>	0.3231	0.081	0.13	2.989
0.000	12.271		<b>7.7292</b>	<b>38.263</b>	<b>3.0464</b>	<b>62.9989</b>	0.4615	0.114		

<b>PROYECTO:</b> COLECTOR VILLADA		
<b>LUGAR:</b> CD. NEZAHUALCOYOTL		<b>SONDEO:</b> SM-8
<b>MUESTRA:</b> M-6	<b>PROFUNDIDAD:</b> 4.80-5.70m	<b>FIGURA:</b>



<b>DATOS INICIALES</b>				<b>Pc</b>	<b>P</b>
W%	Ss	e	Gw%	(kg/cm <sup>2</sup> )	(kg/cm <sup>2</sup> )
212	2.627	5.554	100	1.400	

# SONDEO SM-9, M-6

## PRUEBA DE CONSOLIDACION

PROYECTO: **COLECTOR VILLADA**  
 LOCALIZACION: **CD. NEZAHUALCOYOTL, EDO. MEX.**  
 No. DE MUESTRA: **M - 6**  
 PROFUNDIDAD: **3.60 - 4.60 m**  
 SONDEO: **SM - 9**

CARGA 1		P=0.125 Kg/C <sup>2</sup>		CARGA 2		P=0.250 Kg/C <sup>2</sup>		CARGA 3		P=0.500 Kg/C <sup>2</sup>		CARGA 4		P=1.00 Kg/C <sup>2</sup>		CARGA 5		P=2.00 Kg/C <sup>2</sup>		CARGA 6		P=4.00 Kg/C <sup>2</sup>		
Tiempo (seg)	Lec. (mm)	Def. (mm)	Tempo (seg)	Lec. (mm)	Def. (mm)	Tempo (seg)	Lec. (mm)	Def. (mm)	Tempo (seg)	Lec. (mm)	Def. (mm)	Tempo (seg)	Lec. (mm)	Def. (mm)	Tempo (seg)	Lec. (mm)	Def. (mm)	Tempo (seg)	Lec. (mm)	Def. (mm)	Tempo (seg)	Lec. (mm)	Def. (mm)	
0	8.959	0.000	0	8.504	0.000	0	8.102	0.000	0	7.412	0.000	0	6.447	0.000	0	5.174	0.000	0	1	6.447	0.000	0	1	5.174
0.1	8.921	0.038	0.1	8.481	0.023	0.1	8.058	0.044	0.1	7.374	0.038	0.1	6.391	0.056	0.1	5.095	0.079	0.1	6	6.391	0.056	0.1	6	5.095
0.2	8.909	0.050	0.2	8.471	0.033	0.2	8.042	0.060	0.2	7.353	0.059	0.2	6.389	0.078	0.2	5.060	0.114	0.2	12	6.389	0.078	0.2	12	5.060
0.3	8.899	0.060	0.3	8.461	0.043	0.3	8.028	0.074	0.3	7.324	0.088	0.3	6.340	0.107	0.3	5.047	0.127	0.3	18	6.340	0.107	0.3	18	5.047
0.5	8.881	0.078	0.5	8.451	0.053	0.5	8.011	0.091	0.5	7.313	0.099	0.5	6.312	0.135	0.5	5.005	0.169	0.5	30	6.312	0.135	0.5	30	5.005
1	8.857	0.102	1	8.441	0.063	1	7.992	0.120	1	7.283	0.129	1	6.288	0.179	1	4.950	0.224	1	60	6.288	0.179	1	60	4.950
2	8.829	0.130	2	8.431	0.073	2	7.941	0.161	2	7.230	0.182	2	6.174	0.273	2	4.796	0.378	2	120	6.174	0.273	2	120	4.796
5	8.772	0.187	5	8.391	0.113	5	7.859	0.243	5	7.111	0.301	5	6.041	0.406	5	4.673	0.591	5	300	6.041	0.406	5	300	4.673
10	8.739	0.220	10	8.371	0.133	10	7.807	0.295	10	7.044	0.368	10	6.000	0.549	10	4.527	0.647	10	600	6.000	0.549	10	600	4.527
15	8.719	0.240	15	8.351	0.153	15	7.772	0.330	15	7.004	0.408	15	6.000	0.625	15	4.422	0.752	15	900	6.000	0.625	15	900	4.422
30	8.691	0.268	30	8.321	0.183	30	7.714	0.368	30	6.922	0.490	30	5.646	0.801	30	4.271	0.903	30	1800	5.646	0.801	30	1800	4.271
60	8.661	0.298	60	8.291	0.223	60	7.664	0.438	60	6.835	0.577	60	5.570	0.877	60	4.153	1.021	60	3600	5.570	0.877	60	3600	4.153
120	8.631	0.328	120	8.254	0.250	120	7.604	0.498	120	6.754	0.658	120	5.472	0.975	120	4.031	1.143	120	7200	5.472	0.975	120	7200	4.031
180	8.614	0.345	180	8.241	0.263	180	7.569	0.533	180	6.709	0.703	180	5.401	1.046	180	3.980	1.194	180	10800	5.401	1.046	180	10800	3.980
300	8.594	0.375	300	8.195	0.319	300	7.520	0.592	300	6.621	0.791	300	5.332	1.115	300	3.760	1.414	300	18000	5.332	1.115	300	18000	3.760
480	8.546	0.413	480	8.149	0.355	480	7.468	0.634	480	6.538	0.874	480	5.240	1.207	480	3.650	1.524	480	28800	5.240	1.207	480	28800	3.650
1440	8.504	0.455	1440	8.102	0.402	1440	7.412	0.690	1440	6.447	0.985	1440	5.174	1.273	1440	3.644	1.530	1440	86400	5.174	1.273	1440	86400	3.644

C A R G S

DESCARGAS

CARGA	LECTURA
P=4.00 Kg/C <sup>2</sup>	Micr
P=4.00 Kg/C <sup>2</sup>	3.644
P=2.00 Kg/C <sup>2</sup>	3.701
P=1.00 Kg/C <sup>2</sup>	3.790
P=0.500 Kg/C <sup>2</sup>	3.895
P=0.250 Kg/C <sup>2</sup>	4.005
P=0.125 Kg/C <sup>2</sup>	4.180
P=0.0 Kg/C <sup>2</sup>	4.280

**CALCULO DE CONSOLIDACION UNIDIMENSIONAL**

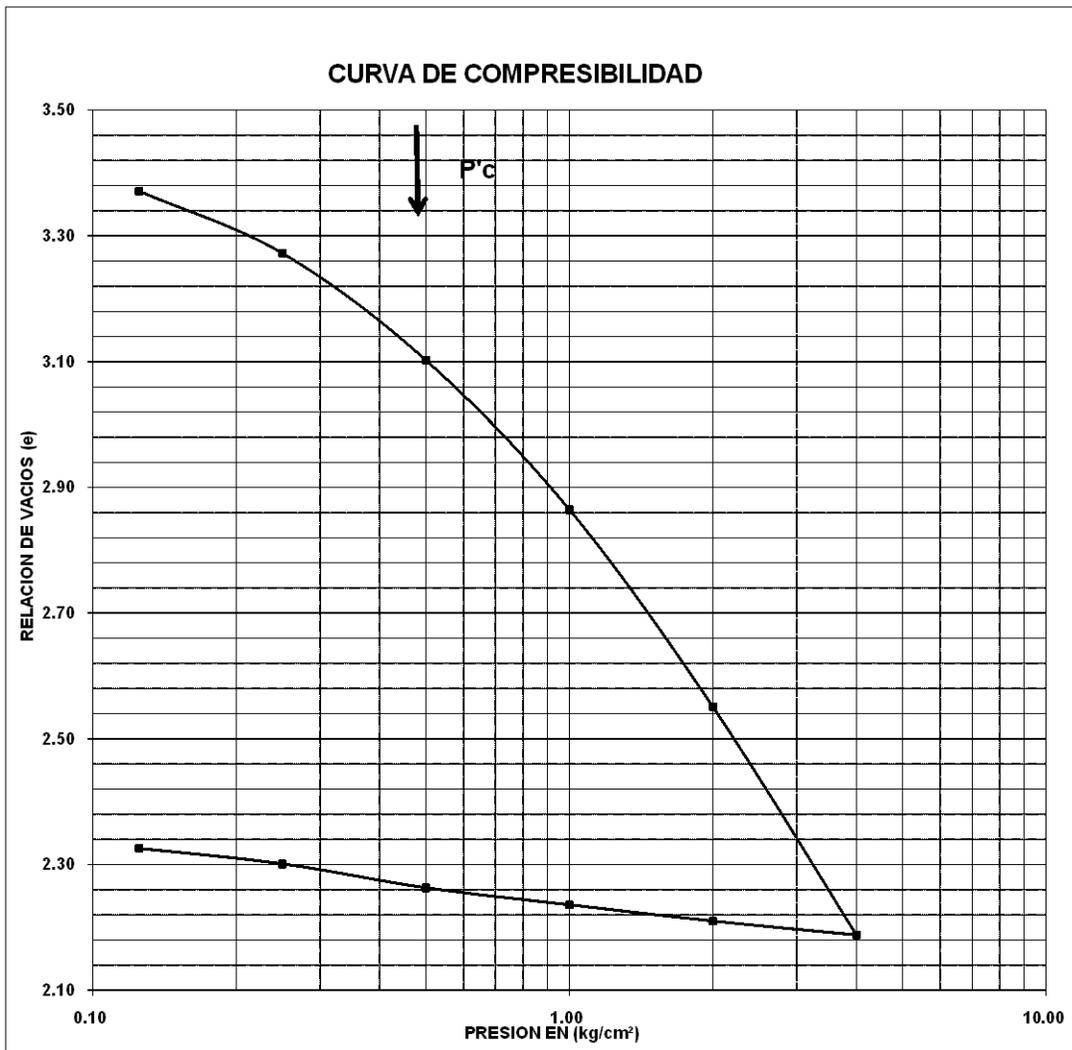
PROYECTO: COLECTOR VILLADA PROF.: 3.60 - 4.60 m  
 CD. NEZAHUALCOYOTL,  
 LUGAR: EDO. MEX. SONDEO: SM - 9  
 MUESTRA: M - 6  
 ANILLO No 6 Ss= 2.622  
 D. ANILLO 8.000 Cm.  
 H. ANILLO 1.820 Cm.  
 A. ANILLO 50.266 Cm2.  
 W. ANILLO 152.200 Gr.

DATOS INICIALES		DATOS FINALES	
Whi+A	275.40 gr	Whf+A	254.50 gr
		Ws+A	205.70
Ws=	53.500 gr	Whi=	123.2000 gr
Wwi=	69.700 gr	Whf=	102.3000 gr
Wwf=	48.800 gr	Vi=	91.4833 cm3
Vf=	67.864 cm3	Vs=	20.4043 cm3
Vv=	71.079 cm3	Vw=	69.7000 cm3
Pvhi=	1.347 ton/m3	Pvhf=	1.5074 ton/m3
Wi=	130.280 %	Si=	98.06 %
Wf=	91.215 %	Sf=	97.25 %
ei	3.484	ef	2.3259

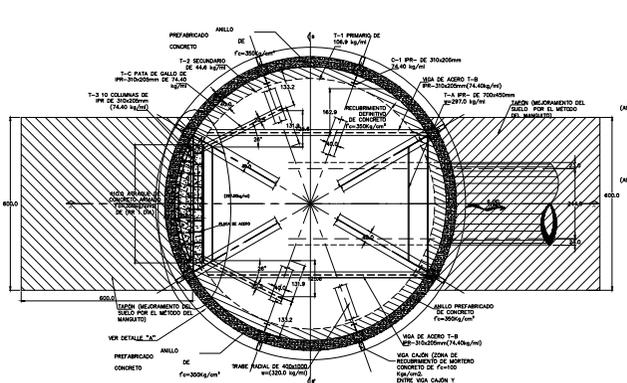
Presión Kg/cm2	Micro mm	Corr.d.A mm	D.Corr.A mm	Def.vol. %	e	Vf cm3
Lec.l=	8.959				3.4835	
0.125	8.504		0.4550	2.500	3.3714	89.1962
0.250	8.102		0.8570	4.709	3.2724	87.1755
0.500	7.412		1.5470	8.500	3.1024	83.7072
1.000	6.447		2.5120	13.802	2.8647	78.8566
2.000	5.174		3.7850	20.797	2.5511	72.4578
4.000	3.701		5.2580	28.890	2.1882	65.0537
4.000	3.701		5.2580	28.890	2.1882	65.0537
2.000	3.790		5.1690	28.401	2.2102	65.5010
1.000	3.895		5.0640	27.824	2.2360	66.0288
0.500	4.005		4.9540	27.220	2.2631	66.5818
0.250	4.160		4.7990	26.368	2.3013	67.3609
0.125	4.260		4.6990	25.819	2.3259	67.8635
0.000	4.260		4.6990	25.819	2.3259	67.8635

av cm2/kg	mv cm2/kg	Presión Kg/cm2	e
0.90	0.205	0.13	3.371
0.7923	0.185	0.25	3.272
0.6799	0.166	0.50	3.102
0.4755	0.123	1.00	2.865
0.3136	0.088	2.00	2.551
0.1814	0.057	4.00	2.188
		4.00	2.188
0.0110	0.003	2.00	2.210
0.0259	0.008	1.00	2.236
0.0542	0.017	0.50	2.263
0.1527	0.046	0.25	2.301
0.1971	0.059	0.13	2.326
0.0000	0.000		

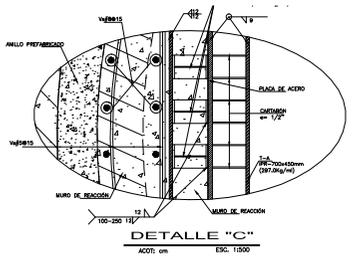
<b>PROYECTO:</b> COLECTOR VILLADA		
<b>LUGAR:</b> CD. NEZAHUALCOYOTL, EDO. MEX.		<b>SONDEO:</b> SM - 9
<b>MUESTRA:</b> M - 6	<b>PROFUNDIDAD:</b> 3.60 - 4.60 m	<b>FIGURA:</b>



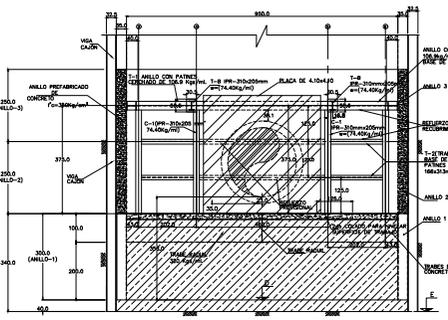
<b>DATOS INICIALES</b>				<b>P<sub>c</sub></b>	<b>P</b>
W%	S <sub>s</sub>	e	G <sub>w</sub> %	(kg/cm <sup>2</sup> )	(kg/cm <sup>2</sup> )
130	2.622	3.484	98	0.490	



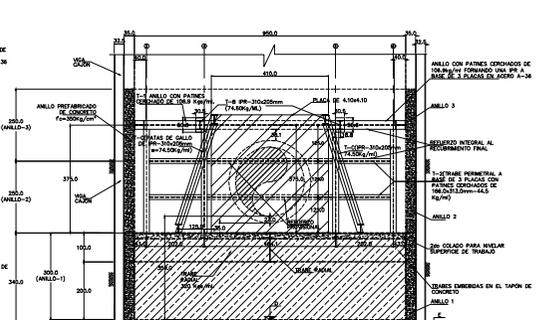
PLANTA DE LUMBRERA RELLENO PERIMETRAL CONCRETO  
ACOT: cm ESC: 5/6



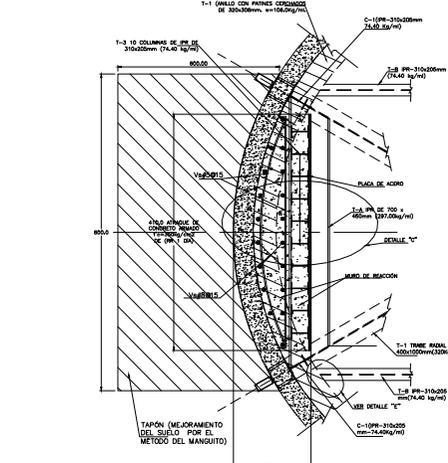
DETALLE "C"  
ACOT: cm ESC: 1/50



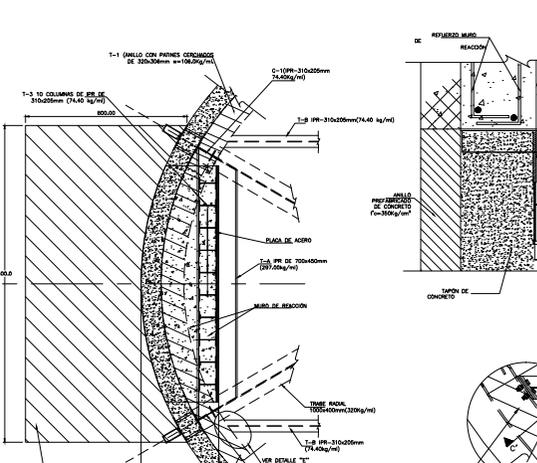
CORTE B-B' (VIENDO ESTRUCTURA)  
ACOT: cm ESC: 5/6



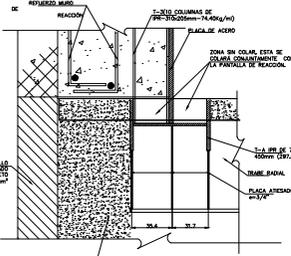
CORTE B-B' (VIENDO PLACA EN PANTALLA)  
ACOT: cm ESC: 5/6



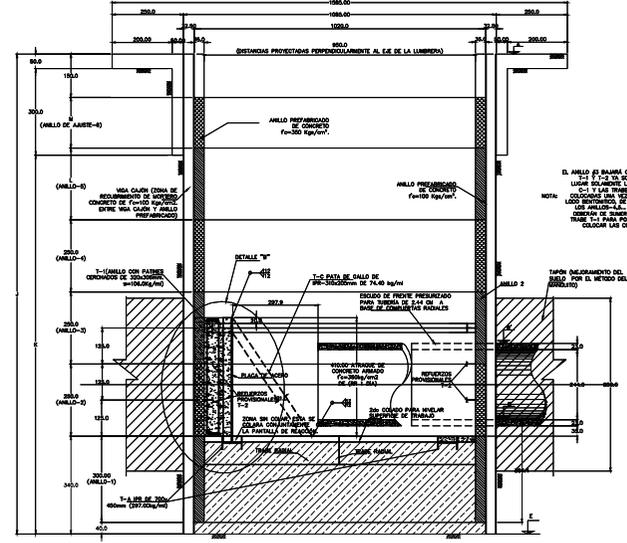
DETALLE "A" (INDICANDO TRABES T-3)  
ACOT: cm ESC: 1/30



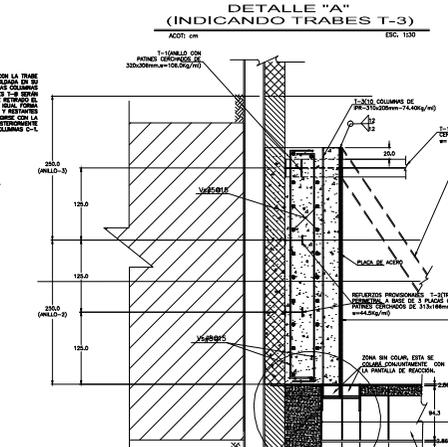
DETALLE "A" (INDICANDO TRABES T-A)  
ACOT: cm ESC: 1/30



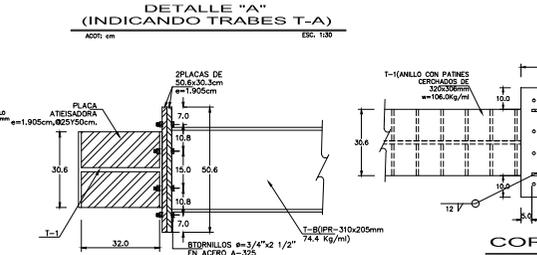
DETALLE "E"  
ACOT: cm ESC: 5/6



CORTE A-A'  
ACOT: cm ESC: 5/6



CORTE C-C'  
ACOT: cm ESC: 5/6



CORTE D-D'  
ACOT: metros ESC: 5/6

NOMENCLATURA DE PERFILES		SECCION MINIMA		REINFORZO DE SOLICIDAD	
PERFIL	SECCION MINIMA	REINFORZO	SECCION MINIMA	REINFORZO	SECCION MINIMA
ANILLO 1	...	...	...	...	...
ANILLO 2	...	...	...	...	...
ANILLO 3	...	...	...	...	...
ANILLO 4	...	...	...	...	...

- ### I.- NOTAS DE GENERALES
- ACOTACIONES EN CENTIMETROS EXCEPTO INDICADAS EN METROS.
  - ANTES DE PROCEDER A CONSTRUIR SE DEBERA OBTENER LA CONCORDANCIA DE TODAS Y CADA UNA DE ESTAS PLANAS CON LOS PLANOS HOMOLOGOS CORRESPONDIENTES Y VERIFICARLOS POSTERIORMENTE EN OBRA.
  - TODAS LAS OBRAS DEBEN SER HECHAS EN SU MOMENTO Y EN SU LUGAR.
  - TODOS LOS ANILLOS DE ESTE PLANO SON CON REINFORZO EN LOS PLANOS HOMOLOGOS EN CASO DE DUDA IRSEN LOS ANILLOS DE DICHOS PLANOS.
  - LAS DIMENSIONES DE LOS ELEMENTOS ESTRUCTURALES INDICADAS EN ESTOS PLANOS SON SOBRE LOS PLANOS HOMOLOGOS. EN CASO DE DUDA CONSULTAR A LOS PROYECTISTAS HOMOLOGO Y ESTRUCTURAL.

- ### II.- NOTAS DE MATERIALES
- SE USARA CONCRETO CLASE 11 CON  $f_{ck} = 300 \text{ kg/cm}^2$  CON AGREGADO OTORON TIPO BRANCO QUE SE UN ANILLO DE ELABORACION VIBRADO EN  $1000 \text{ kg/m}^3$  (1.000 kg/m<sup>3</sup>).
  - EL TAMANO MINIMO DEL AGREGADO USADO EN LOS CONCRETOS SERA DE 1.9 (3/4")
  - EL REVENIMIENTOS DE LOS CONCRETOS SERA DE 12 A 2 mm
  - TODOS LOS CONCRETOS SE ELABORARAN CON CEMENTO COMPLEJO OPC 30 RL
  - EL CUIDADO DE TODOS LOS ELEMENTOS DE CONCRETO SE REALIZARA MANTENIENDO UNO CONTINUO DE AGUA, POR UN PERIODO MINIMO DE 7 DIAS.
  - LOS REINFORZOS DE TODOS LOS CONCRETOS SE REALIZARAN MANTENIENDO UNO CONTINUO DE AGUA, POR UN PERIODO MINIMO DE 7 DIAS.
  - LOS REINFORZOS DE CONCRETO O PLASTOS PARA OBTENER CHOCAS SEPARACIONES, NO SE PERMITEN EL USO DE SOSTENCIONES METALICAS.
  - LA CONSTRUCCION DE LAS ANILLOS DEBEN AFERRARSE A LAS SIGUIENTES:
    - DESARROLLAR LA SUPERFICIE DE CONTACTO, HASTA DECORRER EL AGREGADO USADO
    - LA SUPERFICIE DE CONTACTO DEBEN ESTAR LIBRE DE POLVO, GRASA O CALDERON
    - DIRIGIR AGENTE CONTAMINANTE.
    - MANTENER HIGIENE LAS SUPERFICIES DE CONTACTO CON AGUA POR UN MINIMO DE OCHO DIAS.
    - APLICAR AGENTE TIPO SANGRIA-32 GEL O SIMILAR.
  - LA RELACION AGUA CEMENTO SERA A/C  $\leq 0.45$ 
    - SE APLICARA FIBRA PARA A BAZA DE 1.5 kg POR CADA BULTO DE CEMENTO DE 50 kg.

- ### III.- NOTAS DE REFUERZO
- ACERO DE REFUERZO  $f_y = 500 \text{ kg/cm}^2$  PARA A3/27 Y MAYOR
  - ACERO DE REFUERZO PARA VIGAS A1/A'  $f_y = 2350 \text{ kg/cm}^2$  (A100000)
  - ACERO EN MALLA ELECTRODOSA  $f_y = 500 \text{ kg/cm}^2$  (A100000)

#### IV.- TABLA DE VARILLAS

TABLA DE VARILLAS		DIAMETRO EN PULGADAS		CONSEJOS DE VARILLAS EN CM	
A	B	1	2	3	4
3/4"	3/8"	19	13	19	33
1/2"	1/4"	13	10	13	20
5/8"	5/16"	16	13	16	27
3/4"	3/8"	19	13	19	33
1/2"	1/4"	13	10	13	20
5/8"	5/16"	16	13	16	27
3/4"	3/8"	19	13	19	33
1/2"	1/4"	13	10	13	20
5/8"	5/16"	16	13	16	27

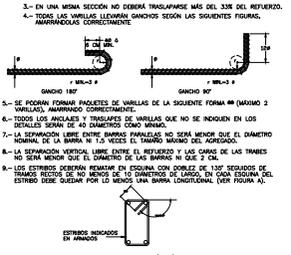


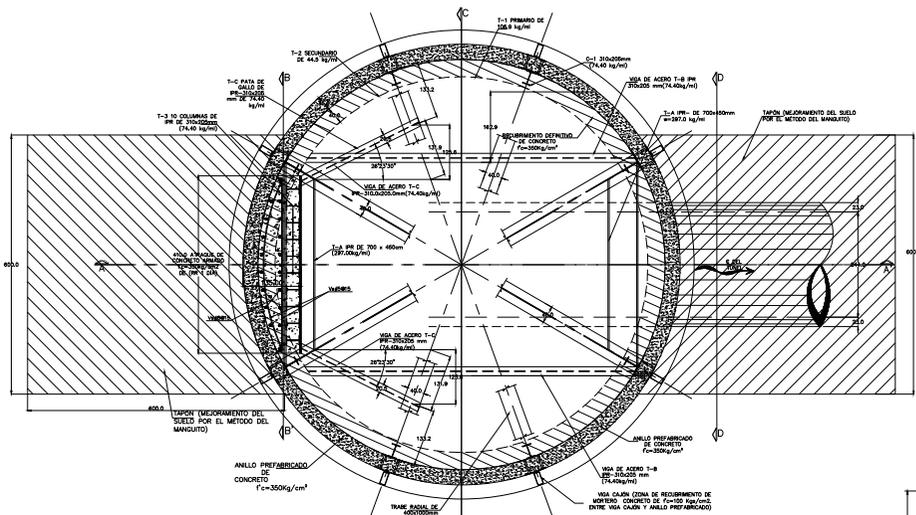
FIGURA (A)  
ACOT: cm ESC: 5/6

- ### FABRICACION DEL ACERO ESTRUCTURAL
- ELECTRODOS PARA SOLDADURA SERE E-70 EN ACERO ESTRUCTURAL
  - E-7024 PARA SOLDAR EN EL PLANO Y HORIZONTAL
  - E-7024 PARA SOLDAR EN ZONAS DE ACCESO COMPLICADO
  - Y DE AGUERO A 90°
  - TODOS LOS SOLDADURAS QUE SE EMPLEN DEBERAN ESTAR CALIFICADOS
  - LOS CORTE DEBEN HACER CON SOPORTE CUANDO NECESARIAMENTE
  - LAS SUPERFICIES POR SOLDAR ESTARAN LIBRES DE OXIDAS, ESCORIA, GRASA, PINTURA, RESINA, ETC.
  - EL PROCESO DE SOLDAR DEBEN EVITAR OBTENCIONES EN EL MIEMBRO
  - TODAS LAS SOLDADURAS A TERE DEBEN DE REALIZARSE COMPLETA SEGUN ESPECIFICACIONES A.B.S. Y LLEVARAN PLACAS DE RESPALDO CUANDO SE SUELDEN POR UN SOLO LADO.
  - EL REINFORZAMIENTO Y LA TRANSFERENCIA ENTRE PASADISOS ESTARAN DE ACUERDO CON LAS NORMAS A.B.S.
  - TODAS LAS SOLDADURAS DE REINFORZAMIENTO POR MEDIO DE RAYOS X, O DE ALGUN OTRO PROCEDIMIENTO NO DESTRUCTIVO QUE PERMITA TENER LA SEGURIDAD DE QUE ESTAN CORRECTAMENTE APAGADOS
  - SE REINFORZARA E INMEDIATO TODAS LAS SOLDADURAS QUE PRESENTEN DEFECTOS APARENTES DE IMPERMEABILIDAD, TALES COMO CHARRONES, OXIDAS Y SOLDADURAS INCOMPLETAS.
  - SE APLICARA UNA MANO DE PINTURA ANTICORROSION DESPUES DE APAGAR LAS PIEZAS DE LA TUBERIA Y ELIMINAR TODAS LAS ESCORIAS, OXIDOS Y ESCORIAS.
  - AL SOLDAR EN EL CAMPO DEBEN ELIMINARSE LA PINTURA EN UNA AREA DE 30 mm ALREDEDOR DE LA PARTE POR SOLDAR, QUE DEBERA PINTARSE POSTERIORMENTE.
  - LAS TRABES T-1 SERAN COLOCADAS AL CENTRO DE CADA ANILLO ANTES DE SANGRIARLAS

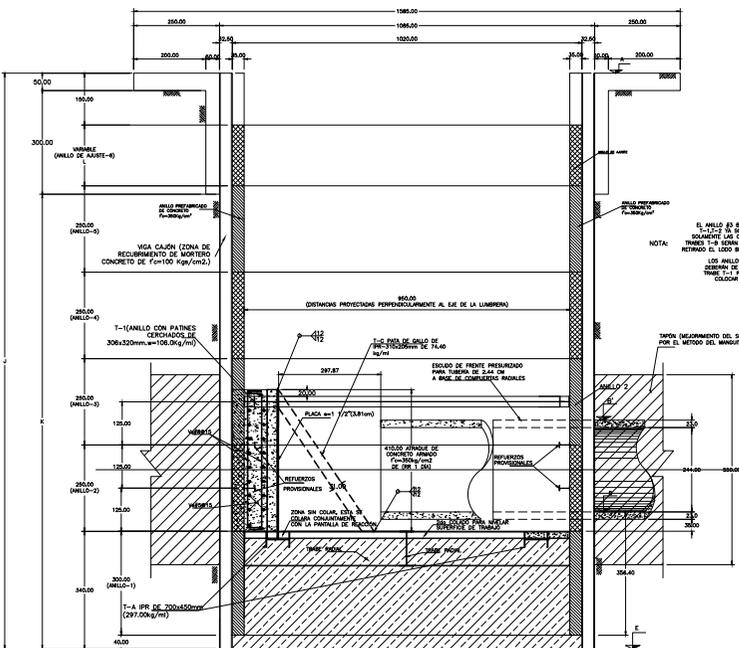
#### VI.- TABLA DE ELEVACIONES Y ALTURAS

TABLA DE ELEVACIONES Y ALTURAS		COORDENADAS	
A	B	C	D
2224.828	2212.096	2217.768	2214.616
2214.616	2211.116	2211.116	2211.116
8.832	6.538	10.472	13.872
13.872	13.872	10.372	488.91348
2,144,459.364			

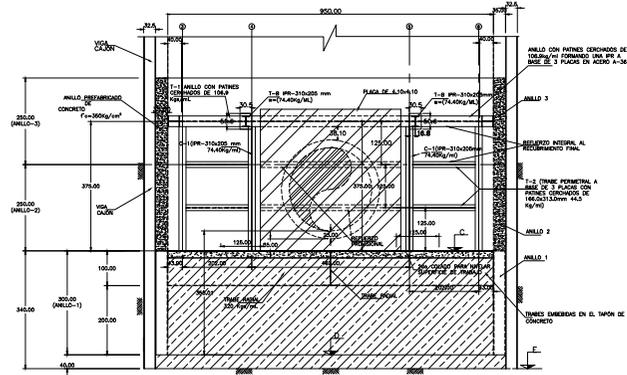




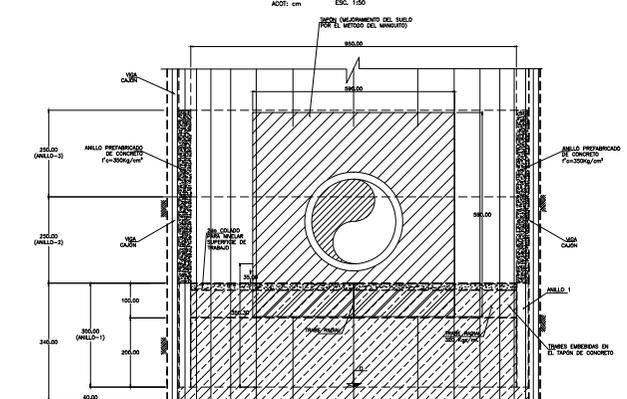
PLANTA DE LUMBRERA  
RELLENADA PERIMETRALMENTE CON  
CONCRETO  
A00T: mm ESC: 1/10



CORTE A-A'  
A00T: mm ESC: 1/10



CORTE B-B'  
A00T: mm ESC: 1/10



CORTE C-C'  
A00T: mm ESC: 1/10



CORTE D-D'  
A00T: mm ESC: 1/10

	TABLA DE ELEVACIONES Y ALTURAS											COORDENADAS			
	A	B	B'	C	C'	D	E	F	G	H	I	J	K	X	Y
LUMBRERA 9	2224.928	2215.096	2217.766	2214.516	2213.516	2211.516	2211.116	9.832	0.58	10.412	13.412	13.812	10.312	498,918,348	2,144,459,366

FABRICACIÓN DEL ACERO ESTRUCTURAL

- 1.- ELECTRODOS PARA SOLDADURA SÉRIE E-70 EN ACERO ESTRUCTURAL
- 2.- T-204 PARA SOLDAR EN EL PLANO Y HORIZONTAL
- 3.- T-204 PARA SOLDAR EN ZONAS DE ACCESO COMPLICADO Y DE ADELANTO A ASES S/I
- 4.- LOS PLANOS DE FABRICACIÓN Y MONTAJE DEBERÁN SER APROBADOS POR LA SUPERVISIÓN DE OBRA
- 5.- TODOS LOS SOLDADORES QUE SE EMPLEEN DEBERÁN ESTAR CALIFICADOS
- 6.- LOS CORTES SE DEBERÁN HACER CON SOPORTE CUANDO MECANICAMENTE SEAN NECESARIOS
- 7.- LAS SUPERFICIES POR SOLDAR ESTARÁN LIBRES DE COSTRAS, ESCORIA, PATA, PINTURA, GRASA, ETC.
- 8.- EL PROCESO DE SOLDAR DEBERÁ EVITAR DISTORSIONES EN EL MIEMBRO
- 9.- TODAS LAS SOLDADURAS A TIPO BARRA DE REFORZACIÓN DEBERÁN SER REFORZADAS EN LAS ZONAS DE UNIÓN
- 10.- SE RECOMIENDA EL USO DE PLACAS DE RESPALDO CUANDO SE SUELDE POR UN SOLO LADO
- 11.- EL PRECALENTAMIENTO Y LA TEMPERATURA ENTRE PASADAS ESTARÁN DE ACUERDO CON LAS NORMAS A.S.T.M.
- 12.- TODAS LAS SOLDADURAS DE REFORZACIÓN DEBERÁN SER HECHAS POR MEDIO DE BARRAS X O DE ALCAN ORO PROCEDIMIENTO NO DESTRUCTIVO QUE PERMITA TENER LA SEGURIDAD DE QUE ESTÁN CORRECTAMENTE APUSADAS
- 13.- SE RECOMIENDA EL USO DE PLACAS DE RESPALDO CUANDO SE SUELDE POR UN SOLO LADO
- 14.- SI SE EMPLEA UN PROCEDIMIENTO NO DESTRUCTIVO QUE PERMITA TENER LA SEGURIDAD DE QUE ESTÁN CORRECTAMENTE APUSADAS
- 15.- SE RECOMIENDA EL USO DE PLACAS DE RESPALDO CUANDO SE SUELDE POR UN SOLO LADO
- 16.- SI SE EMPLEA UN PROCEDIMIENTO NO DESTRUCTIVO QUE PERMITA TENER LA SEGURIDAD DE QUE ESTÁN CORRECTAMENTE APUSADAS
- 17.- SE RECOMIENDA EL USO DE PLACAS DE RESPALDO CUANDO SE SUELDE POR UN SOLO LADO
- 18.- SI SE EMPLEA UN PROCEDIMIENTO NO DESTRUCTIVO QUE PERMITA TENER LA SEGURIDAD DE QUE ESTÁN CORRECTAMENTE APUSADAS
- 19.- SE RECOMIENDA EL USO DE PLACAS DE RESPALDO CUANDO SE SUELDE POR UN SOLO LADO
- 20.- SI SE EMPLEA UN PROCEDIMIENTO NO DESTRUCTIVO QUE PERMITA TENER LA SEGURIDAD DE QUE ESTÁN CORRECTAMENTE APUSADAS

I.- NOTAS DE GENERALES

- 1.- ADICIONES EN CONTINENTES EXCEPTO BARRAS, ANILLOS EN METROS.
- 2.- ANTES DE PROCEDER A CONTINUAR SE DEBERÁ OBTENER LA CONCORDANCIA DE LOS PLANOS Y ANILLOS DE ESTOS PLANOS CON LOS PLANOS HOMOLOGOS COMPLETADOS Y VERIFICARSE POSTERIORMENTE EN OBRA.
- 3.- TODOS LAS COTAS TIENEN AL BARRIO, NO MIRA A ESCALA.
- 4.- TODOS LOS ANILLOS DE ESTE PLANO SON REFERENCIA EN LOS PLANOS HOMOLOGOS EN CASO DE CADA RIGEN LOS ANILLOS DE DICHO PLANOS.
- 5.- LAS DIMENSIONES DE LOS ELEMENTOS ESTRUCTURALES MENCIONADOS EN ESTOS PLANOS SON REFERENCIA EN LOS PLANOS HOMOLOGOS EN CASO DE CADA CONSULTAR A LOS PROYECTISTAS HOMOLOGO Y ESTRUCTURAL.

II.- NOTAS DE MATERIALES

- CONCRETO**
- 1.- SE USARÁ CONCRETO CLASE 1 CON  $f_{c'} = 300 \text{ kg/cm}^2$  CON ACREDO GRUESO TIPO BASTAJO QUE DE UN MÓDULO DE ELASTICIDAD MÍNIMO DE  $140000 \text{ kg/cm}^2$
  - 2.- EL TRAZO MÁXIMO DEL AGREGADO GRUESO DE LOS CONCRETOS SERÁ DE  $1.9 \text{ cm} (3/4")$
  - 3.- EL REFINAMIENTO DE LOS CONCRETOS SERÁ DE  $12 \text{ a } 3 \text{ mm}$
  - 4.- TODOS LOS CONCRETOS SE ELABORARÁN CON CEMENTO COMPLETO OPC 30 RS.
  - 5.- EL CUBAJE DE TODOS LOS ELEMENTOS DE CONCRETO SE REALIZARÁ MEDIANTE UN MÓDULO DE AGUA, POR UN PERÍODO MÍNIMO DE 7 DÍAS.
  - 6.- LOS REQUERIMIENTOS LÍMITE SERÁN DE 5 cm, UNO DESEMPLEANDO EL CONCRETO O SUELO PARA OBTENER OTRAS SEPARACIONES, SE EMPLEARÁ EL USO DE DISTINTORES DESEMPLEANDO EL CONCRETO O SUELO PARA OBTENER OTRAS SEPARACIONES.
  - 7.- LA CONSTRUCCIÓN DE LAS JUNTAS DE CONCRETO DEBERÁN APLICARSE A LAS SUPERFICIES DE CONTACTO, HASTA DESCUBRIR EL ACREDO GRUESO RECOMIENDÁNDOSE EL USO DE UN MÓDULO DE AGUA, POR UN PERÍODO MÍNIMO DE 7 DÍAS.
  - 8.- LA SEPARACIÓN ENTRE BARRAS PARALELAS NO SERÁ MENOR QUE EL DIÁMETRO NOMINAL DE LA BARRA NI 10 VECES EL TAMAÑO MÁXIMO DEL AGREGADO.
  - 9.- LAS BARRAS DEBERÁN REBAR EN ESCALERA CON DOBLEZ DE  $135^\circ$  SEGUNDOS DE TAMAÑO MÍNIMO DE 10 CM, EN CASO DE QUE EL TAMAÑO DE LA BARRA EXCEDA DEL ESTIPADO DEBE GUARDAR POR LO MENOS UNA BARRA LONGITUDINAL (VER FIGURA A).
  - 10.- REBAR DE TORNILLO COMPACTADO EN CAPAS DE 20 cm, CON HUMEDAD ÓPTIMA, AL SER DE LA PRUEBA PROCTOR.
  - 11.- EL CARGO E ESFUERZO DE LA TUBERÍA SE COLARÁ MONOLÍTICAMENTE CON EL MARGO DE  $15 \text{ a } 20 \text{ mm}$
  - 12.- TODOS LOS ANILLOS TENDRÁN UN REFORZO PERIMETRAL A LA MITAD DE ESTE, CON REFORZO VERTICAL COMO MÍNIMO EN LOS ANILLOS DE 10 CM DE DIÁMETRO, ANILLO QUE NO LLEGA ESTE REFORZO PERIMETRAL, ES EL ANILLO DE CEMENTO, INDICANDO LAS LUMBRERAS QUE COLARÁN VERTICALES COLARÁN A LA PLACA TRAC-1 PARA DARLE LA CONTINUIDAD EN TODA SU ALTURA PARA UNIR LOS ANILLOS.

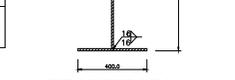
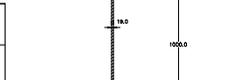
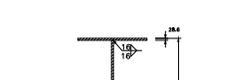
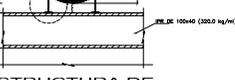
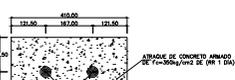
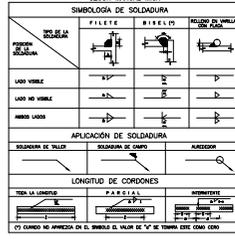
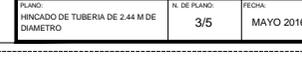
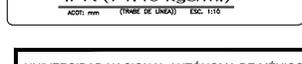
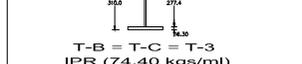
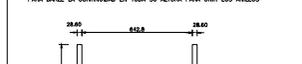
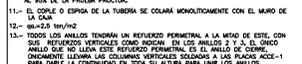
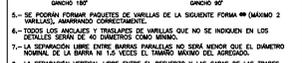
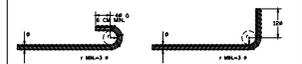
III.- NOTAS DE REFORZADO

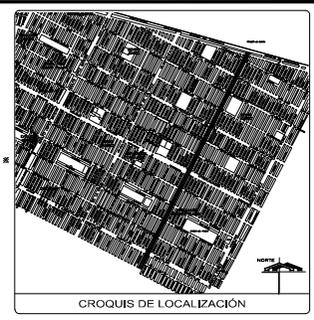
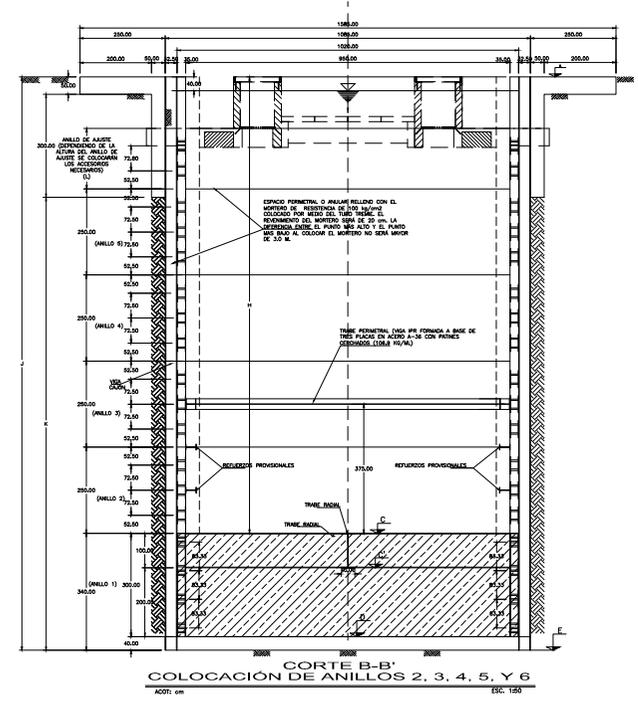
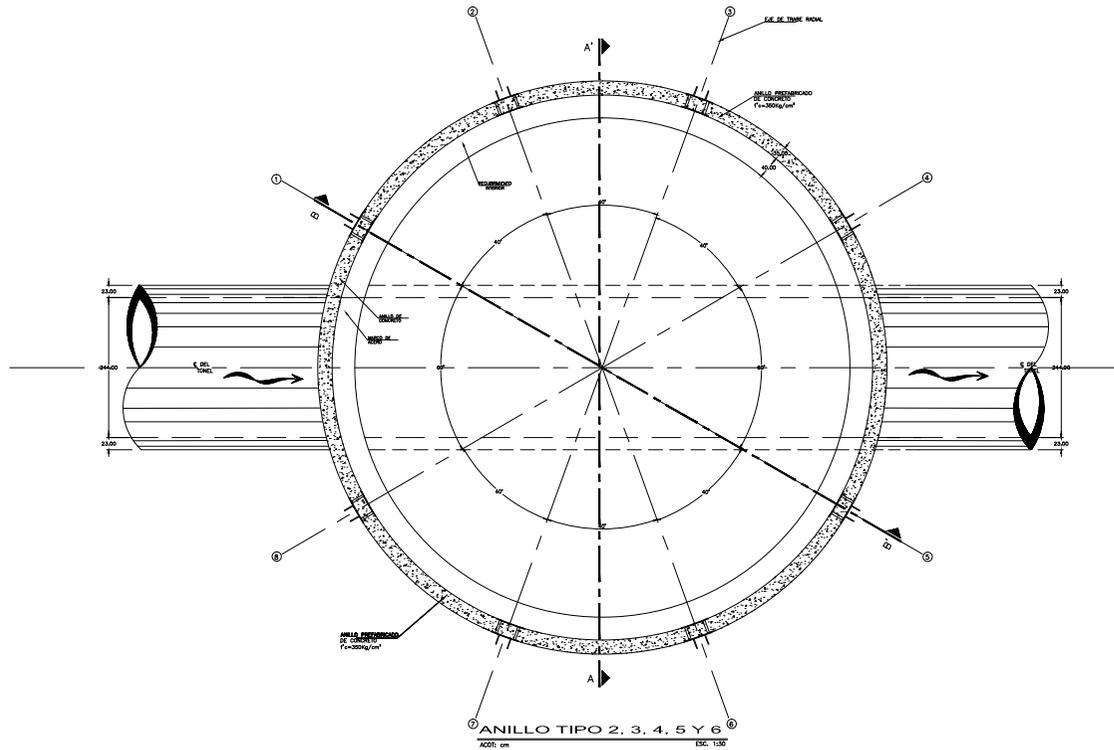
- 1.- TODOS LOS CARGOS DE BARRAS EN VARILLAS SE HAN EN FINO Y CON UNA FLEXIÓN MÍNIMA DE 1/4"
- 2.- TODAS LAS VARILLAS LLEVARÁN ANCLAJES Y TRASLASES SEGÚN LA SIGUIENTE FIGURA, EXCEPTO EN LOS CASOS EN QUE SE ESPECIFIQUE OTRO TIPO.

TABLA DE VARILLAS

DIÁMETRO EN PLAZAS	CONTINENTE DE TUBO EN CM	#	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
1/4"	2	10	8	15	15	20	20	25	25	30	30	35	35	40	40	45
3/8"	3	8	8	12	12	15	15	20	20	25	25	30	30	35	35	40
1/2"	4	8	8	12	12	15	15	20	20	25	25	30	30	35	35	40
3/4"	6	12	12	15	15	20	20	25	25	30	30	35	35	40	45	50
1"	8	15	15	20	20	25	25	30	30	35	35	40	40	45	50	55
1 1/4"	10	20	20	25	25	30	30	35	35	40	40	45	45	50	55	60
1 1/2"	12	25	25	30	30	35	35	40	40	45	45	50	50	55	60	65

- SOLDAR (VER NOTAS DE SOLDADURA)





- NOTAS:**
- 1.- AOTACIONES EN CENTIMETROS EXCEPTO INDICADAS, NUNCA EN METROS.
  - 2.- ANTES DE PROCEDER A COLOCAR EL CONCRETO SE DEBERA CHEQUEAR LA COORDINACIÓN DE COTAS Y NIVELES DE ESTOS PLANOS CON LOS PLANOS HORMALADOS CORRESPONDIENTES Y VERIFICAR POSTERIORMENTE EN OBRA.
  - 3.- TODAS LAS COTAS RODEAN AL DIBUJO, NO MIEDA A ESCALA.
  - 4.- TODOS LOS NIVELES DE ESTE PLANO SON CON REFERENCIA EN LOS PLANOS HORMALADOS EN CASO DE DEJAR NUNCA LOS NIVELES DE ESTOS PLANOS.
  - 5.- LAS DIMENSIONES DE LOS ELEMENTOS ESTRUCTURALES INDICADAS EN ESTOS PLANOS DEBE SOBRE LOS PLANOS HORMALADOS EN CASO DE DUDA CONSULTAR A LOS PROYECTOS HORMALADO Y ESTRUCTURAL.
- II.- NOTAS DE MATERIALES**
- CONCRETO**
- 1.- SE USARÁ CONCRETO CLASE 15 CON F<sub>CD</sub> 200 kg/m<sup>3</sup> CON AGREGADO REDONDO TIPO BASTIDO QUE DE UN MÓDULO DE ELASTICIDAD MÍNIMO DE 140000'281,8145 kg/cm<sup>2</sup>
  - 2.- EL TAMANO MÁXIMO DEL AGREGADO OBTENIDO EN LOS CONCRETOS SERÁ DE 1.8 cm (3/4")
  - 3.- EL MOVIMIENTO DE LOS CONCRETOS SERÁ DE 12 ± 2 cm.
  - 4.- TODOS LOS CONCRETOS SE ELABORARÁN CON CEMENTO COMPLETO OPC 30 RS.
  - 5.- EL CUANDO DE TODOS LOS ELEMENTOS DE CONCRETO SE REALICEN MEDIANTE RODAJOS CENTROS DE AGUA POR UN FORTO MENOS DE 7 DÍAS.
  - 6.- LOS REFORZAMIENTOS LIBRES SERÁN DE 3 mm. USAR DISTANCIADORES DE CONCRETO O PLASTICO PARA OBTENER DICHAS SEMANACIONES, NO SE PERMITIRÁ EL USO DE DISTANCIADORES METALICOS.
  - 7.- LA IDENTIFICACIÓN DE LAS JUNTAS DE COLADO DEBERÁN AFERRARSE A LAS SIGUIENTES RECOMENDACIONES:  
- ESTABLECER EL SUPERFICIE DE CONTACTO, HASTA RESERVAR EL AGREGADO OBTENIDO LA SUPERFICIE DE CONTACTO DEBERÁ ESTAR LIBRE DE POLVO, GRASA O CUALQUIER OTRO AGENTE CONTAMINANTE.  
- MANTENER HUMEDAS LAS SUPERFICIES DE CONTACTO CON AGUA, POR UN MÍNIMO DE 4 HORAS ANTES DEL MOMENTO DE COLAR EL SIGUIENTE.  
- LA RELACIÓN AGUA CEMENTO SERÁ A/C < 0.45
  - 8.- SE AGRABARÁ FISTEROLA A RAZÓN DE 1.5 kg POR CADA BULTO DE CEMENTO, DE 50 kg.
- ACERO DE REFORZADO**
- 1.- ACERO DE REFORZADO F<sub>y</sub> = 4200 kg/cm<sup>2</sup> PARA #3/8" Y #10/8"
  - 2.- ACERO DE REFORZADO PARA NUBES #1/4" (F<sub>y</sub> = 2500 kg/cm<sup>2</sup>) (ALAMBRÓN)
  - 3.- ACERO EN MALLA ELECTRODIFUSIÓN (F<sub>y</sub> = 5000 kg/cm<sup>2</sup>)

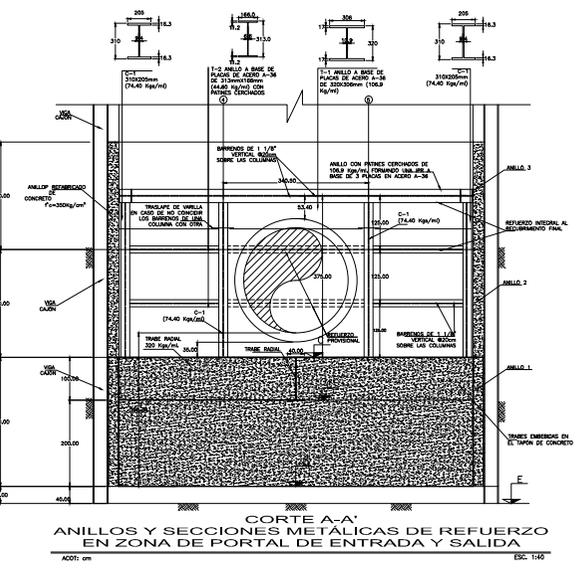
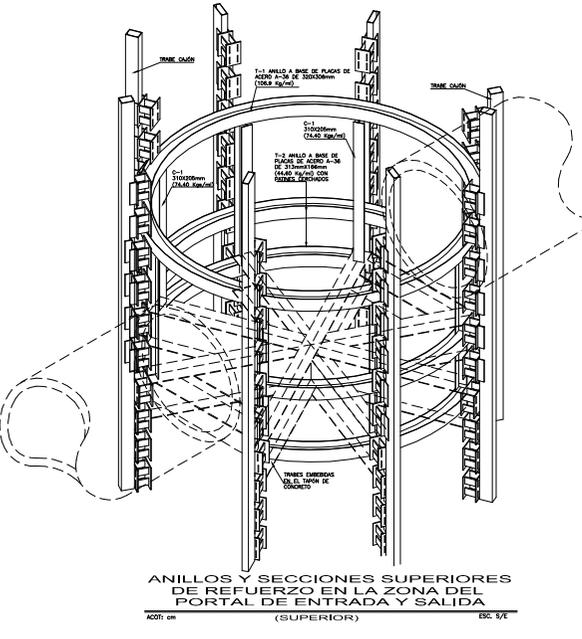
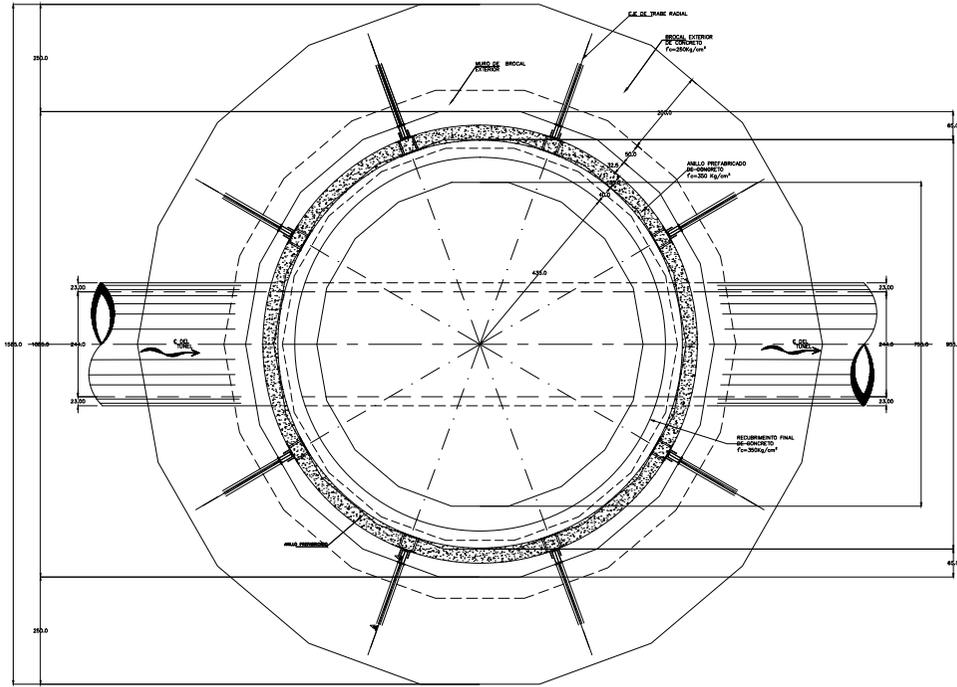


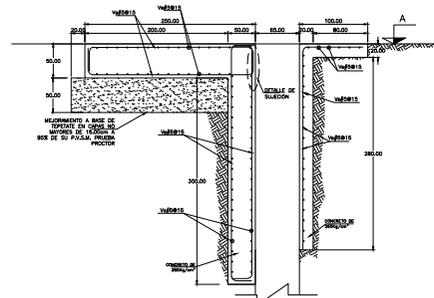
TABLA DE COORDENADAS Y ALTURA															
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	ALTA EN METROS			
LUMBRERA 9	2224.238	2215.026	2217.706	2214.510	2213.514	2211.516	9.832	0.58	10.412	13.412	13.812	10.312	488.18.248	2.14.468.266	0.212



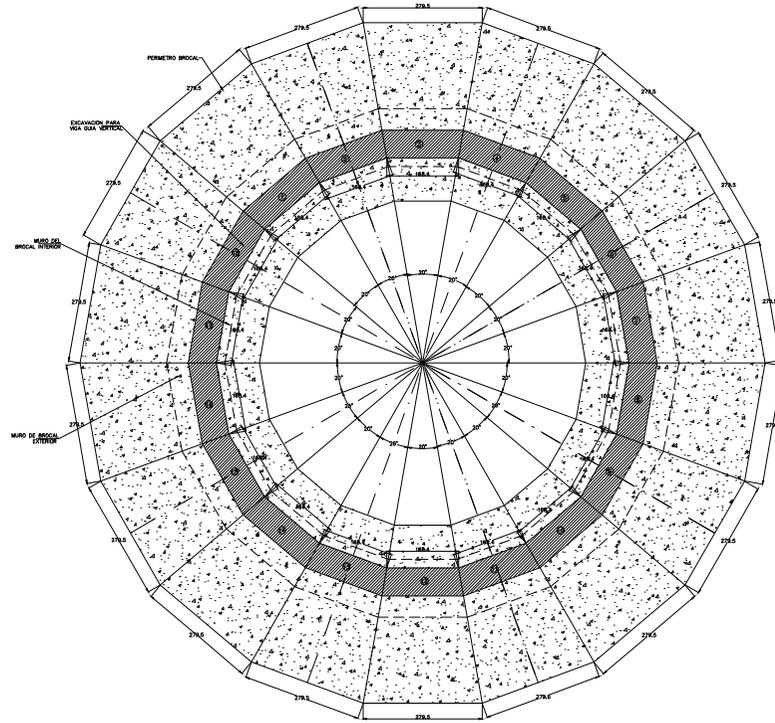
- III.- NOTAS DE REFORZADO**
- 1.- TODOS LOS CAMBIOS DE DIRECCIÓN EN VARILLAS SE HARÁN EN 90° Y CON UNA PENDIENTE MÍNIMA DE 1:3
  - 2.- TODAS LAS VARILLAS LLEVARÁN ANCLAJES Y TRASLAPES SEGÚN LA SIGUIENTE FIGURA, EXCEPTO EN LOS CASOS EN QUE SE ESPECIFIQUE OTRO DETALLE.
- TABLA DE VARILLAS**
- | DIMENSIÓN EN PULGADAS | CONTENIDO DE META EN CM       |
|-----------------------|-------------------------------|
| # 3                   | 1 1/2 1 3/4 1 1/2 1 1/4 1 1/4 |
| 1/4"                  | 2 5 5 15 15 30                |
| 3/8"                  | 3 6 6 18 25 45                |
| 1/2"                  | 4 8 8 20 25 60                |
| 5/8"                  | 5 10 10 25 30 80              |
| 3/4"                  | 6 12 15 30 40 80              |
| 1"                    | 8 15 20 45 50 110             |
| 1 1/4"                | 10 20 30 60 70                |
| 1 1/2"                | 12 25 35 70 80                |
- \* SOLDAR (VER NOTAS DE SOLDADURA)
- 3.- EN UNA MISMA SECCIÓN NO DEBERÁ TRASLAPARSE MÁS DEL 33% DEL REFORZADO.
  - 4.- TODAS LAS VARILLAS LLEVARÁN MANCHOS SEGÚN LAS SIGUIENTES FIGURAS, AMARRANDOLAS CORRECTAMENTE.
- FIGURA (A)**
- 5.- SE PODRÁN EMPLEAR PAQUETES DE VARILLAS DE LA SIGUIENTE FORMA (MÁXIMO 2 VARILLAS AMARRADO CORRECTAMENTE).
  - 6.- TODOS LOS ANCLAJES Y TRASLAPES DE VARILLAS QUE NO SE INDICAN EN LOS DETALLES SERÁN DE 40 DIÁMETROS COMO MÍNIMO.
  - 7.- LA SEPARACIÓN LIBRE ENTRE VARILLAS PARALELAS NO SERÁ MENOR QUE EL DIÁMETRO NOMINAL DE LA VARILLA NI VECES 3 EL TAMANO MÁXIMO DEL AGREGADO.
  - 8.- LA SEPARACIÓN VERTICAL LIBRE ENTRE EL REFORZADO Y LAS CARGAS DE LAS TRABES NO SERÁ MENOR QUE EL DIÁMETRO NI VECES 3 EL TAMANO MÁXIMO DEL AGREGADO.
  - 9.- LOS ESTRIBOS DEBERÁN HEMOCAR EN ESCUINA CON DOBLEZ DE 135° SEGUROS DE TRABES RECTAS DE NO MENOS DE 1/4" DE ESPESOR EN CADA SECCIÓN DEL ESTRIBO DEBE QUEDAR POR LO MENOS UNA BARRA LONGITUDINAL (VER FIGURA A).
  - 10.- RELLENO DE TRITEX, COMPACTADO EN CAPAS DE 20 cm, CON HÚMEDAD ÓPTIMA, AL 85% DE LA PRESIÓN PROCTOR.
  - 11.- EL CABLE O ESPINA DE LA TUBERÍA SE COLARÁ MONOLÍTICAMENTE CON EL MURO DE LA CUBA.
  - 12.- q<sub>s</sub> = 2.5 ton/m<sup>2</sup>



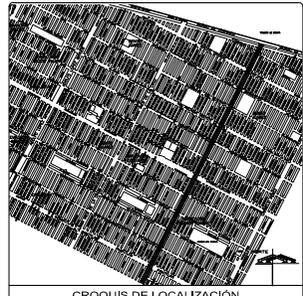
**PLANTA DE LUMBRERA**  
ACOT: cm ESC: 1:40



**DETALLE DE BROCAL**  
ACOT: cm ESC: 1:25



**PLANTA DE BROCALES**  
ACOT: cm ESC: 1:40



CROQUIS DE LOCALIZACION

**NOTAS:**

- GENERALES**
- LA FORMA REAL DE LOS BROCALES EN PLANTA SERA UNA POLIGONAL CON 16 LADOS IGUALES PARA POSIBILITAR EL USO DE LA ALMGA GUACA.
  - LAS DIMENSIONES Y EL NUMERO DE LADOS DEL POLIGONO QUE FORMAN EL BROCAL EXTERIOR E INTERIOR SE DEFINIRAN EN LA OBRA DE ACUERDO CON LA GEOMETRIA DE LA ALMGA GUACA DISPONIBLE.
  - LAS DIMENSIONES DEL BROCAL DEBERAN AJUSTARSE TAMBIEN DE ACUERDO CON LA LOCALIZACION DE LOS PUNTOS DONDE SE INCORPORARAN LAS PLACAS DE FUNCION DE LAS TRABES-GUA VERTICALES.
  - AL DETERMINAR EL POLIGONO PARA DISEÑAR LA TRINCHERA PERIMETRAL, SE PROCURARA QUE LOS LADOS DONDE SE ALCAMARAN LAS TRABES-GUA VERTICALES, SEAN PARALELOS A LA BASE.
  - LA ELEVACION DE LA ZANJA PERIMETRAL HASTA 4.00 M. SE LLEVARA A CABO CON UN ANCHO DE 60 CMS. POSTERIOR A ESA PROFUNDIDAD SE REALIZARA CON UN ANCHO DE 85 CMS.

- CONCRETO:**
- REFORZADO DEL BROCAL**
- DIMENSIONES EN CENTIMETROS ELEVACIONES EN METROS.
  - MATERIALES:  
CONCRETO:  $f_c = 150 \text{ kg/cm}^2$ , DE MINIMO PESO VOLUMETRICO DE 2.20  $\text{ton/m}^3$   
ACERO DE REFUERZO CORRUGADO:  $f_y = 4200 \text{ kg/cm}^2$ .

- CONCRETO:**
- REFORZADO PARA EL ANILLO EXTERIOR COMO EL ANILLO INTERIOR**
- MATERIALES:  
CONCRETO  $f_c = 250 \text{ kg/cm}^2$ , DE MINIMO PESO VOLUMETRICO DE 2.3  $\text{ton/m}^3$   
ACERO DE REFUERZO CORRUGADO:  $f_y = 4200 \text{ kg/cm}^2$   
REVENIMIENTO DE CONCRETO PRESO: 10 CM
  - DETALLES DE ANCLAJE DE VARILLAS DE ACERO DE  $f_y = 4200 \text{ kg/cm}^2$  PARA EL CONCRETO DE  $f_c = 250 \text{ kg/cm}^2$

**TABLA DE VARILLAS**

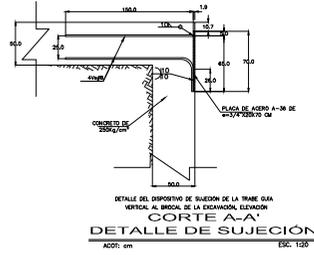
#	a	b	c	d	e
	cm	cm	cm	cm	cm
2	15	8	3	3	24
3	19	11	4	4	33
4	26	15	5	6	44
5	32	19	6	7	55
6	38	23	8	8	66
8	51	30	10	11	88
10	64	38	13	14	110
12	77	46	15	17	132

dóblez a 90 grados      dóblez a 180 grados

- EN UNA SECCION INTERIUMPR MAXIMO EL 33% DEL AREA DE REFUERZO DEBEN SER VARILLAS DE 10MM. LA SECCION CONSIDERADA SATISFACIENDO ASÍ LAS CONDICIONES DE TRALLAPE. LA LONGITUD DE EMPALME SERA DE 40 DIAMETROS DE LA VARILLA.
- EN TODOS LOS ELEMENTOS, EL REFORZAMIENTO LIBRE DE TODA RAMA DE REFUERZO NO SERA MENOR QUE SU DIAMETRO, NI MENOR QUE 2.5 CM.
- EL TAMAÑO MAXIMO DE LOS GRANOS DE AGREGADO PIEDRO SERA DE 12.7 mm.

**TABLA DE ELEVACIONES Y ALTURAS**

	A	B	B'	C	C'	D	E	F	G	H	I	J	K	X	Y
	(m+0.0)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m)								
LUMBRERA 9	2224.928	2215.096	2217.766	2214.516	2213.516	2211.516	2211.116	9.832	0.58	10.412	13.412	13.812	10.312	498,918.348	2,144,459.366



**CORTE A-A**  
DETALLE DE SUJECION  
ACOT: cm ESC: 1:20



**ISOMETRICO**  
DETALLE DE SUJECION  
ACOT: cm ESC: 1:20