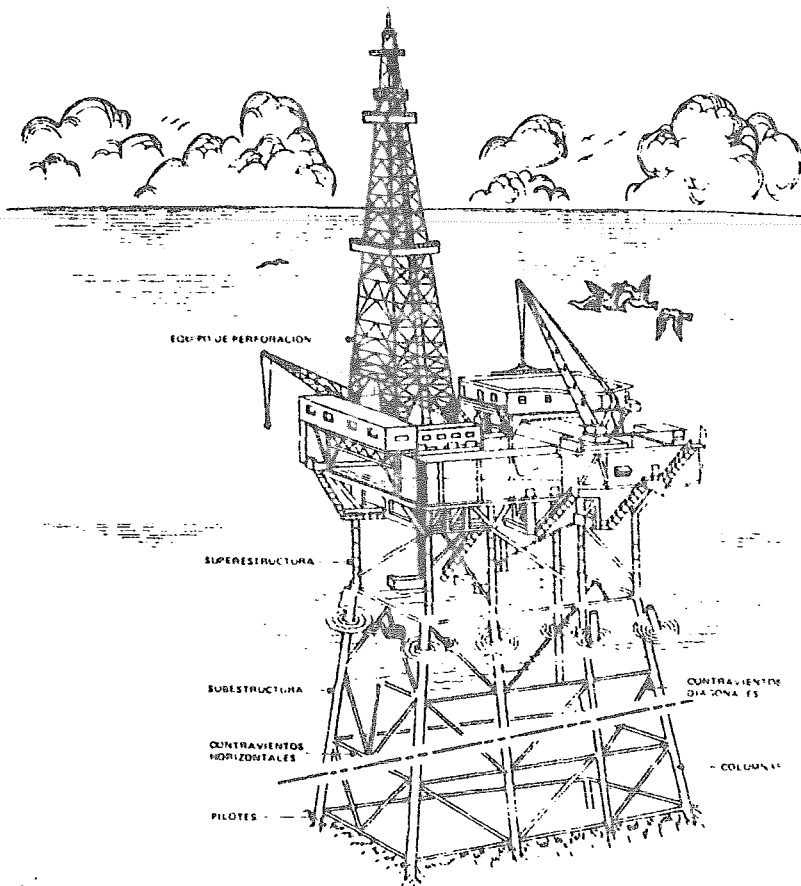


ESTUDIOS GEOFISICOS Y DE MECANICA DE SUELOS PARA LA DETERMINACION DE LA CIMENTACION DE UNA PLATAFORMA MARINA



M-0028618



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



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.

ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES "ACATLAN"
COORDINACION DEL PROGRAMA DE INGENIERIA Y ACTUARIA.



CAI-I-121/80.

SEÑORES
MIGUEL FLORES MENDEZ
LUIS MUNGUIA AVILA
JOSE LUIS ONTAÑON LEON
Alumnos de la carrera de
Ingeniero Civil,
P r e s e n t e.

De acuerdo a su solicitud presentada con fecha 20 de febrero de 1980, me complace notificarles que esta Coordinación tuvo a bien asignarles el siguiente tema de tesis: "Estudios geofísicos y de mecánica de suelos para la determinación de la cimentación de una plataforma marina", el cual se desarrollará como sigue:

- I.- Introducción.
- II.- Estudios geofísicos.
- III.- Estudios de mecánica de suelos.
- IV.- Solución a un problema real
- V.- Conclusiones.

Asimismo fué designado como Asesor de Tesis el Señor Ing. Juan José Vilchis Viveros, profesor de esta Escuela.

Ruego a ustedes tomar nota que en cumplimiento de lo especificado en la Ley de Profesiones, deberán prestar servicio social durante un tiempo mínimo de seis meses como requisito básico para sustentar examen profesional, así como de la disposición de la Dirección General de Servicios Escolares en el sentido de que se imprima en lugar visible de los ejemplares de la tesis, el título del trabajo realizado. Esta comunicación deberá imprimirse en el interior de la tesis.

A t e n t a m e n t e
"POR MI RAZA HABLARA EL ESPIRITU"
Acatlán, Edo. de Méx., a 21 de Octubre de 1980.



ING. ALEJANDRO RAMIREZ SECENA
Coordinador del Programa
de Ingeniería y Actuaría.

ENEP - ACATLAN
COORDINACION DE
INGENIERIA Y ACTUARIA

Damos las más sinceras
gracias por la ayuda -
prestada y sus sabios
consejos en la elaboración
del presente tra-
bajo a:

Ing. Juan José Vilchis V. y
Dr. Raúl Flores Berrones.

Además, agradecemos la colaboración
de las compañías:

Proyectos Marinos, S.C. y
Cía. Mexicana Aerofoto, S. A.

A la ENEP Acatlán.
A nuestros Maestros.
A nuestros compañeros y
Amigos.

J. Luis. Ontañón L.
Miguel Flores M.
Luis Munguía A.

Esta obra es el final de
una ilusión, una esperanza
y un sacrificio de mis tres
seres más queridos:

Mi Madre: Claudia León P.

Mi Abuelita: Virginia Palacios y

Mi Madre: Josefina León P.

Y que yo como instrumento y
único beneficio les da el -
más sincero agradecimiento.

También, agradezco la poca o mucha
ayuda que me presto toda mi familia
León, muy en especial a mis tíos:

Moisés León Palacios.

José León Palacios y

Cándido León Palacios.

J. Luis Ontañón León.

A mis Padres:

Como una demostración
de mi más sincero
agradecimiento.

A mis Hermanos:

Alejandro, Jorge, Jesús, Gabriel,
Cecilia, Rosa, Alicia, Beatriz y
Gabriela.

Con todo mi amor

A mi Esposa y a mis hijos.

Socorro

Wendy A. +

Miguel Alberto

Carlos Guillermo

A mis suegros:

Por el apoyo que me brindaron.

A mis Cuñados:

Santos, Roberto, Antonio,
Rosa, Estela y Juana.

A los Señores:

Arturo Alvarado
Ma. de la Luz Palafox
por sus consejos.

Miguel Flores Méndez.

A mis Padres:

Con cariño y respeto como una muestra de gratitud por todos sus esfuerzos para darme esta profesión.

A mis Hermanos:

Elsa, Pablo y Jesús

A mi Cuñado:

Beto.

A mi Cuñada:

Guadalupe

A mi novia:

Yolanda con mucho cariño y amor.

Luis Munguía Avila.

PROLOGO

En el presente trabajo queremos hacer notar que ha sido tratado en una forma somera, debido a las restricciones -- que se tuvieron por parte de las compañías extranjeras que rea- lizan estos trabajos. Sin embargo, se ha cumplido con todos los fines para los cuales fue realizado, tratando de no --- pasar por alto ningún detalle. Esperamos que estos estudios- Geofísicos y de Mecánica de suelos que se realizan para las --- plataformas marinas, aporten algo nuevo dentro de la Ingeniería Civil en México.

A T E N T A M E N T E

Miguel Flores Mendez.
Luis Munguia Avila.
Jose Luis Ontanon León.

I N D I C E

	PAG.
I. INTRODUCCION	1
II. ESTUDIOS GEOFISICOS	3
III. ESTUDIOS DE MECANICA DE SUELOS	24
IV. SOLUCION A UN PROBLEMA REAL	51
V. CONCLUSIONES	87

M-0028618

CAPITULO I

INTRODUCCION

Petróleos Mexicanos en los últimos años ha localizado en la Plataforma Continental del Golfo de México un -- gran número de yacimientos de petróleo, que han dado origen -- al desarrollo de la perforación marina, tanto de exploración como de desarrollo.

Para llevar a cabo tal desarrollo PEMEX ha empleado diversos equipos de perforación:

Barcos perforadores sin propulsión
Barcos perforadores autopropulsados
Plataformas de perforación semisumergibles
Plataformas de perforación autoelevables
Plataformas de perforación fijas.

El presente trabajo está enfocado al desarrollo de la perforación marina mediante el empleo de plataformas fijas de perforación y su objetivo es el estudio y aplicación de los métodos geofísicos y geotécnicos, para la determinación de la cimentación adecuada.

En la cimentación de estructuras fijas fuera de la costa se tienen dos casos:

- a). Las estructuras de gravedad cimentadas de -- acuerdo a su propio peso, sobre el lecho marino.
- b). Las estructuras cimentadas por medio de pilotes, hincados a grandes profundidades, que -- trabajan tanto por punta como por fricción.

Este trabajo enfoca el estudio de las estructuras marinas apoyadas sobre pilotes.

Se mencionan primeramente los Estudios Geofísicos con los que se obtiene información de las características batimétricas y litológicas tanto del lecho como del subsuelo marino. Se hace una breve descripción del uso e interpretación de los sistemas utilizados simultáneamente para la prospección Geofísica.

Con los datos anteriores se ubicará el lugar donde se ejecutará la investigación Geotécnica. Se analiza la obtención de muestras de suelo y se mencionan las pruebas usuales de Mecánica de suelos a que son sometidas, para conocer sus propiedades índice y características mecánicas, que permitan establecer los criterios más adecuados para dar la solución que garantice la estabilidad de las estructuras marinas.

Se presenta un apéndice que se refiere a los tipos de instrumentos y la forma en que son utilizados en la cimentación de la estructura y que aportarán datos que servirán para verificar el comportamiento tanto de la estructura como de la cimentación, debida a las presiones ejercidas sobre la plataforma.

Finalmente se analiza un problema real. En él se mencionan los resultados a los que llega con la prospección Geofísica, así como, la investigación Geotécnica.

Por último se presentan las conclusiones a las que se llegó, en la elaboración del presente trabajo.

SUB-INDICE

CAPITULO II

	PAG.
2. ESTUDIOS GEOFISICOS	3
2.1 DESCRIPCION Y USO DE LOS SISTEMAS DE ALTA RE- SOLUCION GEOFISICA	4
2.2 PROCESAMIENTO	13
2.3 CONFIGURACION DE ESTRUCTURAS	20
2.4 INTERPRETACION DE DATOS PARA DISEÑO DE CIMENTACIO- NES	21

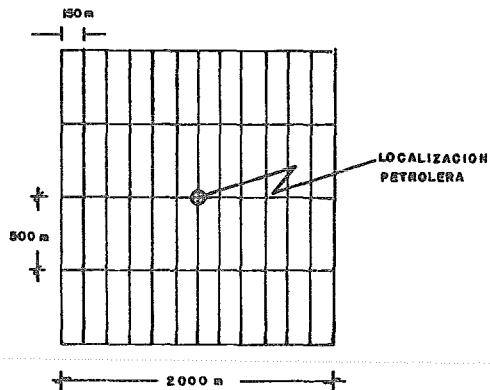
CAPITULO II

ESTUDIOS GEOFISICOS

En los últimos años se han desarrollado técnicas mediante la utilización de equipo electrónico de alta, resolución acústica para conocer la estratigrafía del subsuelo marino, así como, para determinar la existencia de estructuras geológicas que por su origen y características presenten riesgos para la cimentación de plataformas petroleras marinas.

Es por ésto que se han realizado estudios geofísicos para determinar las características del suelo y subsuelo marino. Estos requieren del uso simultáneo de tres tipos de equipos: los destinados a investigar el tirante de agua; los destinados a conformar el fondo marino y los que exploran el subsuelo. Adicionalmente se realizan algunos tipos de levantamientos, entre los que se pueden citar: los estudios de selección de trayectorias para tuberías submarinas, determinación de retículas de exploración para la instalación de plataformas petroleras (Fig. # 1), localización de tuberías y objetos hechos por el hombre, obteniendo datos desde la superficie hasta varios metros de profundidad, con tirantes de agua de altura variable y en campos petroleros fuera de la costa.

A continuación se da una explicación y descripción de los sistemas y equipo geofísico más usualmente utilizados en la exploración marina, con lo que se pretende cubrir el contenido de este capítulo.



RETICULA DE LEVANTAMIENTO DE UNA LOCALIZACION PETROLERA

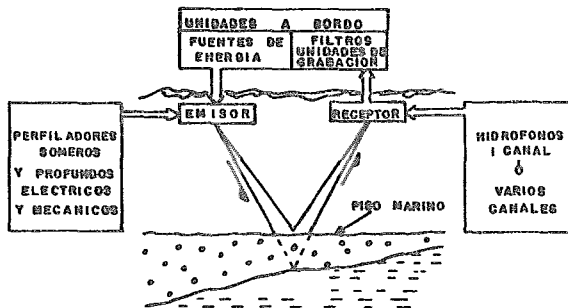


DIAGRAMA ILUSTRATIVO DEL FUNCIONAMIENTO DE LOS PERFILADORES

ENEP ACATLAN UNAM	TESIS PROFESIONAL	
	RETICULAR DE EXPLORACION	
MEXICO	1980	Fig 1

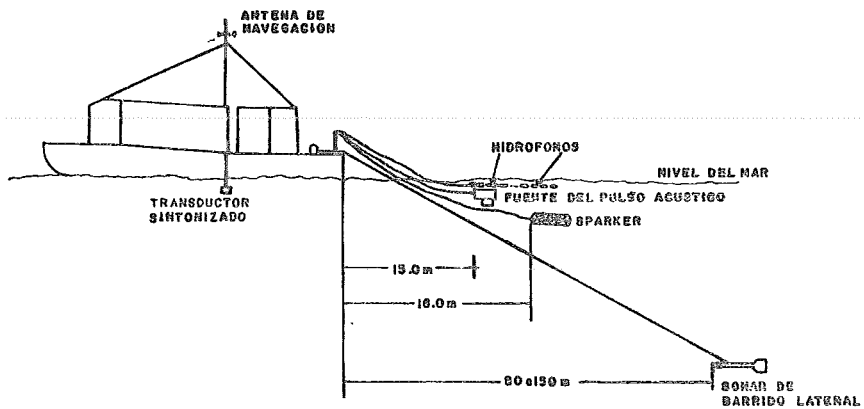
2.1 DESCRIPCIÓN Y USO DE LOS SISTEMAS DE ALTA RESOLUCIÓN GEOFÍSICA.

Las bases de la Geofísica de Exploración están relacionadas intrínsecamente con la propagación y reflexión del sonido en las diferentes capas de los medios geológicos. El sonido es una vibración longitudinal de materia, o sea, -- una serie de compresiones y descompresiones que se expanden en todas direcciones a partir de la fuente que lo genera. La velocidad de propagación de este movimiento dependerá directamente de la rapidez con la cual pueda vibrar la materia en la que viaja el sonido, por lo que la velocidad de propagación está gobernada principalmente por el estado físico de la sustancia (sólido, líquido o gaseoso), y en menor grado, por la temperatura y presión a la que se encuentra dicho material.

El subsuelo del mar está constituido, para efectos prácticos, por una secuencia de sedimentos que han sido depositados suavemente en capas, una sobre la otra. Estas capas constituyen interfaces de velocidad, ya que de unas a otras la velocidad es diferente, siendo esta la razón por la cual existe una reflexión en cada una de estas interfaces. Los rangos de velocidades normales varían entre los 1500 y 7000 metros/segundo, correspondiendo la primera al agua de mar y la segunda a rocas de alta densidad.

Los fundamentos de la geofísica de reflexión -- consisten básicamente en emisión y recepción de vibraciones sónicas o señales sísmicas, a través de los medios marino-geológicos (Fig. # 2).

Si se supone que la superficie del agua y el fondo del mar son planos y sobre la primera superficie se coloca un transmisor de señales sísmicas y un receptor a una determi-



ENEP ACATLAN UNAM	TESIS PROFESIONAL
	DISTRIBUCION DEL EQUIPO EN EL MAR
MEXICO 1980	Fig. 2

nada distancia del primero, existirá una reflexión en el punto medio entre ambos sobre la superficie del fondo del mar con un ángulo de incidencia igual al de reflexión.

Ahora bien, si se generaliza este fenómeno a -- las capas geológicas del subsuelo marino, en cada una de ellas existirá una reflexión de la señal sísmica, con lo cual, si se conoce el lapso del tiempo que se toma la señal en el trayecto emisión-recepción y la velocidad de propagación en los medios recorridos, se está en condiciones de conocer la profundidad a la cual se encuentran las diferentes capas bajo el punto de reflexión común.

Además, si se generaliza una sucesión discreta -- de puntos de reflexión a lo largo de una línea, se puede conocer con gran certeza la distribución especial de los estratos bidimensionalmente, lo que, al obtenerse con un equipo sismológico, es conocido como una sección sísmica.

SISTEMA PROFUNDIDAD DE AGUA

Este sistema usado comunmente para sondear la -- profundidad, consiste de una fuente de poder suministrada por un transductor (transceptor que alternativamente transmite y -- recibe sonidos), y de un registro gráfico; el transductor sondeador se instala usualmente en el casco del barco; en el centro del mismo de 6 a 8 pies bajo la línea de agua. El trans--ductor convierte la energía eléctrica en energía de sonido, la cual es transmitida hacia el fondo marino; cuando esta energía toca el fondo (o algún otro objeto que tenga propiedades acústicas que sean diferentes a las del agua), una parte de ellas se refleja al transductor (transceptor) en forma de eco. De -- esta manera la energía de sonido es transformada en energía -- eléctrica dentro del transductor y es captada por el registro gráfico, asumiendo una velocidad del sonido en el agua de --

1541 m/seg., la cual es casi constante.

La cantidad de tiempo que transcurre entre la transmisión del pulso y la recepción del eco es una medida de la distancia recorrida. Dividiendo este valor en la mitad se convierte la distancia recorrida en profundidad. Para tener una mayor exactitud de este sistema conviene tener en cuenta que ésta depende en gran parte de dos variables:

- a). La velocidad del sonido en el agua, la cual puede variar con los cambios de temperatura y salinidad.
- b). La precisión de los circuitos electrónicos usados.

Este sistema es conveniente para operar en profundidades desde unos pocos a varios cientos de pies, aunque también conviene utilizarlo para detectar burbujas de gas en el agua; de esta manera se pueden elaborar los planos batimétricos o de profundidad de agua.

SISTEMA DE TRANSDUCTOR SINTONIZADO

Uno de los sistemas de transductores más comúnmente usado es un transductor de 7 Kilociclos y un registro gráfico; el transductor puede ser remolcado atrás del barco de inspección (colocado en una casa de líneas de corriente) o bien fijado a lo largo de la popa del barco de inspección. El sistema está diseñado para dar una alta resolución de reflexión sísmica de datos hasta de más de 30 m de penetración en el subfondo; este sistema usa un transductor piezoeléctrico para suministrar un pulso de 3.5 a 7 KHz para una potencia arriba de dos joules; el pulso transmitido tiene una longitud de onda de menos de 1 pie (0.3 m), y produce uno o dos ciclos de señales de frecuencia con un tiempo diferido para

cada señal. La señal que regresa es captada en un registro gráfico de papel seco.

Este sistema sirve para registrar con más precisión la profundidad y el subfondo; también es usado para investigaciones superficiales dentro del fondo marino, aunque hay otro recurso para el que es utilizado con más frecuencia, éste es, para determinar los perfiles del subfondo.

El sistema de transductor sintonizado es de mucha ayuda y suministra datos más exactos de las profundidades y detección de gas en las columnas de agua cuando se opera simultáneamente con el sistema Sparker. (Fig. # 3).

SISTEMA DE SONAR DE BARRIDO LATERAL.

El sistema de sonar de barrido lateral consiste de un remolcador de pesca que contiene dos formaciones de transductores así como una tripulación para realizar los registros gráficos; el remolcador de pesca es desplegado así como el sonar es remolcado sobre el fondo en una distancia igual al 10 ó 20% del rango de la escala que se va a utilizar (50 y 500 m). Emite un pulso en forma lateral, es decir hacia babor y hacia estribor, con el fin de cubrir fajas de hasta 1 Km., de ancho en cada línea de recorrido y permite observar todos los objetos que se encuentran presentes sobre el lecho del mar; el pulso emitido es de 105 - 110 Khz en forma de rayos; la emisión de estos rayos es en forma perpendicular a la dirección del viaje del barco, cada pulso dura cerca de 0.1 milisegundo y la repetición varía en proporción dependiendo del rango de la escala usada; por ejemplo, en el rango de 400 m hay 3.75 pulsos por segundo.

El sistema suministra registros gráficos que muestran una perspectiva bidimensional de la topografía del fondo del mar y de objetos colocados arriba de este; también - - -

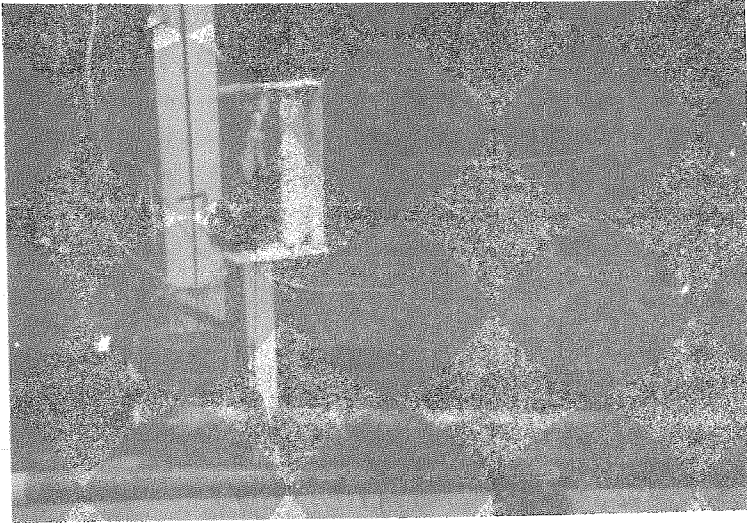
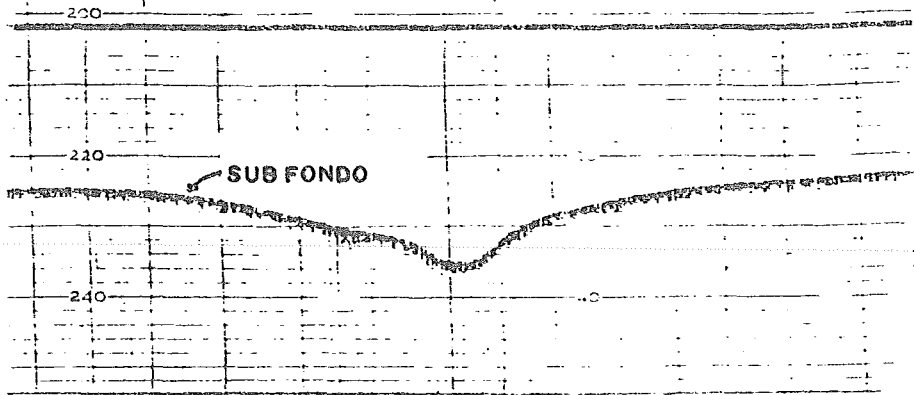


FIG. Nº3 SISTEMA TRANSDUCTOR SINTONIZADO

ENEP ACATLAN UNAM	TESIS PROFESIONAL	
	SISTEMA TRANSDUCTOR SINTONIZADO.	
	MEXICO	1980 Pág 3

110

105



105

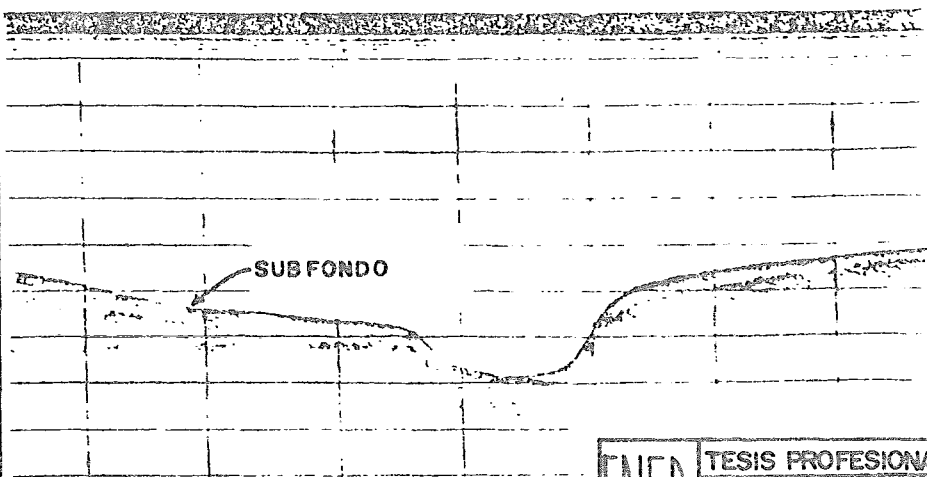


FIG Nº 3' REGISTRO DE LA SONDA Y SISTEMA
DEL TRANSDUCTOR SINTONIZADO

ENEP
ACATLAN
UNAM

TESIS PROFESIONAL

REGISTRO DE LA SONDA
Y SISTEMA DEL
TRANSDUCTOR
SINTONIZADO.

MEXICO 1980 Fig 3'

detecta las burbujas de gas dentro de las columnas de agua. Las señales reflejadas desde el fondo y desde los objetos en el interior del rango del sistema son mostrados en un registro gráfico.

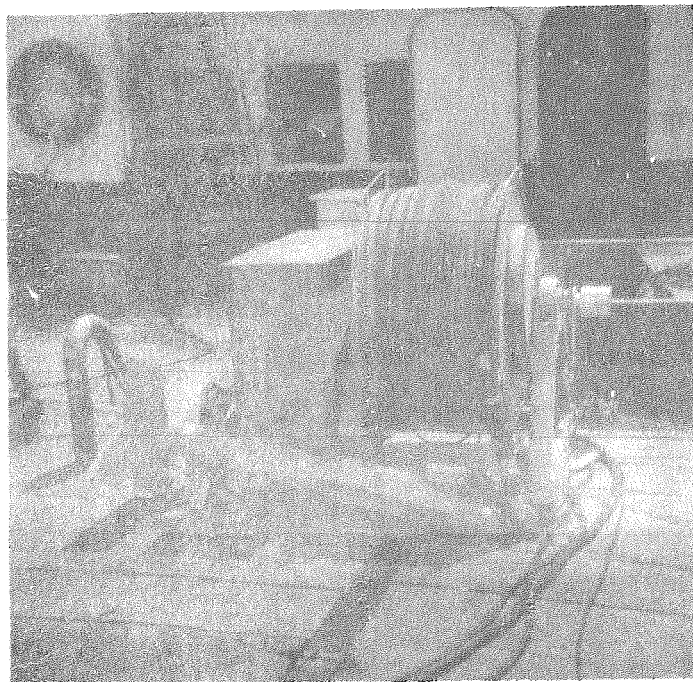
La intensidad y distribución de las reflexiones sísmicas dependen de la composición y textura de la superficie del objeto reflejado, así como de la orientación -- con respecto a los transductores en el remolcador de pesca. El sistema de sonar de barrido lateral contrasta con los -- otros sistemas acústicos, los cuales están diseñados para recibir reflexiones desde lo largo de una línea de cruzamiento del fondo marino, ya que el sonar no ejecuta la demostración de datos de información del subfondo y es de mucha utilidad si se le utiliza o combina con otro tipo de antecedentes geofísicos (Fig. # 4).

La utilización de la información suministrada por este sistema se ha orientado principalmente a la localización de tuberías de transporte petrolero, arrecifes de coral, afloramientos rocosos y recientemente a la localización de -- montes de lodo, cráteres y formaciones producidas por la migración ascendente de gas de origen biogénico en las profundidades del subsuelo.

Cabe hacer notar que el registro empleado en este sistema es producido continuamente en un canal doble del registro en papel húmedo.

SISTEMA DE PULSO ACUSTICO

Es un sistema de reflexión marina colocado en un canal singular; es un rollo de alambre de aproximadamente 16 pulgadas de diámetro colocado en un molde de aproximadamente -- 2 pulgadas de espesor y un cuadro de 20 pulgadas por lado. El



ENEP ACATLAN UNAM	TESIS PROFESIONAL
	SONAR DE BARRIDO LATERAL
MEXICO	1980 Fig- 4

sistema de pulso acústico está diseñado para generar y transmitir señales de alta frecuencia sísmica así como para recibir y registrar las reflexiones de estas señales (Fig. # 5).

La fuente del pulso es cargada de energía por medio de un sistema capacitivo de alto voltaje para descarga de 1 Km., por segundo para cada transductor, debajo del cual se conecta un diafragma de caucho conteniendo una placa de aluminio. Cuando la energía eléctrica almacenada se descarga dentro del rollo se forma un remolino que debido a tal efecto repele la placa del molde; así entonces, el diafragma de caucho provoca que la placa sufra colapsos contra el molde por lo que la acción singular de la placa de aluminio se repele y regresa a la fuente cediendo así un pulso por milisegundo.

Por lo general una fuente está compuesta por tres transductores electromecánicos, los cuales son encendidos simultáneamente (normalmente 2 veces cada 1 ó 2 segundos) con una energía producida por cada transductor de 500 Joules. Los transductores están montados en un Catamarán de 2.4 m., de largo y son remolcados alrededor de unos 30 m detrás del barco de inspección. Las señales reflejadas se reciben en una formación de hidrófonos de 10 elementos lineales los cuales son también remolcados cerca de la superficie y a través de la fuente de transductores.

Este sistema es usado para suministrar los perfiles del subfondo de las áreas subyacentes por sedimentos y estratos de roca suave, determinando así una penetración del subfondo de cerca de 60 - 90 m.; los perfiles así obtenidos pueden ser usados para determinar la profundidad, pero este sistema también puede ser adaptado para identificar y trazar con sumo detalle obstáculos y otros objetos o depósitos cimentados en la superficie del subfondo.

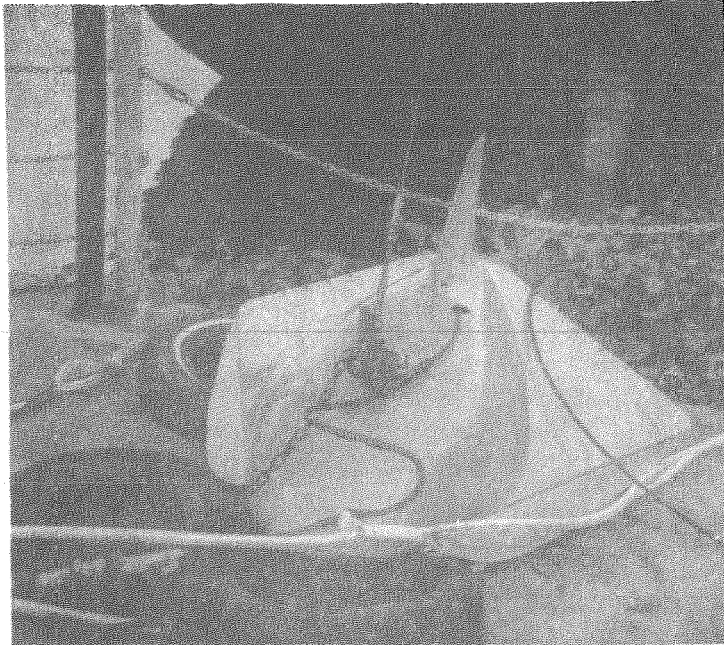


FIG Nº 5 FUENTE DEL PULSO ACUSTICO

Se puede determinar perfiles óptimos cuando las mareas sen menores de 5.0 pies y los materiales del subfondo sean relativamente blandos; aún así los perfiles se pueden obtener para poca profundidad del orden de 20 pies o bien para una profundidad mayor cerca de 1500 pies, pero la profundidad ideal para determinar los perfiles es de 250 pies.

HIDROFONOS DE ALTA RESOLUCION

Un hidrófono es una manguera de 1 - 2 pulgadas de diámetro y de 10 - 40 pies de largo; en el interior de la manguera se encuentran de 1 - 30 elementos de cristal separados aproximadamente 3 pies. Estos hidrófonos pueden ser unidos al mismo tiempo directamente o bien por insertación de una sección aislada, la cual es también una manguera de 25 - 50 - pies de largo que está conteniendo aceite, con el fin de que cualquier combinación de canales y de alcance pueda ser derivado. (Fig. # 6).

SISTEMA SPARKER

El sistema Sparker sobrepuesto ópticamente de - 10 kj es usado primeramente para obtener datos de profundidades intermedias (de 300 a 2500 pies), cubriendo el espacio - entre la penetración superficial del sistema de pulso acústico y los sistemas sísmicos diseñados para profundidades de penetración en los estudios de exploración de petróleo o gas, - obteniendo una profundidad de penetración de 1500 a 2000 pies. (Fig. # 7).

El sistema se diseña para generar y transmitir señales sísmicas de baja frecuencia y para recibir y registrar las reflexiones de estas señales. Las señales generadas son - transmitidas por la descarga de energía eléctrica almacenada --

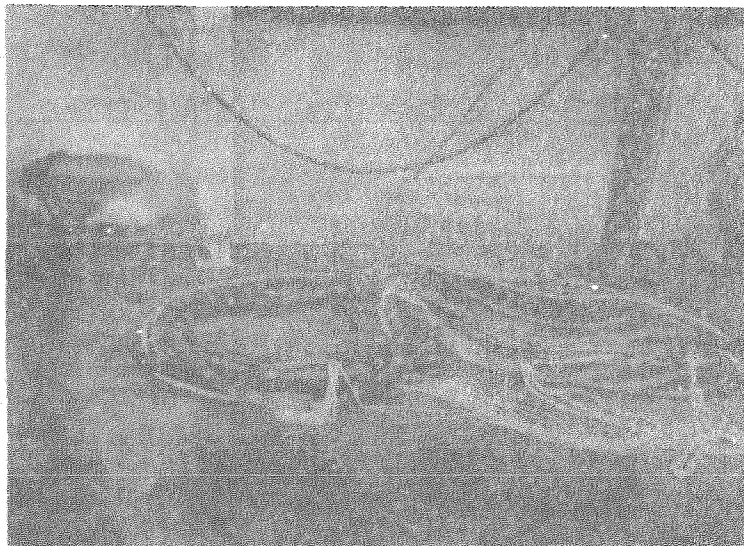
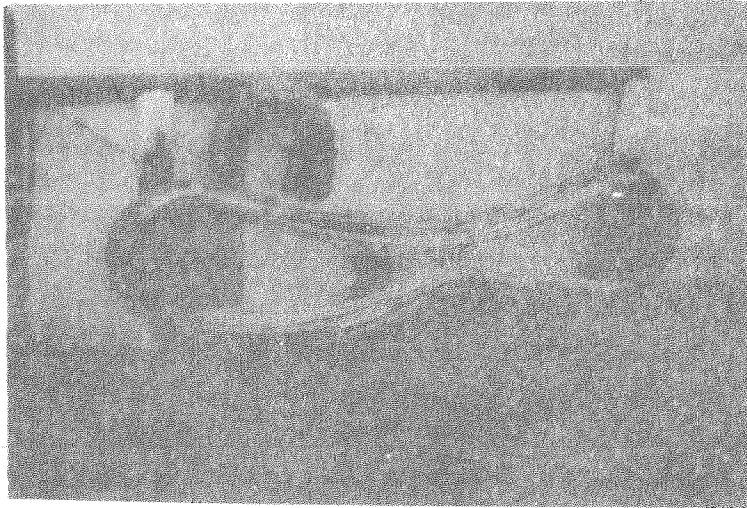
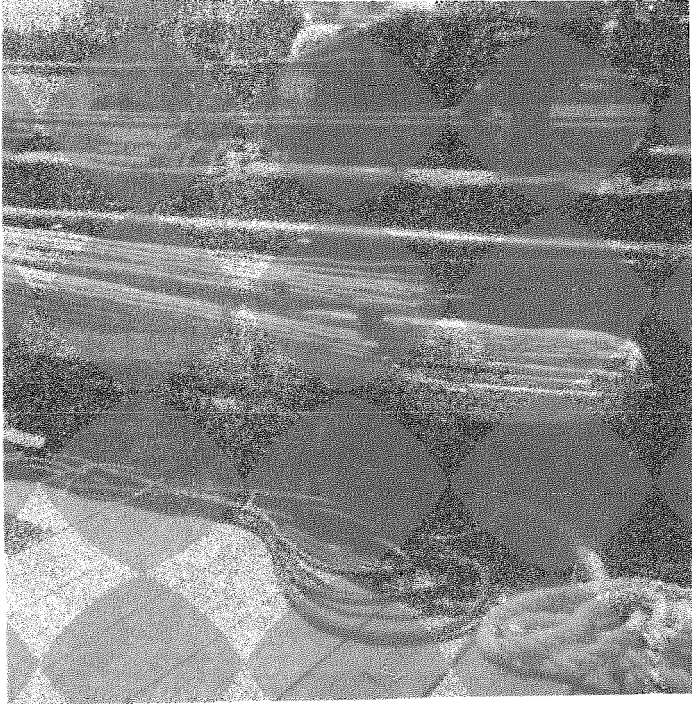


FIG N°6 HIDROFONOS DE ALTA RESOLUCION



ENEP ACATLAN UNAM	TESIS PROFESIONAL
	SISTEMA SPARKER
MEXICO	1980 Fig- 7

a través de una chispa eléctrica, la cual produce una burbuja de vapor debido a la ionización del agua circundante.

La frecuencia del pulso producido por el Sparker se encuentra colocado en una banda amplia con rangos de 10 a 5000 HZ; se ha llegado a una profundidad intermedia de penetración con este sistema, la cual ha sido obtenida utilizando rangos de frecuencia relativamente bajos y con un poder máximo producido de 10 kilojoules.

Para el sistema 10 Kj la energía total puede ser descargada con una razón máxima de 1 vez cada 2 segundos, suministrando 1 pulso por cada 20 pies de viaje horizontal. La resolución del sistema Sparker es de varias veces mayor que el obtenido con los sistemas Sparker estándar de 0.4 a 10 Kj, los cuales son descargados 1 vez cada 4 ó 6 segundos.

La energía del Sparker es almacenada primeramente en un banco capacitor y al ser descargada se va a una jaula que contiene 9 electrodos. La jaula Sparker y los hidrófonos receptores son remolcados de 100 a 200 pies por la popa y por los lados opuestos del barco de inspección. Distribuidos de tal manera que cada uno de ellos está cerca de 12 pies bajo la superficie; la profundidad ideal y que es igual a un cuarto de la longitud de onda para los sistemas de frecuencia de 130 Hz es de 12 pies. Las señales fuera del rango de frecuencia se cambian por medio de un filtro variable el cual está generalmente en serie con el fin de transferir frecuencias entre 70 y 200 Hz; las señales así transferidas son anotadas en un registro de papel húmedo, pero generalmente todos los datos son registrados en cintas magnéticas para ser representados en el laboratorio para su procesamiento.

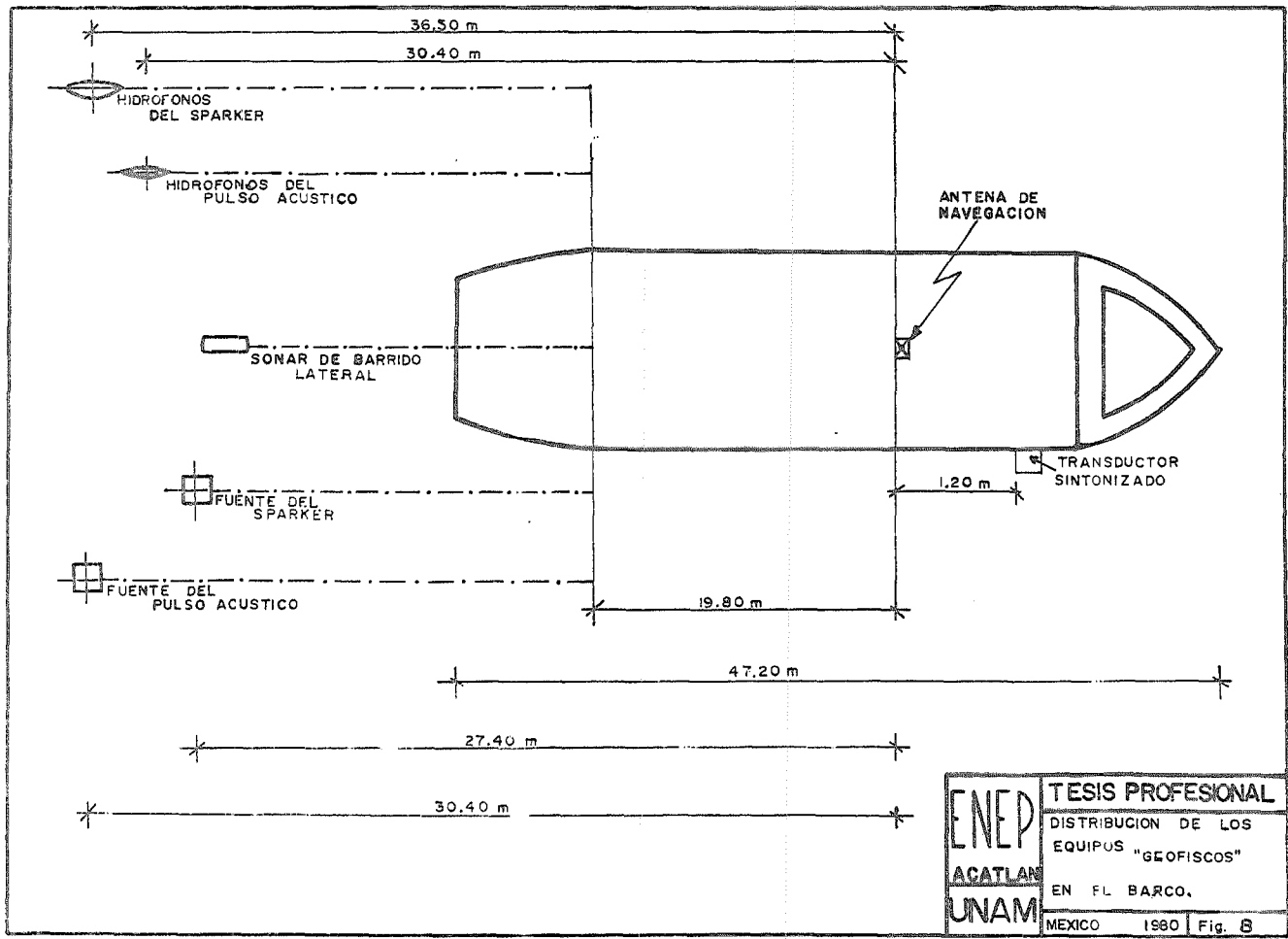
Con la técnica de sobreposición óptica se pueden obtener tanto la penetración máxima, la definición horizontal

máxima, como el número de pulsos descargados.

Cuando se ejecuta la sobreposición óptica las señales reflejadas se reciben a través de 2 secciones de hidrófonos de 25 pies de largo, cada una conteniendo 20 fonos y correspondiendo a un solo canal de viaje; las dos secciones son remolcadas en formación lineal, es decir una detrás de otra. El sistema Sparker es controlado por un pulso de disparo para el registro gráfico y todas las señales retornantes son imprimidas en el mismo registrador gráfico.

Los datos del sistema Sparker son muy útiles para el correlacionamiento de fallas profundas con los datos de profundidad sísmica, así como para investigar áreas conteniendo gas y otros obstáculos potenciales previstos en profundidades intermedias, siendo muy útil cuando es usado conjuntamente con perfiles del pulso acústico, datos de perforación o con información similar suplementaria.

Cabe mencionar que todos los sistemas antes descritos operan simultáneamente con el propósito de obtener mejores resultados en cuanto a la realización de la exploración geofísica (Fig. # 8). De la información obtenida de los sistemas ya descritos, se elaboran mapas como objetivo principal, así como perfiles que representan las principales características de la geometría estratigráfica del subsuelo bajo el fondo del mar; ésto se logra mediante la interpretación de los diversos registros obtenidos: la operación de los sistemas se procesa en un centro de cómputo que permite obtener los planos finales procesados. Mediante la interpretación correspondiente se cumplirán las finalidades pretendidas, objeto de este trabajo y cuyos criterios técnicos se aplicarán en el terreno de la práctica.



ENEP ACATLAN UNAM	TESIS PROFESIONAL
	DISTRIBUCION DE LOS EQUIPOS "GEOFISCOS"
	EN EL BARCO.
	MEXICO 1980 Fig. 8

2.2 PROCESAMIENTO

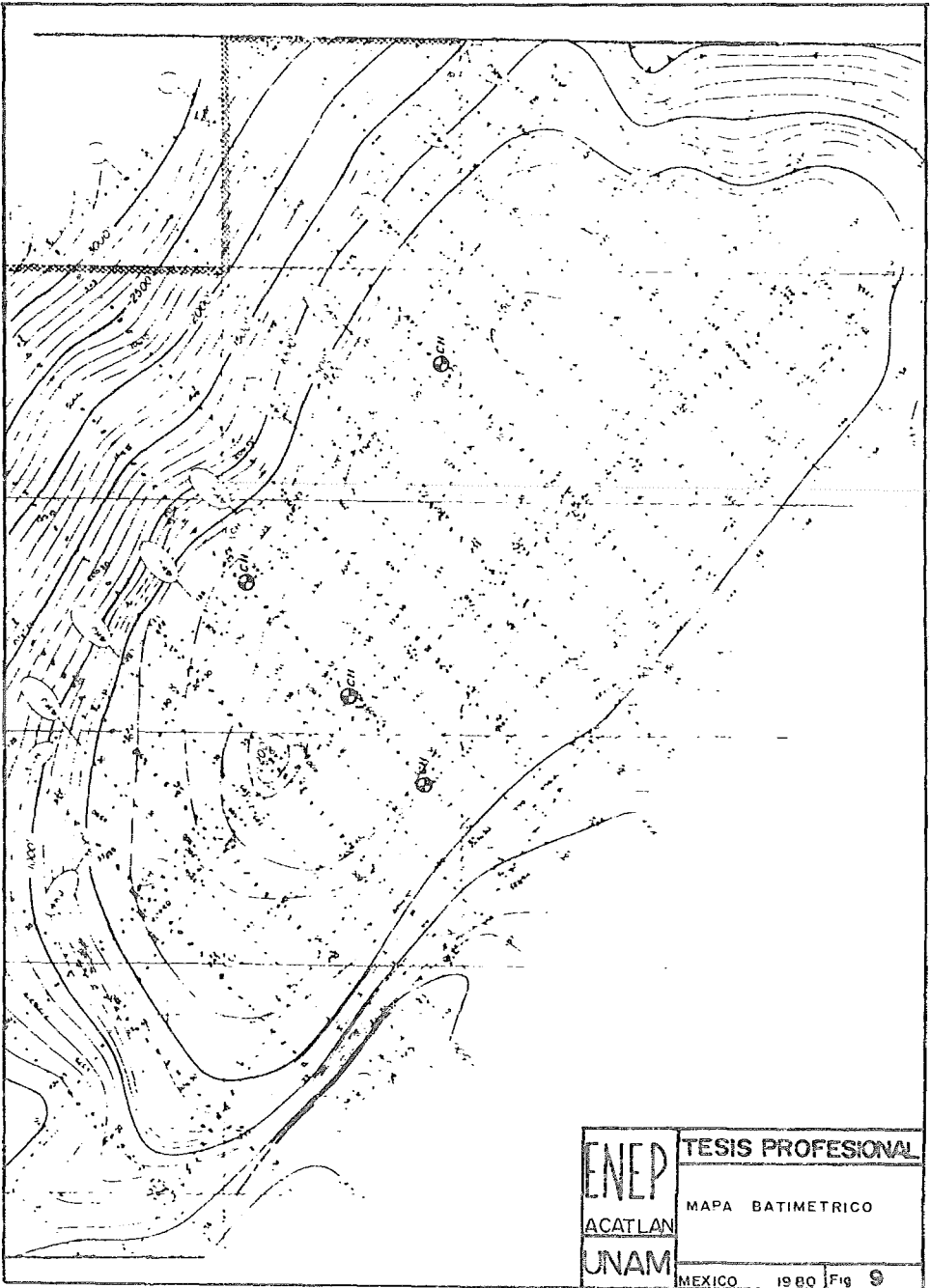
El trabajo de gabinete se inicia con la obtención de planos, así como de perfiles que se procesan en base al desarrollo e interpretación de los sistemas aplicados. - El juego de planos que arroja la interpretación es como sigue:

- a). planos de posicionamiento
- b). planos batimétricos
- c). planos de Isopacas
- d). planos de estructura superficial
- e). planos de riesgos para construcción y perforación.

Planos de Posicionamiento.- En ellos se muestra toda la inspección realizada en líneas de rastreo por medio de los sistemas de navegación, con lo cual se pueden determinar y localizar las coordenadas ortogonales de cada "punto de tiro".

Planos Batimétricos.- En este mapa se muestran todos los valores de la profundidad y están basados en datos suministrados por el sistema del transductor sintonizado. -- Las profundidades se ajustan para asumir un valor de la velocidad del sonido en el agua de 1541 m/seg., y el intervalo de contorno es de 1 m. Las diferencias entre los perímetros de las profundidades pueden ser debidos a variaciones de las corrientes. La exactitud del mapa batimétrico es de ± 0.5 m. - (Fig. # 9).

Plano de Isopacas.- Este mapa muestra el espesor y la distribución de la unidad suprema acústica (unidad de sedimento superficial) dentro del área. La base de esta unidad es un reflector acústico bien definido en registros --



ENEP
ACATLAN
UNAM

TESIS PROFESIONAL
MAPA BATIMETRICO
MEXICO 1980 Fig. 9

del pulso acústico para toda el área inspeccionada; la unidad mencionada es una arcilla calcárea muy suave; con espesores bien definidos y los cuales se basan en asumir una velocidad del sonido en el agua de 1541 m/seg. con un intervalo en el perímetro de 2 m. Cuando se requiere de compensaciones horizontales la más apropiada es de cerca de 50 m que se aplica antes de delimitar la zona; los valores de los espesores indicados en este mapa están estimados para una exactitud de ± 2 m. Los datos de Isopacas permiten a los especialistas conocer el espesor disponible de sedimentos y su configuración geométrica; al correlacionar esta información geofísica con datos de Mecánica de Suelos se puede determinar la longitud de pilotes de cimentación correspondiente a la capa de sedimentos configurada (Fig. # 10).

Planos de Estructura Superficial.- Los datos del sistema Sparker son utilizados para preparar este mapa, el cual se sitúa en el horizonte a una profundidad de aproximadamente 705 - 804 pies bajo la superficie del mar, asumiendo también la velocidad del sonido en el agua de 1541 m/seg, con un intervalo en los perfiles de 5 m, además se aplica la compensación horizontal de cerca de 50 m antes de hacer el perfil.

Planos de Riesgos para Construcción y Perforación.- Para la realización de estos planos se acumula la información total existente en todos los registros obtenidos de tal forma que se muestren todas las anomalías existentes en el área de estudio con objeto de evaluar los riesgos que cada una de las anomalías pueda presentar durante los trabajos de perforación exploratoria o de producción y durante la instalación de plataformas de producción petrolera marina. (Fig. # 11) la información requerida debe contener lo siguiente:

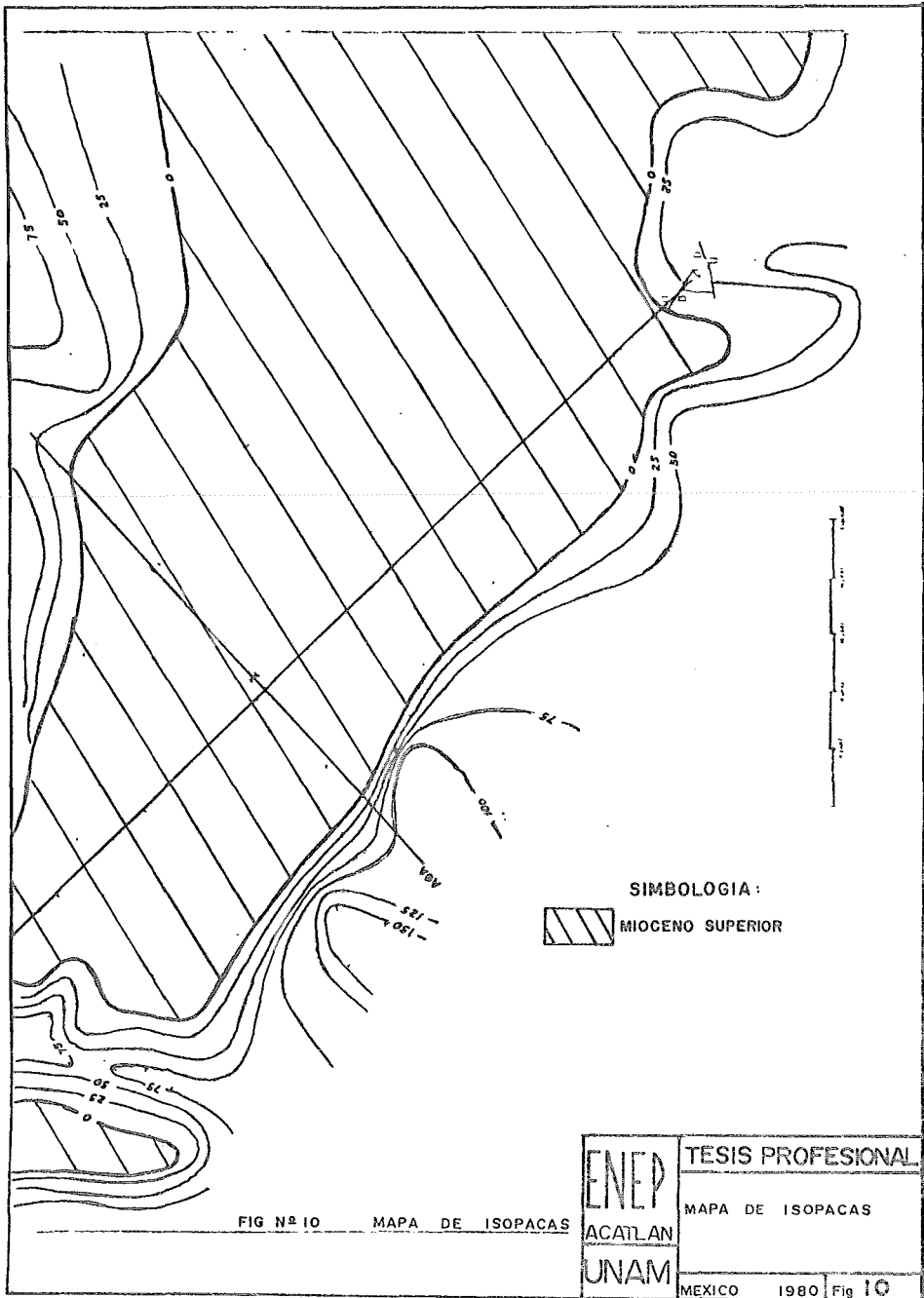



FIG N° 10 MAPA DE ISOPACAS

SIMBOLOGIA :

 MIOCENO SUPERIOR

ENEP ACATLAN UNAM	TESIS PROFESIONAL
	MAPA DE ISOPACAS
MEXICO	1980 Fig 10

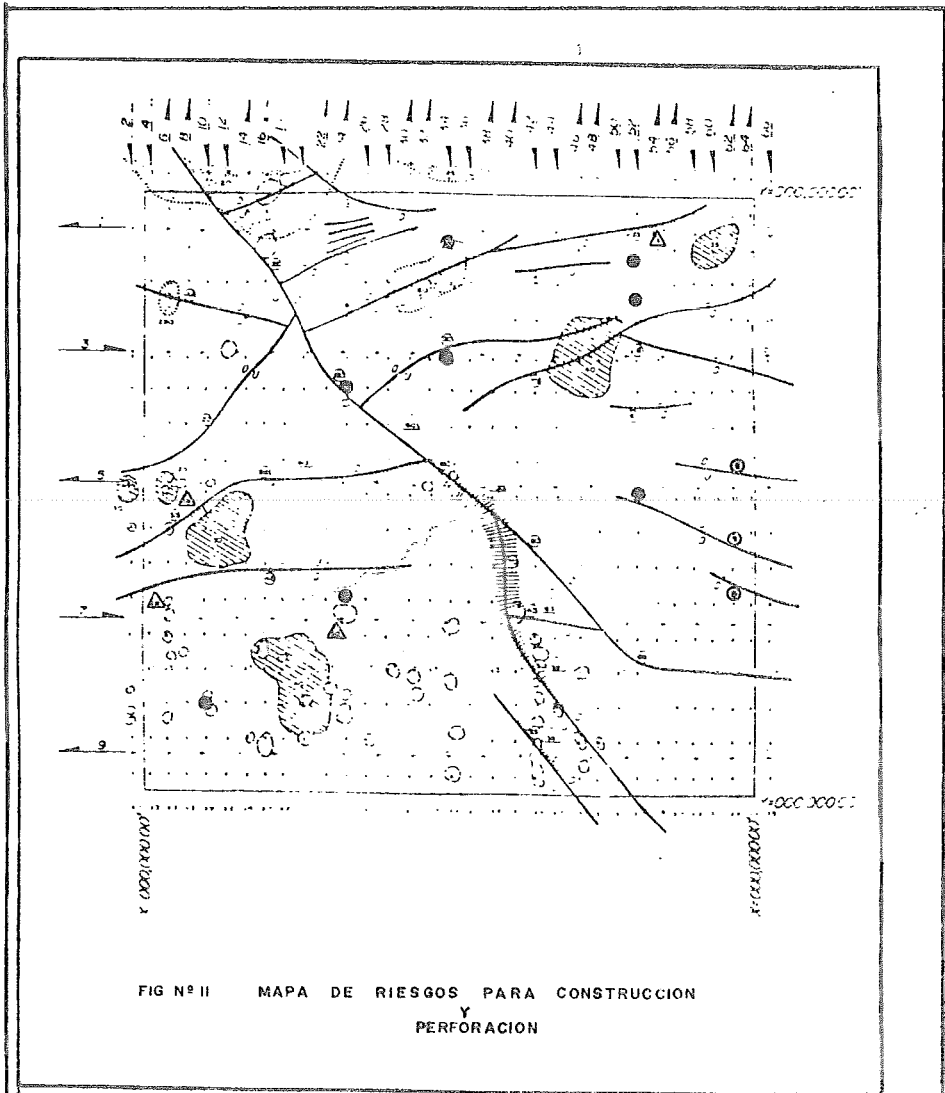
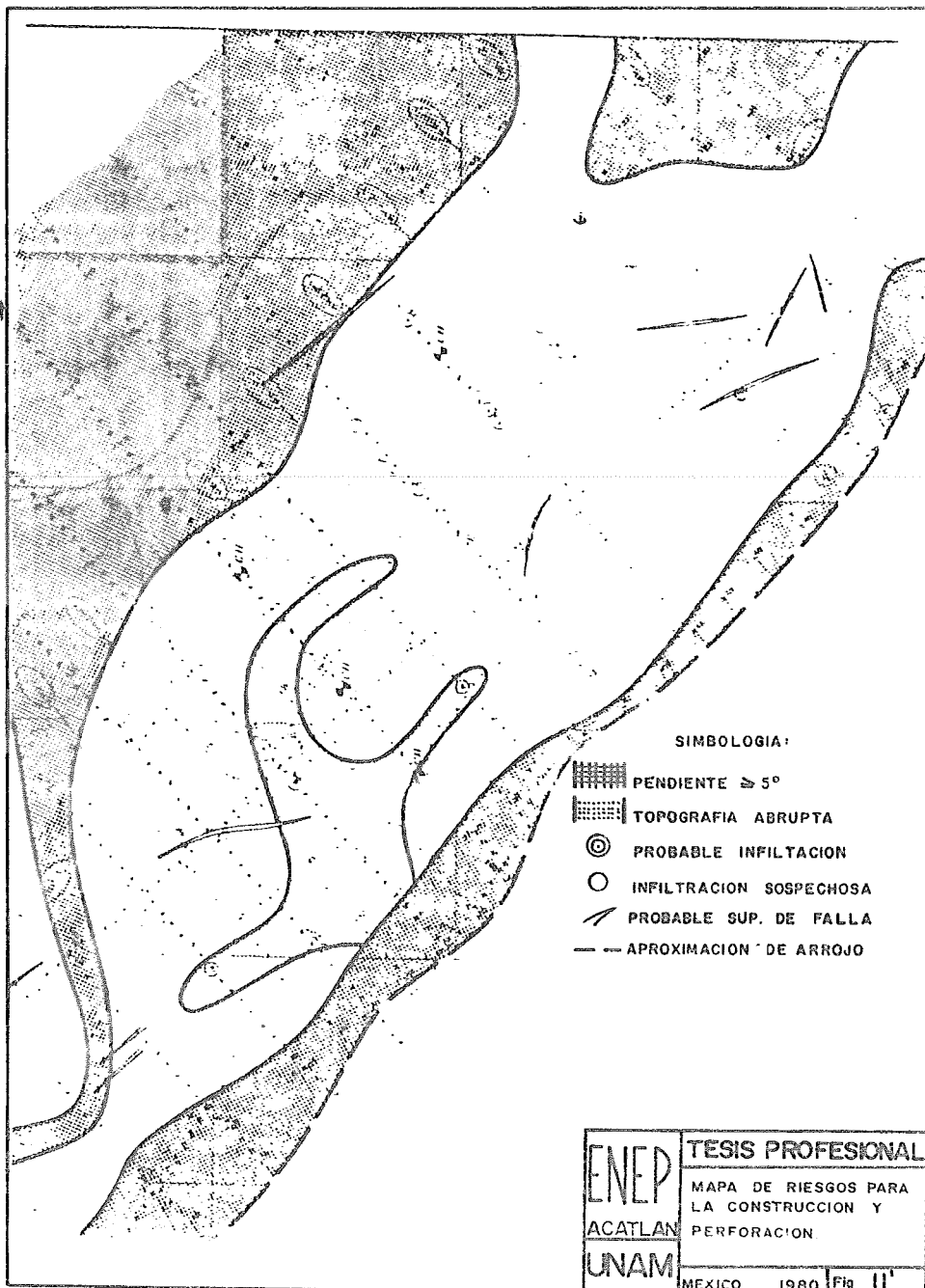


FIG N° II MAPA DE RIESGOS PARA CONSTRUCCION Y PERFORACION







SIMBOLOGIA:

- GAS INFILTRADO
- ▭ MONTICULO INFILTRADO
- 20 SEDIMENTOS CARGADOS DE GAS
- ⊗ GAS SUPERFICIAL
- ⑤ FALLA
- ▨ DECLIVE DEL FONDO MARINO

ENEP ACATLAN UNAM	TESIS PROFESIONAL
	MAPA DE RIESGOS PARA CONSTRUCCION Y PERFORACION
	MEXICO 1980 Fig. 11



SIMBOLOGIA:

-  PENDIENTE $\geq 5^\circ$
-  TOPOGRAFIA ABRUPTA
-  PROBABLE INFILTRACION
-  INFILTRACION SOSPECHOSA
-  PROBABLE SUP. DE FALLA
-  APROXIMACION DE ARROJO

ENEP ACATLAN UNAM	TESIS PROFESIONAL
	MAPA DE RIESGOS PARA LA CONSTRUCCION Y PERFORACION
MEXICO 1980 Fig. II'	

Instrusiones salinas	
Fallas Geológicas	(Fig. # 12)
Paleocanales	(Fig. # 13)
Gas Disperso	Instrusiones gaseosas
Bolsas de gas	(Fig. # 14)
Frentes de empuje	
Plegamientos	

2.2.1 GABINETE

El trabajo de gabinete continúa con la determi
nación de los espesores de los sedimentos encontrados, así co
mo del fondo del mar, afloramientos etc.

2.2.1.1 FONDO DEL MAR

El conocimiento del fondo del mar es importante para la construcción de obras marinas ya que éstas están supe
ditadas a zonas no heterogéneas y libres de eventos riesgosos o problemáticos que pueden presentar serios obstáculos para - su realización.

2.2.1.2 AFLORAMIENTOS

Con este nombre se denota a todo tipo de even--
tos naturales que emergen del fondo marino y que no están cu-
biertos por sedimentos.

2.2.1.3 GAS

Uno de los afloramientos comunes a las platafor
mas continentales recientes lo presentan rocas con escape de gas hacia la superficie del mar, el cual puede ser de origen reciente, como en el caso de gas biogénético; o bien, prove--

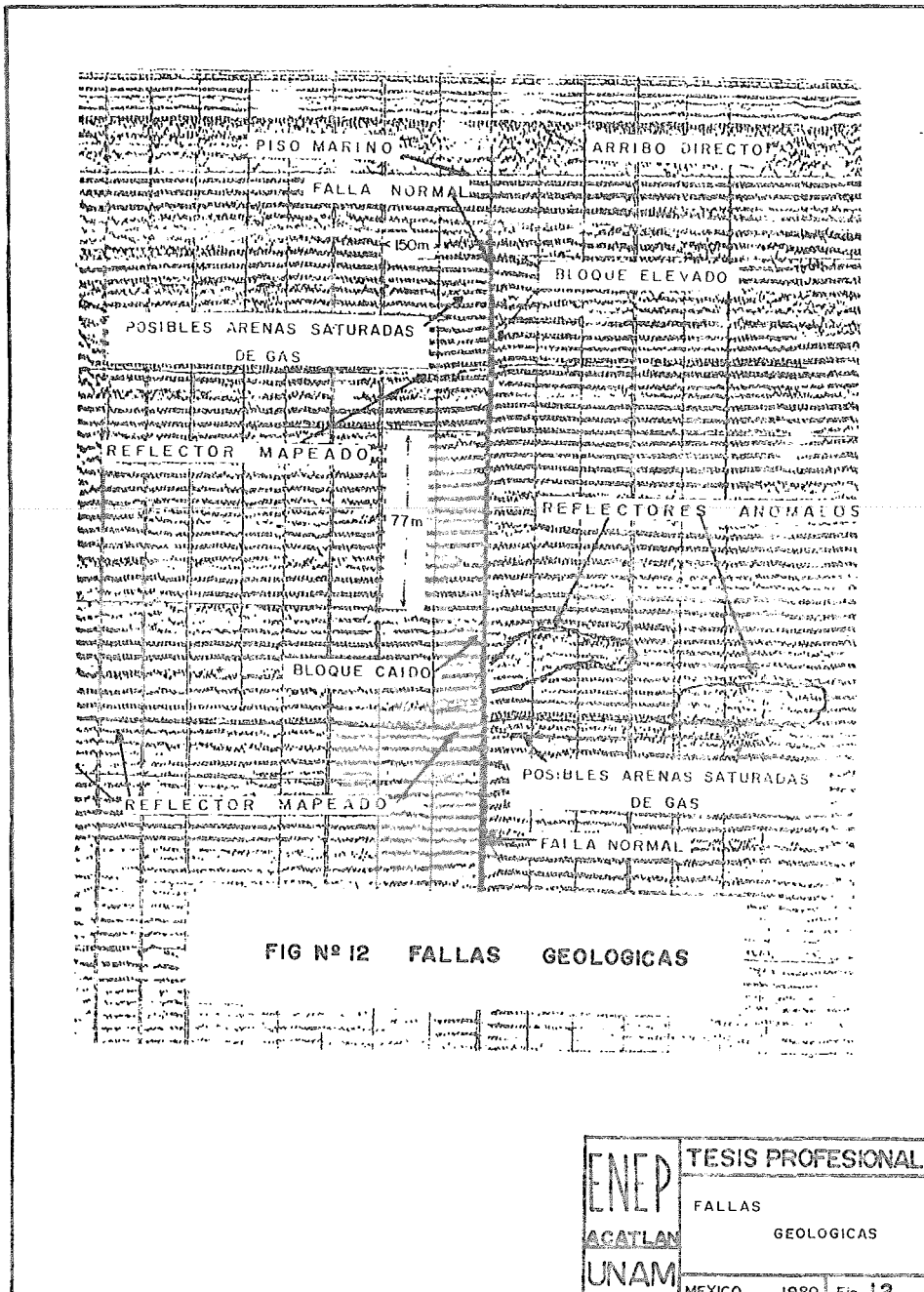


FIG N° 12 FALLAS GEOLOGICAS

ENEP ACATLAN UNAM	TESIS PROFESIONAL
	FALLAS GEOLOGICAS
	MEXICO 1980 Fig 12

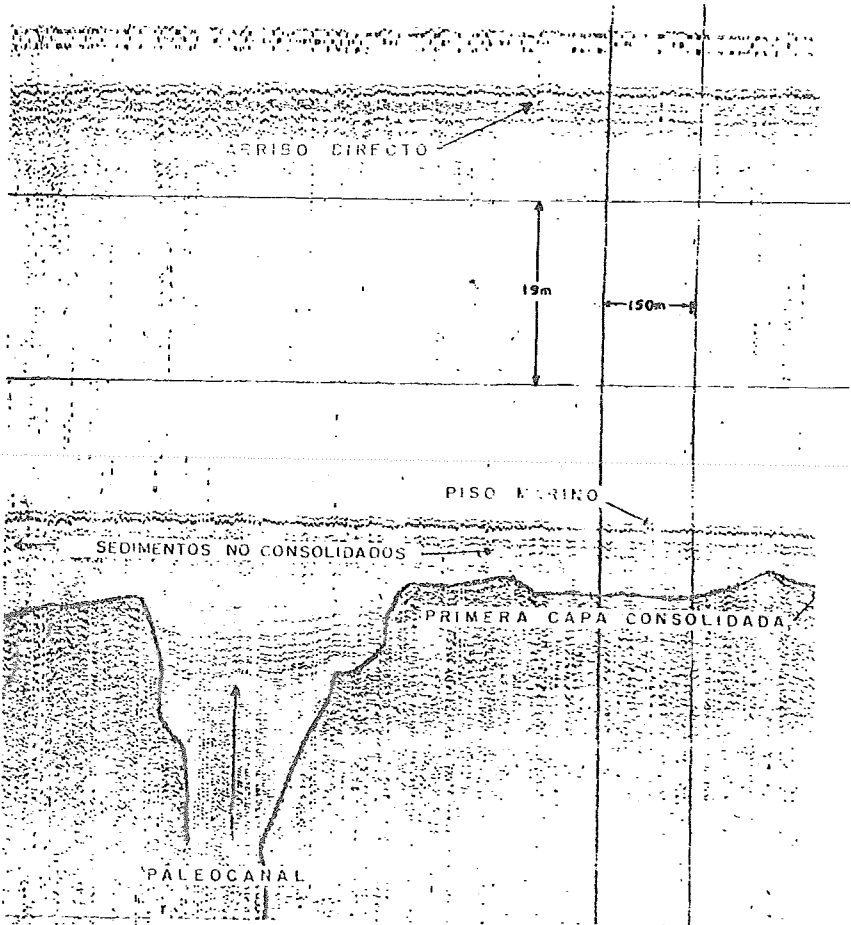


FIG N°13 PALEOCANALES

ENEP AGATLAN UNAM	TESIS PROFESIONAL
	PALEOCANALES
	MEXICO 1980 Fig 13

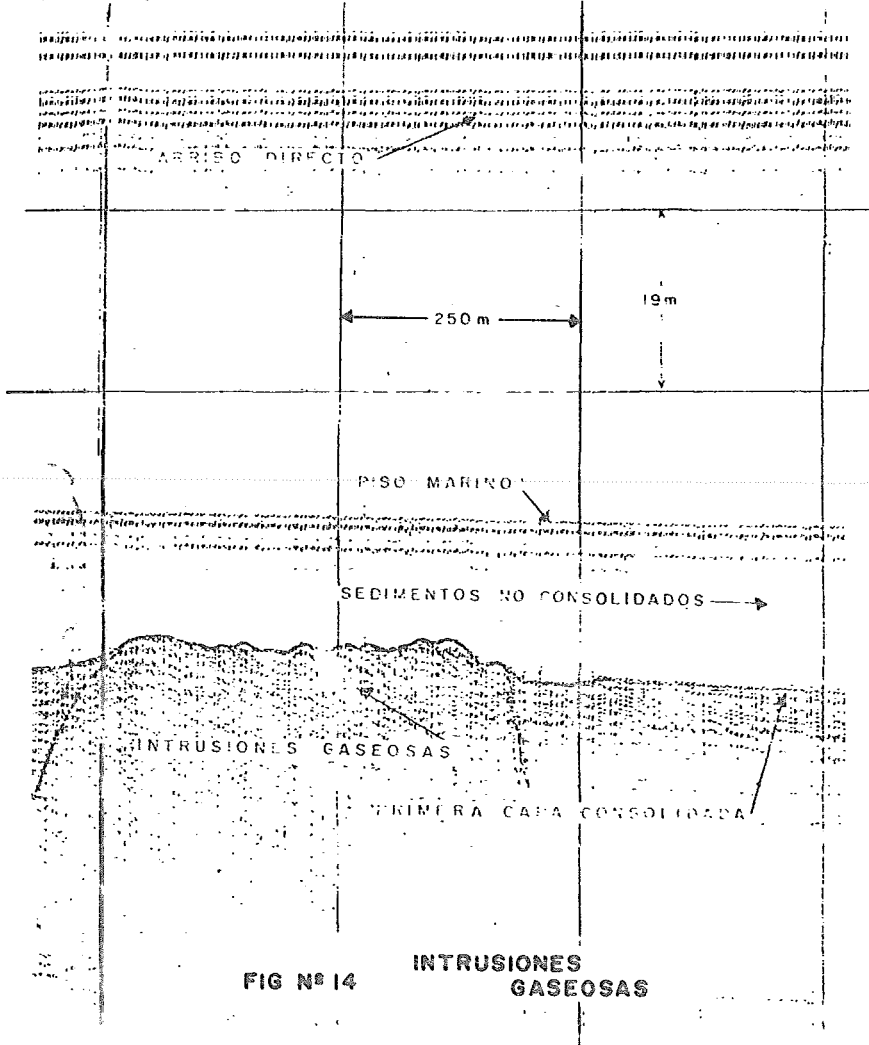


FIG N° 14 INTRUSIONES GASEOSAS

ENEP ACATLAN UNAM	TESIS PROFESIONAL	
	INTRUSIONES GASEOSAS	
MEXICO		1980 Fig 14

niente de depósitos de hidrocarburos, como parece ser común en la zona marina petrolera de la Bahía de Campeche.

La importancia que tienen los afloramientos -- (de gas) dentro de la ingeniería radica en que, en las zonas en que aflora, altera las propiedades mecánicas de los suelos; ésto se debe a que, al mezclarse con los sedimentos, -- ocupa los vacíos del suelo, desplaza el agua intersticial y en ocasiones la presión del afloramiento hace fallar el suelo, el cual se conserva así sobre el fondo del mar.

La identificación de este evento se efectúa -- cuando en los registros aparecen montes o volcanes de lodos y cráteres que son causados por la salida de gas hacia la columna de agua.

2.2.1.4 CORALES

Un obstáculo frecuente para las obras marítimas en algunos casos es la presencia de corales sobre el fondo marino, especialmente en tendido de ductos submarinos e instalación de plataformas petroleras.

El origen del coral se debe a la presencia de -- colonias orgánicas de pólipos que se desarrollan generalmente en zonas rocosas y cuya acumulación dá origen a diversas formas arrecifales que en ocasiones afloran sobre el fondo y sobre la superficie del mar. El problema más importante de los corales es que, aún cuando tuviese una buena capacidad de soporte, no son bien conocidas sus propiedades mecánicas y son un elemento frágil para construcción.

La identificación de estas estructuras orgánicas es posible gracias a la ecosonda, sonar de barrido lateral, los cuales permiten dimensionarlas y detectar su forma geométrica.

2.2.1.5 ROCA

Dentro de la ingeniería de cimentaciones es importante el conocimiento de la profundidad del basamento rocoso para el anclaje o cimentación de estructuras. Si la roca aflora, puede ser descubierta con la ayuda del sonar de barrido lateral, el cual permite determinar las características geométricas de los afloramientos rocosos y su localización en un plano de proyección ortogonal.

2.2.1.6 EVENTOS ARTIFICIALES

En algunas ocasiones la geofísica puede prestar servicios a la localización de objetos o construcciones existentes en el fondo del mar; para ello, tanto el magnetómetro (instrumento que mide la intensidad del campo magnético y sus anomalías) como el sonar de barrido lateral, resultan valiosas herramientas para estos propósitos.

2.2.2.1 SUBSUELO MARINO

2.2.2.2 ISOPACAS

Para la instalación de plataformas autoelevables de perforación y cimentaciones de plataformas de producción es de gran ayuda el conocer la existencia de un horizonte del suelo marino que ofrezca la capacidad de carga suficiente para soportar el peso de las estructuras. Este estrato, por lo general, lo constituye la primera capa consolidada, que normalmente infrayace a los lodos del fondo del mar, lo cual aparece claramente como reflector en los registros del perfilador sónico.

Los espesores de sedimentos representados en el plano de isopacas son los correspondientes a los materiales -

sin consolidarse, los cuales se determinan restando la profundidad del fondo del mar y en el caso en que no se conozcan -- las profundidades y se conozcan únicamente los tiempos de reflexión de ambos eventos, se aplica la ecuación:

$$e = v \frac{t_2 - t_1}{2} - K \text{ ----- (1)}$$

donde:

- e: espesor en metros
v: velocidad sísmica de propagación en el fondo en metros por segundo.
t1: tiempo de reflexión de la primera capa con solidada en segundos.
t2: tiempo de reflexión de la primera capa con solidado en segundos.
K: factor geométrico de corrección adimensional.

2.2.2.3 ARRECIFES

Algunas veces los arrecifes se encuentran sepul tados por sedimentos marinos más recientes y es necesario conocer sus dimensiones y profundidades para considerarlos en el diseño de una cimentación. Para tal efecto se debe iniciar -- por localizarlos en los registros de los perfiladores y marcar su piso y su techo, con lo cual se logrará medir el tiempo que requirieron las señales sísmicas en recorrer ese espacio y si se conoce la velocidad de transmisión de las ondas, puede aplicarse la ecuación (1) modificada de la siguiente manera:

$$e = v \frac{t_p - t_a}{2} - K \text{ ----- (2)}$$

donde:

tp: tiempo de reflexión del piso del arrecife.

ta: Tiempo de reflexión del techo del arrecife.

2.2.2.4 HORIZONTES GEOLOGICOS

Cuando es necesario localizar estratos y sus -- fronteras para que puedan ser empleados como capas de apoyo -- para pilotes de punta de cimentaciones de plataformas petroleras, mediante métodos de interpretación de los registros del perfilador profundo se seleccionan visualmente y sus profundidades y espesores se calculan en base a la información disponible de ecuación de velocidades en algún pozo petrolero cercano cuyo comportamiento se extrapola a las zonas de estudio.

La ecuación lineal de velocidades es como sigue:

$$V = V_0 + Cz \text{ ----- (3)}$$

donde:

V: Velocidad en metros por segundo a la profundidad z.

V₀: Velocidad inicial medida en metros por segundo.

C: Constante igual a la pendiente $\frac{v}{z}$ en segundos -1.

Z: Profundidad en metros

Como V₀ y C de la ecuación (3) son datos del pozo observado, con la ecuación (4) se obtiene la velocidad -- V_t a un tiempo t dado:

$$V_t = \frac{V_o}{1 - \frac{Ct}{2}} \quad \text{-----} \quad (4)$$

donde:

V_t = Velocidad en metros por segundo al tiempo t

t = Tiempo de reflexión en segundos.

Para obtener la profundidad z o espesor de los horizontes geológicos medidos se aplica finalmente la ecuación (5).

$$Z = \frac{V_t T}{2} \quad \text{-----} \quad (5)$$

donde:

Z = Profundidad en metros.

2.3 CONFIGURACION DE ESTRUCTURAS

2.3.1 IDENTIFICACION

Cuando los registros obtenidos en el mar han sido recolectados con perfiladores analógicos se hace indispensable la identificación y marcado de los verdaderos reflejos, ya que en este tipo de registros existen otras señales que no deben tomarse como horizontes de reflexión, puesto que son ruidos sísmicos: ecos de reflexión, ondas refractadas, reverberaciones y otros, los verdaderos reflejos pueden ser identificables con cierta experiencia por parte del intérprete.

En el caso en que los registros sean producto de un procesamiento digital completo, el ruido puede removerse mediante la aplicación de programas de correcciones estáticas y dinámicas, deconvolución predictiva, filtrado numérico autocor-

rrelación, etc.

2.3.2 SELECCION

Cuando se cuenta con datos geotécnicos prove-- nientes de sondeos mecánicos en áreas próximas e inclusive dentro de las exploradas se puede efectuar una correlación entre estos datos geotécnicos y los horizontes reflectores de los -- registros del perfilador profundo, con objeto de seleccionar - un horizonte cuyas características mecánicas sean adecuadas para cimentar estructuras.

En los casos en que la información geotécnica no exista, se elige aquel reflector, dentro de los rangos de penetración de pilotes de cimentaciones (50 a 200 metros bajo - el fondo marino), que ofrezca continuidad y un buen contras-- te en amplitud de reflejo.

2.3.3 CONFIGURACION

Seleccionados y marcados los horizontes reflectores se procede a la lectura de los tiempos de reflexión en cada uno de los puntos de tiro de dichos horizontes, los cuales, al ser vaciados en el plano de posicionamiento, dan lu-- gar a las cotas que son configuradas estructuralmente; en la misma forma se vierte en estos planos toda la información encontrada sobre fallas, paleocanales, zonas de erosión y otros razgos.

2.4 INTERPRETACION DE DATOS PARA DISEÑO DE CIMENTACION

2.4.1 BASAMENTO O CAPA CONSOLIDADA

Los datos referentes al basamento rocoso o alguna capa resistente en especial, son importantes para el dise--

ño de la cimentación en razón de que permiten a los ingenieros proyectistas escoger el tipo de pilotes en función de la profundidad a la que se encuentre un estrato que pueda soportar las cargas que transmiten los pilotes.

Si se logra correlacionar un horizonte de reflexión con los datos de geotécnica, ello permite conocer la profundidad esperada de penetración de los pilotes y la longitud de los mismos, siempre y cuando el horizonte ofrezca la suficiente capacidad para soportar el pilote de punta.

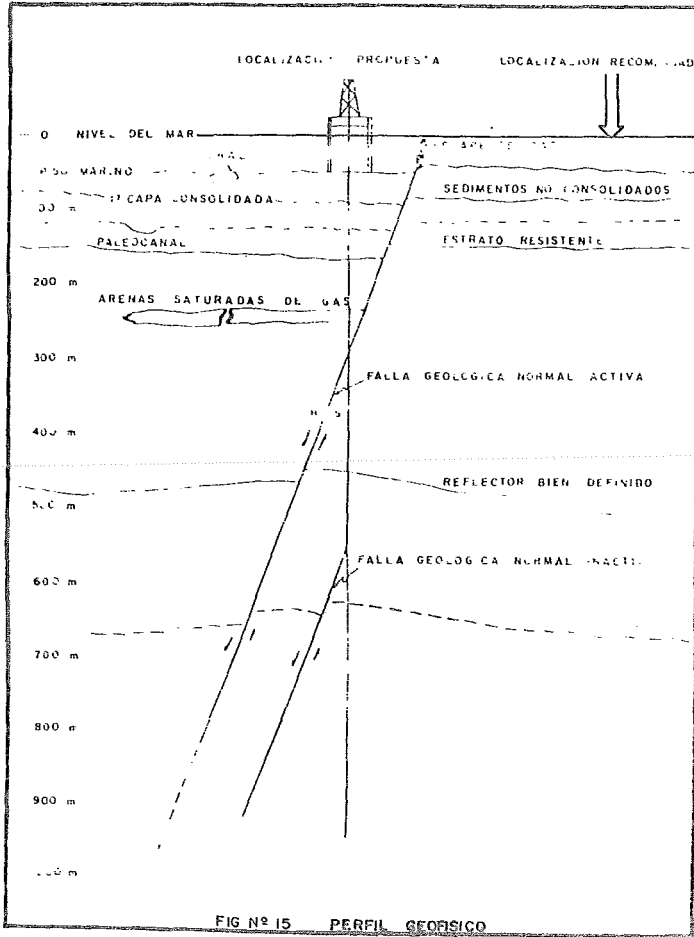
2.4.2 PERFILES

Una herramienta de trabajo de gran importancia por su objetividad la constituyen los perfiles interpretativos o secciones, en las cuales se vacía la información más sobresaliente del levantamiento geofísico (Fig. # 15).

En estas secciones los diferentes ingenieros y técnicos pueden observar sus objetivos de interés, como son; el tirante de agua, el espesor y comportamiento de los materiales no consolidados, el comportamiento estructural de un horizonte con capacidad de carga suficiente, fallas geológicas, peleocanales y gas en depósitos someros, entre otros rasgos.

La mayor utilidad de los levantamientos geofísicos en el mar radica en lo siguiente:

1. La geometría estratigráfica permite extrapolar datos geotécnicos.



ENEP ACATLAN UNAM	TESIS PROFESIONAL
	PERFIL
	GEOFISCO
	MEXICO 1980 Fig 15

2. Es posible conocer las anomalías geológicas o artificiales del suelo y subsuelo marinos.
 3. Es posible evaluar las condiciones geológicas de seguridad de las obras marinas.
 4. Es posible jerarquizar áreas para perforación petrolera exploratoria.
 5. Es posible auxiliar a la programación de perforación de pozos petroleros marinos.
-

Finalmente en la tabla que aparece en la Figura # 16, se muestra una comparación entre los sistemas aquí descritos; en dicha tabla se muestran algunas de sus características así como la forma y el rango en que operan y donde conviene aplicarlos más comunmente.

SISTEMA ACUSTICO	USO	PRODUCTOS DE FRECUENCIA DEL PULSO	RESOLUCION OPERACIONAL	TIPO DE FUENTE ACUSTICA	PRODUCTO DE POTENCIA
SONDA	<ol style="list-style-type: none"> Determina la profundidad Detecta burbujas gas en la columna de agua. 	40 ó 200 Khz	0.3 mt. (1 pie)	Transductor piezoeléctrico	0.15 Joules
SONAR DE EXPLORADOR LATERAL	<ol style="list-style-type: none"> Suministra mapas de perspectivas del fondo marino para: <ol style="list-style-type: none"> Situar naufragios, restos de tubería. Determinar la topografía del fondo. Detectar burbujas de gas en la columna de agua. 	105 ± 10 Khz	Variable: generalmente de 0.3 a unos pocos metros (1 en varios pies)	Transductor Piezoeléctrico	128 db 1 microbar en 1 metro
TRANSDUCTOR SINTONIZADO	<ol style="list-style-type: none"> Suministra perfiles del mismo subfondo superficial: Determina la profundidad Detecta burbujas de gas en la columna de agua. 	3.5 ó 7 Khz.	Variable: generalmente de 0.6 a 1 mt depende de la aplicación	Transductor Piezoeléctrico	Arriba de de 2 Joules
PULSO ACUSTICO	<ol style="list-style-type: none"> Suministra perfiles del subfondo superficial a 400 pies (120 mt). Determina la profundidad Detecta burbujas de gas en la columna de agua. 	Banda Amplia 200 Hz a 10	Variable: alrededor de 2 pies (0.6 m) dependiendo de su aplicación	TRANSDUCTOR ELECTROMECA-NICO	200 a 500 Joules
SPARKER	<ol style="list-style-type: none"> Suministra perfiles del subfondo en profundidades intermedias 3000 pies (900 mt). 	Banda Amplia 10 Hz a 500 Hz	Cerca de 25 pies (7 mt)	CHISPA ELECTRICA	4 a 10 Kjoules

T A B L A N o . 1

SUB-INDICE
CAPITULO III

	PAG.
3. ESTUDIOS DE MECANICA DE SUELOS	24
3.1. ESTUDIOS GEOTECNICOS DE CAMPO	24
3.2. PRUEBAS DE CAMPO	31
3.3. PRUEBAS DE LABORATORIO	41
3.4. INTERPRETACION DE RESULTADOS	48
APENDICE: INSTRUMENTACION PARA LOS ESTUDIOS GEO- TECNICOS	49

CAPITULO III

ESTUDIOS DE MECANICA DE SUELOS

3.1 ESTUDIOS GEOTECNICOS DE CAMPO

Considerando los resultados que se obtienen a partir de los estudios geofísicos, la construcción de planos basados en los resultados de los estudios antes mencionados y con la ayuda de una estación de radar en tierra firme, es posible ubicar con precisión el sitio donde se realizará el muestreo geotécnico que permitirá cumplir con una de las etapas en el programa de exploración marina.

En el presente capítulo se describen tanto los equipos como los diferentes tipos de muestreo y muestreadores que se emplean para llevar a cabo la exploración de campo, lo cual permitirá obtener la mayor cantidad de datos posibles que nos conduzcan a determinar el tipo de cimentación más adecuada para una plataforma marina.

3.1.1 OBTENCION DE MUESTRAS.

En vista de que para poder llevar a cabo un buen muestreo se requiera de un equipo que cumpla con ciertas características, a continuación se presenta una breve descripción de este equipo.

3.1.1.1 EQUIPO Y HERRAMIENTAS:

A). BARCO

El barco utilizado es generalmente pesquero, pero para efectuar este tipo de exploración debe reunir ciertas características entre las que destacan las siguientes:

- Capacidad: 199 Ton. Brutas, 135 Ton. netas.
- Dimensiones: 50.30 m de eslora
11.60 m de manga
3.66 m de puntal
- Calado: 2.13 m (ligero 2.74 m (máximo)).
- Espacio de piso: Libre 35 m y 9.45 m.
- Velocidad: 14 nudos (en promedio 25 km/hr).
- Capacidad de combustible: 200,000 Lts.
- Capacidad de agua potable: 14,000 Lts.
- Capacidad de alojamiento: 19 personas.

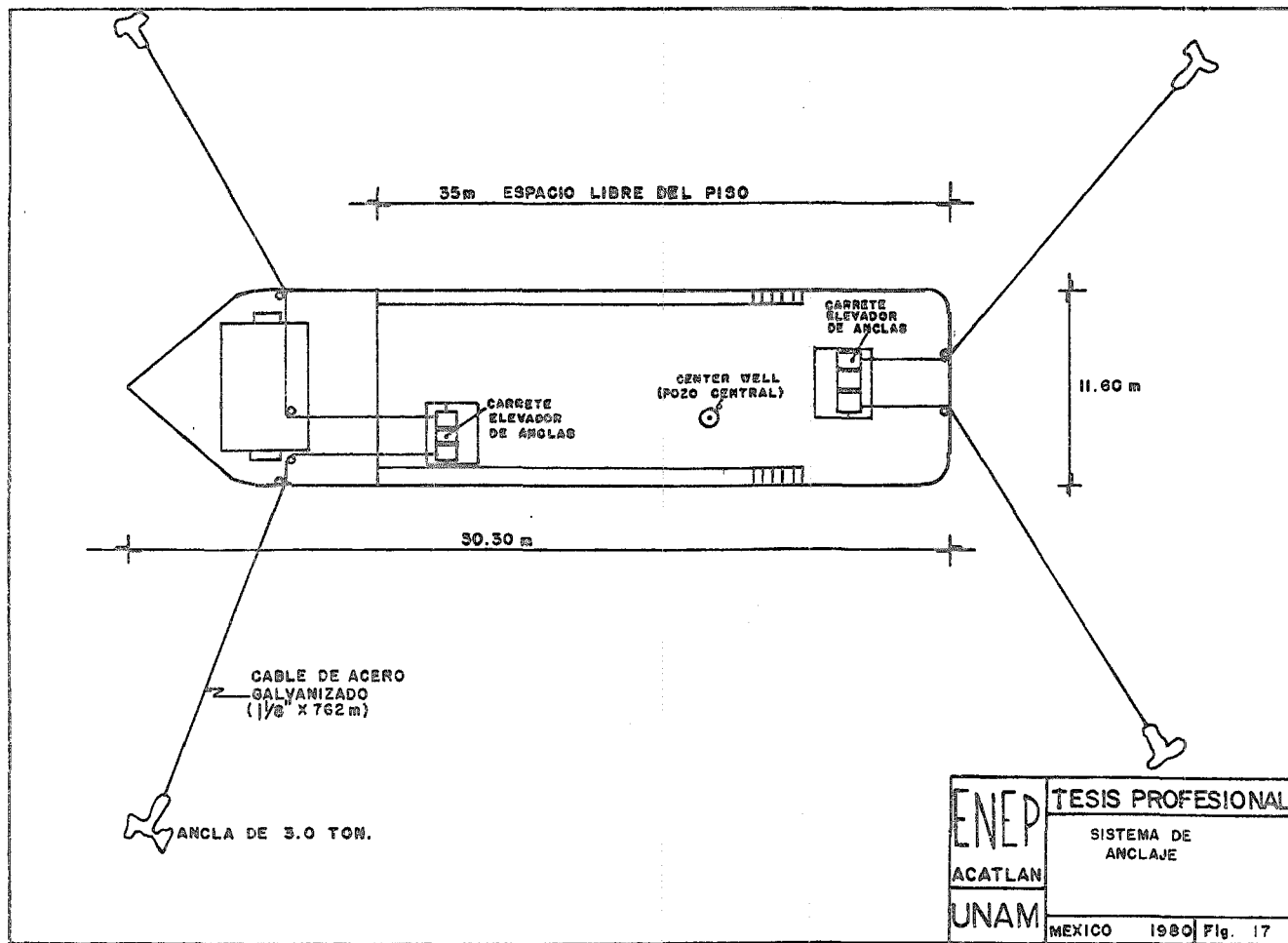
B). EQUIPO DE ANCLAJE:

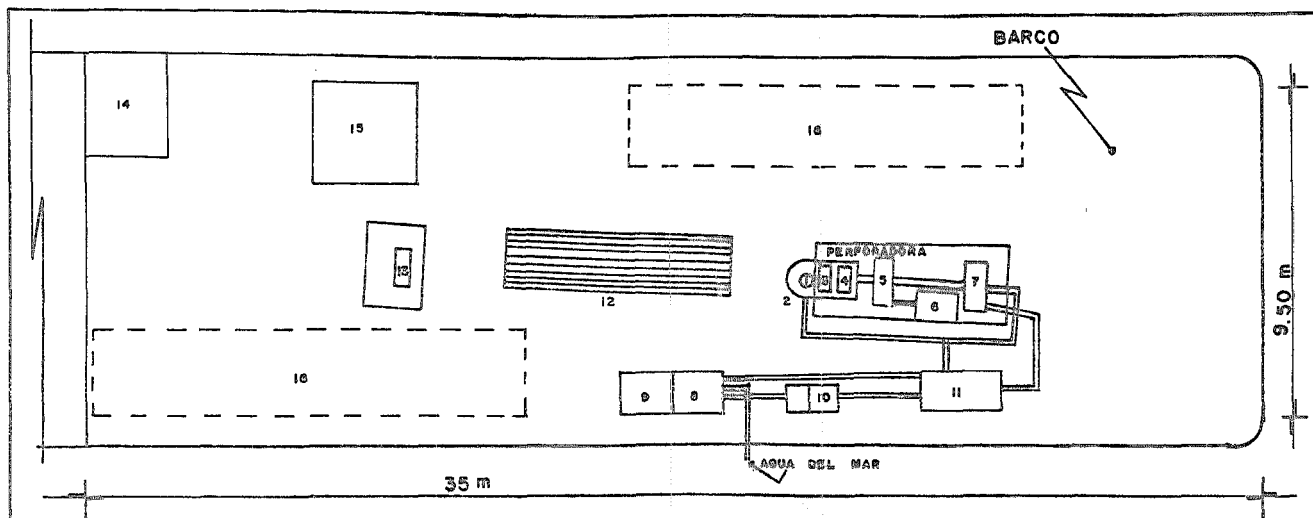
El sistema de anclaje que se utiliza generalmente es el de cuatro puntos consiste en dos unidades de dos carretes elevadores de cable de acero con 762 m c/u, cada unidad gobierna dos anclas con peso cada una de 3 Ton. aproximadamente. En el barco se tienen 4 anclas como refacción. (Fig. 17)

C). EQUIPO DE PERFORACION:

C.1 PERFORADORA.

El tipo de perforadora empleada en este tipo de muestreo es aquella que pueda alcanzar una longitud de perforación entre 200 y 350m aproximadamente (Fig. # 18)





- 1.-) Center well (Pozo central)
 2.-) Cabeza de la perforadora
 3.-), 4.-), 5.-) Malacates
 6.-) Motor diesel
 7.-) Bomba de lodo
 8.-) Bomba mezcladora de lodos
 9.-) Motor diesel para la bomba
 10.-) Mezcladora de chiffon
 11.-) Tanque de lodo (carcamo)
 12.-) Rack de barras de perforacion
 13.-) Malacate para cable de acero de la valeta a control remoto
 14.-) Laboratorio de campo
 15.-) Almacen de materiales
 16.-) Sacos de barita y polimero

ENEP ACATLAN UNAM	TESIS PROFESIONAL
	DISTRIBUCION EN EL BARCO
MEXICO	1980 Fig. 18

C.2 CENTER WELL (POZO CENTRAL)

Orificio mediante el cual se baja la herramienta de perforación, su diámetro es de 0.61 m. Este orificio atraviesa desde el piso del barco hasta la parte inferior del casco. (Fig. # 19)

C.3 BOMBA DE LODOS

Se utilizan dos bombas para lodos, una es mezcladora de lodos que está montada en patines accionada por un motor diesel. La segunda bomba para lodos toma su fuerza de la misma perforadora y está montada sobre la plataforma de perforación. Además se emplea un tanque para lodos (cárcamo) con las siguientes dimensiones, 5 m de largo por 6 m de ancho y 1.20 m de alto y un mezclador de chiflón.

D). HERRAMIENTAS DE PERFORACION

D.1) TUBERIA DE PERFORACION.

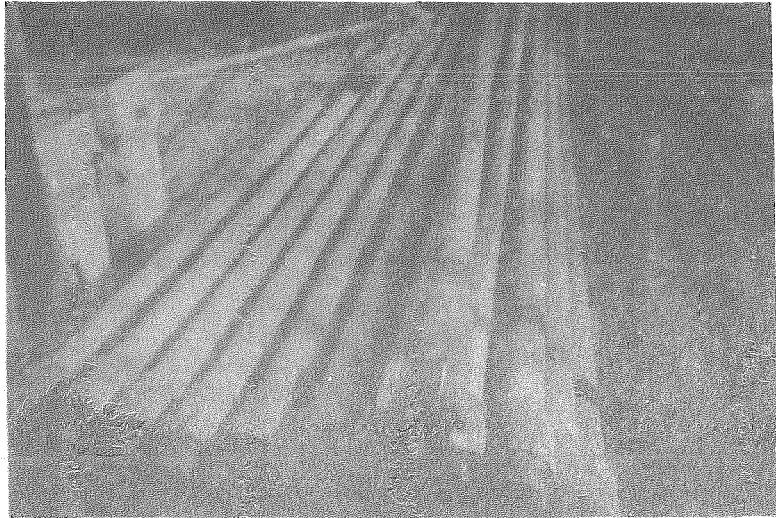
Son piezas de 6 m de longitud con un diámetro exterior de 9 cm y un diámetro interior de 7.6 cm, el peso de cada uno de los tubos es de aproximadamente 148 Kg. Utilizan coples de cuerda cónica con un diámetro exterior de 11 cm. (Figs. # 20 y 21)

D.2) DRILL COLLAR (LASTRA BARRENAS)

Son barrenas de 14 cm. de diámetro exterior y 6.0 m de largo que normalmente se colocan en la parte inferior de la sarta de perforación. Este tipo de barra es utilizada para ir avanzando el pozo. Por lo regular se tienen 6 barras de este tipo en el barco.

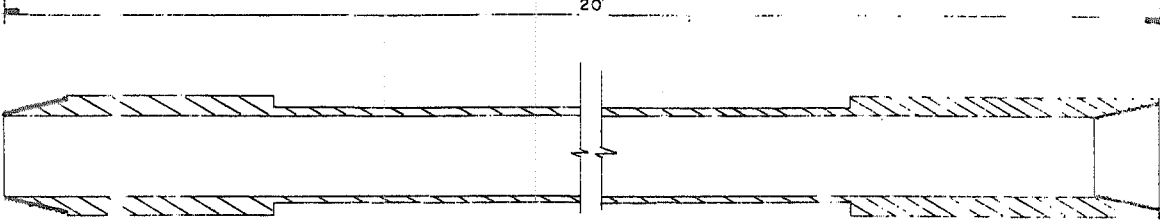


ENEP	TESIS PROFESIONAL	
	CENTER WELL (POZO CENTRAL)	
ACATLAN		
UNAM	MEXICO	1980 Fig 19



ENEP ACATLAN	TESIS PROFESIONAL
	TUBERIAS DE PERFORACION
UNAM	MEXICO 1980 Fig- 20

4.0"
(10.16 cm)
3.5"
(9.0 cm)
3"
(7.6 cm)



(60 m.)

20'

BARRA DE PERFORACION

TESIS PROFESIONAL

BARRA DE PERFORACION

ENEP

ACATLAN

UNAM

MEX. CO. 1980 Fig- 21

En la parte inferior de este tubo se coloca la barrena de perforación (Fig. # 22)

D.3) BUMPER STUBS (TOPE AMORTIGUADOR)

Son tubos especiales de perforación con diámetro exterior de 14.60 cm y una longitud de 4.88 m. Ejecutan una acción de cilindro y pistón el cual se utiliza para absorber los movimientos del barco debidos al oleaje existente en el lugar. Este tipo de tubo se coloca arriba del lastrabarrena.

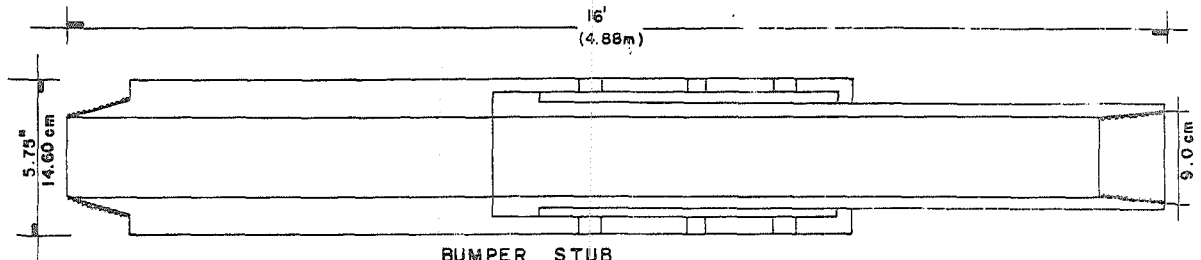
La efectividad de éste dispositivo es en ocasiones nula, ya que con mucha frecuencia se atora lo que ocasiona que el movimiento del pistón-cilindro se vea también anulado (Fig. # 23)

D.4) BARRENAS

Con el propósito de utilizar la barrena más adecuada que permita el avance en la perforación, con respecto a los materiales encontrados, se consideran dos tipos de materiales:

D.4.1) MATERIALES BLANDOS.

En el caso de encontrar materiales blandos como lo son las arcillas, limos y arenas poco cementadas, es conveniente emplear la de corona con cuatro conos de acero recubiertos con carburo de tungsteno. Las dimensiones de esta barrena son; 17.78 cm de diámetro exterior, 7.62 de diámetro inte--



BUMPER STUB
(Amortiguador)

ENEP	TESIS PROFESIONAL
ACATLAN	BUMPER STUB (AMORTIGUADOR)
UNAM	MEXICO 1980 Fig- 23

rior y una longitud de 30 cm. La barrena va roscada directamente con la tubería de perforación (Fig. #24) o bien al collar de perforación (Drill Collar)

D.4.2) MATERIALES DUROS

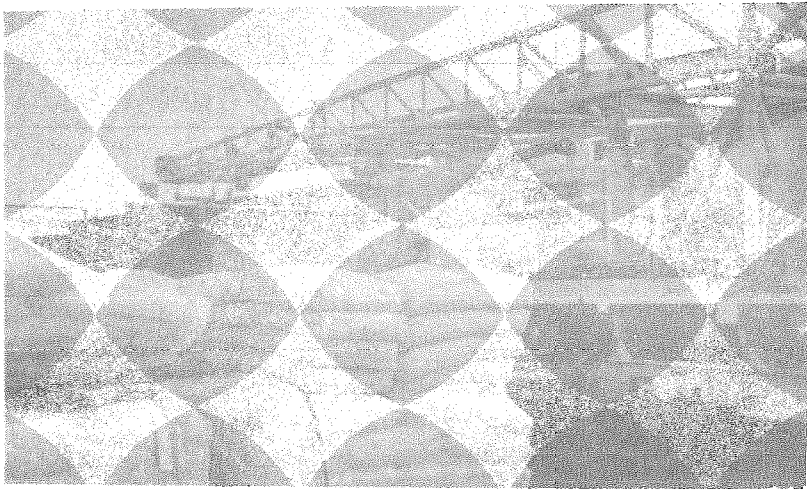
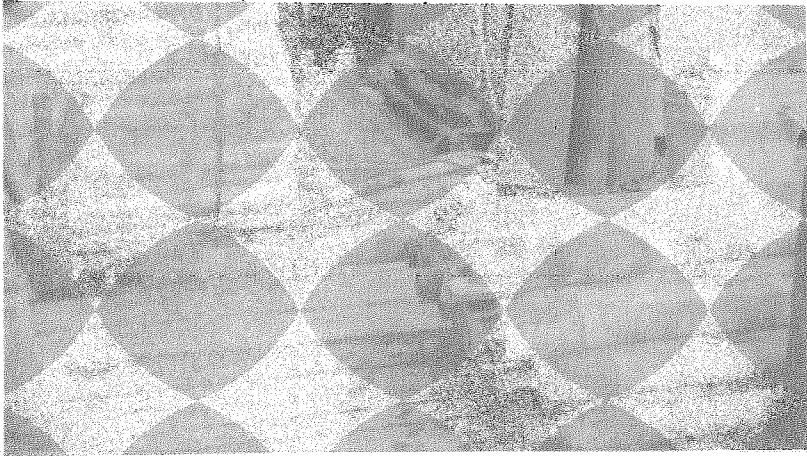
En cambio si los materiales encontrados son duros se utilizan barrenas de corona. (Fig. # 22). Este tipo de barrena tiene dimensiones de 17.78 cm de diámetro exterior, 9.00 cm de diámetro interior y una longitud de 30.48 cm.

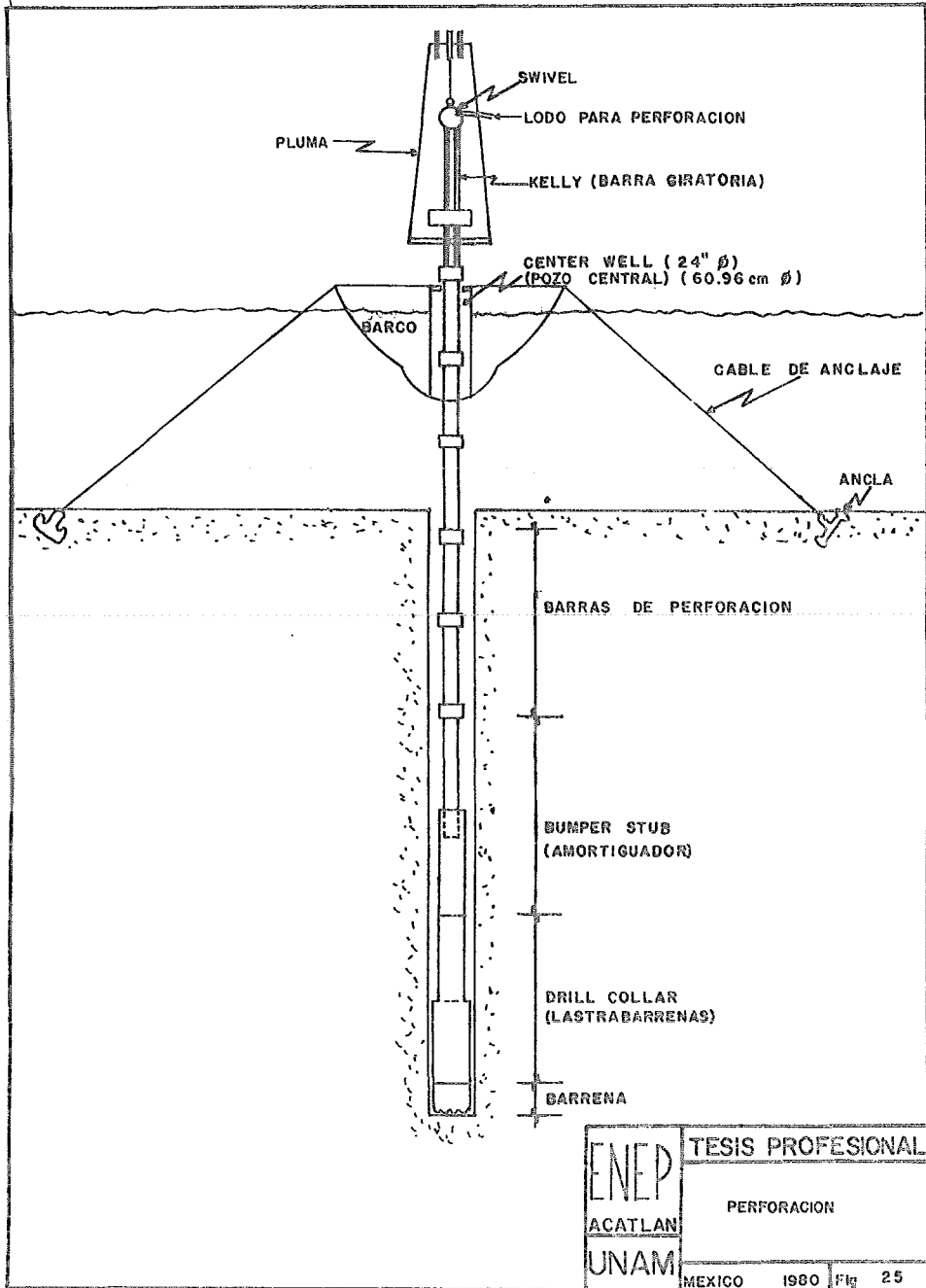
El arreglo general del equipo y la forma en que se lleva a cabo la perforación se presenta en la Fig. # 25.

D.5) MUESTREROS.

Existe una gran variedad de muestreros utilizados en la exploración geotécnica; el uso de los muestreros a utilizar dependen principalmente del tipo de suelo que se esté atravesando y de la calidad de muestra que se requiera recuperar.

Para el caso de los materiales superficiales que generalmente son blandos se ha empleado un muestrero llamado Liner Sampler (cilindro muestreador) que consta de un cuerpo central de 6.35 cm de diámetro exterior, 5.40 cm de diámetro interior y una longitud de 60.96 cm, en el interior se alojan 4 secciones de tubo rígido de plástico de 15.24 cm de longitud. En la parte inferior o sección de ataque se coloca una zapata biselada en rosca para ser acoplada al





tubo, que también sirve como tope para detener los tubos de plástico que se encuentran en el interior. En la parte superior del muestreador se coloca una pieza que se fija al tubo de perforación por medio de 3 prisioneros de tipo Allen de 6.4 mm de diámetro (Fig. # 26) cuando los materiales atravesados tienen mayor consistencia se utiliza un muestrero de pared delgada llamado "Thin Wall Sampler" (Saca núcleos delgados); cuyas dimensiones son 0.16 cm de espesor de la pared, 5.40 cm de diámetro interior y 91.44 de longitud (Fig. # 27).

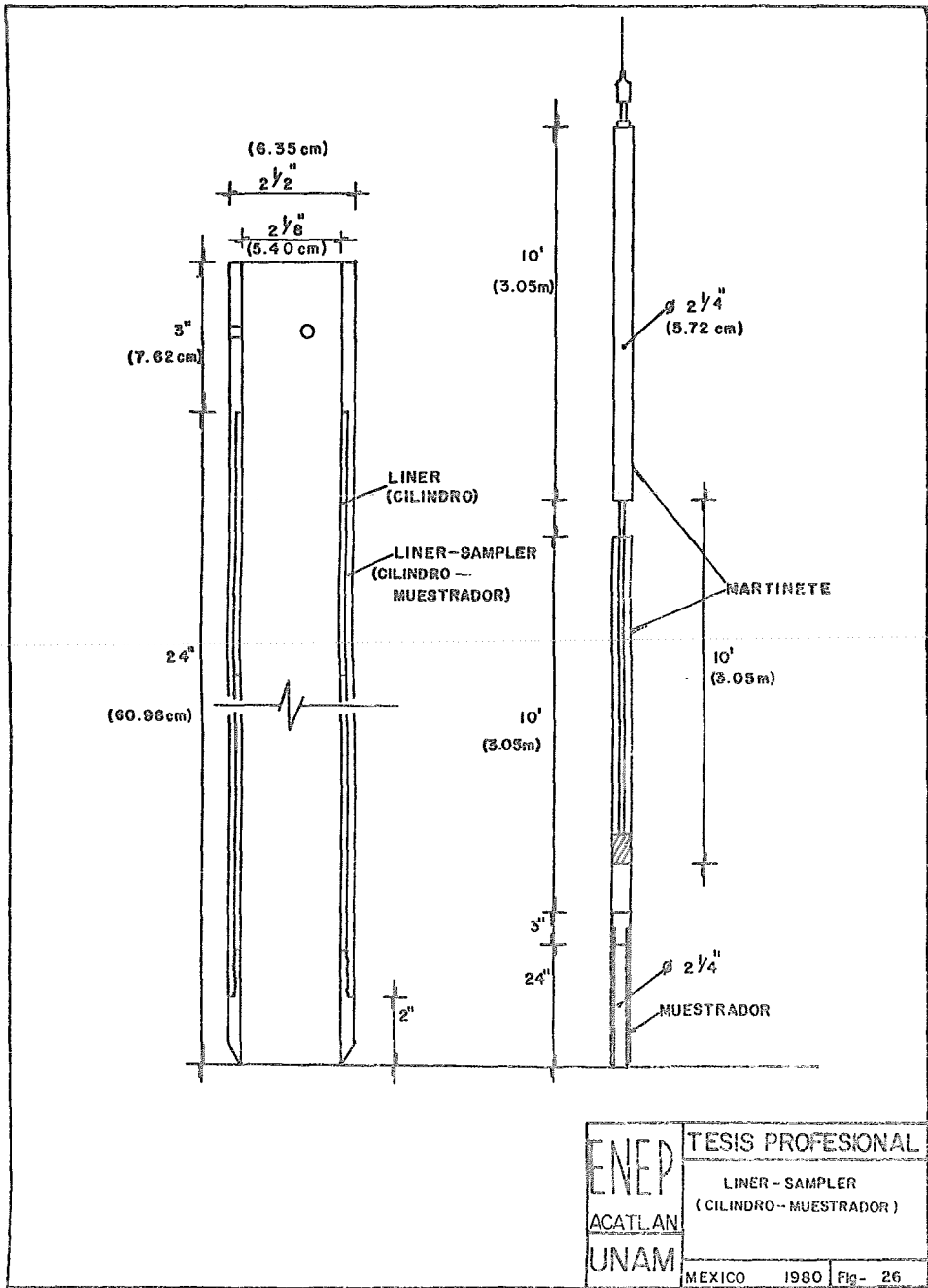
El avance de la perforación y la obtención de las muestras se presenta en la Fig. # 28.

3.1.1.2 ACTIVIDADES RELATIVAS A LA OBTENCION DE MUESTRAS.

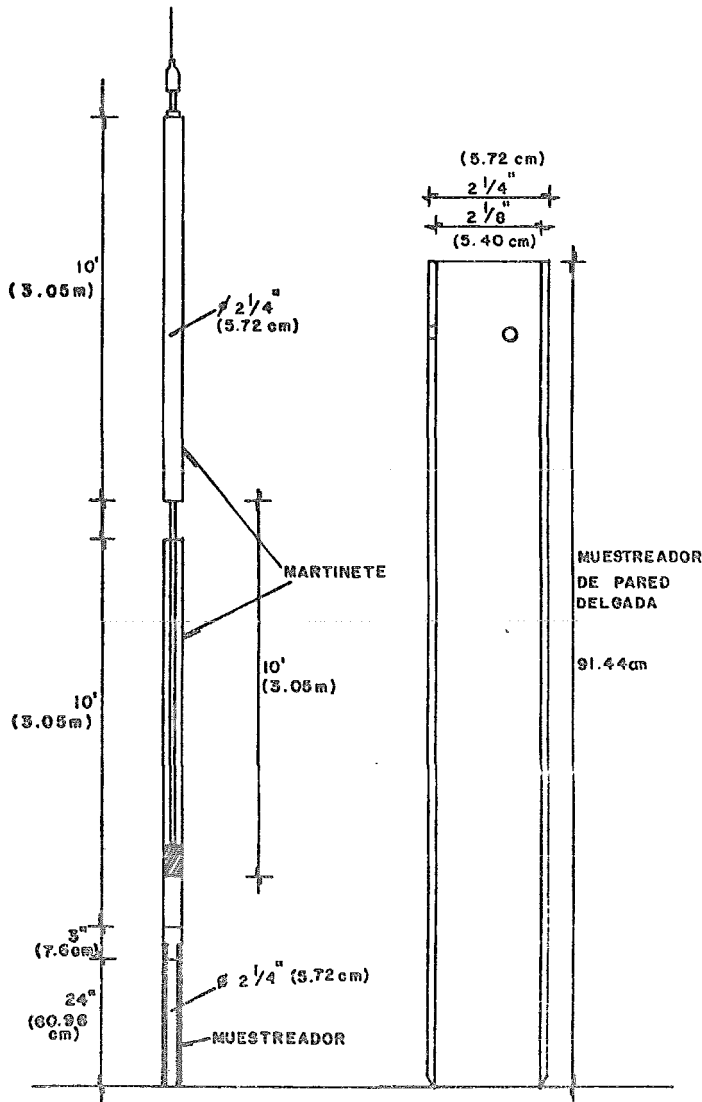
A continuación se describe la forma en que se lleva a cabo la obtención de muestras:

En la superficie y hasta una profundidad de 12 m aproximadamente, las muestras se extraen en forma casi continua, a intervalos de 90 cm se recupera una muestra que tiene una longitud de 60 cm. A profundidades entre 12 y 18 m se obtienen en intervalos de 1.50 m. Desde 18 m y hasta 115 m se recuperan en intervalos de 3 m.

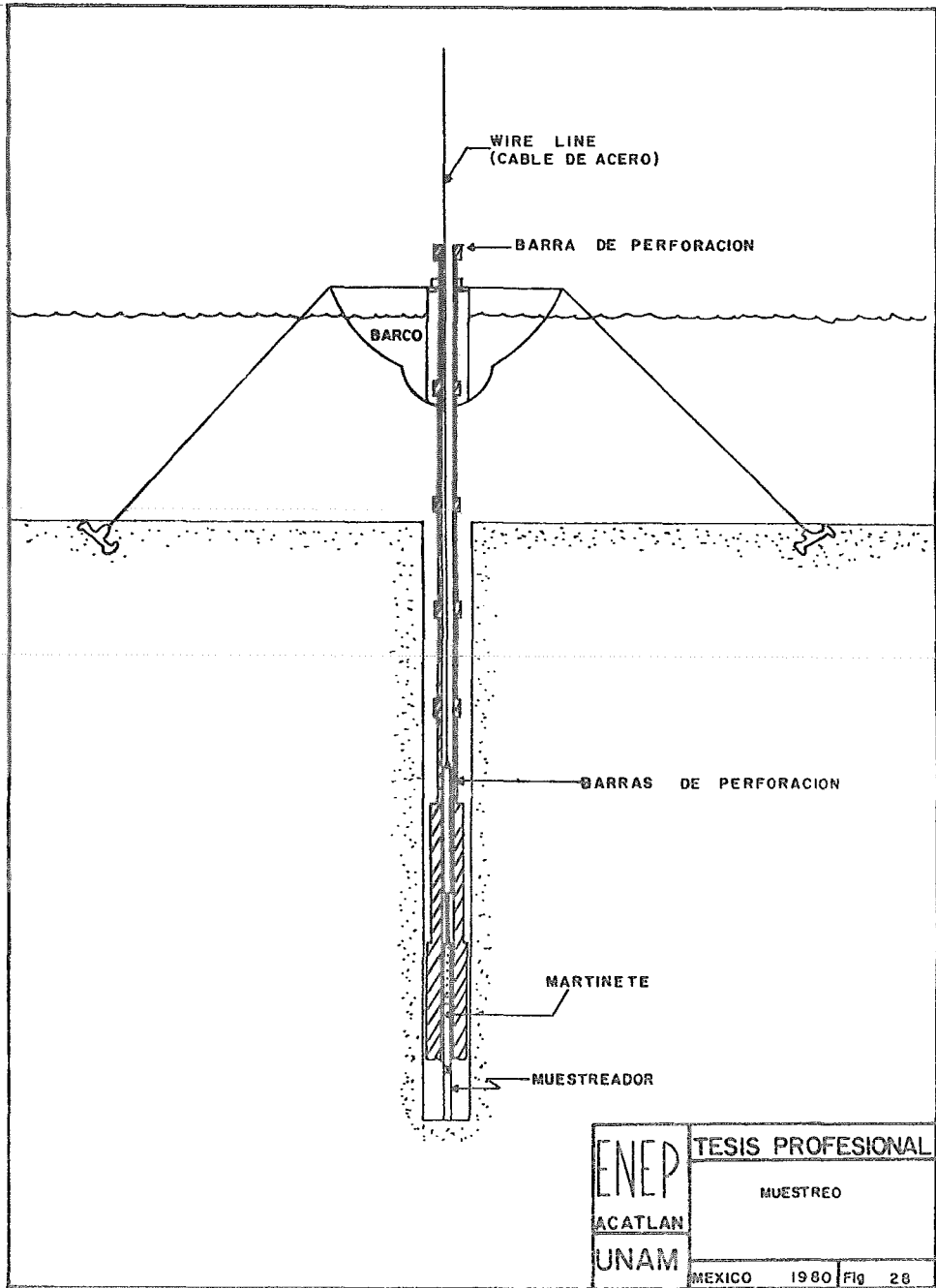
La perforación se ejecuta por medio de la tubería y barrenas ya descritas y para extraer las muestras un martinete muestreador, el que se baja hasta el fondo del pozo y se lleva hasta la superficie por el interior de la tubería utilizando un wireline (cable guía) con su malacate co---



ENEP ACATLAN UNAM	TESIS PROFESIONAL
	LINER-SAMPLER (CILINDRO-MUESTRADOR)
MEXICO 1980	Fig- 26



ENEP ACATLAN UNAM	TESIS PROFESIONAL
	MUESTREADOR DE PARED DEL- GADA
	MEXICO 1980 Fig- 27



ENEP ACATLAN UNAM	TESIS PROFESIONAL
	MUESTREO
MEXICO	1980 Fig 28

responsdiente (Fig. # 28).

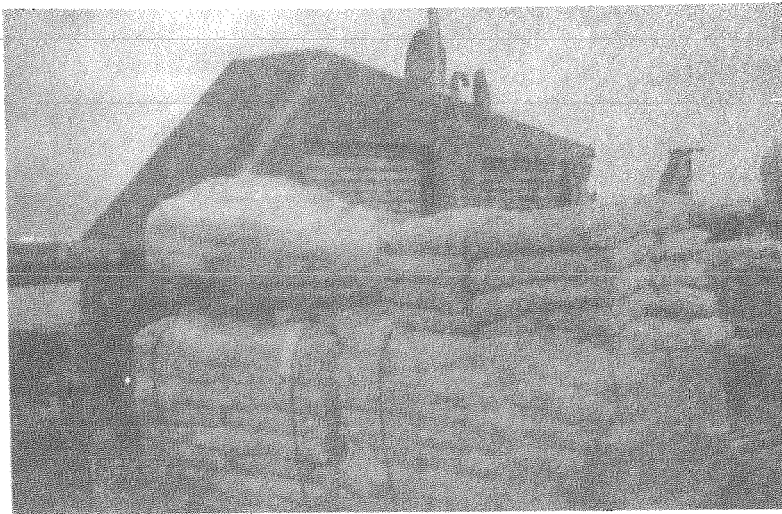
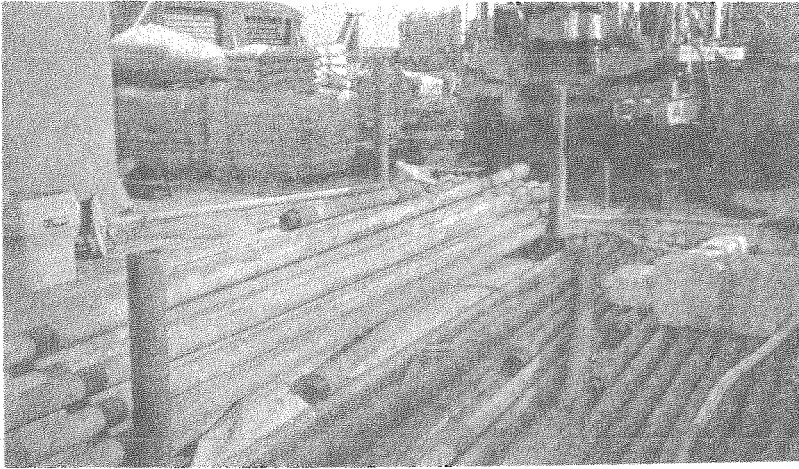
Los muestreros se hincan a percusión utilizando un martinete de 80 Kg de peso, que se deja caer desde una altura de 1.50 m y que golpea una cabeza colocada en la parte superior del muestreador, la forma de esta cabeza es semejante a la cabeza para tubo Shelby con válvula de balón convencional.

3.1.2 LODOS DE PERFORACION.

El fluido de perforación utilizado, es un lodo preparado con agua de mar a base de un polímero llamado KELZAN-XC y de Barita, en una proporción de 11.34 Kg de polímero por 226.8 Kg de Barita en 3000 litros de agua para obtener una densidad de 1.135 Kg/lt.

La mezcla se lleva acabo empleando un mezclador de chiflón, accionado por medio de la bomba mezcladora de lodos. Además de las propiedades que tienen los lodos de lubricar la herramienta, sirven para extraer el recorte y estabilizar las paredes del pozo, ésto es debido a la gran cantidad de Barita que se mantiene en suspensión y que ayuda a evitar fugas de gases que se encuentran por lo general en los materiales atravesados.

Durante la perforación se trabaja con el método de lodo perdido, ya que el fluido no recircula. Estadísticas efectuadas indican que el consumo de Barita y polímero para efectuar un sondeo de 120 m, es de aproximadamente 400 sacos de 45 Kg c/u de Barita por 40 sacos de 23 Kg de polímero. Debido a lo anterior el barco debe de tener la capacidad suficiente para almacenar 80 Ton de Barita cantidad necesaria para efectuar 4 sondeos a 121 m de profundidad. (Figs. # 29)



ENEP ACATLAN UNAM	TESIS PROFESIONAL
	BARITA ALMACE NADA
MEXICO	1980 Fig- 29

3.1.3 PROCESO DE PERFORACION.

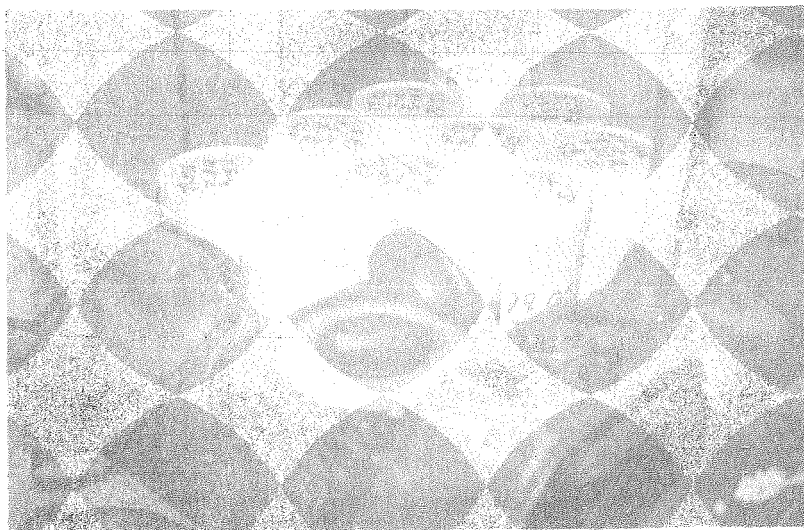
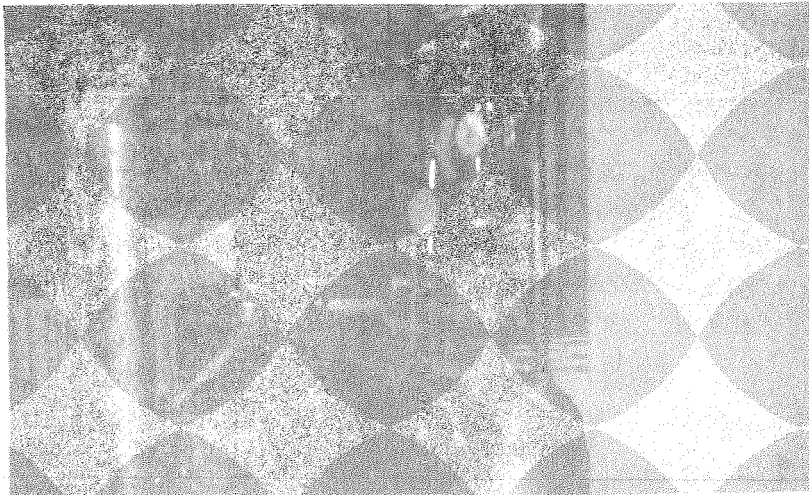
El ciclo de perforación es llevado a cabo de la manera siguiente:

Primeramente se lleva la herramienta de perforación hasta la profundidad requerida enseguida se lava el pozo perfectamente con el lodo y se eleva, (la herramienta) - de 2 a 3 metros aproximadamente. Se colocan las trampas y se desajusta el vástago de transmisión. Por el interior de la tubería se envía el martinete-muestreador y por medio del cable acero se mide la longitud a la que debe penetrar (0.60 m), iniciando el hincado del muestreador por medio del golpeteo del martinete. A continuación se extrae el muestreador, lavándose y protegiéndose para transportarlo al laboratorio donde es extraída la muestra para su análisis.

Se agrega otra extensión a la serie de barras de perforación, que son colocadas en orden en caso de ser necesario.

3.2 PRUEBAS DE CAMPO.

Para efectuar ensayos preliminares que nos permitan determinar de una manera directa los parámetros de resistencia, deformabilidad, o cualquier otro que se requiera para conocer a priori las características de los suelos, se ha instalado en el barco un pequeño laboratorio que está equipado para efectuar pruebas de torcómetro, veleta miniatura, compresión axial no confinada (penetrómetro de bolsillo). Además, en este local se labran emparafinan e identifican las muestras obtenidas del sondeo, las que posteriormente son enviadas al laboratorio localizado en tierra para complementar su análisis. (Fig. # 30).



ENEP ACATLAN UNAM	TESIS PROFESIONAL	
	LABORATORIO DE CAMPO	
MEXICO	1980	F21 - 30

3.2.1. EQUIPO DE CAMPO.

A continuación se describen las características y procedimientos de pruebas de los equipos utilizados en campo.

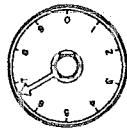
TORCOMETRO.- También llamado veleta de laboratorio; se emplea para determinar la resistencia al corte de suelos cohesivos. Mecánicamente es un resorte helicoidal calibrado, que en uno de sus extremos tiene un disco con navajas que se encajan en el suelo y en el otro una carátula graduada con la cual se aplica y mide el forgo necesario para romper el suelo. La torsión aplicada al resorte se va incrementando manualmente a razón de 360° por minuto. (Fig. # 31).

La cohesión se determina por lectura directa de la carátula del torcómetro la cual tiene divisiones a cada 0.1 Kg/cm^2 . El ensayo consiste en comprimir en dirección de su eje a un espécimen cilíndrico de suelo -generalmente de 3.6 cm de diámetro y con relación de esbeltez, 2.5 cm- a la velocidad de deformación de 1 mm/minuto, determinándose así la resistencia que opone el suelo al deformarse.

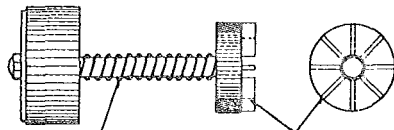
La cohesión del suelo ensayado se considera como la mitad del valor máximo de resistencia que alcanza en compresión simple ($qu/2$).

PENETROMETRO DE BOLSILLO.- Es utilizado para efectuar, en forma aproximada, estimaciones de la resistencia a la compresión axial no confinada de suelos cohesivos durante la exploración de campo o en estudios preliminares de laboratorio. Está compuesto por un cuerpo ligero de aluminio que tiene una base, un pistón de carga de acero inoxidable y un anillo rojo calibrado. Además en el barril del pistón está marcada en for-

TORCOMETRO (Torc.)



CARATULA
(Una revolución 1 Kg-Acm)



Resorte espiral

Alapas que se encajan en el tubo espiral

ENEP ACATLAN UNAM	TESIS PROFESIONAL
	TORCOMETRO
MEXICO	1980 Fig. 31

ma permanente una escala de lectura directa en Ton/pie² o en Kg/cm². El peso completo del penetrómetro es tan solo de 7 onzas (218 gr.), con un diámetro de 3/4 de pulgada (1.9 cm.) y una longitud de 6 pulgadas (15.3 cm.)

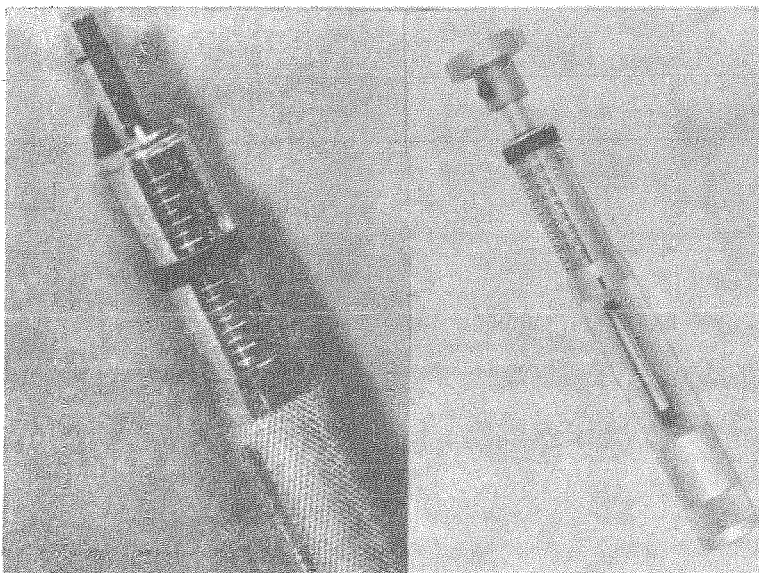
El procedimiento de prueba es el siguiente:
bajar el anillo rojo hasta el fondo del penetrómetro, o sea - hasta la escala más baja del mismo, tomar la muestra del sondeo a la que se requiere determinar su resistencia, colocando el penetrómetro sobre ella y empujar el pistón con presión firme dentro del suelo hasta la marca indicada por medio de una ranura alrededor del pistón 1/4 de pulgada (0.6 cm.) a partir del extremo. Leer el esfuerzo de ruptura directamente en ton/pie² o en Kg/cm² en la parte baja del anillo rojo siguiendo el orden de crecimiento de la escala. (Fig. # 32)

VELETA MINIATURA.- Para efectuar una prueba de - compresión no confinada de suelos blandos en estado remoldeado, su resistencia al corte puede determinarse con una veleta de - laboratorio (veleta minuaturation) (Fig. # 33). En la ejecución de la prueba se lleva a cabo el siguiente procedimiento:

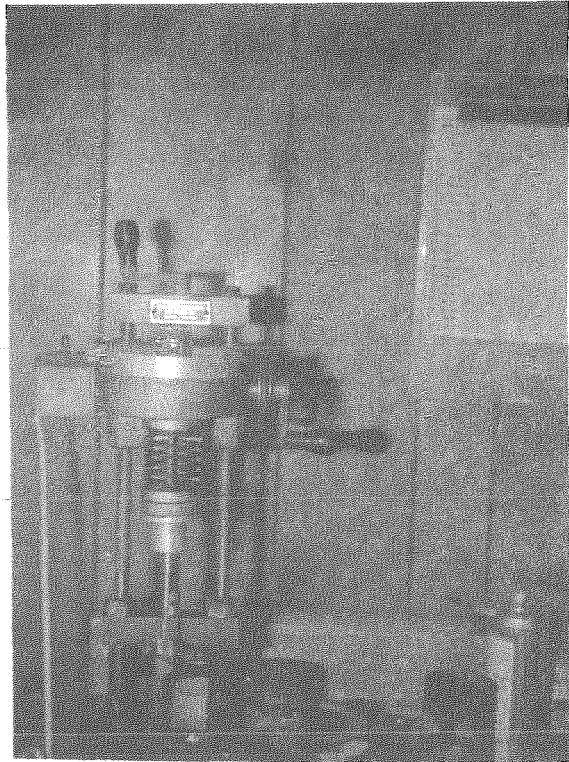
Se remoldea el material y se compacta con una espátula en el cilindro. Si se utiliza una veleta de laboratorio de 1.27 cm de diámetro y 1.27 cm de altura, el cilindro debe tener un diámetro inferior mínimo de 5.0 cm y llenarse con suelo remoldeado hasta una altura de por lo menos 7.5 cm. Se asegura el cilindro a la placa-base de la veleta de laboratorio.

Se introduce verticalmente la veleta en el suelo hasta que su parte superior se encuentre aproximadamente 3.5 - cm debajo de la superficie del suelo.

Si se emplea el método de control de deformación se aplica una velocidad angular constante tal que la prueba du



ENEP ACATLAN	TESIS PROFESIONAL
	PENETROMETRO DE BOLSILLO
UNAM	MEXICO 1980 Fig. 32



re entre 10 y 20 min, durante el ensayo se obtienen lecturas de cargas y deformaciones angulares cada 30 seg.

Si se utiliza el método de control de carga, - se aplica un incremento por minuto en el porta pesas. El par torsor producido por cada incremento debe ser aproximadamente del 10% del requerido por la falla del material. En la proximidad de la falla, la magnitud de los incrementos de carga debe reducirse a la mitad del valor inicial y dichos incrementos se aplican cada medio minuto. El ángulo de rotación de la veleta debe registrarse 5 seg. antes de aplicar el siguiente incremento de carga.

Cuando la carga deje de aumentar al continuar la deformación (control de deformación) o cuando la veleta gire a velocidad constante o creciente bajo una carga dada (control de carga), se suspende la prueba.

Se retira la veleta y se determina el contenido de agua del suelo que se encuentra en la vecindad inmediata de la veleta.

Se calcula la resistencia al corte utilizando la siguiente ecuación:

$$S = \frac{6 T}{11. D^2 (3H + D)}$$

Donde:

S= Resistencia al corte

T= Par torsor máximo

D= Diámetro de la veleta

H= Altura de la veleta

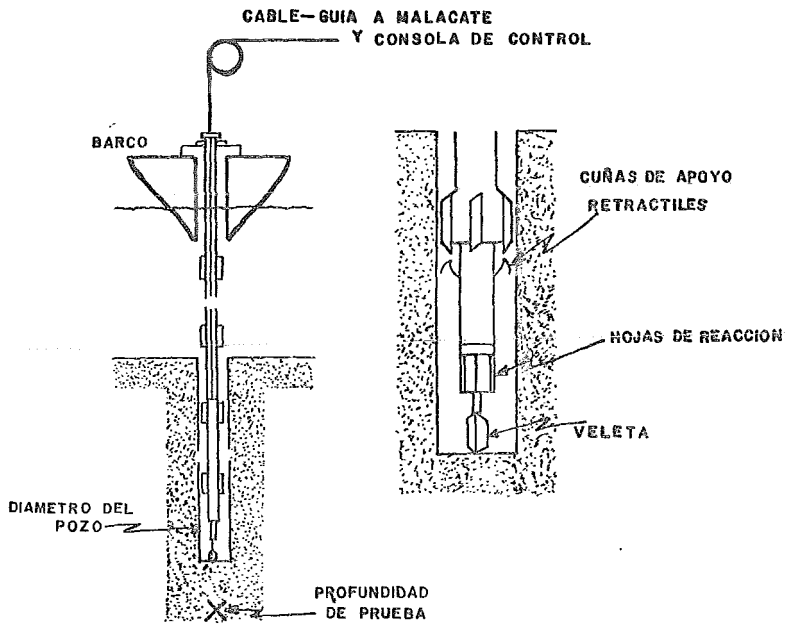
Si se ha determinado la resistencia del material en estado inalterado, se puede obtener la sensibilidad del mismo. Esta operación presupone la existencia de una correlación empírica entre los resultados de ambas pruebas.

VELETA DE CONTROL REMOTO.- Para medir la resistencia de los sedimentos marinos in situ, se utiliza la veleta operada a control. Se emplea cuando las muestras de suelo recuperadas presentan un grado de alteración notable o para comparar los resultados con los obtenidos en el laboratorio. Además, se pueden hacer pruebas cíclicas alternando el sentido de los esfuerzos cortantes.

Los elementos que integran el aparato son: veleta, cuchillas de reacción, sistemas de aplicación y medición del momento torsionante, tubo cabezal, tubo martillo, cable guía especial, malacate y consola de control y adquisición de datos. El cable guía especial lleva en su interior los alambres eléctricos que transmiten las señales eléctricas de la consola de control hacia los sistemas de aplicación y medición del par torsionante y de regreso a dicha consola.

La veleta desciende por el interior de la tubería de perforación sostenida por el cable guía; se inserta en el suelo a golpes del tubo del martillo, hasta una profundidad entre 60 y 120 cm del fondo del pozo; se hace girar a una velocidad variable entre 50 y 105 grados/minuto, apoyándose en las cuchillas de reacción.

Se dispone de tres veletas de diferentes dimensiones que permiten medir resistencias hasta de 2.9 kg/cm^2 . Los diámetros son 3.18, 4.45 y 5.72 cm, con una relación altura diámetro entre 2.04 y 2.73. La veleta menor se emplea en los suelos más resistentes. La relación entre el área de la sección transversal de la veleta y el área definida por su diámetro varía entre 15% la mayor y 19% la menor. (Fig. # 34))



ENEP ACATLAN UNAM	TESIS PROFESIONAL
	VELETA DE CONTROL REMOTO
MEXICO	1980 Fig. 34

Recientemente, dentro de los estudios geotécnicos, se ha desarrollado un penetrómetro cónico llamado WISON con el objeto de complementar los medios de investigación existentes y poder obtener, en lo que se refiere al tipo de suelo información definitiva de: resistencia en la punta, fricción lateral, mediciones de presión de poro, densidad relativa de los suelos granulares y determinación de la estratigrafía a medida que avanza el sondeo.

El WISON es un penetrómetro cónico hidroeléctrico del tipo cable-guía, diseñado para ejecutar pruebas de penetración cónica estática en el fondo del sondeo. Consiste de un gato hidráulico individual que es bajado por el interior de la sarta de perforación, mediante un cable central especial, hasta llegar a la barrena de perforación (Trépano) donde es asegurado automáticamente. El cono tiene una área en corte transversal de 10 cm^2 y contiene celdas de carga y medidores de deformación que miden la resistencia en la punta y la fricción superficial lateral.

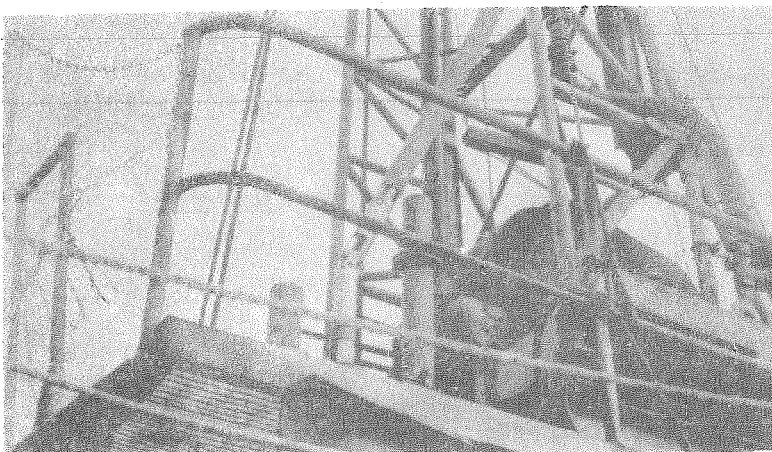
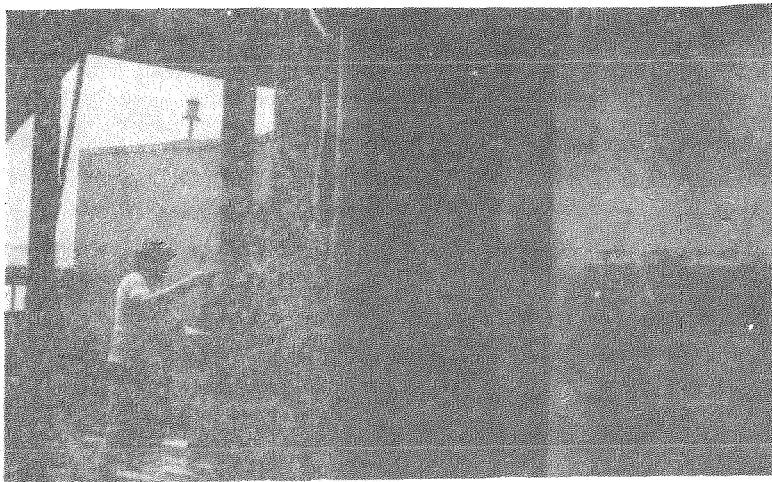
Para efectuar la prueba es bajado el WISON por el cable central y mediante el pistón hidráulico interno se forza dentro del suelo con una velocidad constante de penetración de 2cm/seg; la profundidad de penetración de cada prueba depende de las características del suelo y del movimiento compensado de la sarta de perforación que la hace permanecer en una posición estacionaria durante la prueba. El movimiento compensado es suministrado por el peso de la propia sarta y puede ser incrementado por la incorporación de collares de perforación extras. En estas circunstancias la fuerza de reacción máxima que puede ser obtenida es de aproximadamente 3 ton.

Para estabilizar la sarta de perforación en suelos muy blandos y para suministrar las fuerzas de reacción

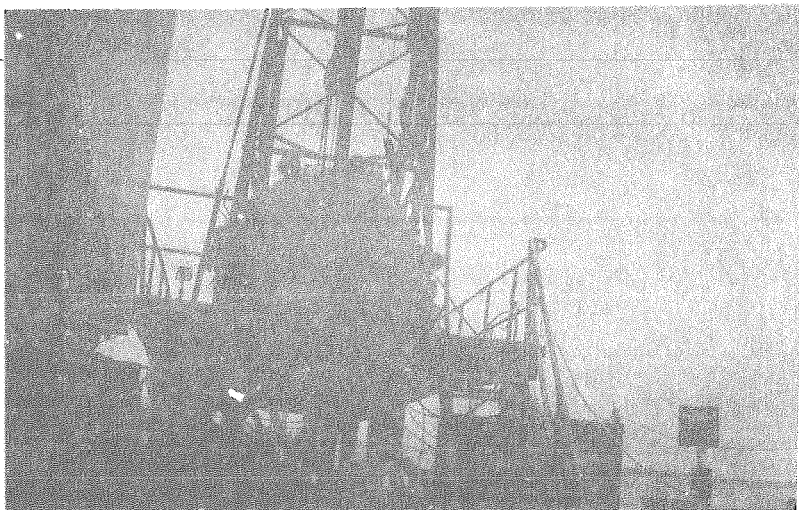
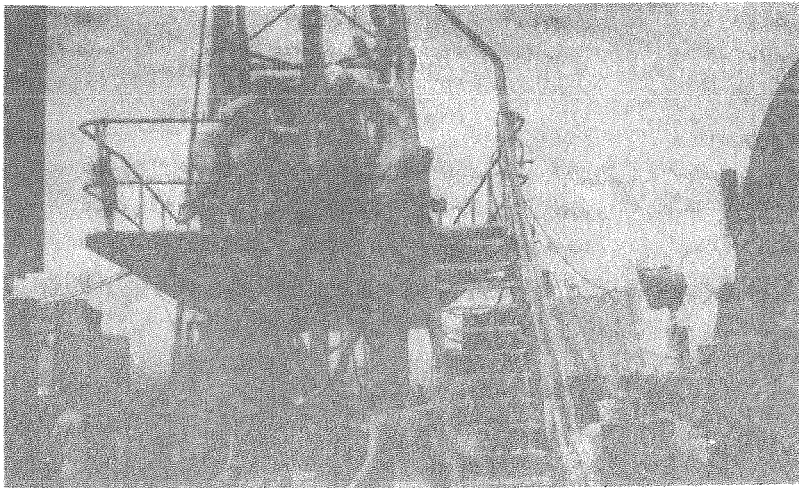
necesarias en suelos densos o duros, se utiliza un obturador que consta de un empaque de hule y que comunmente es usado con el penetrómetro cónico WISON; este obturador se encuentra ubicado dentro de la sarta de perforación oprimiendo a la barrena. Cuando el obturador esta desinflado se realizan las operaciones de perforación, por lo que el obturador está diseñado de tal manera que al inflarse restringe la acción rotatoria de perforación y se procede a efectuar la prueba con el WISON. Durante las operaciones normales de perforación, el obturador no puede ser inflado accidentalmente, puesto que la entrada de aire se encuentra cerrada por fuera. (Fig. # 35 y 36)

Para trabajar en conjunción con el penetrómetro cónico WISON se ha diseñado un muestreador llamado WIPSAMPLER, que es usado para obtener muestras de suelo mediante la acción de empuje. Este método arroja un menor número de muestras alteradas y una gran recuperación de las mismas. El martinete hidráulico empleado con el WIPSAMPLER tiene una capacidad de empuje de 8 toneladas cortas y utiliza tubos muestreadores de pared delgada de 1 m de longitud con un diámetro exterior variable desde 51 mm a 76 mm. De esta manera se puede obtener información del suelo mediante el uso de la prueba de penetración cónica WISON combinada con el muestreo de suelos del WIPSAMPLER.

Cuando el WISON y el muestreador WIP son bajados y asegurados automáticamente la entrada del aire del obturador se abre y el obturador se infla por la presión del lodo de perforación. Así la sarta de perforación es asegurada en el tope mediante un "empaque abierto" colocado en el cable central para que a esta posición sea inflado. De esta manera el obturador fija la sarta de perforación suministrando una fuerza de reacción arriba de 20 ton. cortas. Como el punto de fijación está inmediatamente arriba de la broca de perforación no tiene tendencias a doblarse debido a la carga.



ENEP	TESIS PROFESIONAL
	OBTURADOR Y CONO WISON
ACATLAN	
UNAM	MEXICO 1980 FIG. 35



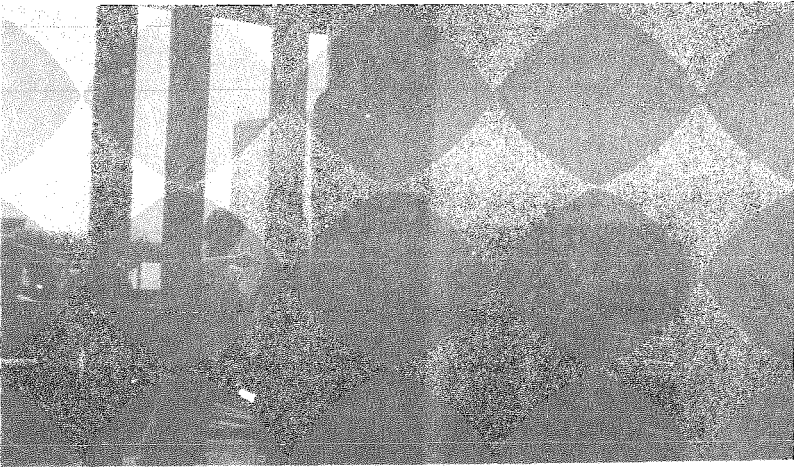
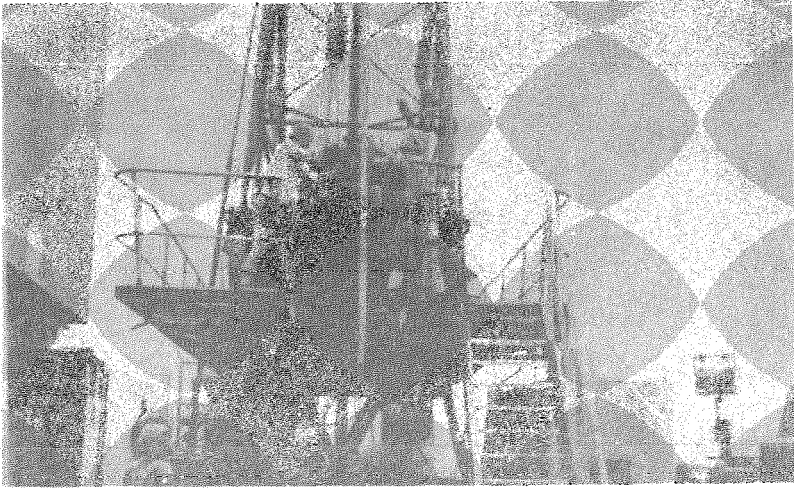
ENEP	TESIS PROFESIONAL	
	INICIACION DE LA PRUEBA.	
ACATLAN		
UNAM	MEXICO	1980 FIG. 36

Cuando se termina la prueba WISON o el muestreo WIP, se reduce la presión del lodo y se quita el seguro en la parte baja de la bróca de perforación y una vez desinflado el obturador es retirado el cono o el muestreador según sea el caso para que la perforación pueda continuar. Las pruebas pueden ser repetidas a cada 1.50 m en el caso de tener un perfil casi continuo, o bien, se pueden concentrar las pruebas en 2 zonas que se consideren críticas. (Fig. # 37)

Los sondeos con el penetrómetro cónico se efectúan mediante la percepción de las señales eléctricas que son amplificadas y transmitidas a la cabina de control en la vía superficial del cable central, donde son registradas automáticamente sobre una franja en una tabla de registro durante la prueba. Los resultados son presentados como curvas de resistencia del cono (qc) y fricción superficial (fs). El análisis preliminar de estas curvas es a menudo hecha en campo y el análisis ingenieril final es completado normalmente en gabinete. (Fig. # 38)

El sistema de penetración cónica tiene varias aplicaciones para obtener en forma rápida y efectiva, información referente al sondeo en estudio. La información que se determina en base a los sondeos de penetración cónica es la siguiente:

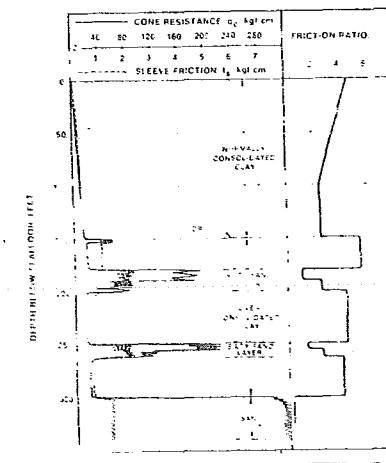
Determinación de la estratigrafía.—Esta información es suministrada por dos parámetros: A) La resistencia unitaria en la punta (qc) y B) La relación de fricción (fr) que está en función de qc y la fricción superficial unitaria (fs). La obtención de una curva relativamente uniforme de resistencia del cono incrementada gradualmente con la profundidad indica usualmente la presencia de una arcilla normalmente consolidada. Por otra parte mediciones altas de la resistencia del cono indican la presencia de suelos granulares que tendrán que



ENED	TESIS PROFESIONAL	
	FIN DE LA PRUEBA	
ACATLAN		
UNAM	MEXICO	1980 FIG. 37



ENEP	TESIS PROFESIONAL
	REGISTRO DEL WISON
ACATLAN	
UNAM	MEXICO 1980 FIG. 38



ENEP ACATLAN UNAM	TESIS PROFESIONAL
	REGISTRO DE UN SONDEO CONTINUO CPT
	MEXICO 1980 FIG. 3 8'

ser correlacionadas con la densidad relativa in situ.

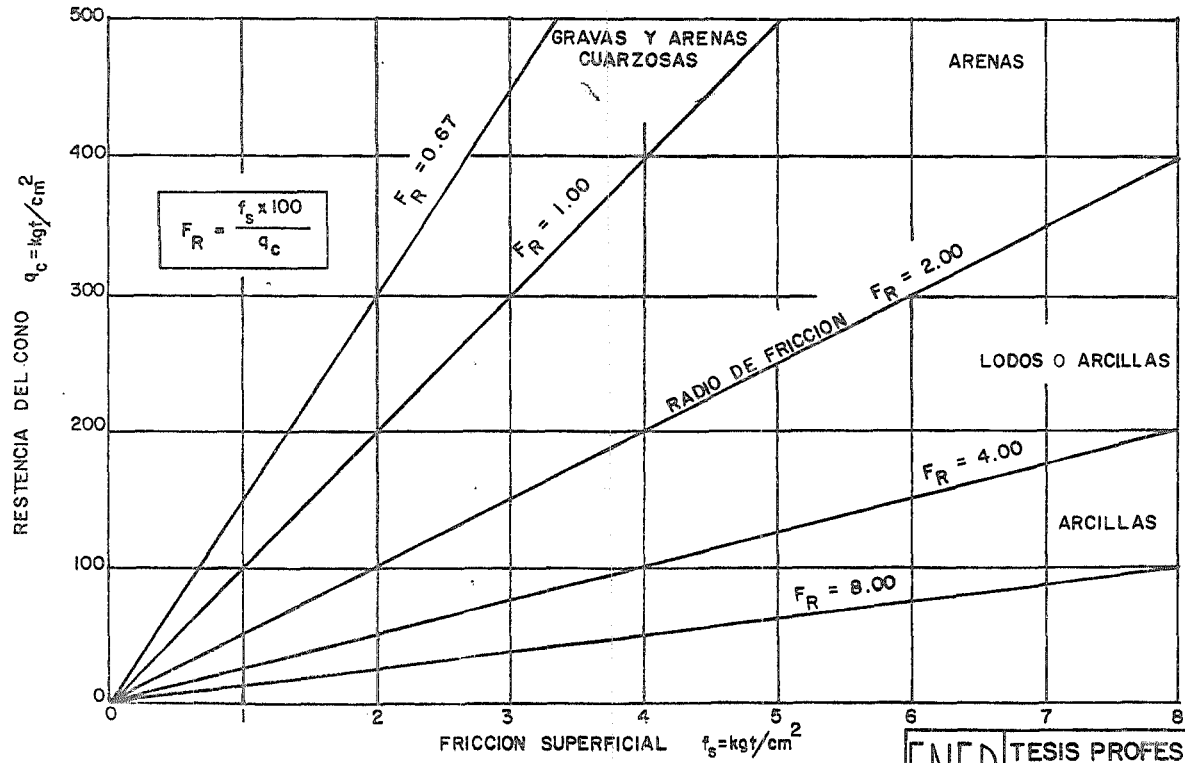
Determinación del tipo de suelo.- El análisis de los sondeos del WISON, suministra una aproximación de la identificación de suelos por medio de la relación de fricción, definida como la fricción superficial:

$$Fr = \frac{Fs \times 100}{qc}$$

Donde: Fr = relación de fricción
 Fs = medición de la fricción superficial
 qc = medición de la resistencia del cono.

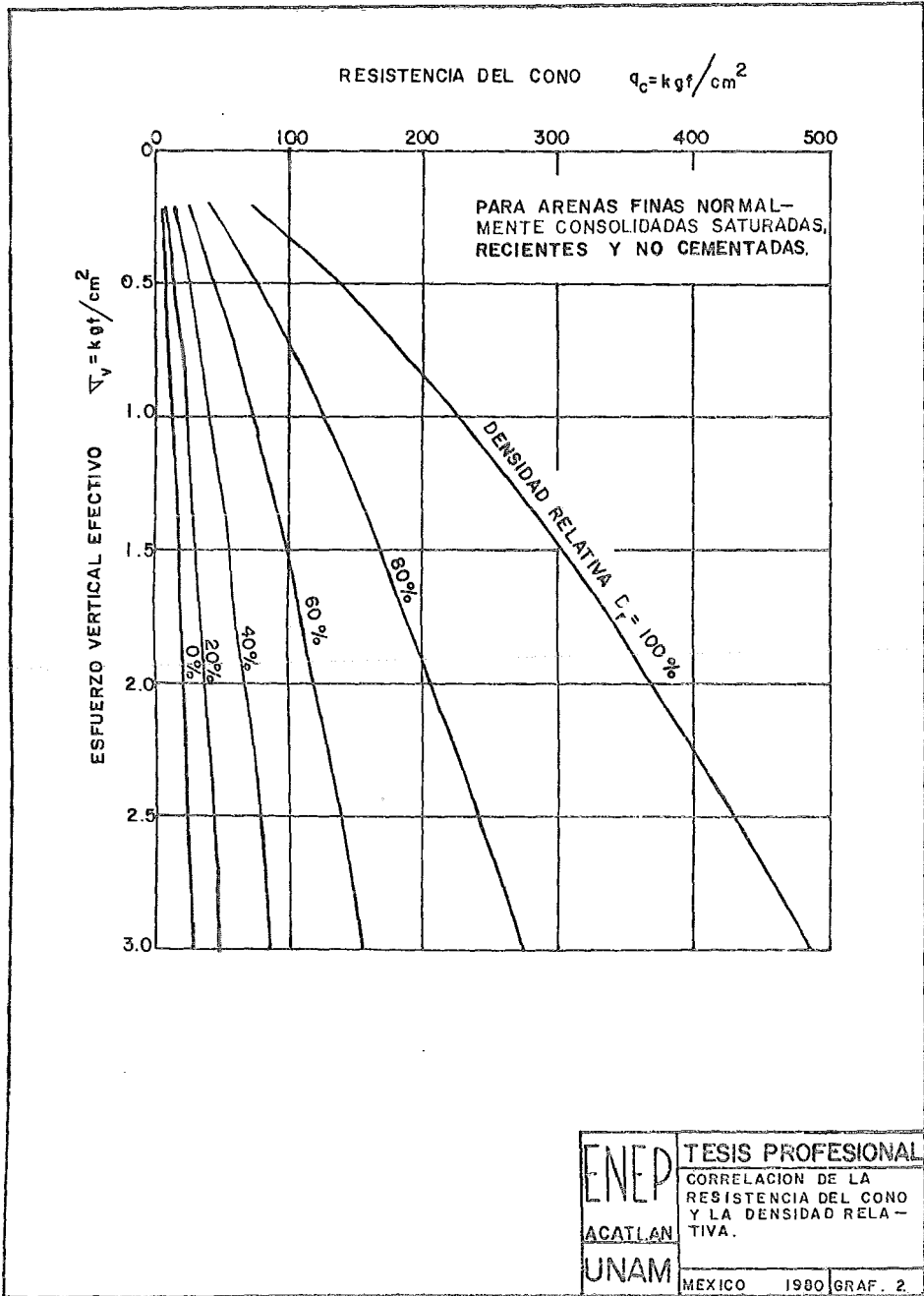
La gráfica No. 1 ilustra una carta típica correlacionando la resistencia del cono y la fricción superficial (relación de fricción) con los tipos de suelos en general. Una relación de fricción alta (Fr 3 ó 4) indica la presencia de granos finos o suelos cohesivos; mientras que una relación de fricción baja (Fr 2 ó 3) denota la existencia de granos gruesos o suelos granulares, Cabe hacer notar que esta carta debe ser usada solamente como una guía en la identificación del tipo de suelo.

Suelos granulares.- Los sondeos con el WISON son usados para estimar la densidad relativa in situ del estrato de suelos granulares. La gráfica No. 2 presenta una correlación entre la penetración del cono, el esfuerzo vertical efectivo y la densidad para arenas finas no cementadas, saturadas y normalmente consolidadas, La gráfica debe ser usada como una guía en la determinación del tipo de suelo, ya que la resistencia a la penetración del cono es afectada tanto por el tipo de suelo granular, la distribución del tamaño de las partículas, la cementación, los esfuerzos laterales, la compresibilidad, así como, la presión de poro.



$$FR = \frac{f_s \times 100}{q_c}$$

ENEP ACATLAN UNAM	TESIS PROFESIONAL
	CLASIFICACION DE SUELOS POR MEDIO DE LAS RE- LACIONES DE FRICCIÓN DADAS POR EL PENETRO- METRO CONICO WISON
	MEXICO 1980 GRAF. 1



Suelos Cohesivos.- La estimación de la resistencia al corte no drenada de los suelos cohesivos es igual a la medida de la resistencia a la penetración ajustada por la presión de la sobrecarga dividida por un factor del cono N_k , como se muestra a continuación:

$$Su = \frac{qc - T}{N_k}$$

Donde:

Su = Resistencia al corte no drenada
 qc = Medición de la resistencia
 T = Presión de la sobrecarga del suelo
 N_k = Factor del cono.

Capacidad de carga en pilotes.- La capacidad de carga en pilotes con el método de penetración cónica se lleva a cabo empleando las siguientes fórmulas:

$$Q_{\text{total}} = Q_{\text{fricción superficial}} + Q_{\text{carga en la punta}} = fAs + qAp$$

$$Q_{\text{total}} = Q_{\text{fricción superficial}} \quad \text{para tensión}$$

Fricción superficial unitaria

Arcillas

$$f = Su$$

donde:

= 1.0 para arcillas normalmente consolidadas

= 0.5 para arcillas consolidadas

Arenas

$$f = B qc$$

donde:

$B = 1/300$ para compresión

$B = 1/400$ para tensión

Capacidad unitaria por punta

Arcillas

$$q = 9 S_u$$

Arenas

- q es función de
- resistencia del cono
 - profundidad
 - diámetro
 - tamaño de granos
 - esfuerzos in situ

Valores límites en Arenas

$f_{máx}$ = la medida de la fricción superficial
 O 1.2 TSF cualquiera que sea pequeña.

Normalmente los resultados de capacidad de carga utilizando los sondeos del WISON son más altos de los que se obtienen con el método API, lo que reduce la profundidad de penetración predecida para una carga de diseño dada.

3.3 PRUEBAS DE LABORATORIO.

Las pruebas de laboratorio sirven para determinar las propiedades índice y mecánicas de los suelos. Las primeras nos dan una clara visión del estado natural en que se encuentran los suelos, y las segundas nos permiten conocer la forma en que los suelos se comportarán bajo un estado de esfuerzos dado. Basándonos en estos resultados podremos establecer las recomendaciones correspondientes para diseñar una cimentación adecuada.

Entre las propiedades índice podemos citar:

- a). Contenido natural de humedad

- b). Límites de consistencia
- c). Contracción Lineal
- d). Densidad de los sólidos
- e). Peso volumétrico húmedo y seco
- f). Análisis granulométrico
- g). Oquedad relativa
- h). Grado de saturación
- i). Análisis químicos.

Entre las propiedades mecánicas podemos citar:

- a). Compresibilidad
- b). Resistencia al esfuerzo cortante.
- c). Permeabilidad.

Para obtener las propiedades índice y mecánicas de las muestras de suelo, obtenidas del sondeo realizado para la instalación de la plataforma en la localización IXTOC-441, se efectuaron las siguientes pruebas.

- a). Contenido natural de humedad
- b). Límites de Consistencia
- c). Densidad de los sólidos

- d). Peso volúmetrico húmedo
- e). Análisis granulométrico
- f). Compresión áxial
- g). Compresión triaxial
- h). Análisis químicos

A continuación se presenta una breve idea de cada una de estas pruebas

a). Contenido Natural de Humedad.- El contenido natural de humedad (W) es un índice característico de un suelo, el cual se define como la relación del peso del agua entre el peso de los sólidos.

Esta prueba es bastante sencilla de realizar, ya que con sólo pesar el material en estado húmedo y seco se obtienen los datos necesarios para calcularlo.

b). Límites de Consistencia.- Las propiedades plásticas de las arcillas fueron estudiadas determinando los límites de consistencia, fijando para tal motivo límites arbitrarios entre cada uno de los estados líquidos semi-sólidos y sólidos. Estos límites fueron definidos por A. Atterberg en 1911 y han servido para fines de clasificación y predicción de sus propiedades técnicas.

Límite líquido.- El límite ha sido definido como el contenido de agua de un suelo expresado en por ciento del peso seco, que fija la división entre los estados casi líquido y el plástico y se obtienen al cerrar con 25 golpes una ranura efectuada en una muestra del suelo en el aparato

diseñado por el Dr. A. Casagrande. Este dispositivo es un medio mecánico para uniformar la técnica de operación y el factor personal.

Límite Plástico.- El límite plástico que limita el estado plástico del estado semisólido se define como el contenido de agua expresado en por ciento del peso seco, con el cual se agrieta un cilindro de material de 3 milímetros de diámetro, al rodarse con la mano sobre una superficie lisa.

Límite de Contracción.- El límite de contracción de una muestra saturada se ha definido como el contenido de humedad de la muestra cuando cesa la disminución de volumen aunque continúa perdiendo peso a causa de la evaporación del agua.

La expresión matemática del límite de concentración de una muestra es:

$$L_c = \left(\frac{1}{\gamma_s} - \frac{1}{S_s} \right) 100$$

Donde:

γ_s = peso volumétrico seco

S_s = densidad de los sólidos

Otras características importantes son:

Índice de Plasticidad.- El índice de plasticidad se define como la diferencia entre el límite líquido y el límite plástico.

Índice de Fluencia.- El índice de fluencia o de escurrimiento es igual a la pendiente de la línea de escurrimiento.

Indice de Tenacidad. Se define como el cociente de dividir el índice plástico entre el índice de fluencia.

C). Densidad de los sólidos.- Esta es una prueba ba índice que permite clasificar los suelos en función del peso volumétrico de los mismos. A partir de este valor se pueden deducir otras propiedades de los suelos.

El aparato utilizado en la determinación de dicha prueba se denomina picnómetro y no es más que un matraz calibrado de 500 a 250 centímetros cúbicos. El procedimiento consiste en pesar el material; se introduce en el matraz y por diferencia con el matraz aforado y calibrado se encuentra el volumen de dichos sólidos, la densidad se obtiene dividiendo el peso de la materia sólida entre su volumen correspondiente.

d). Peso volumétrico húmedo.- Esta es una prueba bastante sencilla de efectuar que consiste en pasar el material húmedo y después determinar el volumen de la muestra mediante una medición directa de sus dimensiones cuando es una muestra regular, o cuantificando el peso del agua desalojada de un depósito cuando es irregular. El peso volumétrico húmedo se define como el cociente del peso del material húmedo entre su volumen.

e). Análisis Granulométrico.- La granulometría puede dividirse en dos tipos: Granulometría gruesa que se hace a suelos granulares y Granulometría fina que se aplica generalmente a las arcillas.

Esta última puede hacerse por dos métodos distintos; por vía seca o por vía húmeda. El aparato utilizado consiste de un juego de mallas y de una máquina vibratoria; -

Ésta tiene por objeto facilitar el paso de las partículas de suelo a través de las mallas. La granulometría fina se determina particularmente empleando hidrómetros o pipetas. El resultado de estas pruebas es una curva que representa la -- distribución de tamaños en porcentajes de peso de las diferentes partículas de que consta el suelo.

f). Compresión Axial.- La prueba de compresión axial puede utilizarse directamente para calcular la carga admisible del suelo en estudio, y consiste en someter un especímen cilíndrico o un prisma rectangular a un esfuerzo de compresión hasta llevarlo a la ruptura. Existen dos tipos: de deformación controlada o de carga controlada, la elección de cada una de estas depende de la naturaleza del suelo.

Debe hacerse esta prueba en una forma estandarizada. En el caso de aparatos de deformación controlada la -- prueba se efectúa bajo deformación de un milímetro por minuto. Los aparatos de compresión pueden ser manuales o eléctricos, -- sin embargo, en ambos casos es un yugo el que comprime la muestra, midiendo la magnitud de la fuerza aplicada en la carátula de una báscula o midiendo la deformación en un dinamómetro de anillo.

El objeto de esta prueba es el de encontrar el valor de la resistencia al esfuerzo cortante de los suelos.

g). Compresión Triaxial.- Se lleva a cabo en aparatos, que consisten esencialmente de una cámara hermética -- transparente en la cual se aplica presión lateral a la muestra, y de un aparato de compresión axial, que consta esencialmente de una báscula mediante la cual se mide la carga.

La prueba se lleva a cabo colocando el especímen

debidamente protegido con membranas impermeables, en el interior de la cámara antes mencionada. Utilizando agua se aplica una presión lateral a la muestra y se lleva hasta la ruptura - mediante la aplicación de una carga vertical.

De las pruebas de compresión triaxial destacan por su importancia las siguientes:

Prueba de compresión triaxial rápida, en la que no se permite el drenaje de la muestra.

Prueba de compresión triaxial rápida consolidada, en la que la ruptura de la muestra sin drenaje se lleva a cabo aplicando previamente una consolidación.

Prueba de compresión triaxial lenta consolidada en la que la ruptura de la muestra se lleva a cabo al aplicar incrementos de carga sucesivos permitiendo en cada uno disipación completa de las presiones de poro previa consolidación - de la probeta bajo una presión de confinamiento dado.

La elección de cada una estará de acuerdo con el problema que se trate, es decir, se adoptará la técnica - que represente en una forma más fiel las condiciones en que - trabajará el suelo en la naturaleza. El resultado de estas - pruebas es la valorización de la resistencia al esfuerzo constante de los suelos, representados por sus parámetros cohesión y ángulo de fricción.

n). Análisis químicos.- Los análisis químicos de suelos pueden efectuarse para saber si éstos son ácidos, - alcalinos o neutros y para determinar si contienen sulfuros - cloruros u otros compuestos químicos que puedan causar deterioros en las cimentaciones de concreto o acero, en las tuberías tendidas en el suelo o que afecten a las propiedades de los suelos.

3.4 INTERPRETACION DE RESULTADOS

De acuerdo a los resultados obtenidos de los en sayos de laboratorio realizadas a las muestras obtenidas del sondeo hecho en la Bahía de Campeche en la localización IXTOC-441 (las cuales se resumen en la lámina A-1 del Capítulo IV) se tiene la siguiente estratigrafía

<u>ESTRATO</u>	<u>PROFUNDIDAD (PIES)</u>		<u>DESCRIPCION DEL SUELO</u>
	<u>DESDE</u>	<u>HASTA</u>	
I	0	- 50	Arcilla de muy blanda a blanda gris
II	50	- 74	Arcilla arenosa carbonatada - blanda gris
III	74	- 109	Arcilla calcárea firme, gris
IV	109	- 119	Arcilla limosa firme, gris
V	119	- 164	Arcilla de blanda a firme, gris
VI	164	- 195	Arena fina limosa de densa a -- muy densa, gris
VII	195	- 233	Arcilla muy firme, gris
VIII	233	- 295	Arcilla limosa calcárea muy firme, gris
IX	295	- 380	Arcilla de muy firme a dura, - gris

En los análisis químicos se tiene una variación en los porcentajes de contenidos de carbonato, las cuales son resumidas en la lámina A-2 del Capítulo IV.

APENDICE

INSTRUMENTACION PARA LOS ESTUDIOS GEOTECNICOS

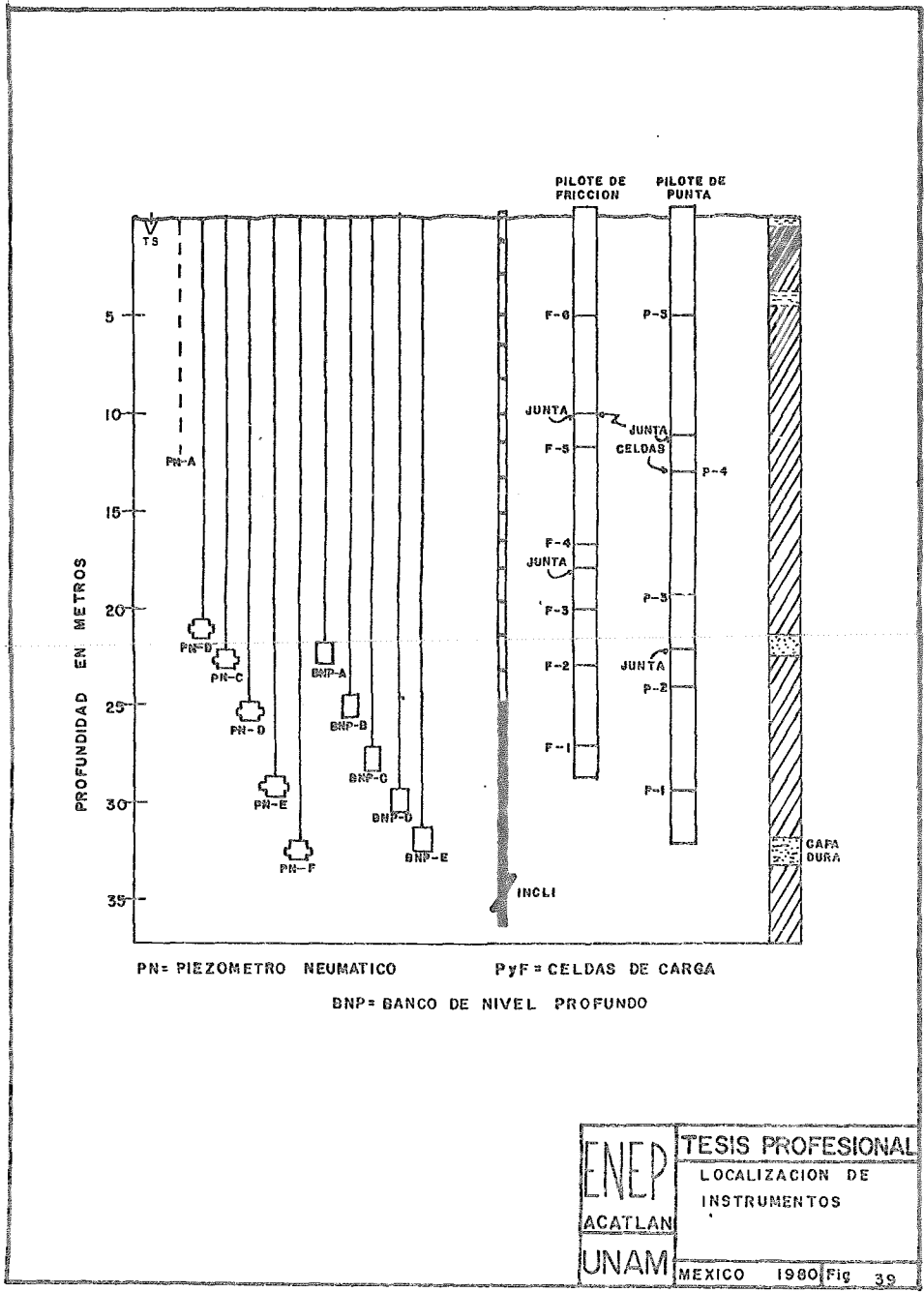
El objetivo de llevar a cabo una instrumentación geotécnica es generalmente la de efectuar la medición de presiones, desplazamientos y fuerzas que actuen en suelos y cimentaciones.

Presiones: Hidráulicas o totales del suelo y/o generalmente de la cimentación.

Desplazamientos: Hundimientos o expansiones tanto verticales como horizontales, giros o inclinaciones.

Fuerzas: que actuen en la cimentación.

En el caso particular de una cimentación por medio de pilotes, lo conveniente sería instrumentar los pilotes y el subsuelo, debido a que en los pilotes actúan fuerzas axiales, laterales y de fricción y en el subsuelo se ejercen internamente presiones de poro y posteriormente fuerzas intergranulares. Dicha instrumentación podría realizarse; en los pilotes colocando celdas de carga adaptadas con extensómetros eléctricos (Straingages), resistentes a cargas de impacto y debidamente protegidas a diferentes profundidades del pilote y en el subsuelo situando piezómetros a diversos niveles pudiendo ser del tipo neumático para la formación arcillosa y para las capas permeables del tipo abierto Casagrande. De ser posible es recomendable instalar bancos de nivel fijos a diferentes profundidades, para conocer posibles hundimientos de la estructura. En la figura No. 39 se ilustra a través de un ejemplo la colocación de la instrumentación en el pilote y el subsuelo.



Los resultados obtenidos de una instrumentación se utilizarán para verificar y/o mejorar las técnicas establecidas, valorar los efectos producidos por el suelo y la estructura y establecer los factores reales de seguridad con que regularmente se diseña.

La instrumentación de la cimentación y subsuelo marino de las plataformas marinas no se lleva a cabo en forma continua, sino que, únicamente se efectúa en algunas ocasiones para fines de investigación, debido a que el costo de la instalación y de los instrumentos es muy elevado. Pero que debido a la importancia y el costo de las mismas consideramos -- que deberían de instrumentarse la mayor parte de la cimentación de las plataformas de prueba, con el fin de establecer criterios que ayuden a la instalación de las plataformas marinas en proceso de construcción.

CAPITULO IV

4. SOLUCION A UN PROBLEMA REAL

4.1. INVESTIGACION GEOFISICA.

El propósito de llevar a cabo la investigación geofísica en la localización de la plataforma IXTOC-441 en Bahía de Campeche es la de localizar los principales riesgos geológicos potenciales, determinar sus dimensiones y conocer algunas de sus propiedades físicas, para efectos de cimentación. Además de mostrar a grandes rasgos las zonas anómalas que pueden ser detectadas por este tipo de exploración indirecta.

Esta exploración geofísica nos proporcionará información de toda un área en forma efectiva y económica, que un elevado número de perforaciones las que por otra parte son indispensables para tener la mayor seguridad en la interpretación de los resultados.

En general, con este procedimiento de análisis, podrá estudiarse cualquier problema relativo a la determinación de las características del subsuelo para efectos de cimentación, que deberán correlacionarse con datos de perforaciones y estudios de suelos o roca.

A continuación se presenta la descripción de los trabajos de exploración geofísica, llevados a cabo en la localización arriba mencionada, la cual se encuentra al norte de Ciudad del Carmen, sobre la margen occidental de la Plataforma Continental de Yucatán.

El Plano de Navegación de la Fig. 1 muestra el posicionamiento seguido durante la exploración geofísica de al

ta resolución desarrollada en dicha área.

En los trabajos de esta exploración se emplearon diferentes sistemas perfiladores someros y profundos, además de un sonar de barrido lateral y una ecosonda de precisión.

En los incisos 4.1.1 y 4.1.2 se mencionan las características de los sistemas y del equipo utilizado durante la exploración, presentándose a continuación en el inciso 4.1.3 la interpretación batimétrica y del sonar de barrido lateral, seguida de la interpretación geológica y geofísica del área de interés (inciso 4.1.4). En el inciso 4.1.5, se enumeran las conclusiones y recomendaciones necesarias para el diseño e instalación de la plataforma en el sitio propuesto.

Finalmente en el inciso 4.1.6 se lista el equipo empleado durante la etapa de exploración.

4.1.1 EQUIPO.

Los sistemas sísmicos de reflexión utilizados para este estudio incluyen.

- 1). Una ecosonda de precisión para medición de tirantes de agua.
- 2). Un sonar de barrido lateral.
- 3). Un perfilador somero de alta resolución, de 2 canales, con frecuencia de operación de 7 KHz.
- 4). Un perfilador profundo de alta frecuencia (100-1000 Hz), de 40 filamentos, con 400 joules de potencia.

5). Un perfilador profundo de baja frecuencia (60-186 Hz) de 3 filamentos, con potencia de 42 Kilo-joules.

El sistema perfilador somero se empleó en todas las líneas de exploración, mientras que los dos sistemas perfiladores profundos (el de alta y baja frecuencia) se utilizaron alternadamente para la exploración geofísica profunda.

Para el desarrollo de los trabajos geofísicos en el campo se empleó el barco MEDITERRANEAN SEAL, de 50.3 de eslora y 3.7 m de calado. La ecosonda de precisión se instaló a un lado de la embarcación aproximadamente a 2.75m de profundidad y a una distancia de 3.65m de la antena de posicionamiento, la cual quedó colocada en lo alto del mástil del barco. Todos los sistemas graficadores, se instalaron en una caseta sobre la cubierta.

Durante las operaciones de exploración los sensores del sonar de barrido lateral y de los perfiladores somero y profundo se remolcaron desde la popa del barco, llevándose un registro de las diferentes distancias entre el emisor y receptor de cada equipo con respecto a la antena de posicionamiento, con objeto de realizar posteriormente los ajustes necesarios a los datos obtenidos.

4.1.2 POSICIONAMIENTO.

Para el desarrollo de la exploración se efectuó una etapa llamada de posicionamiento, que tiene como función ubicar el barco dentro del área en estudio, llevándose a cabo mediante un dispositivo diseñado para la localización de una estación móvil a partir de dos estaciones fijas denominadas respondedoras. La localización de la unidad móvil se logró mediante la intersección de las respectivas distancias

de la estación móvil a las estaciones fijas.

El equipo de posicionamiento está constituido -- por 3 unidades principales con sus respectivos accesorios. -- Estas unidades son:

Consola interrogadora
 Consola responder No. 1
 Consola responder No. 2

El interrogador tiene como función medir las -- distancias a los dos responder y sus accesorios son; una antena omnidireccional, cable poder, diadema con audífonos y -- micrófono

El estudio se realiza de la siguiente manera:

Primero se divide la zona de interés por medio de una malla general. Posteriormente se traza una malla más cerrada en el sitio donde se colocará la plataforma de exploración, esta última tiene una equidistancia entre puntos de 150 m y cada retícula consiste de 14 líneas paralelas orientadas de norte a sur o de oriente a poniente, dependiendo -- del área por estudiar, con una separación de 150 m y una longitud de 2 Km cada una, con 5 líneas adicionales perpendiculares de la misma longitud y separadas 500 m entre si, quedando en el centro geométrico de la retícula el sitio propuesto para la plataforma.

El barco efectúa un recorrido por todas las líneas de la retícula, para lo cual es auxiliado por uno de los muchos sistemas de navegación existentes en la actualidad. -- Entre ellos unos de los más conocidos son:

Shoran (sistema de medición de distancias de -- corto alcance).- Este sistema opera con frecuencias variables

entre 210 y 320 megaciclos por segundo y con longitudes de onda entre 0.94 y 143 m. Mediante este sistema se pueden medir distancias del barco a estaciones ubicadas en tierra, localizadas en coordenadas conocidas.

La posición se define por la intersección de dos o más círculos con centros en cada estación (se recomiendan -- distancias de 80 Km a partir de las estaciones), la precisión del sistema es de aproximadamente 3 m.

Maxiran (sistema de radio posicionamiento de largo alcance).- El equipo de la unidad móvil del Maxiran mide -- las distancias de su posición a dos o tres estaciones de apoyo terrestre, considerando el intervalo de tiempo que se requiere para que los impulsos de las señales radioeléctricas sean recibidas por cada una de las estaciones base y se retransmitan a la unidad móvil. La posición de la unidad móvil se determina por la intersección de dos o tres arcos que tienen por radios las distancias a las estaciones base.

Las frecuencias de operación de este sistema son de 426 y 444 mega-hertz; el objeto de emplear dos frecuencias es que mientras una de ellas es transmitida por la unidad para interrogar en turno a cada una de las estaciones base, la segunda frecuencia es utilizada por las estaciones base, para -- retransmitir los impulsos radioeléctricos a la unidad móvil. -- Las estaciones base transmiten en la misma frecuencia con el fin de utilizar solamente un receptor en la unidad móvil.

La exactitud de la posición, empleado al sistema Maxiran, está relacionada directamente con la posición, con la que cada distancia es determinada por el ángulo de intersección de los arcos en la unidad móvil. Los centros de dichos arcos son las estaciones base.

La precisión instrumental de este equipo es de \pm 15 a 23 m en una sola distancia.

Algunas veces en las zonas de estudio es conveniente tomar en cuenta las corrientes marinas, el oleaje y el viento, los cuales producen desviaciones en las rutas programadas, ésto obliga a determinar las diferencias de rumbo; al igual que las diferencias de coordenadas entre los puntos observados y programados, por lo que es necesario conocer las desviaciones que se tienen. Para este efecto el equipo de posicionamiento cuenta con un sistema periférico, que imprime las distancias, convierte a coordenadas las mismas e indica la distancia a que se encuentra la embarcación de la ruta programada.

La operación de estos equipos dependen de la línea de vista para la transmisión de las microondas desde el interrogador l responder y viceversa, por lo tanto los equipos deben de contar con antenas elevadas para evitar inclusive la curvatura de la tierra.

Para efecto del posicionamiento en la localización denominada IXTOC-441 se llevó a cabo empleando el sistema "MAXIRAN". En el plano de navegación de la Fig. # 1 se muestran los puntos de referencia a lo largo de las líneas de exploración en las que se emitieron las pulsaciones que posteriormente fueran recibidas por los sensores de los diferentes sistemas. La distancia nominal entre estos puntos de referencia fue de 150 m.

Las líneas de exploración con dirección este-oeste se llevaron con una separación de 150 m, además se levantaron 5 líneas transversales a las anteriores (con dirección norte-sur), con un espaciamento entre ellas de 500 m. En el área de aproximadamente dos por dos Kilómetros explorada en IXTOC - 441 se tuvieron alrededor de 38 Km de recorrido geofísico.

Toda la información relacionada con el posicionamiento cartesiano se basa en el Sistema de Coordenadas U.T.M. (Zona 15), empleándose el Esferoide Clarke 1866.

4.1.3. BATIMETRIA Y TOPOGRAFIA DEL LECHO MARINO.

La interpretación batimétrica se hizo en base a los registros obtenidos con la ecosonda de precisión, considerando una velocidad de propagación del sonido en el agua de mar de 1500 m/seg. En dichos registros se realizó un ajuste de 2.75 m debido a la posición del sensor por abajo del agua, además de la corrección por mareas. En este caso no se requirió ningún ajuste debido al desplazamiento horizontal relativo entre el transductor de la ecosonda y la antena de posicionamiento.

El Plano Batimétrico (Fig. 2) se elaboró con equidistancias entre curvas de nivel a cada metro, referidas al nivel de la marea baja media. En él se puede observar que los tirantes de agua en el sitio explorado varían de un mínimo de 52.6 m a un máximo de 57.6m.

Para el levantamiento del lecho marino se usó el sonar de barrido lateral, cuyo transductor se remolcó tras la popa del barco de exploración mediante un cable de longitud variable, incrementándose o reduciéndose según que el tirante de agua creciera o disminuyera, respectivamente.

Los datos obtenidos en los registros se ajustaron considerando la longitud del cable de la distancia entre la antena y la popa (31 m aproximadamente). El levantamiento del fondo marino hecho con el sonar abarca una distancia lateral de 100 m a ambos lados del curso del barco.

El lecho marino presenta una pendiente hacia el noroeste, aumentando su profundidad aproximadamente 1.7 m por Kilómetro.

Los registros del sonar de barrido lateral únicamente mostraron una muy pequeña mancha o depresión a unos - 100 m al norte de la línea 16, cerca del punto de disparo 8, originada posiblemente por el equipo o lodo usado al realizar el sondeo geotécnico en esta localización (Fig.# 4).

4.1.4 INTERPRETACION GEOLOGICA Y GEOFISICA.

La descripción litológica empleada en la interpretación geológica y geofísica del sitio denominado Ixtoc 441, se basa tanto en los datos obtenidos mediante los registros - sísmicos, como en el perfil estratigráfico del subsuelo marino, determinado por medio de un sondeo geotécnico realizado en la parte central del área estudiada.

En base a estos registros sísmicos y al perfil - estratigráfico, se tiene que los estratos bajo Ixtoc 441 son - planos y continuos a través de toda el área estudiada mostrándose únicamente variaciones pequeñas dentro de los sedimentos. El estrato superficial (designado como Unidad A en las Figs.#4 5y7), consiste en una arcilla calcárea de densidad que varía de muy blanda a blanda y con fragmentos de concha.

El espesor de esta Unidad A a lo largo de todo el bloque se muestra en el Plano de Isopacas Someras (Fig. 3). La base de esta arcilla superficial está perfectamente definida y por medio de un horizonte de alta reflexión que se ve claramente en los registros del perfilador somero. Mediante el - análisis del perfil estratigráfico se observa claramente que -- éste contraste acústico representa la frontera superior de un - estrato de arcilla arenosa con bolsas de arena. Esta frontera

entre el estrato de arcilla superficial y el estrato de arcilla arenosa ha sido designado como Horizonte A en las Figs. 4, 5 y 7.

En las Figs. 4 y 5 se muestran los registros del perfilador somero correspondientes a las líneas de levantamiento 16 y 20. En estas figuras se observan claramente las características sísmicas tanto del Horizonte A, como del estrato arcilloso que lo sobreyace; además en la Fig. 4 se ha incluido el perfil stratigráfico obtenido del estudio geotécnico para tener una correlación directa.

A lo largo del Horizonte A se detectaron algunas reflexiones anómalas, las que se muestran en el Plano de Anomalías (Fig. # 6) y representan zonas de arrecifes y montículos de coral que están esparcidos por toda el área, llegando algunas a penetrar hasta unos 5 m en las arcillas superiores; sin embargo, no se encontró ningún indicio de que existan formaciones de coral dentro de una zona que abarca un radio de 140 m alrededor del sitio propuesto para la plataforma.

En las partes norte y sureste del área en estudio se observaron montículos, representados en los registros sísmicos por reflectores acústicos fuertes, los cuales probablemente son originados en zonas donde las arenas se encuentran cementadas o a estructuras de coral que no alcanzaron a desarrollarse completamente. Las anomalías producidas por estos elementos se diferencian fácilmente de las que están asociadas con las estructuras de coral completamente desarrolladas (Fig. # 5). El perfil topográfico de estos elementos es continuo con el de la frontera superior del estrato de arcilla arenosa, por lo que se muestran como parte del Horizonte A.

Los registros de los dos perfiladores profundos indican que hasta profundidades mayores a los 150 m los sedimentos están estratificados horizontalmente y sin deformación -

alguna. Los datos del sondeo geotécnico muestran que a una profundidad de 51 m bajo el lecho marino, se tiene una arena fina gris de compacidad media a muy alta, la cual coincide con un reflector bien definido de alta amplitud, designado como Horizonte B en la Fig. 7. Los espesores de los sedimentos encontrados entre el lecho marino y el Horizonte B son casi uniformes en toda el área, y se muestran en las curvas que se presentan en el Plano de Isopacas Profundas (Fig. 8).

En ninguno de los registros sísmicos se encontraron razgos que nos indiquen la presencia de accidentes geológicos en el área, tales como fallas, pliegues o acumulaciones de gas.

4.1.5 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

En base a los datos sísmicos obtenidos durante la exploración geofísica en el área de 2 por 2 Km sobre el sitio propuesto para la instalación de la plataforma, la interpretación geológica de los mismos, así como al perfil estatigráfico correspondiente al sondeo geotécnico llevado a cabo en el centro de dicha área, se presentan las siguientes conclusiones y recomendaciones que se consideran de interés para el diseño e instalación de la estructura planeada en esta localización:

- 1). Los registros del perfilador somero y la estratigrafía del sondeo en el centro del área (línea 5, punto de disparo 7.5) indican que en el sitio propuesto para la plataforma, la capa superficial de arcilla blanda tiene un espesor de 14 a 15 m, y se encuentra sobre un estrato de arcilla arenosa y arena suelta con un espesor de 7.5 m.
- 2). En gran parte del bloque explorado existen -

estructuras de coral y montículos de arena cementada los cuales pueden presentar serios problemas para las instalaciones de la plataforma. Sin embargo, en un radio de 140 m alrededor del sitio propuesto para la instalación de la plataforma, no se detectaron estos accidentes geológicos. En caso de requerirse una mayor área libre de obstáculos, se recomienda que el sitio se mueva 75 m al norte, donde no se observaron anomalías dentro de un radio de 200 m.

- 3). En el área estudiada no se encontraron indicios de la existencia de deformaciones en los sedimentos originados por medio de fallas y/o pliegues; tampoco se observó ningún tipo de anomalía que pudiera ser el resultado de acumulaciones de gas en los sedimentos.

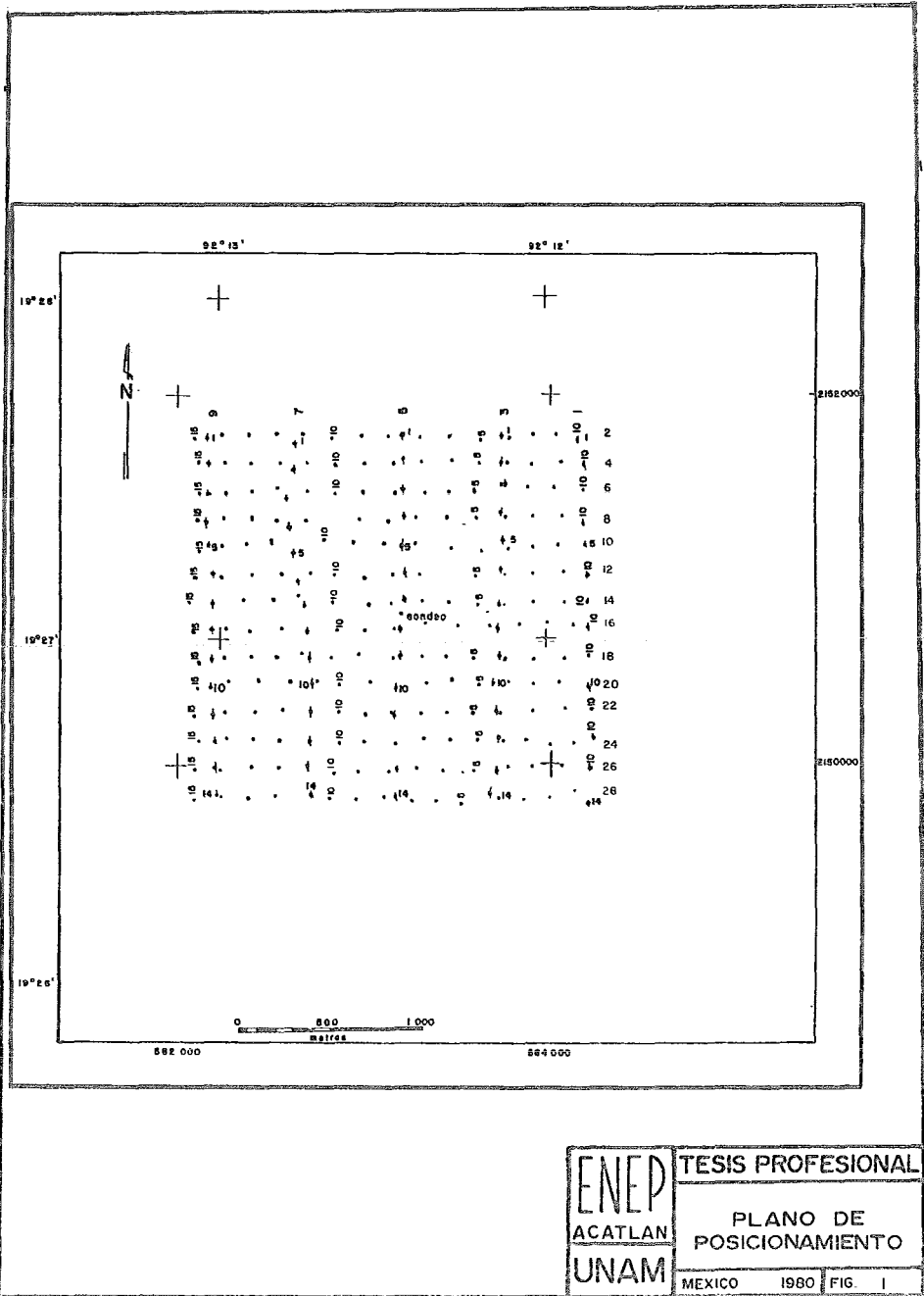
4.1.6 LISTA DE EQUIPO USADO EN LA EXPLORACION IXTOC 441 BAHIA DE CAMPECHE

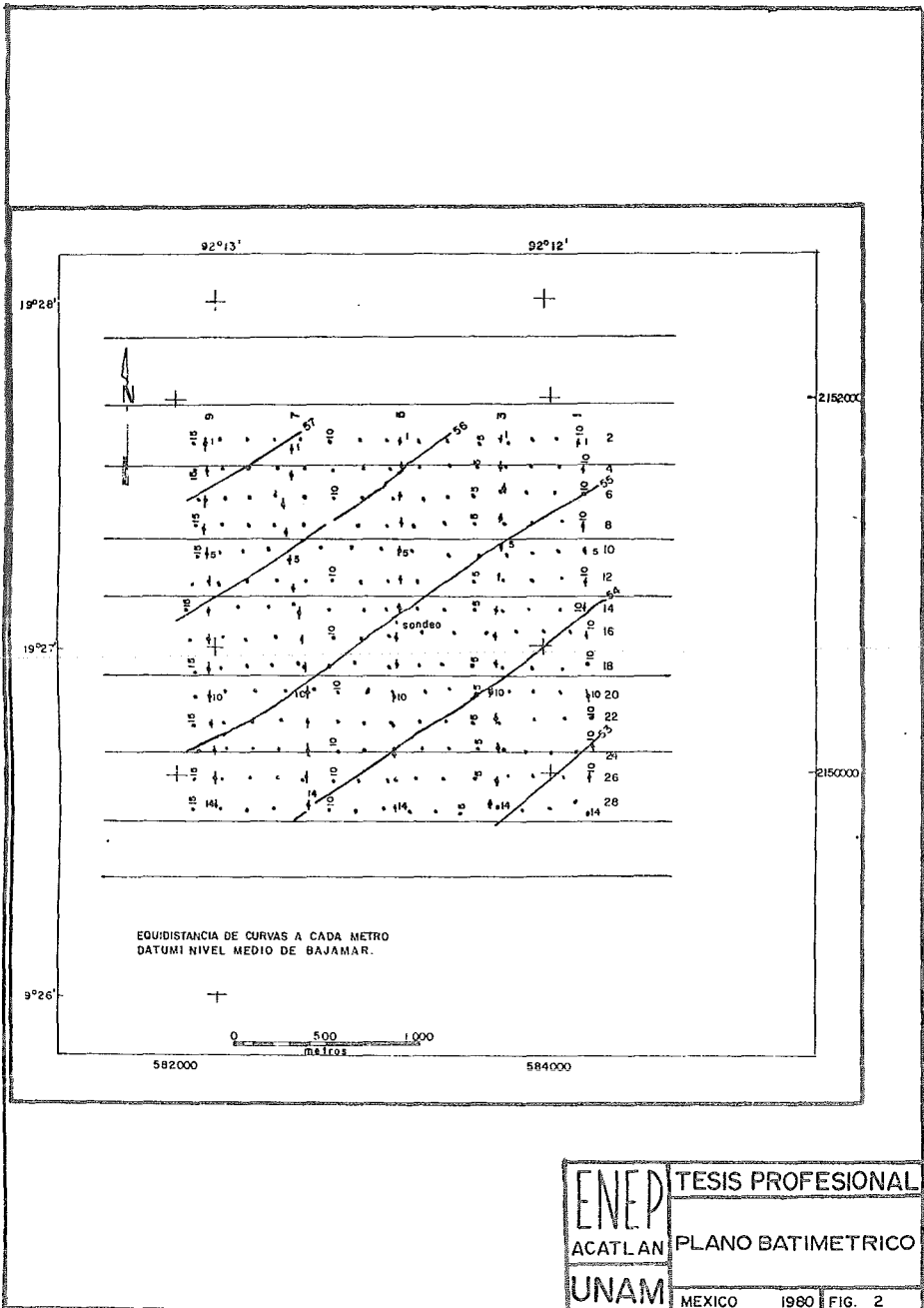
- 1). El equipo sísmico empleado durante la exploración consistió en:
 - a). Sistema de posicionamiento IONI-MAXIRAN
 - b). Perfilador Somero Edo Western Modelo 515
 - c). Ecosonda de Precisión Atlas
 - d). Sonar de Barrido Lateral Edo Western Modelo 606.

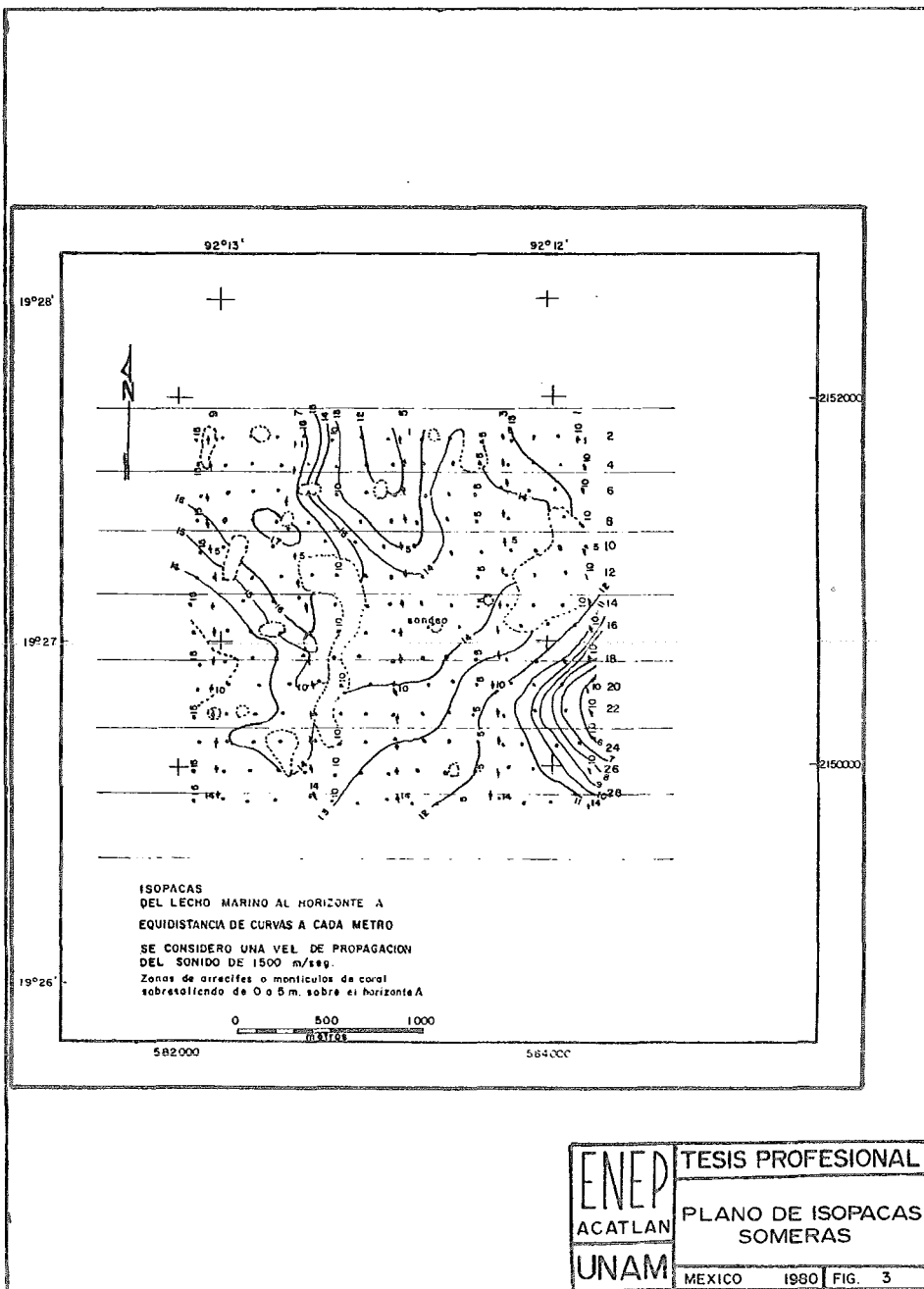
- e). Perfilador Profundo Teledyne de alta - frecuencia (100-1000 Hz) de 40 filamentos y 400 joules de potencia.
 - f). Perfilador Profundo Eg. y G de baja -- frecuencia (60 - 185 Hz) de 3 filamen-- tos y 4.2 Kilojoules de potencia.
- 2). El barco utilizado para el estudio fue el - "MEDITERRANEAN SEAL"

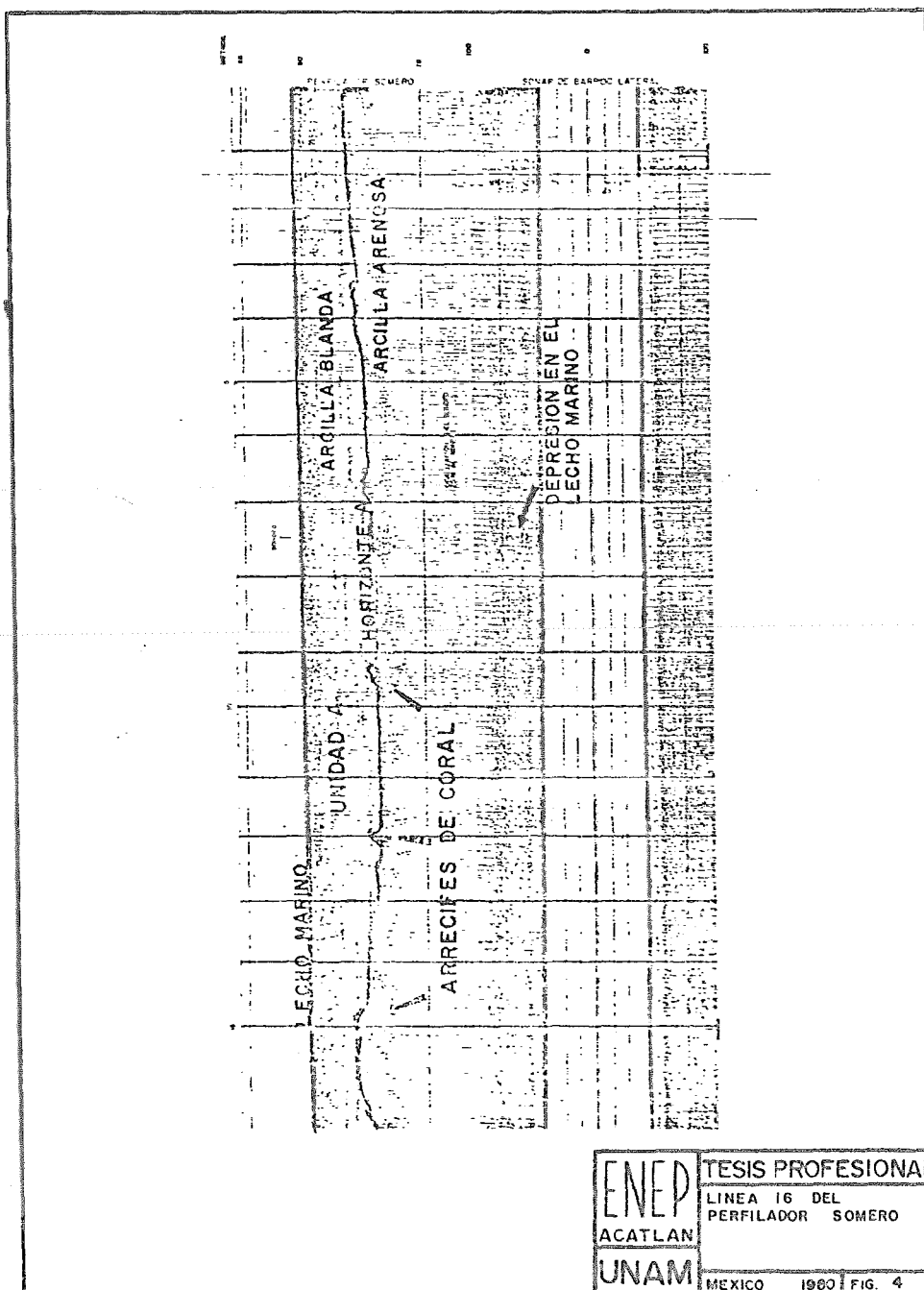
LISTA DE FIGURAS

PLANO DE POSICIONAMIENTO	1
PLANO BATIMETRICO	2
PLANO DE ISOPACAS SOMERAS	3
LINEA 16 DEL PERFILADOR SOMERO	4
LINEA 20 DEL PERFILADOR SOMERO	5
PLANO DE ANOMALIAS	6
LINEA 14 DEL PERFILADOR PROFUNDO DE ALTA FRECUEN- CIA	7
PLANO DE ISOPACAS PROFUNDAS	8

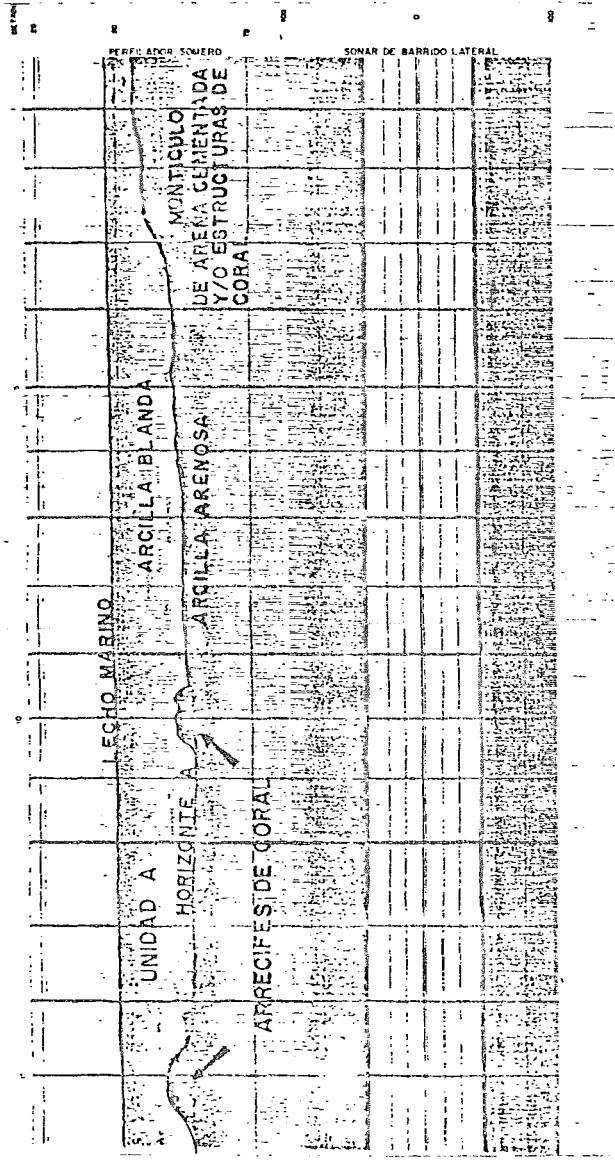






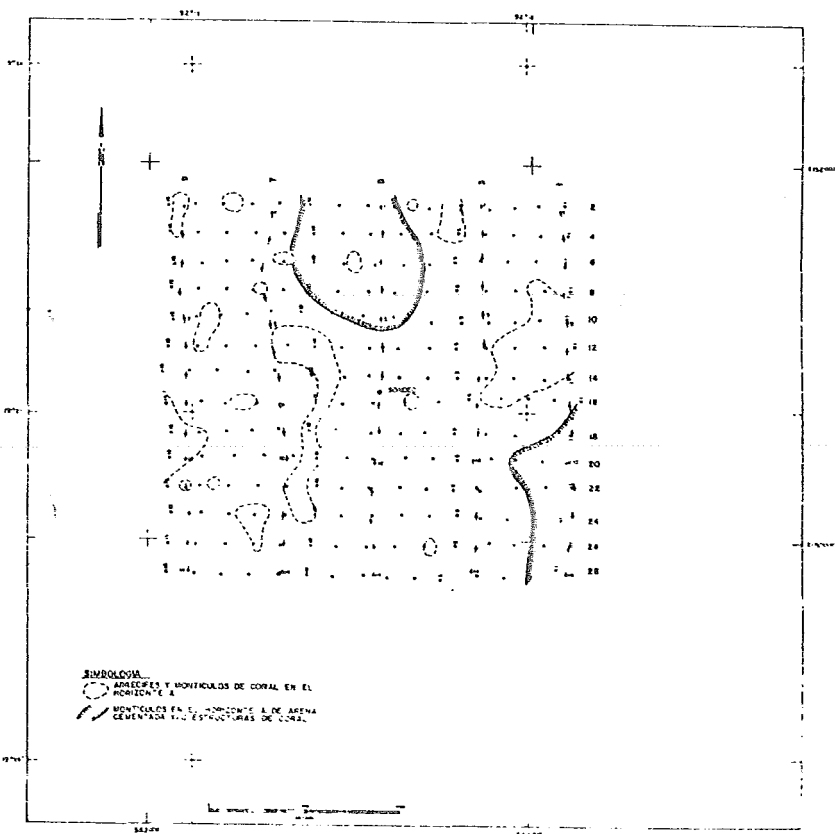


ENEP ACATLAN UNAM	TESIS PROFESIONAL
	LINEA 16 DEL PERFILADOR SOMERO
MEXICO 1980 FIG. 4	

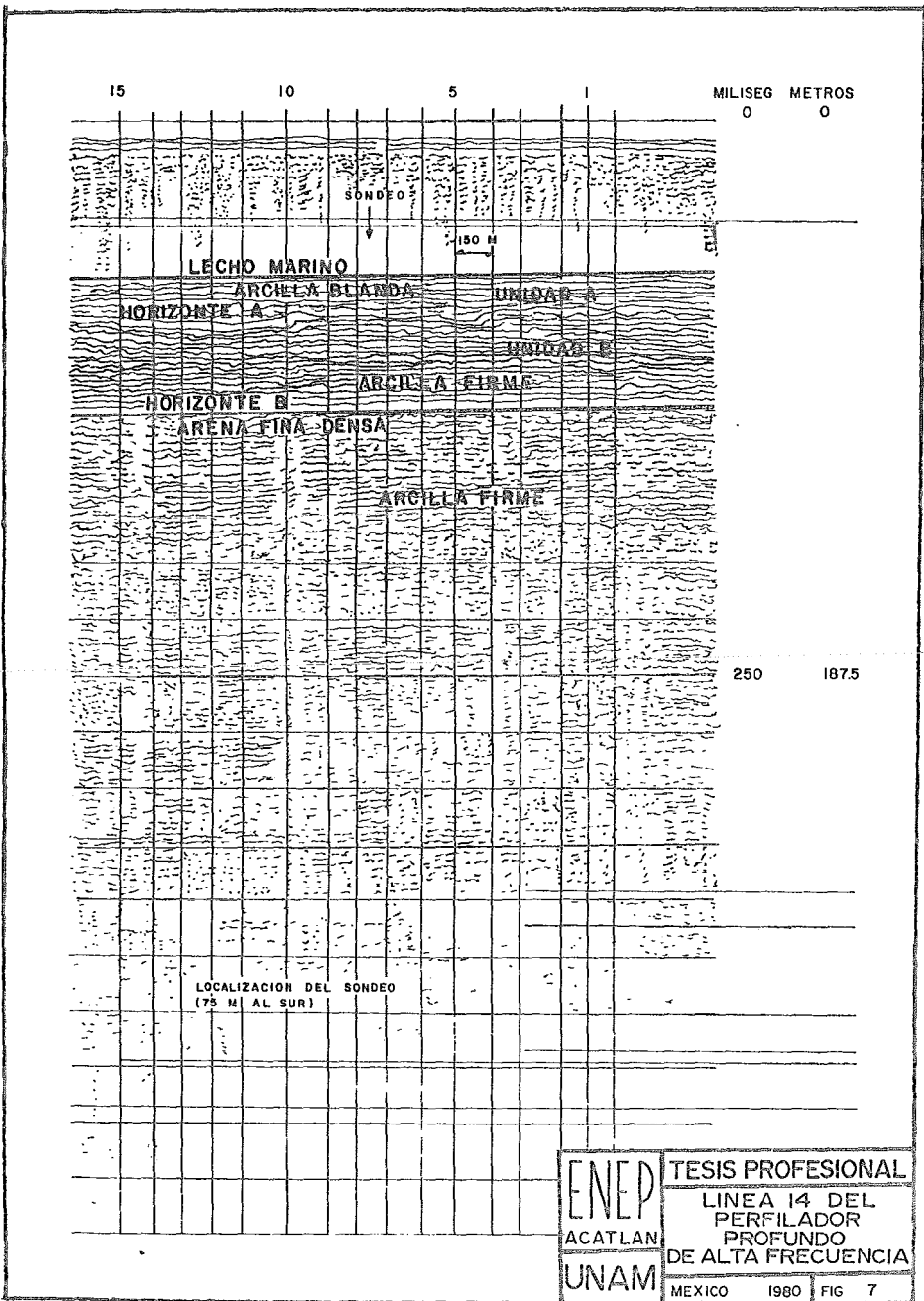


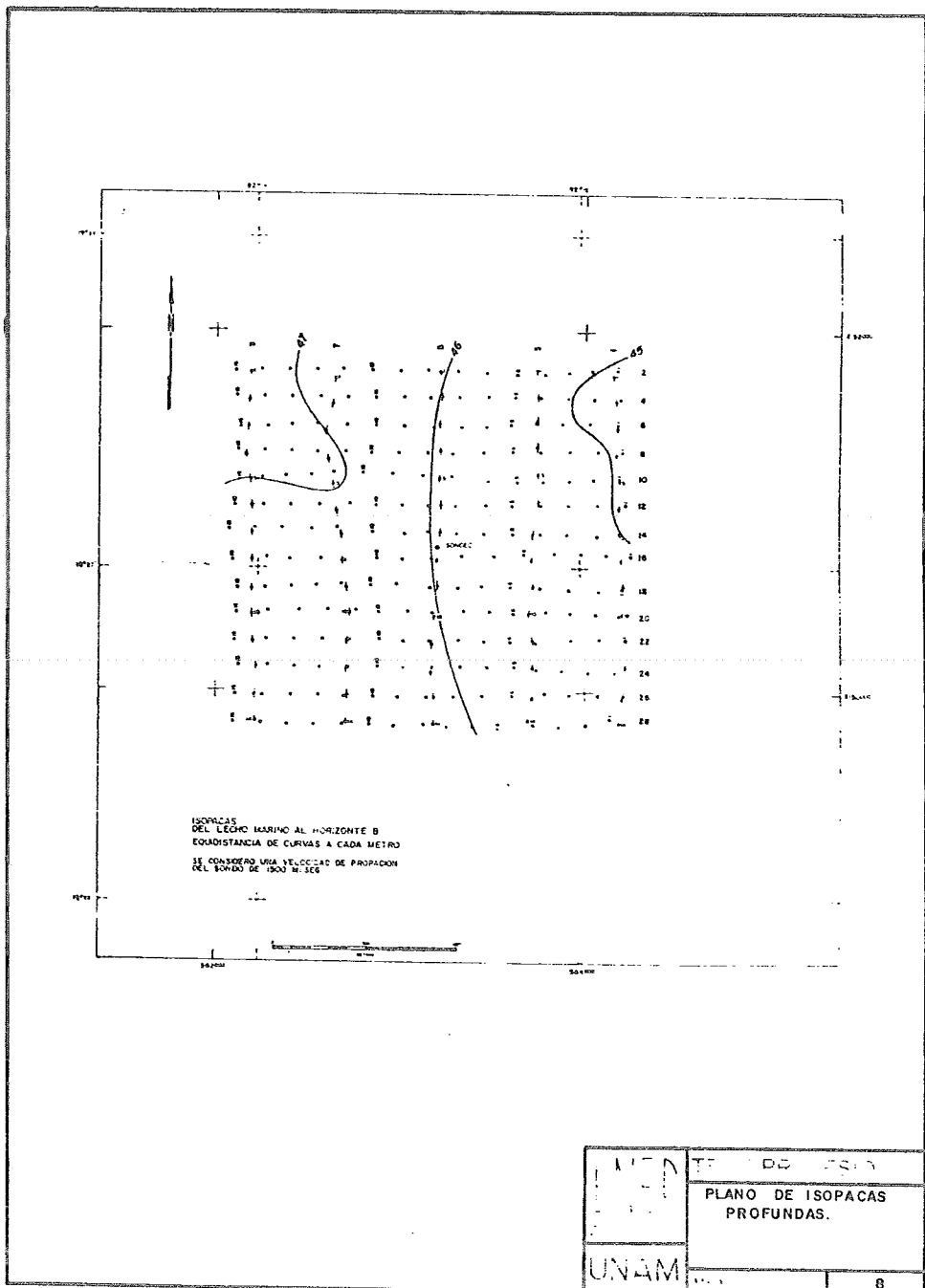
ENEP
 ACATLAN
 UNAM

TESIS PROFESIONAL
 LINEA 20 DEL
 PERFILADOR SOMERO
 MEXICO 1960 FIG. 5



ENEP ACATLAN UNAM	TESIS PROFESIONAL PLANO DE ANOMALIAS
	MEXICO 1960 FIG 6





	INSTITUTO DE PESQUERÍA PLANO DE ISOPACAS PROFUNDAS.
	8

4.2 INVESTIGACION GEOTECNICA

Los objetivos principales de llevar a cabo el estudio geotécnico fueron determinar las condiciones del subsuelo en el lugar propuesto para la plataforma marina "IXTOC-441" y desarrollar criterios y recomendaciones para el diseño y construcción de una cimentación a base de pilotes con una carga de compresión axial última de 7800 Kilolibras, usando pilotes circulares de acero de 48 pulgadas de diámetro exterior. Estos objetivos se cumplieron como sigue:

1. Se realizó un sondeo para determinar la estratigrafía del suelo en el sitio.

2. Se hicieron pruebas de laboratorio para definir las propiedades índice y características mecánicas del suelo.

3. Se efectuaron análisis de ingeniería con la información obtenida del campo y de las pruebas de laboratorio para elaborar criterios y recomendaciones para el diseño y construcción de la cimentación con pilotes circulares de acero de 48" de diámetro exterior.

Las siguientes secciones de este capítulo contienen breves descripciones de los programas de investigación de campo y pruebas de laboratorio, las condiciones generales del suelo en el sitio y las recomendaciones relacionadas con la capacidad axial de los pilotes, la profundidad del hincado, los factores de seguridad, la resistencia lateral del suelo, así como la capacidad de carga del lecho marino y las consideraciones generales sobre la instalación de pilotes.

4.2.1 INVESTIGACION DE CAMPO.

El programa de investigación de campo consistió en un sondeo llevado hasta una profundidad de 380 pies por debajo del lecho marino. Según la Compañía International Offshore Navigation, Inc., las coordenadas U.T.M. (en metros) para esta ubicación de sondeo son X=583,195 y Y=2,150,796. La ubicación de este sondeo en relación con otros del área se muestra en el plano de sondeos, lámina.1 Se realizaron operaciones de perforación y muestreo del suelo desde el barco de perforación EDISON CHOUEST. El tirante de agua medido usando la técnica de cable guía fue de 180 pies a las 15:30 horas del 2 de agosto de 1979. Este tirante de agua no ha sido corregido por variaciones de las mareas.

El sondeo se llevó a cabo por medio de un ducto abierto a través de la cubierta y casco del barco EDISON CHOUEST, con un equipo de perforación rotatorio convencional usando tubería de perforación IF (Internal Flush) de 3 1/2" - de diámetro exterior con una broca de extremo abierto. Se tomaron muestras en forma semicontinua a intervalos de unos 3 pies, hasta una profundidad de 40 pies; a intervalos de 5 pies entre los 40 y 60 pies, y de ahí en adelante a intervalos de 10 pies hasta la profundidad final que fue de 380 pies.

Se tomaron muestras de los suelos cohesivos con un muestreador de tubo de pared delgada de 2 1/2" de diámetro exterior. Los muestreadores se hincaron usando un martinete de 165 lbs. La unidad de muestreo era bajada a través del ducto formado por los tubos de perforación y operada con cable guía. La elevación del martillo se efectuó con el cable guía, dejándose caer aproximadamente cinco pies un número de veces suficiente para obtener una penetración del muestreador de 18 a 24 pulgadas, o hasta que la resistencia al hincado se volvía excesiva. Se midió la longitud efectiva de cada muestra tras la recuperación del muestreador y se usó este valor para calcu

lar el número promedio de golpes requerido por pie de penetración para hacer avanzar el muestreador a esa profundidad.

Las muestras del suelo fueron extraídas del muestreador examinadas y clasificadas visualmente por un ingeniero geotécnico y un técnico a bordo del barco de perforación. Se realizaron pruebas de una parte de cada muestra cohesiva en el laboratorio del EDISON CHOUEST, con el objeto de estimar la resistencia al cortante y el peso volumétrico del suelo. Las partes restantes de las muestras cohesivas y una parte de cada muestra no cohesiva se introdujeron en recipientes herméticamente cerrados para mantener la humedad natural y se llevaron al laboratorio ubicado en tierra firme.

En la parte izquierda de la hoja que contiene los datos de campo del sondeo (Láminas 2 y 3) se ofrecen descripciones de los suelos encontrados junto con un símbolo gráfico que representa los distintos tipos de suelo, el número de cada muestra y las profundidades e información del número de golpes del muestreador. En la lámina 4 se presenta una clave para la clasificación de los suelos y de los símbolos, usada en los datos de campo.

4.2.2 PRUEBAS DE CAMPO Y LABORATORIO.

El programa de pruebas de campo y laboratorio se diseñó para evaluar las propiedades físicas de los suelos de cimentación encontrados en el sitio del sondeo. El trabajo se realizó en dos fases: (1) En los suelos cohesivos se efectuaron pruebas de resistencia en el campo así como la determinación del peso volumétrico a medida que avanzaba la perforación, para su uso posterior en el cálculo de capacidad de carga axial de los pilotes. Esta labor se llevó a cabo en el laboratorio del barco. (2) En el laboratorio ubicado en tierra firme, se terminaron las pruebas de identificación y clasificación de suelos

y las adicionales de resistencia a fin de obtener información más detallada relativa a las propiedades físicas de todos los suelos encontrados.

Las pruebas de resistencia realizadas en suelos cohesivos a bordo del barco consistieron en pruebas de corte con veleta miniatura, efectuadas antes de sacar el material del muestreador de tubo de pared delgada, y de compresión simple en especímenes seleccionados después de sacar la muestra del tubo. También se realizaron pruebas de resistencia usando un penetrómetro de bosillo y un torcómetro.

El programa detallado para el laboratorio en tierra incluyó algunas pruebas adicionales de compresión simple y de compresión triaxial no consolidada no drenada (uu) y consolidada - no drenada (cu).

La determinación de contenido de humedad y peso volumétrico se hizo conjuntamente con cada prueba de compresión. También se realizaron pruebas adicionales de contenido de humedad de límites líquido y plástico, análisis granulométrico y de peso volumétrico, así como determinación de contenido de carbonato en materiales seleccionados de origen calcáreo y/o carbonatado, resumiéndose estos datos en el apéndice (lámina A-2).

Los resultados de las pruebas de laboratorio se presentan gráficamente en el lado derecho del registro del sondeo (láminas 2y3). En el resumen de resultados de pruebas (láminas A-1) del Apéndice, se tabulan los resultados numéricos de las pruebas. En el mismo Apéndice se presentan las curvas esfuerzo-deformación de pruebas de resistencia en muestras seleccionadas de arcilla, así como la curva granulométrica de una muestra seleccionada de material granular.

4.2.3 CONDICIONES GENERALES DEL SUELO

ESTRATIFICACION DEL SUELO

En el registro del sondeo (láminas 2 y 3) se muestra una descripción detallada y un resumen de los resultados de las pruebas en los suelos hallados en el sitio estudiado.

Considerando estos datos, el suelo de cimentación del lugar se puede dividir en 9 estratos generales como sigue:

PROFUNDIDAD EN PIES

<u>ESTRATO</u>	<u>DESDE</u>	<u>- HASTA</u>	<u>DESCRIPCION DEL SUELO</u>
I	0	50	Arcilla de muy blanda a blanda gris.
II	50	74	Arcilla arenosa carbonatada blanda, gris.
III	74	109	Arcilla calcárea firme, gris.
IV	109	119	Arcilla limosa firme, gris.
V	119	164	Arcilla de blanda a firme, gris.
VI	164	195	Arena fina limosa de densa a muy densa, gris.
VII	195	233	Arcilla muy firme, gris.
VIII	233	295	Arcilla limosa calcárea muy firme gris.
IX	295	380	Arcilla de muy firme a dura, gris.

En el registro del sondeo (láminas 2 y 3) se indican variaciones menores de textura y color, así como intrusiones de otro tipo de suelo dentro de cada estrato generalizado. Se ha utilizado el esquema de clasificación propuesto por Clark y Wal-

ker (Ref. Art. C) para describir los materiales de origen calcáreo y/o carbonatado encontrados en el sondeo.

PROPIEDADES DEL SUELO.

En base a los resultados del laboratorio se obtuvo la curva de la variación de la resistencia al corte respecto a la profundidad para los estratos de material cohesivo. Este perfil se indica mediante la línea gruesa continua en la gráfica de resistencia (láminas 2 y 3) y se muestra también en la gráfica de propiedades del suelo (lámina 5), junto con los pesos volumétricos sumergidos promedio entre los intervalos de profundidad indicados. En la lámina (5) se han resumido tanto la interpretación de los parámetros de resistencia al cortante como los pesos volumétricos sumergidos para estos materiales. En cuanto al material granular encontrado en este sitio, los parámetros de resistencia para diseño se seleccionan sobre la base de los resultados de las pruebas de comprensión triaxial del tipo CD, de la distribución del tamaño de los granos y del contenido de carbonato en los sedimentos de estos estratos.

4.2.4. ANALISIS Y RECOMENDACIONES

CAPACIDAD AXIAL DE PILOTES

La capacidad última de carga a compresión axial, Q , de un pilote para una penetración determinada, es la suma de la capacidad por fricción lateral superficial, Q_s , y de la de carga en la punta, Q_p :

$$Q = Q_s + Q_p = fA_s + qA_p$$

donde A_s y A_p representan, respectivamente, el área lateral del tramo hincado y el área de toda la sección transversal en la punta del pilote f y q son la fricción superficial unitaria y la resistencia unitaria por punta, respectivamente. El

término de la capacidad de carga por punta en la ecuación anterior se desecha cuando se calcula la capacidad de carga última por tensión.

El método de análisis utilizado para calcular las capacidades axiales de pilotes, se basa en las recomendaciones del API (American Petroleum Institute) RP 2A, 1979. En la siguiente sección se presenta una breve descripción del procedimiento empleado, así como los cálculos realizados para la obtención de la capacidad de carga en pilotes.

SUELOS COHESIVOS

Conforme a las recomendaciones del API RP 2A, la fricción lateral por unidad de superficie, F , y por tanto la capacidad por fricción, Q_s , de un pilote hincado en arcillas a una profundidad determinada, está relacionada con la resistencia al corte sin drenar, C , de la arcilla.

La fricción lateral unitaria, f , puede ser igual o menor, pero no mayor que C . En especial, para arcillas muy plásticas, como las que se encuentran en el Golfo de México, f puede ser igual a C para arcillas en proceso de consolidación y normalmente consolidadas. En arcillas preconsolidadas, f no deberá pasar de $1/2$ tonelada* por pie cuadrado en profundidades pequeñas, o la cohesión equivalente a la que tendría una arcilla normalmente consolidada en profundidades mayores. De estos dos valores se toma la que sea mayor.

La capacidad de carga por punta se estima usando la expresión.

$$q = CN_c$$

* tonelada corta (2,000 lbs)

Donde:

C = resistencia cohesiva al corte sin drenar,

N_c = factor de capacidad de carga adimensional
($N_c = 9$ para cimentaciones profundas).

SUELOS GRANULARES

La contribución de la capacidad de carga por fricción desarrollada en suelos granulares se determina usando la ecuación siguiente

$$f = K \bar{\sigma}_v \tan \delta$$

Donde:

K = coeficiente de presión lateral del suelo

$\bar{\sigma}_v$ = esfuerzo vertical efectivo

δ = ángulo de fricción entre el suelo de cimentación y el pilote de acero, el cual es una función de ϕ , ángulo de fricción interna del suelo.

El valor de K se considera como 0.7 para cargas de compresión y 0.5 para cargas de tensión. El esfuerzo vertical efectivo se calcula a partir de los valores del peso volumétrico sumergido.

La capacidad de carga unitaria por punta, q , para pilotes instalados en suelos granulares, se calcula usando la siguiente ecuación:

$$q = \bar{\sigma}_v N_c$$

Donde:

\bar{T}_v = esfuerzo vertical efectivo

N_q = factor de capacidad de carga adimensional que es función de ϕ ángulo de fricción interna del suelo.

Los valores calculados de f y q no deben exceder de ciertos límites. Además, los datos disponibles indican que la capacidad unitaria por punta y por fricción lateral, junto con los valores límite en suelos granulares que exhiben un considerable contenido de carbonato, son apreciablemente más bajos que los valores correspondientes a suelos granulares no carbonatados. Por esta razón, los parámetros de diseño y los valores límite o máximos aplicables a las anteriores ecuaciones fueron seleccionados parcialmente sobre la base del contenido de carbonato. Los parámetros de diseño de los sedimentos granulares de origen carbonatado son ampliaciones de las recomendaciones API RP 2A, dadas para facilitar la evaluación de los pilotes hincados en tales sedimentos. En la tabla 1 aparece un resumen de los parámetros de diseño seleccionados junto con los valores límite para sedimentos granulares.

Debe notarse que si a cualquier profundidad la capacidad de carga por punta excede a la acumulada por fricción la capacidad total a esa profundidad está limitada a dos veces la correspondiente por fricción (es decir, la fricción a lo largo de la superficie lateral exterior del pilote más la componente a lo largo del tapón interno de suelo dentro del pilote). Esta situación surge generalmente por la presencia de estratos granulares a poca profundidad. Las curvas de capacidad de carga unitaria por fricción lateral y por punta calculadas usando estos criterios, se presentan en la lámina 5. Los resultados de los análisis de capacidad axial para pilotes circulares de acero de 48" de diámetro exterior, especificados por FEMA, se presentan en forma de capacidad de pilote versus profundidad de hincado de los pilotes en las láminas 6 y 7. Además, a continuación se anexa la memoria de cálculo.

CAPACIDAD DE PILOTES A LA COMPRESION

PROF. (Z) (PIES)	γ_m Kcf	\bar{v} Kcf	ϕ	ϕ_0	C Ksf	f_{cc} $f = K_c \cdot C$	AQsi Kips	AQsi Kips	N _o Nc	q _p Kips	Qp Kips	Qt Kips	F.S = 1.5 Qt Adm. Kips
0		0			0.1	0.1	0	0	9	0.9	11.3	0	0
40	0.030	1.2	1		0.3	0.3	100.52	100.6		2.7	33.93	134.45	89.6
24	0.036				0.4	0.4	50.26	150.8	9	3.6	45.24	145.76	97.1
50		1.56			0.4	0.4				3.6	45.24	195.24	130.3
24	0.044	2.616			0.3	0.3	90.47	241.3	9	2.7	33.92	184.7	123.1
74					0.3	0.3				2.7	33.92	275.17	183.4
35	0.042				1.4	1.0	439.81	681.1	9	12.6	158.33	399.58	266.4
109		4.086			1.4	1.0				12.6	158.33	839.39	559.6
10	0.040				1.4	1.16	153.31	834.4	9	12.6	158.33	839.39	559.6
119		4.486			1.4	1.28				12.6	158.33	992.7	661.8
36	0.040				0.4	0.4	180.95	1015.3	9	3.6	45.23	879.6	586.4
155		5.926			0.4	0.4				3.6	45.23	1060.5	707.0
9	0.040				1.6	1.34	157.77	1173.1	9	14.4	180.95	1196.2	797.5
164		6.286			1.6	1.45				14.4	180.95	1354.0	902.6
35	0.058	8.084	30	25		1.700	662.22	1835.3	20	93.4	1173.66	2346.7	1564.5
195						1.700				100	1256.6	3091.9	2061.2
38	0.046				2.4	1.86	986.05	2821.4	9	21.6	271.4	2106.7	1404.5
233		9.832			2.4	2.27				21.6	271.4	3092.7	2061.8
27	0.050				2.4	2.4	814.28	3635.6	9	21.6	271.4	3092.7	2061.8
260		11.182			2.4	2.4				21.6	271.4	3407.0	2604.6
35	0.050	12.932			2.4	2.4	1055.61	4691.2	9	21.6	271.4	3907.0	2604.6
295					2.4	2.4				21.6	271.4	4962.6	3308.4
45	0.046	15.002			3.0	2.9	1772.8	6463.9	9	27.0	339.28	5030.5	3353.6
340					3.84	3.37				34.56	434.28	6818.2	4598.8
40	0.046	16.842			3.84	3.37	1797.0	8260.9	9	34.56	434.28	6898.2	4598.8
380					4.6	3.78				41.4	520.2	8781.0	5854.0

PENETRACION RECOMENDADA DE PILOTES

La carga de compresión última, especificada -- usando un pilote circular de acero de 48 pulgadas de diámetro exterior en esta localización, es de 7800 Kilolibras. Se recomienda entonces que para esta carga de compresión última -- los pilotes circulares de acero de 48 pulgadas de diámetro exterior sean hincados hasta una profundidad de 358 pies por de bajo del lecho marino.

FACTORES DE SEGURIDAD

La magnitud del factor de seguridad a usar con la capacidad última de pilote debe seleccionarse tras considerar varios aspectos entre ellos la frecuencia de las tormen--tas, las fuerzas de oleaje las corrientes, la importancia económica de la estructura, los métodos usados en la determina--ción de las condiciones bajola superficie, la predeterminación de las capacidades de los pilotes y la sensibilidad de la estructura al movimiento vertical. Se recomienda un valor de -- 1.5 para carga ambiental máxima, factor que se considera consistente con el grado de confiabilidad de los datos de los -- suelos. En las láminas 6 y 7 se muestran las curvas recomendadas de capacidad de pilotes usando un factor de seguridad -- de 1.5

La capacidad real en tensión puede ser algo mayor que las capacidades mostradas en la lámina 7, ya que el -- peso del pilote y del tapón del suelo no se toman en cuenta -- para calcular su capacidad de carga.

Deben de considerarse otros factores de seguridad apropiadas para otras condiciones de carga, tales como las que se tienen para los conductores.

RESISTENCIA LATERAL DEL SUELO

Los pilotes de cimentación sujetos a cargas laterales y de volteo se evalúan a continuación en el que la resistencia lateral del suelo (p), en libras por pulgada, se expresa como una función no lineal de la deflexión del pilote (y) en pulgadas. La relación de estos parámetros es una función de las características de esfuerzo deformación del suelo, la profundidad, el diámetro del pilote y la resistencia al corte del suelo. Los criterios para el desarrollo de los valores p - y recomendados se basaron en los criterios de Matlock para el caso de arcillas.

Se utilizaron estos criterios para desarrollar valores (p - y) en pilotes circulares de acero de 48 pulgadas de diámetro exterior en este lugar.

$$N_p = 3 + \frac{\bar{v}Z}{c} + \frac{JZ}{d}$$

$$d = 48''$$

$$\gamma' = 30 \text{ pcf} = 0.017 \text{ lbs/pulg}^3$$

$$\text{lbs/pie}^3 \quad \text{psi}$$

$$J = 0.5$$

Z Pies	Z Pulg	$\gamma' h$ lb/pulg	$\bar{v} = \sum(\gamma' h)$ lb/pulg	C lb/pulg	$\frac{\bar{v}Z}{c}$	$\frac{J \cdot Z}{d}$	N_p
0		0	0	0.694	0	0	3
5	60	1.042	1.042	0.875	1.191	0.625	4.816
10	120	1.042	2.084	1.042	2.0	1.25	6.25
15	180	1.042	3.126	1.222	2.558	1.875	7.433
20	240	1.042	4.168	1.389	3.0	2.5	8.5
25	300	1.042	5.21	1.569	3.32	3.125	9.445
30	360	1.042	6.252	1.736	3.601	3.75	

0 - 0.5 TSF

40 - 1.5 TSF

40 - 0.10

5 - X

$$X = \frac{5 \times 0.10}{40} = 0.0125$$

La variación de 5 en 5
es = 0.0125

$$C_0 = 0.05 \text{ TSF} = 0.694 \text{ lbs/pulg}^2$$

$$C_5 = 0.063 \checkmark = 0.875 \checkmark$$

$$C_{10} = 0.075 \checkmark = 1.042 \checkmark$$

$$C_{15} = 0.088 \checkmark = 1.222 \checkmark$$

$$C_{20} = 0.10 \checkmark = 1.389 \checkmark$$

$$C_{25} = 0.113 \checkmark = 1.569 \checkmark$$

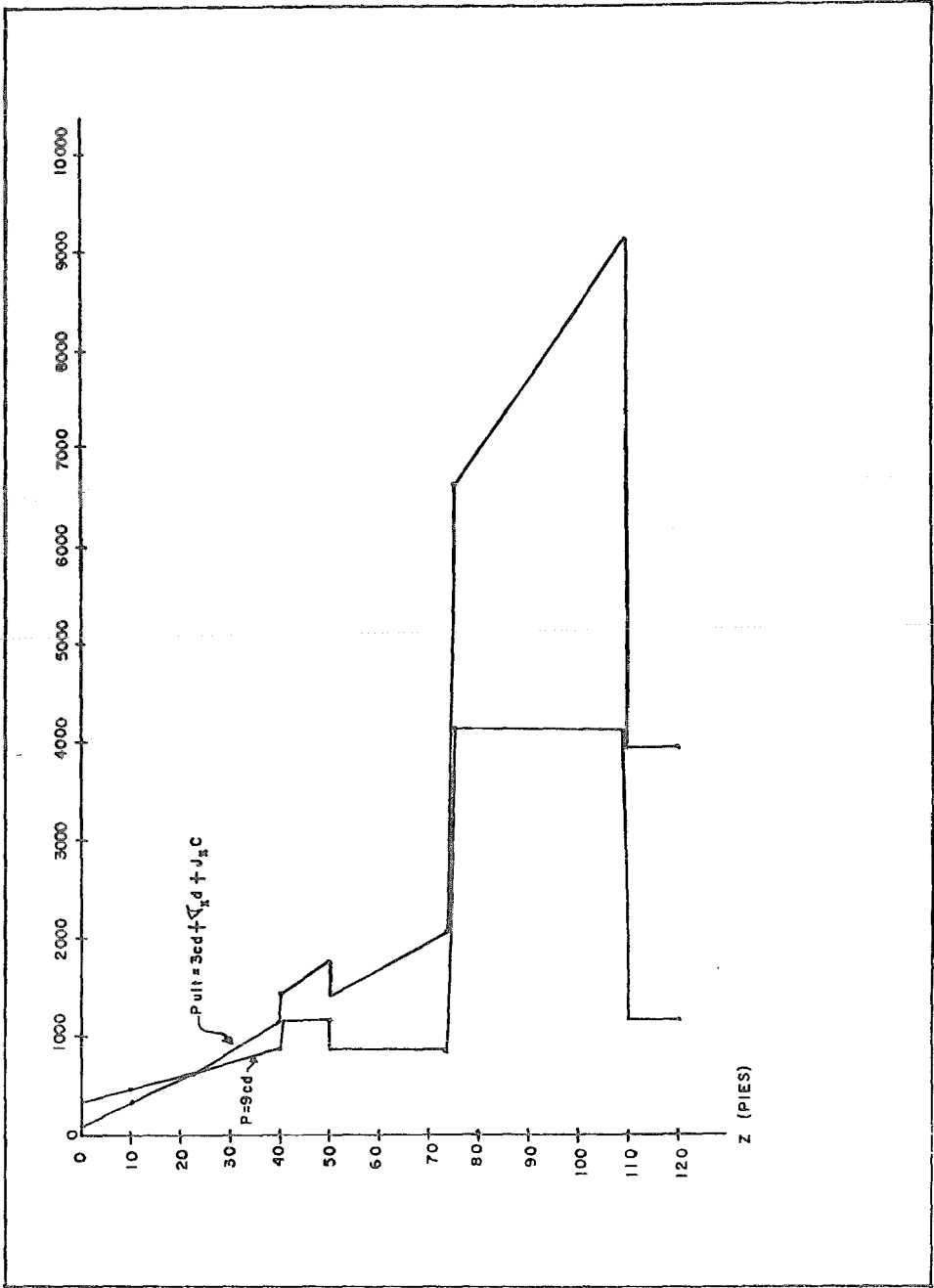
$$C_{30} = 0.125 \checkmark = 1.736 \checkmark$$

$$X_R = \frac{6d}{88c} + J \quad d = 48 \text{ pulg} \quad N_p = 3 + \frac{Fz}{c} + \frac{Jz}{d}$$

$$J = 0.5$$

Z Pies	Z Pulg	$\frac{d}{c}$ Fci	$\frac{Fz}{c}$ Psi	C Psi	$\frac{Fz}{c}$ C	$\frac{Jz}{d}$	N_p	X_R Pulg	50
0	0	0.0174	0	0.694	0	0	3	270.0	1.30
10	120	0.0174	2.088	1.042	2.00	1.25	6.25	✓	1.30
22.5	270	0.0174	4.698	1.472	3.192	2.8125	9.00	✓	1.30
40	480	0.0174	8.352	2.083	4.009	5.00	12.009 usar 9	✓	1.30
40+1"	481	0.0208	8.373	2.778	3.014	5.010	11.024 usar 9	✓	0.70
50	600	0.0208	10.848	2.778	3.905	6.25	13.155 usar 9	✓	0.70
50+1"	601	0.0255	10.874	2.083	5.22	6.260	14.480 usar 9	✓	1.60
74	888	0.0255	18.192	2.083	9.06	9.25	21.31 usar 9	✓	1.60
74+1"	889	0.0243	18.216	9.722	1.874	9.26	14.134 usar 9	✓	1.20
109	1308	0.0243	28.398	9.722	2.921	13.625	19.546 usar 9	✓	1.20
109+1"	1309	0.0231	28.421	9.722	2.923	13.635	19.558 usar 9	✓	1.00
119	1428	0.0231	31.17	9.722	3.206	14.875	21.081 usar 9	✓	1.00
119+1"	1429	0.0231	31.193	2.778	11.228	14.885	20.113 usar 9	✓	1.00
120	1440	0.0231	31.447	2.778	11.32	15.00	20.32 usar 9	✓	1.00

x Z Fies	x Z Pulg	y Pci	Tx TZ Psi	C Psi	Txd Jxc					X _R	X/X _R	50	Y Pulg
					Pult lbs/pulg								
					3 cd	Tzd	Jzc	Pult	9cd				
0	0	0.0174	0	0.694	99.94	0	0	<u>99.94</u>	299.81	270	0	0.013	1.56
10	120	0.0174	2.088	1.042	150.05	100.22	62.52	<u>312.79</u>	450.14	✓	0.444	0.013	1.56
22.5	270	0.0174	4.698	1.472	211.97	225.5	198.72	636.19	<u>635.90</u>	✓	1.00	0.013	1.56
40	480	0.0174	8.352	2.083	299.95	400.89	499.92	1200.76	<u>899.86</u>	✓	✓	0.013	1.56
40+1"	481	0.0208	8.373	2.778	400.03	401.91	668.11	1470.05	<u>1200.09</u>	✓	✓	0.007	0.84
50	600	0.0208	10.848	2.778	400.03	520.70	833.4	1754.13	<u>1200.09</u>	✓	✓	0.007	0.84
50+1"	601	0.0255	10.874	2.083	299.95	521.95	625.94	1447.84	<u>899.86</u>	✓	✓	0.016	1.92
74	888	0.0255	18.192	2.083	299.95	873.22	924.85	2098.02	<u>899.86</u>	✓	✓	0.016	1.92
74+1"	889	0.0243	18.216	9.722	1399.97	874.37	4321.43	6595.64	<u>4199.9</u>	✓	✓	0.012	1.44
109	1308	0.0243	28.398	9.722	1399.97	1363.10	6358.19	9121.26	<u>4199.9</u>	✓	✓	0.012	1.44
109+1"	1309	0.0231	28.421	9.722	1399.97	1364.21	6363.05	9127.23	<u>4199.9</u>	✓	✓	0.01	1.2
119	1428	0.0231	31.17	9.722	1399.97	1496.16	6941.51	9837.64	<u>4199.9</u>	✓	✓	0.01	1.2
119+1"	1429	0.0231	31.193	2.778	400.03	1497.26	1984.89	3882.18	<u>1200.09</u>	✓	✓	0.01	1.2
120	1440	0.0231	31.447	2.778	400.03	1509.46	2000.16	3909.65	<u>1200.09</u>	✓	✓	0.01	1.2



PROFUNDIDAD 0"

$$P_{ult} = 99.94 \text{ lbs/Pulg} \quad Y_c = 1.56 \text{ Pulg} \quad X/X_R = 0$$

Y/YC	Y (Pulg)	P/Pult	P (lbs/pulg)
0	0	0	0
0.1	0.156	0.23	22.986
0.3	0.468	0.34	33.979
1.0	1.56	0.50	49.97
3.0	4.68	0.72	71.9568
15.0	23.4	0	0
	48.000	0	0

PROFUNDIDAD 120"

$$P_{ult} = 312.79 \text{ lbs/pulg.} \quad Y_c = 1.56 \text{ Pulg} \quad X/X_R = 0.444$$

Y/Yc	Y (Pulg)	P/Pult.	P (lbs/pulg)
0	0	0	0
0.1	0.156	0.23	71.94
0.3	0.468	0.34	106.35
1.0	1.56	0.50	156.39
3.0	4.68	0.72	225.20
15.0	23.4	0.72 X/XR	99.99
	48.00	0.72 X/XR	99.99

PROFUNDIDAD 270"

$$P_{ult} = 635.9 \text{ lbs/Pulg} \quad Y_c = 1.56 \text{ pulg} \quad X/X_R = 1$$

Y/Yc	Y (Pulg)	P/Pult	P (lbs/pulg)
0	0	0	0
0.1	0.156	0.23	146.26
0.3	0.468	0.34	216.21
1.0	1.56	0.56	317.95
3.0	4.68	0.72	457.85
15.0	23.4	0.72 X/XR	457.85
	48.00	0.72 X/XR	457.85

PROFUNDIDAD 480"

Pult. = 899.86 lbs/pulg. $Y_c = 1.56$ pulg. $X/XR = 1$

Y/Yc	Y (pulg.)	P/pult	P (lbs/pulg)
0	0	0	0
0.1	0.156	0.23	206.968
0.3	0.468	0.34	305.95
1.0	1.56	0.50	449.93
3.0	4.68	0.72	647.899
15.0	23.4	0.72 X/XR	647.899
	48.00	0.72 X/XR	647.899

PROFUNDIDAD 481"

Pult = 1200.09 lbs/pulg $Y_c = 0.84$ pulg $X/XR = 1$

Y/Yc	Y (pulg)	P/pult	P (lbs/pulg)
0	0	0	0
0.1	0.084	0.23	276.02
0.3	0.252	0.34	408.03
1.0	0.84	0.50	600.04
3.0	2.52	0.72	864.06
15.0	12.60	0.72 X/XR	864.06
	48.00	0.72 X/XR	864.06

PROFUNDIDAD 600"

Pult = 1200.09 lbs/pulg. $Y_c = 0.84$ pulg $X/XR = 1$

Y/Yc	Y (pulg)	P/pult	P (lbs/pulg)
0	0	0	0
0.1	0.084	0.23	276.02
0.3	0.252	0.34	408.03
1.0	0.84	0.50	600.04
3.0	2.52	0.72	864.06
15.0	12.60	0.72 X/XR	864.06
	48.00	0.72 X/XR	864.06

PROFUNDIDAD 601"

Pult. = 899.86 lbs/pulg. Yc = 1.92 pulg X/XR = 1

Y/Yc	Y (Pulg)	P/Pult	P (lbs/pulg)
0	0	0	0
0.1	0.192	0.23	206.968
0.3	0.576	0.34	305.95
1.0	1.92	0.50	449.93
3.0	5.76	0.72	647.899
15.0	28.80	0.72 X/XR	647.899
	48.00	0.72 X/XR	647.899

PROFUNDIDAD 888"

Pult = 899.86 lbs/pulg. Yc = 1.92 pulg. X/XR = 1

Y/Yc	Y (pulg.)	P/pult.	P (lbs/pulg.)
0	0	0	0
0.1	0.192	0.23	206.968
0.3	0.576	0.34	305.95
1.0	1.92	0.50	449.93
3.0	5.76	0.72	647.899
15.0	28.80	0.72 X/XR	647.899
	48.00	0.72 X/XR	647.899

PROFUNDIDAD 889"

Pult = 4199.9 lbs/pulg. Yc = 1.44 pulg X/XR = 1

Y/Yc	Y (Pulg.)	P/pult	P (lbs/pulg)
0	0	0	0
0.1	0.144	0.23	965.98
0.3	0.432	0.34	1427.966
1.0	1.44	0.50	2099.95
3.0	4.32	0.72	3023.93
15.0	21.6	0.72 X/XR	3023.93
	48.00	0.72 X/XR	3023.93

PROFUNDIDAD 1308"

Pult = 4199. lbs/pulg. Yc = 1.44 pulg. X/XR = 1.

Y/Yc	Y (pulg)	P/pult.	P (lbs/pulg.)
0	0	0	0
0.1	0.144	0.23	465.98
0.3	0.432	0.34	1427.966
1.0	1.44	0.50	2099.95
3.0	4.32	0.72	2023.93
15.0	21.6	0.72 X/XR	3023.93
	48.00	0.72 X/XR	3023.93

PROFUNDIDAD 1309"

Pult = 4199.9 lbs/pulg. Yc = 1.2 pulg. X/XR = 1

Y/Yc	Y (pulg.)	P/pult.	P (lbs/pulg.)
0	0	0	0
0.1	0.12	0.23	965.977
0.3	0.36	0.34	1427.966
1.0	1.20	0.50	2099.95
3.0	3.60	0.72	3023.93
15.0	18.00	0.72 X/XR	3023.93
	48.00	0.72 X/XR	3023.93

PROFUNDIDAD 1428"

Pult. = 4199.9 lbs/pulg. Yc = 1.2 pulg. X/XR = 1

Y/Yc	Y (Pulg.)	P/pult.	P (lbs/pulg.)
0	0	0	0
0.1	0.12	0.23	965.977
0.3	0.36	0.34	1427.966
1.0	1.20	0.50	2099.95
3.0	3.60	0.72	3023.93
15.0	18.00	0.72 X/XR	3023.93
	48.00	0.72 X/XR	3023.93

PROFUNDIDAD 1429"

Pult. = 1200.09 lbs/pulg. Yc = 1.2 pulg. X/XR = 1

Y/Yc	Y (pulg.)	P/pult	P (lbs/pulg)
0	0	0	0
0.1	0.12	0.23	276.02
0.3	0.36	0.34	408.03
1.0	1.20	0.50	600.04
3.0	3.60	0.72	864.06
15.0	18.00	0.72 X/XR	864.06
	48.00	0.72 X/XR	864.06

PROFUNDIDAD 1440"

Pult. = 1200.09 lbs/pulg Yc = 1.2 pulg X/XR = 1

Y/Yc	Y (pulg.)	P/pult.	P (lbs/pulg)
0	0	0	0
0.1	0.12	0.23	276.02
0.3	0.36	0.34	408.03
1.0	1.20	0.50	600.04
3.0	3.60	0.72	864.06
15.0	18.00	0.72 X/XR	864.06
	48.00	0.72 X/XR	864.06

Estos valores (p-y) son presentados en la lámina No. 8 y son para los estratos de suelo encontrados dentro de los 120 pies superiores del sondeo en el sitio. Se considera que de bajo de esta profundidad los pilotes se encuentran practicamente empotrados.

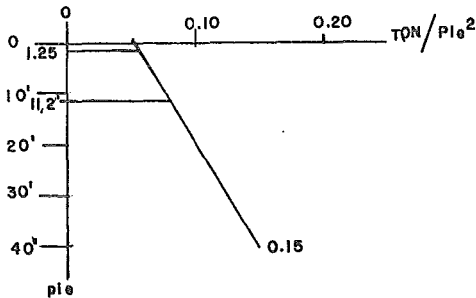
CAPACIDAD DE CARGA EN EL LECHO MARINO PARA LAS
PLACAS DE APOYO DE LA SUBESTRUCTURA.

Se calculó la capacidad de carga a nivel del lecho marino para diseñar las placas de apoyo que soportarán el peso de la subestructura mientras se instalan los pilotes. Para ello se utilizaron las propiedades del suelo resumidas en la lámina 6 y la teoría de carga para cimentaciones superficiales o poco profundas.

En el análisis se utilizó un factor de seguridad de 2.0 especificado por el API RPZA (marzo 1979).

A continuación se presentan los cálculos realizados y los resultados que se obtuvieron.

CAPACIDAD DE CARGA 85
SUPERFICIAL



$$40'$$

$$0.15 - 0.05 = 0.10$$

$$40' - 0.10$$

$$1.25' - X$$

$$X = \frac{1.25 \times 0.10}{40} = 0.0031$$

$$\text{A } 1.25' \text{ C promedio} = 0.05 + 0.003$$

$$\text{C prom} = \underline{0.053} \text{ TSF}$$

$$\text{A } \frac{11.25'}{40 - 0.10}$$

$$11.25 - X$$

$$X = \frac{11.25 \times 0.50}{40} = 0.028$$

$$c = 0.05 + 0.028 = 0.078 \text{ TSF}$$

$$\text{C promedio} = \underline{0.078} \text{ TSF}$$

$$q_u = C N_c + \gamma' D \quad q_a = C N_c + \gamma' D \quad N_c = 5.14 \left(1 + 0.2 \frac{D}{B} \right)$$

$$\gamma' = 30 \text{ pcf} = 0.015 \text{ Ton/pies (TCF)} \quad B(\text{supuesto}) = 2.5 \text{ pies}$$

Para $Z=0$; $D = 0$

$$C' = \frac{2}{3} C \text{ prom} = \frac{2}{3} 0.053 = 0.03533$$

$$\text{para } z = 0 \quad N_c = 5.14$$

$$q_a = \frac{0.03533 \times 5.14}{2} + 0.015 \times 0 = 0.091 \text{ TSF}$$

$$q_a = \underline{0.182} \text{ KSF}$$

Para $Z = 10'$; $D = 10$

$$C' = \frac{2}{3} C \text{ prom} = \frac{2}{3} 0.078 \text{ TSF} = 0.052$$

$$N_c = 5.14 \left(1 + 0.2 \frac{10}{2.5} \right) = 9.25 = \text{Se tomará el límite } N_c = 9$$

$$q_a = 0.52 \times 9 + 0.015 \times 10 = 0.234 + 0.15 = 0.384 \text{ TSF}$$

$$q_a = \underline{0.768} \text{ KSF}$$

Después de que se determine la forma y dimensiones iniciales de los apoyos deberá de revisarse la capacidad de carga para dichas condiciones

TABLA I

Criterios de Capacidad de Pilote para
Sedimentos Granulares

Suelos no carbonatados y poco carbonatados
(Contenido de carbonatos 25%)

<u>Tipo de Suelo</u>	<u>ϕ°</u>	<u>δ</u>	<u>f_{\max} Ksf</u>	<u>N_q</u>	<u>q_{\max} Ksf</u>
Arena	35 ^o	30 ^o	2.00	40	200
Arena Limosa	30 ^o	25 ^o	1.70	20	100
Limo arenoso	25 ^o	20 ^o	1.40	12	60
Limo	20 ^o	15 ^o	1.00	8	40

Suelos Calcáreos

(Contenido de carbonato=25 a 50%)

<u>Tipo de Suelo</u>	<u>ϕ°</u>	<u>δ</u>	<u>f_{\max} Ksf</u>	<u>N_q</u>	<u>q_{\max} Ksf</u>
Arena	19 ^o	14 ^o	2.00	40	200
Arena Limosa	19 ^o	14 ^o	1.70	20	100
Limo arenosa	19 ^o	14 ^o	1.40	12	60
Limo y limo Arcilloso	19 ^o	14 ^o	1.00	8	40

Suelos Carbonatados

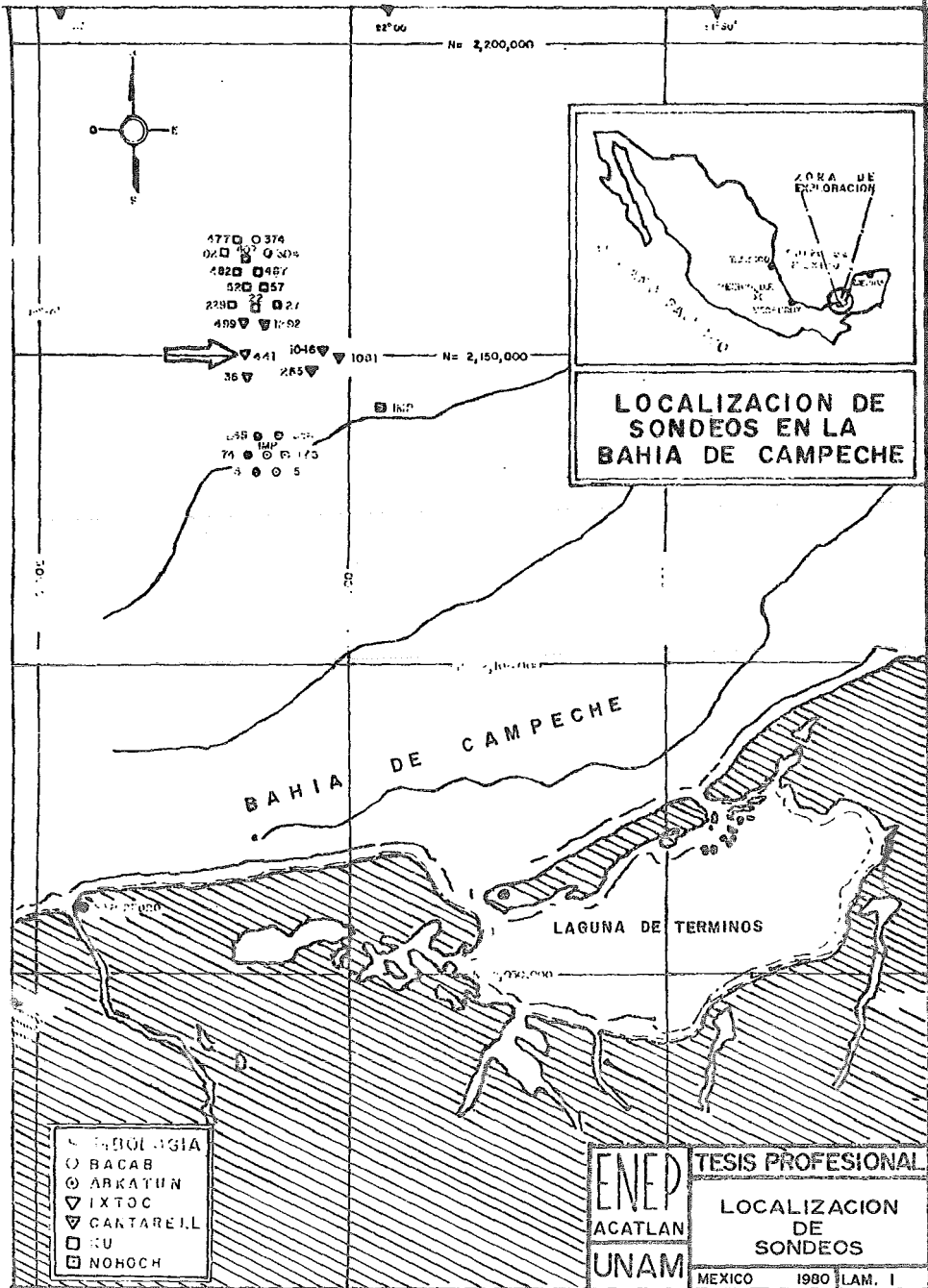
(Contenido de carbonato 50%)

<u>Tipo de Suelo</u>	<u>ϕ°</u>	<u>δ</u>	<u>f_{\max} Ksf</u>	<u>N_q</u>	<u>q_{\max} Ksf</u>
Arena	19 ^o	14 ^o	0.40	20	100
Arena Limosa	19 ^o	14 ^o	0.40	20	100
Limo Arenoso	19 ^o	14 ^o	0.40	12	60
Limo y Limo Arcilloso	19 ^o	14 ^o	0.40	8	40

Ksf = Kilolibras/pie²

L A M I N A S

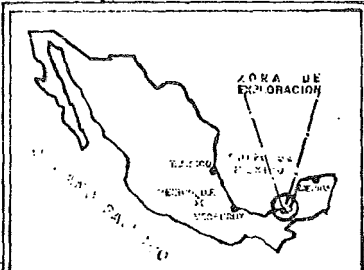
PLANO CON LA LOCALIZACION DEL SONDEO	1
ESTRATIGRAFIA Y RESULTADOS DE PRUEBAS	2 & 3
CLASIFICACION DE SUELOS Y SIMBOLOS USADOS	4
PROPIEDADES DEL SUELO Y DATOS DE CAPACIDAD DE CARGA - DE PILOTES	5
CURVAS DE CAPACIDAD DE CARGA DE LOS PILOTES:	
COMPRESION	6
TENSION	7
RELACION RESISTENCIA DEL SUELO--DEFLEXION DE PILOTES (p-y)	8
APENDICE - PRUEBAS DE CAMPO Y LABORATORIO:	
RESUMEN DE RESULTADOS DE PRUEBAS	A-1
RESUMEN DE RESULTADOS DE PRUEBAS DE CONTENIDO DE CARBONATO	A-2
CURVAS ESFUERZO-DEFORMACION EN PRUEBAS DE COMPRESION SIMPLE	A-3 y A-4
CURVAS ESFUERZO-DEFORMACION EN PRUEBAS DE COMPRESION TRIAxIAL NO CONSOLIDADA--NO DRENADA	A-5 a A-7
CURVA GRANULOMETRICA	A-8



477 □ 374
 02 □ 304
 482 □ 487
 520 □ 57
 238 □ 2
 499 ▽ 1092

→ ▽ 441 1046 ▽ 1001
 36 ▽ 285 ▽

158 □ 170
 71 □ 170
 3 ○ 5

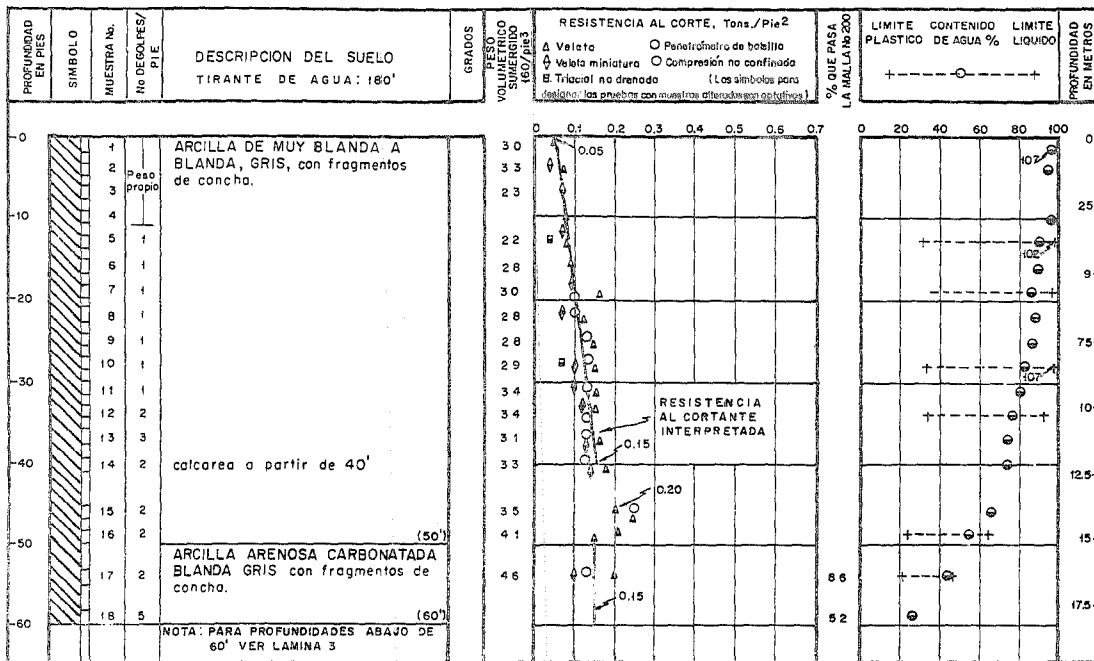


**LOCALIZACION DE
 SONDEOS EN LA
 BAHIA DE CAMPECHE**

- BACAB
- ARKATUN
- ▽ IXTOC
- ▽ CANTARELL
- CU
- NOHOCH

ENED
 ACATLAN
 UNAM

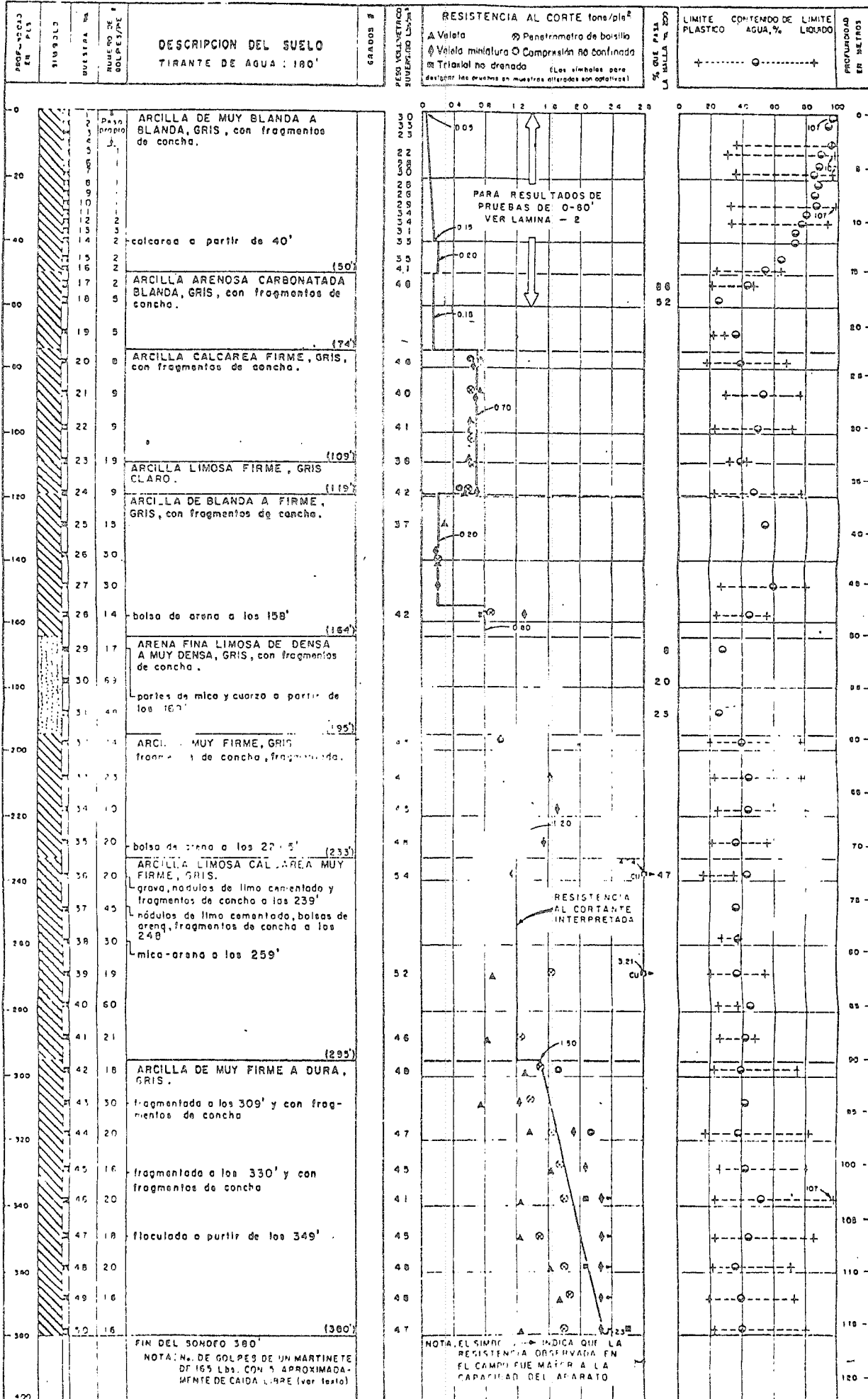
TESIS PROFESIONAL
 LOCALIZACION
 DE
 SONDEOS
 MEXICO 1980 LAM. I



REGISTRO DE SONDEO Y RESULTADOS DE PRUEBAS

C - 60'

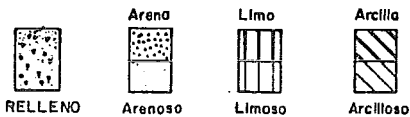
IXTOC - 441 BAHIA DE CAMPECHE
GOLFO DE MEXICO



REGISTRO DE SONDEO Y RESULTADOS DE PRUEBAS
 IXTOC - 441, BAHIA DE CAMPECHE
 GOLFO DE MEXICO

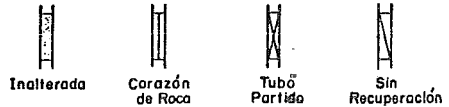
CLAVE DE LA CLASIFICACION DE SUELOS Y SIMBOLOS

TIPO DE SUELO (Mostrado en la columna de simbolos)



RELENO Arenoso Limoso Arcilloso

TIPO DE MUESTRA (Mostrado en la columna de muestras)



Inalterada Corazón de Roca Tubo Partido Sin Recuperación

El tipo predominante se muestra grueso

TERMINOS QUE DESCRIBEN CONSISTENCIA O CONDICION

SUELOS DE GRANO GRUESO (Cuya mayor parte queda retenida en la malla No 200)

Incluye (1) gravas limpias y arenas descritas como finas, medias o gruesas, según la distribución de tamaños de grano; (2) arenas y gravas limosas o arcillosas, (3) suelos de grano fino de baja plasticidad ($PI < 10$), como limos arenosos. El tipo de suelo se clasifica según la densidad relativa determinada por pruebas de laboratorio o estimada a partir de la resistencia a la penetración del muestreador.

Término Descriptivo	Resistencia a la Penetración*	Densidad Relativa
Suelto	0 - 10	0 a 40 %
Medio Denso	10 - 30	40 a 70 %
Denso	30 - 50	70 a 90 %
Muy Denso	más de 50	90 a 100 %

*Golpes/pie, martillo #140, caída 30"

SUELOS DE GRANO FINO (cuya mayor parte pasa por la malla No. 200)

Incluye (1) limos y arcillas inorgánicas y orgánicas, (2) arcillas arenosas, gravosas o limosas, (3) limos arcillosos. La consistencia se clasifica según la resistencia al corte indicada por las lecturas del penetómetro o por pruebas de compresión simple para suelos con $PI \geq 10$

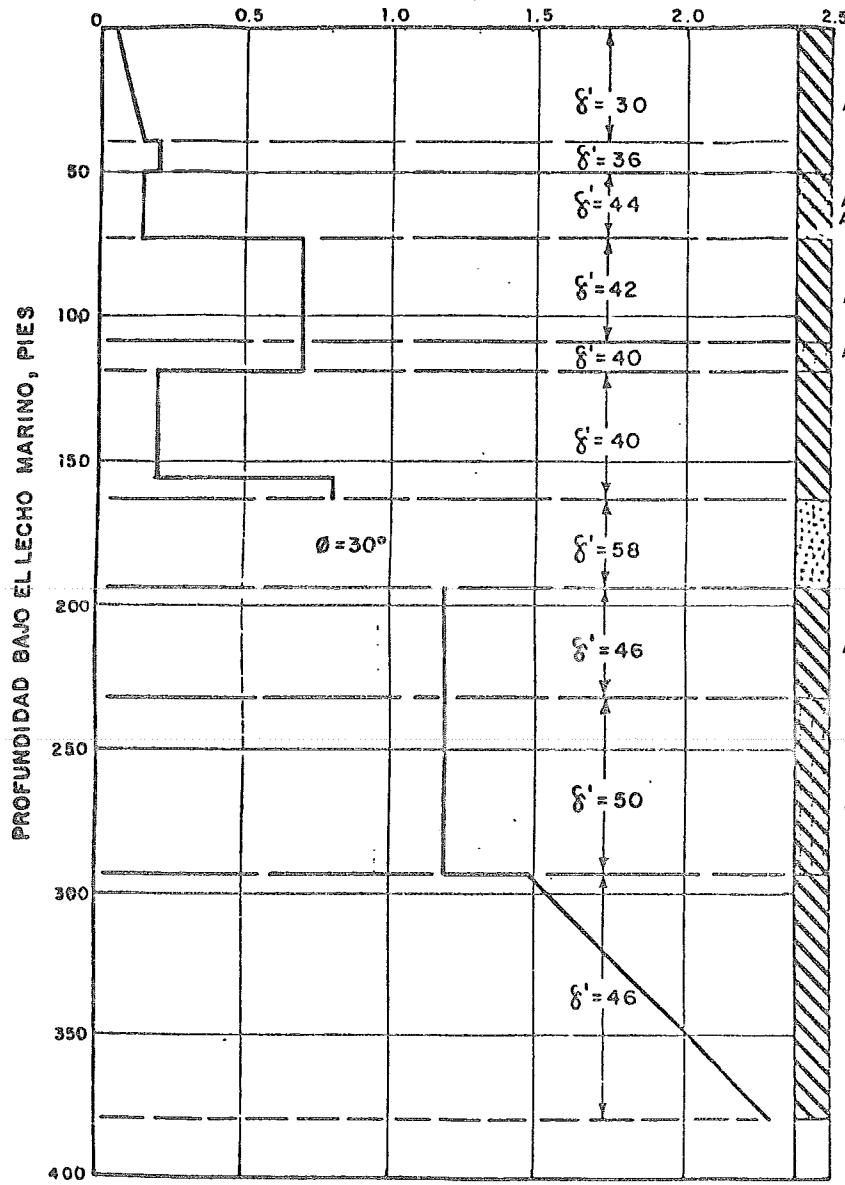
Término Descriptivo	Resistencia al corte en suelos cohesivos (Tons/pie ²)
Muy blando	Menos de 0.125
Blando	0.125 a 0.25
Poco firme	0.25 a 0.50
Firme	0.50 a 1.00
Muy firme	1.00 a 2.00
Duro	2.00 ó más

NOTA: LAS ARCILLAS FISURADAS Y CON SUPERFICIES DE FALLA (del tipo arenoso) PUEDEN TENER MENOR RESISTENCIA A LA COMPRESION SIMPLE DE LA QUE SE MUESTRA ARRIBA DEBIDO A LA PRESENCIA DE LOS PLANOS DE DEBILIDAD O GRIETAS DE CONTRACCION. LAS CLASIFICACIONES DE LA CONSISTENCIA PARA TALIS SUELOS SE BASAN EN LECTURAS DE PENETROMETROS MANUALES.

TERMINOS QUE CARACTERIZAN LA ESTRUCTURA DEL SUELO

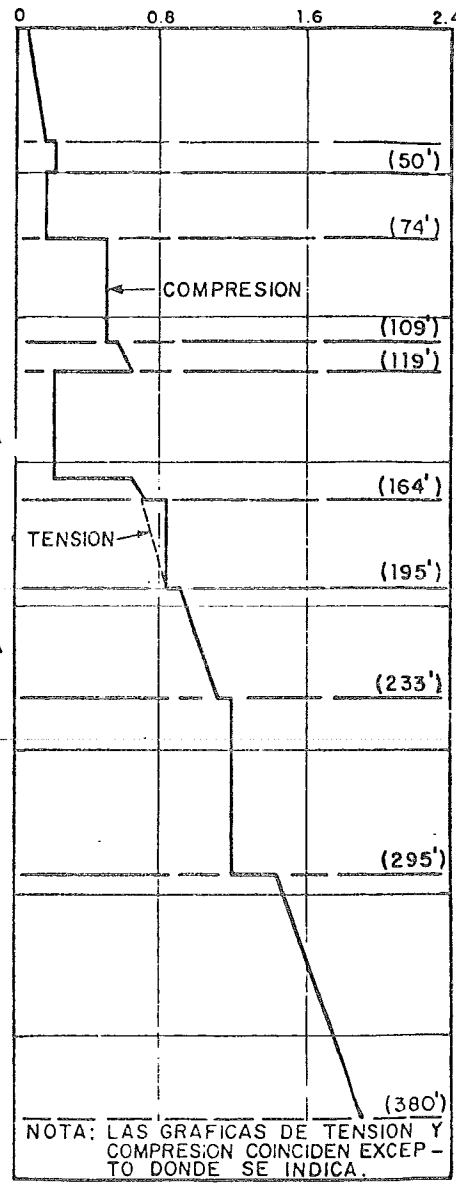
Laminar:	del espesor de un papel	Floculada.	Pertenece a suelos cohesivos que exhiben una textura suelo o estructura laminar
Lento:	Capas de 1/8" - 3" de espesor.	Slickensided	Con planos de debilidad inclinados, resaca-dillos y brillantes
Capo:	más de 3"	GRADO DE DESARROLLO DE LAS SUPERFICIES DE FALLA (slickensided)	
Agrietada:	Con grietas de contracción, frecuentemente llenas de limo o arena fina, usualmente más o menos vertical	Ligero:	Las superficies de falla se presentan a intervalos de 1'-2', el suelo no se rompe fácilmente a lo largo de estos planos
Sensitiva:	Pertenece a suelos cohesivos sujetos a pérdida apreciable de resistencia al remoldearlos	Moderado:	Las superficies de falla están espaciadas a intervalos de 1'-2', el suelo se rompe fácilmente a lo largo de estos planos
Intercalada:	Compuesta de capas alternas de diferentes tipos de suelos	Extremo:	Las superficies de falla continúan e interconectadas, espacadas a intervalos de 4" - 12", el suelo se rompe a lo largo de las superficies de falla en grandes bloques de tamaño
Laminada:	Compuesta de capas delgadas de diferente color y estructura	Intenso:	Las superficies de falla están espaciadas a intervalos de menos de 4" y continuas en todas direcciones, el suelo se rompe a lo largo de capas entrecruzadas de 1/4" - 2" de tamaño
Calcáreo:	Con cantidades apreciables de carbonato de calcio.		
Ben graduada:	Con amplio rango en tamaños de grano y cantidades sustanciales de los dos tamaños intermedios de partículas		
Mal graduada:	Con un tamaño de grano predominante, o con un rango de tamaños en el que falta un tamaño intermedio.		

PROPIEDADES DEL SUELO
COHESION, c, TONELADAS POR PIE CUADRADO



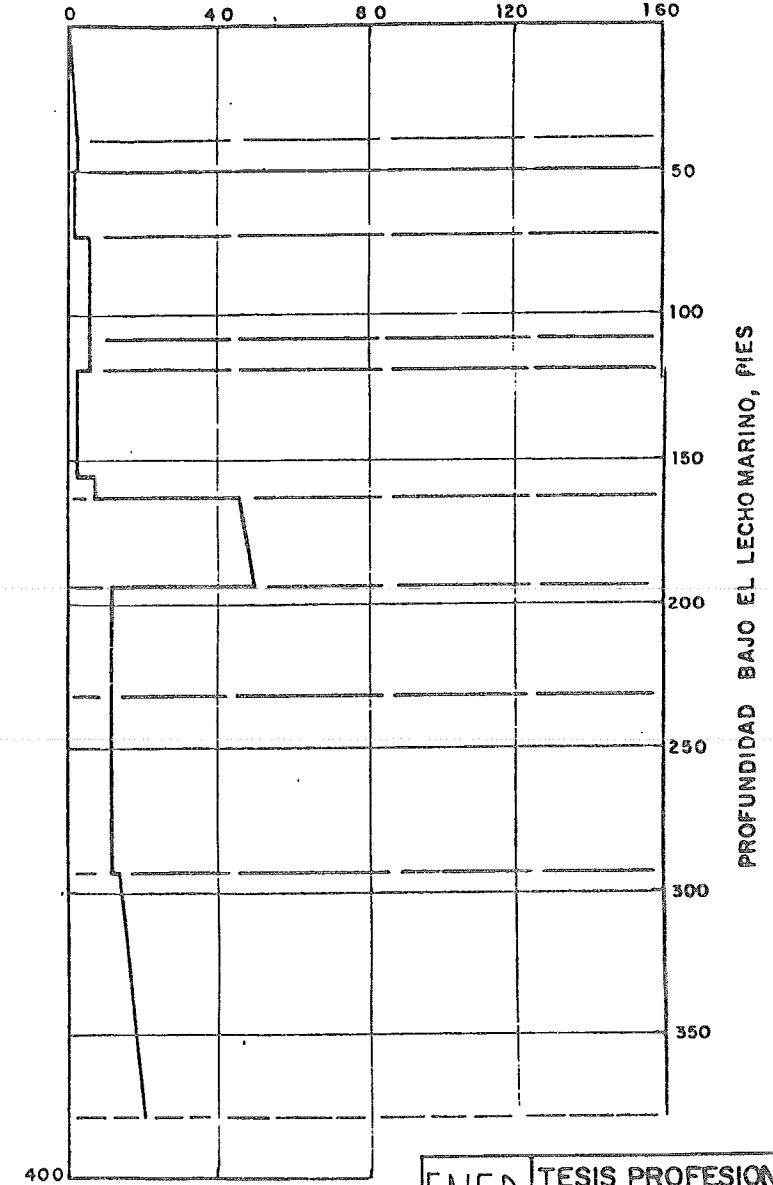
$\gamma' = \text{Lbs/pie}^3$

FRICCION LATERAL UNITARIA
f, TONELADAS POR PIE CUADRADO



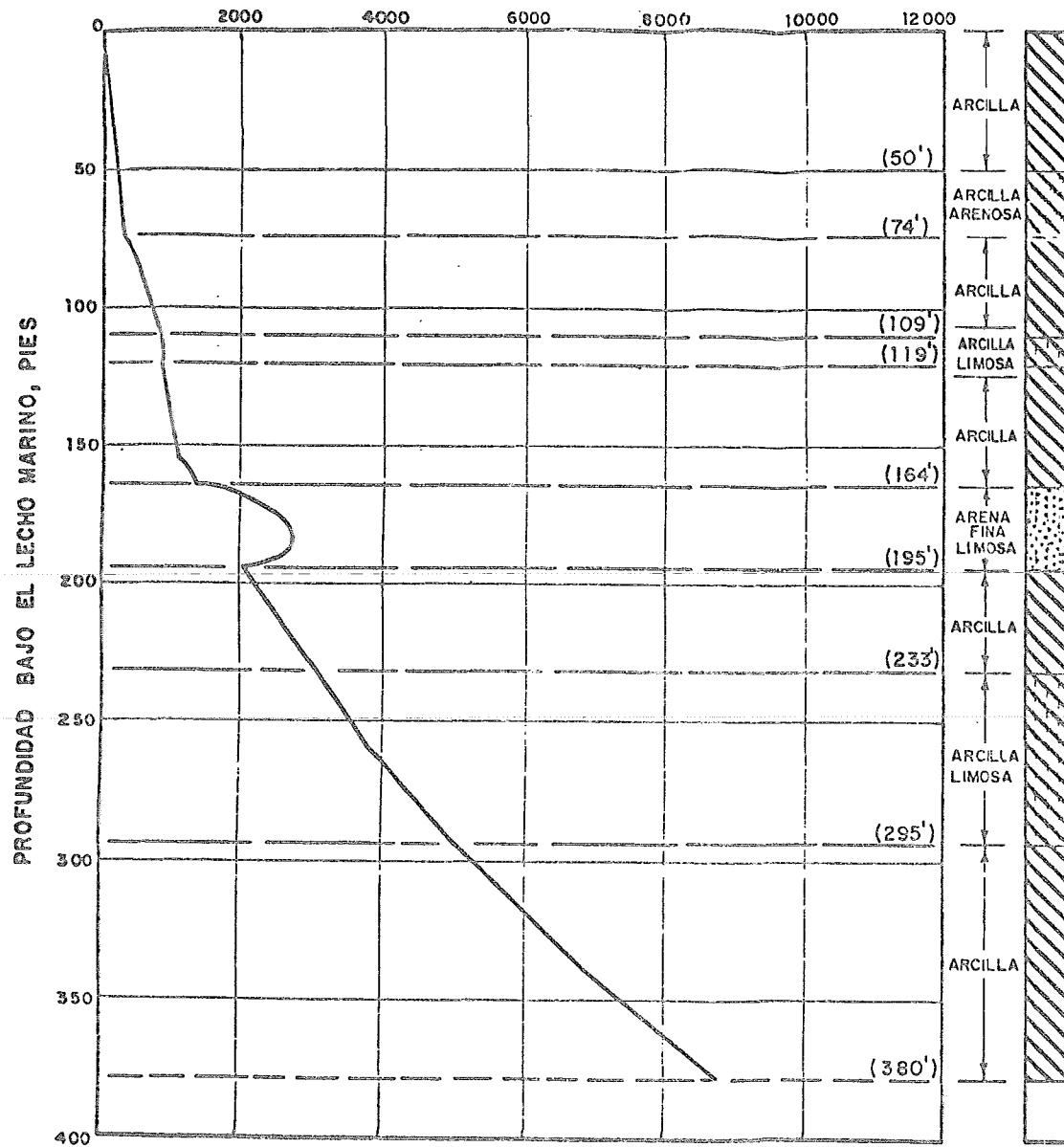
NOTA: LAS GRAFICAS DE TENSION Y COMPRESION COINCIDEN EXCEPTO DONDE SE INDICA.

CAPACIDAD UNITARIA DE PUNTA
q, TONELADAS POR PIE CUADRADO

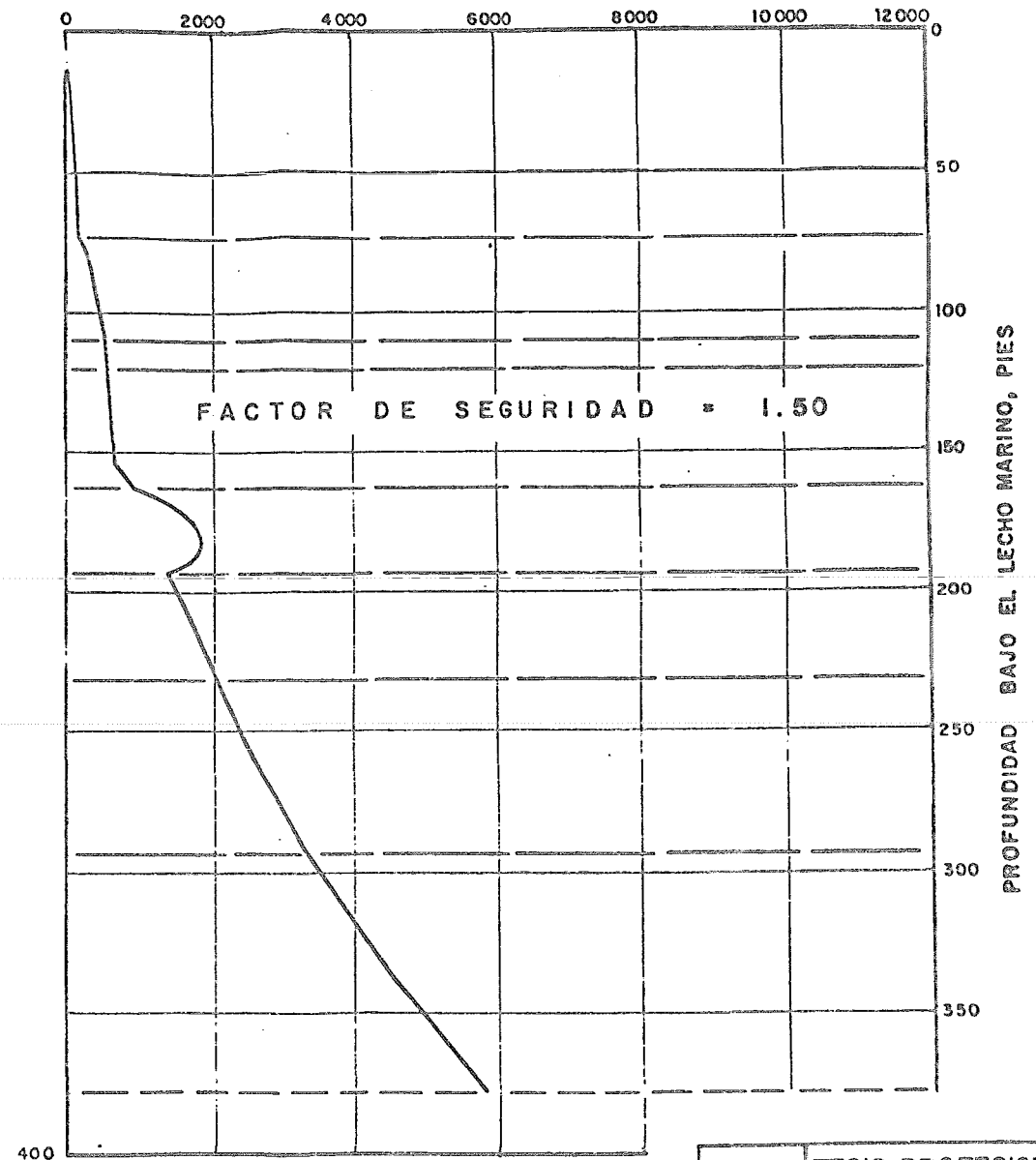


ENEP ACATLAN UNAM	TESIS PROFESIONAL PROPIEDADES DEL SUELO Y DATOS DE CAPACIDAD DE PILOTE. DIAMETRO DEL PILOTE: 48" IXTOC 441, BAHIA DE CAMP.
	MEXICO 1980 LAM. 5

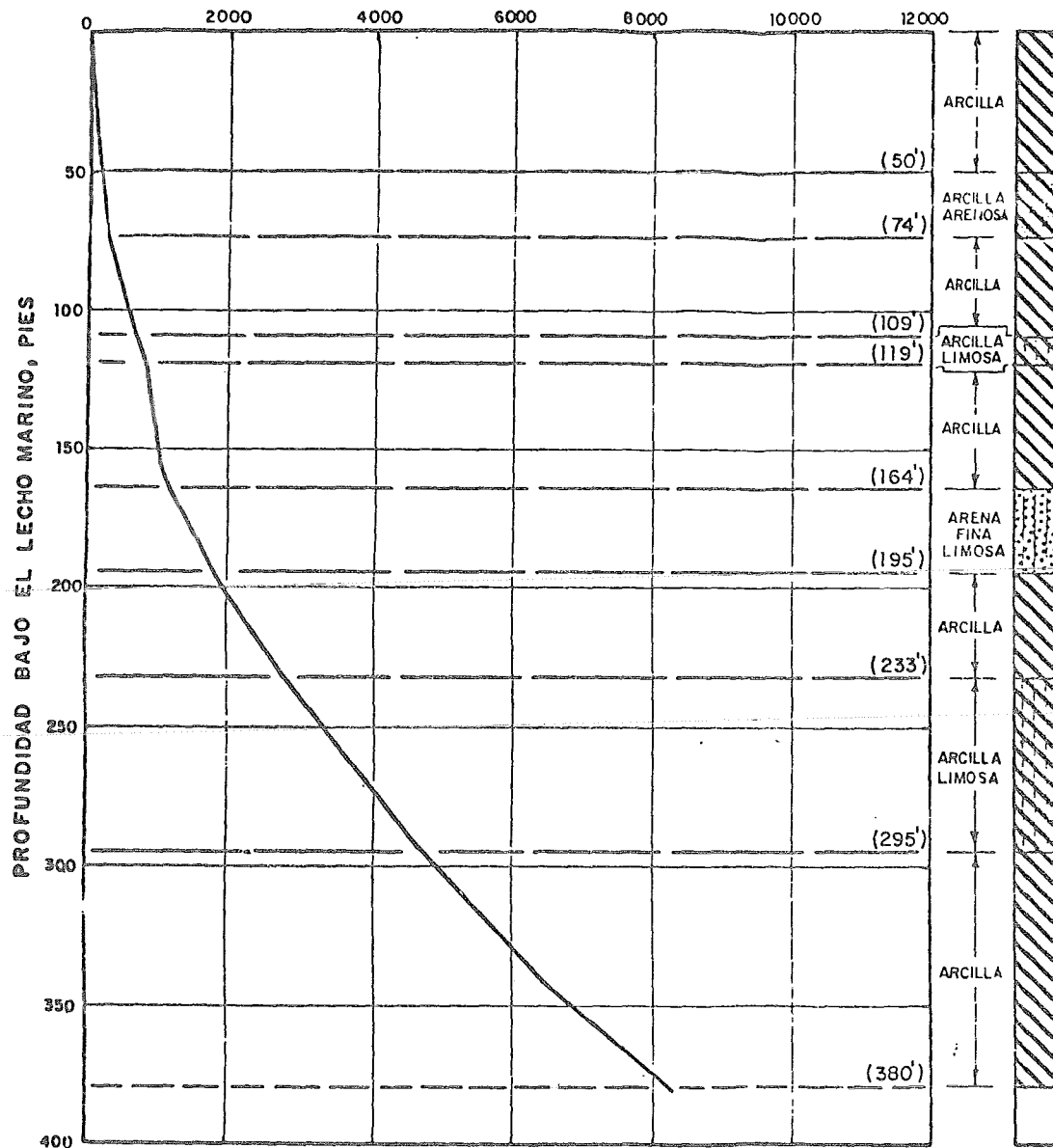
CAPACIDAD ULTIMA (COMPRESION), KIPS



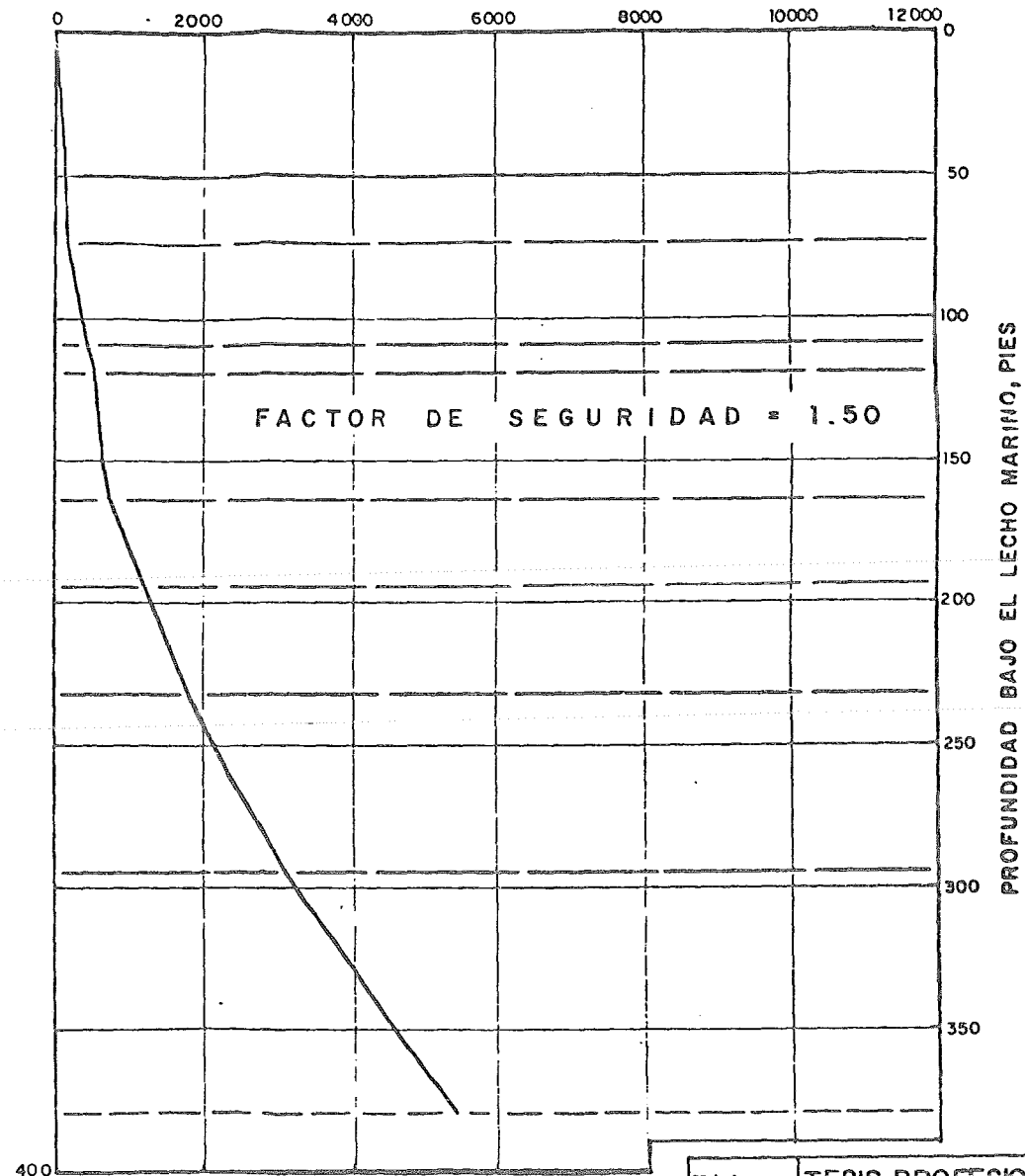
CAPACIDAD RECOMENDADA (COMPRESION), KIPS



CAPACIDAD ULTIMA (TENSION), KIPS

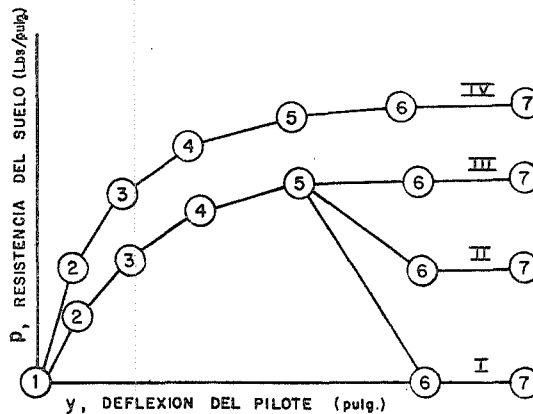
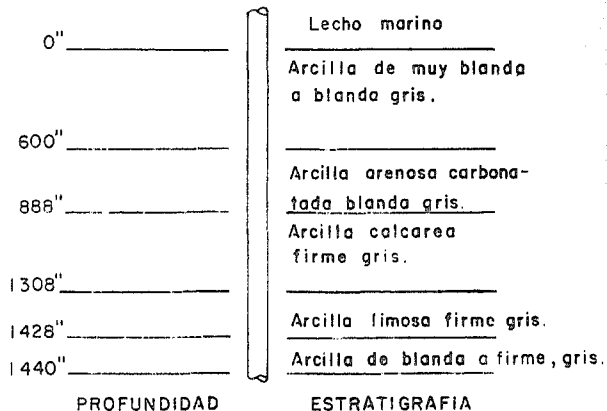


CAPACIDAD RECOMENDADA (TENSION), KIPS



ENEP ACATLAN UNAM	TESIS PROFESIONAL
	CURVAS DE CAPACIDAD DE PILOTES (TENSION)
	DIAMETRO DEL PILOTE 48"
	IXTOC 441; BAHIA DE CAMPECHE.
MEXICO	1980 LAM 7

PROFUNDIDAD. (pulg)	CURVA TÍPICA	COORDENADAS DE LOS PUNTOS EN LA CURVA															
		y ₁	p ₁	y ₂	p ₂	y ₃	p ₃	y ₄	p ₄	y ₅	p ₅	y ₆	p ₆	y ₇	p ₇	y ₈	p ₈
0	I	0	0	0.156	23	0.468	34	1.560	50	4.680	72	23.400		48.000	0		
120	II	0	0	0.156	72	0.468	106	1.560		4.680	225	23.400	100	48.000	100		
270	III	0	0	0.156	146	0.468	216	1.560	318	4.680	458	23.400	458	48.000	458		
481	III	0	0	0.156	207	0.468	306	1.560	450	4.680	548	23.400	648	48.000	648		
481-600	III	0	0	0.084	276	0.252	408	0.840	600	2.520	864	12.600	864	48.000	864		
601-888	III	0	0	0.192	207	0.576	306	1.920	450	5.760	648	28.800	648	48.000	648		
889-1308	III	0	0	0.144	966	0.432	1428	1.440	2100	4.320	3024	21.600	3024	48.000	3024		
1309-1428	III	0	0	0.120	966	0.360	1428	1.200	2100	3.600	3024	18.000	3024	48.000	3024		
1429-1440	III	0	0	0.120	276	0.360	408	1.200	600	3.600	864	18.000	864	48.000	864		



DATOS RESISTENCIA DEL SUELO-DEFLEXION DEL PILOTE

DIAMETRO DEL PILOTE 48 pulg.

IXTOC 441 BAHIA DE CAMPECHA.

LAMINA 8

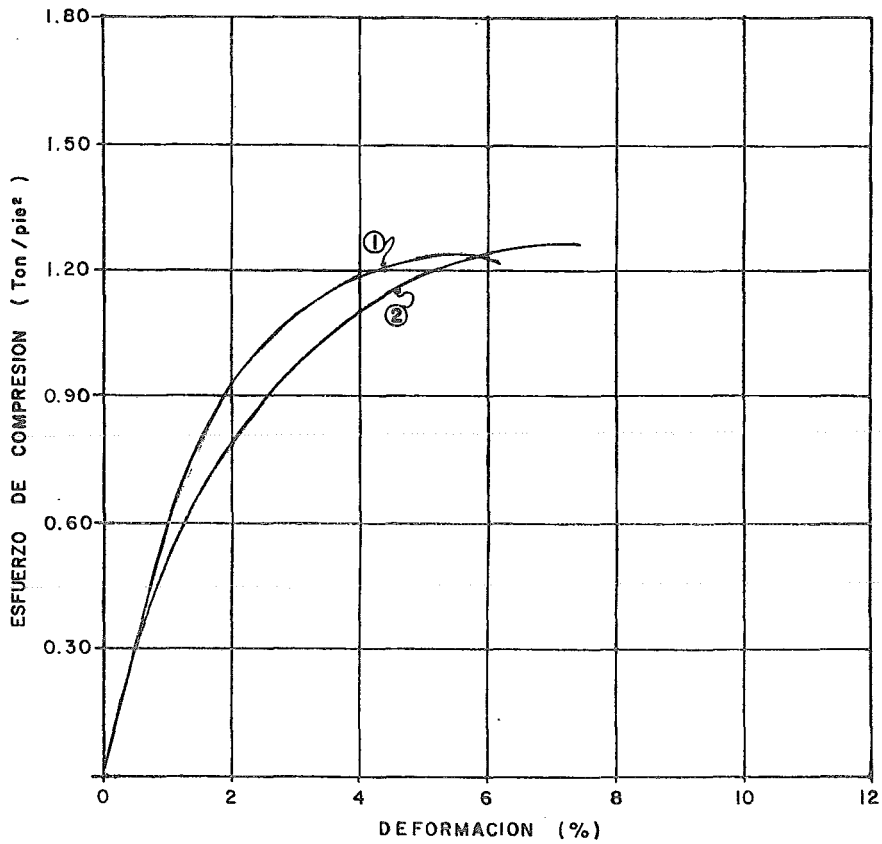
MUESTRA No.	MID. DIAMETRO (cm)	MID. ALTURA (cm)	PRUEBAS DE CLASIFICACION						RESISTENCIA AL CORTE, tons / pie ²				E. BRUNO			
			LIMITE ELASTICO	LIMITE PLASTICO	CONTEMPORANEO, %	RESISTENCIA A LA TRACCION	RESISTENCIA A LA COMPRESION	RESISTENCIA A LA FLEXION	RESISTENCIA A LA TORSION	DEBILIDAD		COMPRISION NO CONTINUA		COMPRISION TRIAXIAL		
										RESISTENCIA A LA TRACCION	RESISTENCIA A LA COMPRESION	RESISTENCIA A LA TRACCION		RESISTENCIA A LA COMPRESION	RESISTENCIA A LA TRACCION	RESISTENCIA A LA COMPRESION
1	1				107	30		0.05	0.05							
2	4				55	33		0.07	0.04							
3	7				25	25		0.02								
4	10		57	37	5											
5	13		52	31	37	22										
6	16		57	27	61	36										
7	19		57	27	61	36										
8	22		57	27	61	36										
9	25		107	33	62	29		0.10	0.15	0.10						
10	28		107	33	62	29		0.10	0.15	0.10						
11	31		107	33	62	29		0.10	0.15	0.10						
12	34		93	34	72	34		0.10	0.15	0.10						
13	37		31		74	31		0.13	0.17	0.13						
14	40		21		74	33		0.13	0.16	0.14						
15	43		21		64	32		0.05	0.20	0.05						
16	46		64	24	36	43		0.10	0.15	0.10						
17	49		47	21	44	46	66	0.13	0.20	0.10						
18	52		5		25											
19	55		29	23												
20	58		6	16	29	46		0.05	0.20	0.05						
21	61		77	30	24	43		0.05	0.20	0.05						
22	64		72	28	29	43		0.05	0.20	0.05						
23	67		43			46										
24	70		9	20		42										
25	73		15			37										
26	76		3													
27	79		7													
28	82		14	56	25	46										
29	85		17													
30	88		67													
31	91		57			21										
32	94		24	8	10	46										
33	97		23	76	28	46										
34	100		63			46										
35	103		20	56	21	46										
36	106		34	16	41	54	52									
37	109		45													
38	112		5													
39	115		19			57										
40	118		6													
41	121		37													
42	124		12	76	22	45										
43	127		26			45										
44	130		6													
45	133		19			45										
46	136		22			25										
47	139		26			25										
48	142		21			25										
49	145		16			25										
50	148		31			25										

NUMERO DE MUESTRA	PROFUNDIDAD PIES	PORCENTAJE DE CARBONATO
5	13	18
10	28	16
14	40	26
18	59	58
19	69	64
23	109	2
29	169	9
31	189	7
35	229	17
40	279	27
45	329	17
49	369	20

RESUMEN DE RESULTADOS DE PRUEBAS DE CONTENIDO DE
CARBONATO

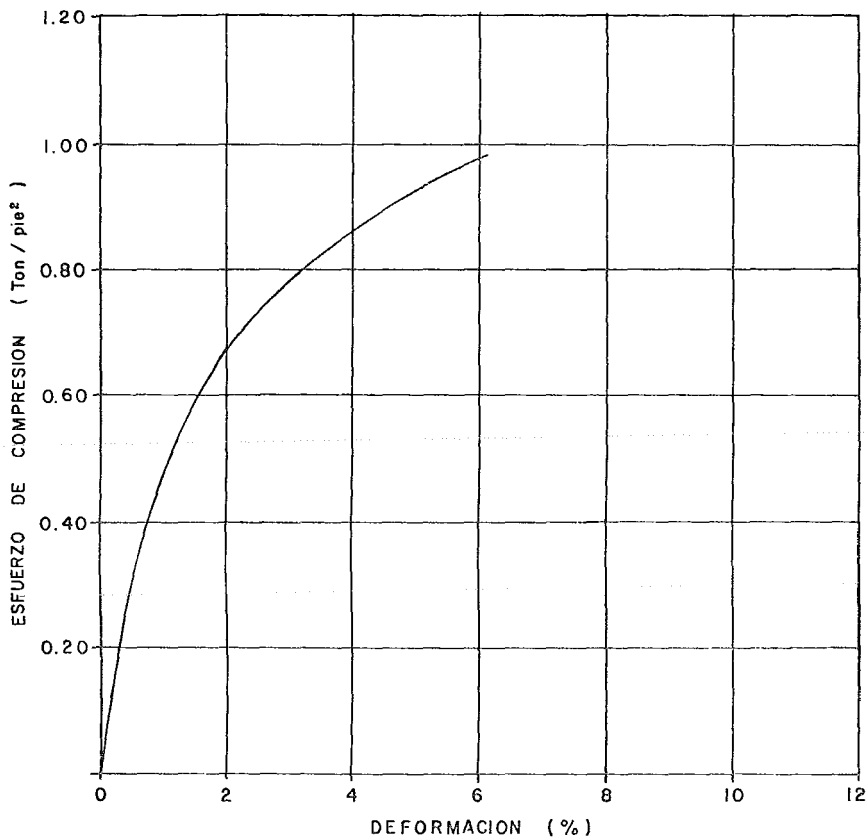
IXTOC-441, - BAHIA DE CAMPECHE

GOLFO DE MEXICO



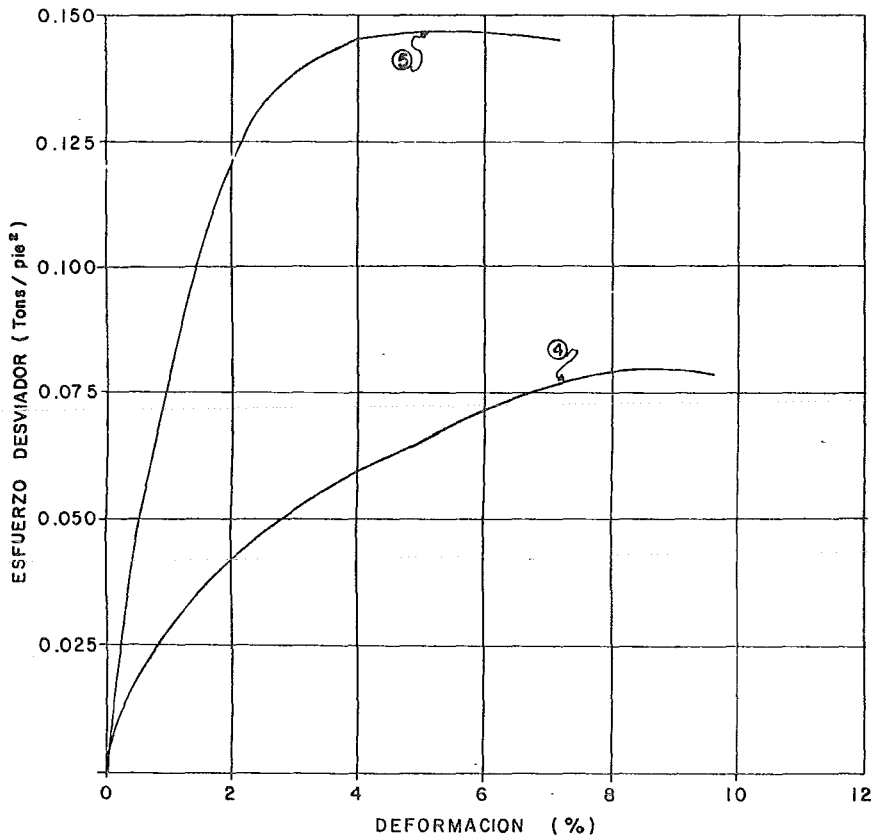
CURVA Nº	MUESTRA Nº	PROF. pies	CLASIFICACION DEL MATERIAL.
1	20	79	Arcilla firme gris.
2	22	99	Arcilla firme gris.

CURVAS ESFUERZO - DEFORMACION
DE PRUEBAS DE COMPRESION SIMPLE.



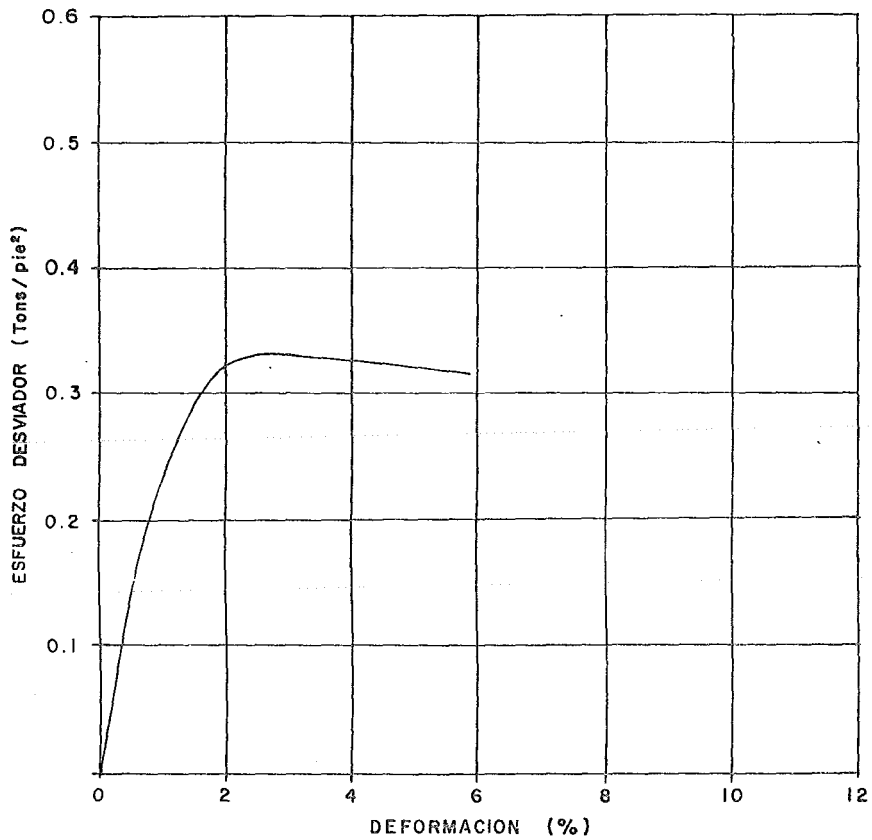
CURVA N ^o	MUESTRA N ^o	PROF. pies	CLASIFICACION DEL MATERIAL
3	24	119.0	Arcilla poco firme gris.

CURVAS ESFUERZO - DEFORMACION
DE PRUEBAS DE COMPRESION SIMPLE.



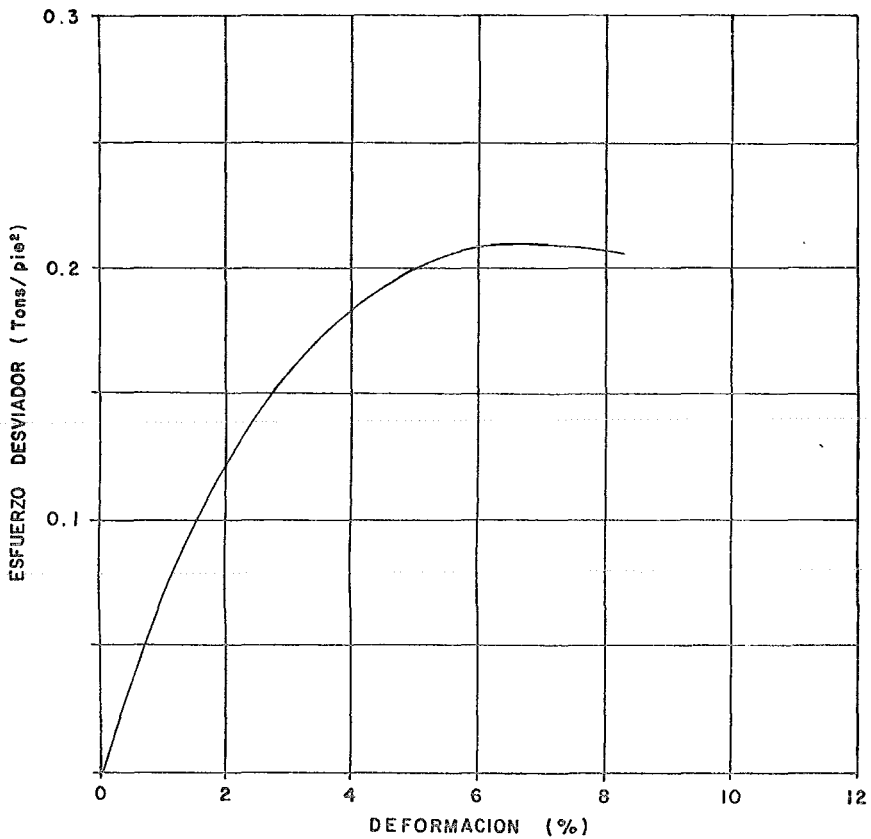
CURVA N ^o	MUESTRA N ^o	PROF. pies	PRESION DE CONFINAMIENTO (Tons/pie ²)	MATERIAL
4	5	13.5	0.198	Arcilla muy blanda gris verdoso.
5	10	28.0	0.410	Arcilla muy blanda gris verdoso.

CURVAS ESFUERZO - DEFORMACION
 EN PRUEBAS DE COMPRESION TRIAXIAL
 NO CONSOLIDADA - NO DRENADA.



CURVA Nº	MUESTRA Nº	PROF. pies	PRESION DE CON- FINAMIENTO (Tons/pie²)	MATERIAL
6	14	40	0.586	Arcilla blanda gris verdoso.

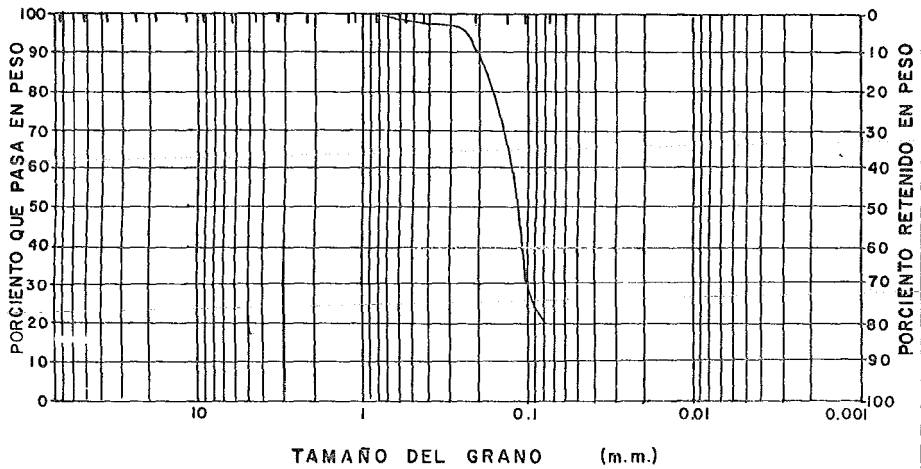
CURVAS ESFUERZO - DEFORMACION
EN PRUEBAS DE COMPRESION TRIAXIAL
NO CONSOLIDADA - NO DRENADA.



CURVA Nº	MUESTRA Nº	PROF. pies	PRESION DE CON. FINAMIEN TO (Tons/pie²)	MATERIAL
7	17	54.5	0.870	Arcilla arenosa blanda gris verdoso

CURVAS ESFUERZO - DEFORMACION
EN PRUEBAS DE COMPRESION TRIAXIAL NO
CONSOLIDADA - NO DRENADA .

GRAVA		ARENA			LIMO O ARCILLA
Gruesa	Fina	Gruesa	Media	Fina	
ABERTURA DE MALLA					



CURVA	MUESTRA	PROFUNDIDAD	DESCRIPCION
I	30	178.5	Arena fina gris con fragmentos de concha.

ENED ACATLAN UNAM	TESIS PROFESIONAL
	CURVA GRANULOMETRICA
	MEXICO 1980 LAM. A - 8

CONSIDERACIONES GENERALES PARA LA INSTALACION DE PILOTES

Las curvas de capacidad de carga de pilotes - mostradas en las láminas 7 y 8 se basan en la premisa de que los pilotes deben ser hincados hasta su posición final sin la ayuda de una perforación previa y /o chorro de agua.

Basados en experiencias anteriores en suelos - de condiciones similares, para hincar un pilote con un diámetro exterior de 48" a una profundidad de 358 pies por debajo del lecho marino, se requiere de un martinete con una energía calibrada de cuando menos 300,000 lb-pie.

Si ocurren demoras prolongadas en el hincado - debido a la unión de tramos, a una falla de energía en el martinete o por cualquier razón imprevista, existe la posibilidad de que se presente un fenómeno de tixotropía entre el suelo y el pilote al atravesar el material cohesivo de los estratos --- VII, VIII y IX.

Por lo antes expuesto debe hacerse lo posible - por reducir al máximo estas demoras ya que de lo contrario será necesario utilizar un martinete más pesado para poder continuar con las operaciones de instalación.

CAPITULO V

5. CONCLUSIONES

A continuación se presentan las conclusiones - del presente trabajo.

Estudios Geofísicos.- Nos permiten llevar a - cabo en forma rápida y económica el conocimiento general de - las características del fondo y subsuelo marino con fines de ingeniería. Entre los datos que se pueden obtener a través - de los levantamientos geofísicos están: la batimetría del -- fondo marino, la existencia de afloramientos rocosos o coralí - feros, la existencia de gas, el espesor aproximado de sedimen - tos no consolidados, la profundidad de la primera capa resis - tente, el comportamiento stratigráfico y estructural de las capas geológicas, la presencia de zonas inestables y la localización de estratos resistentes.

Estudios Geotécnicos.- Nos determinan con mayor detalle las condiciones del subsuelo en el lugar propuesto, - para llevar a cabo la cimentación de las plataformas marinas. Estos estudios son realizados en base a la obtención de sue-- los muestreados in situ, a los que se les efectúan pruebas en campo y en laboratorio, para obtener las características de - resistencia, deformabilidad u otros que se requieran para el análisis de capacidad de carga.

Los criterios utilizados para el análisis del diseño de cimentaciones en este trabajo, están basadas en las recomendaciones dadas por el API (American Petroleum Institute), donde la parte referente a la capacidad de carga en se-- dimentos granulares de origen calcáreo nos dice, que deberá - de reducirse dicha capacidad de carga, dependiendo de las -- condiciones locales. Basados en esto último, la mayoría de - las compañías geotécnicas americanas han establecido crite--

rios de capacidad de carga de pilotes para sedimentos granulares en las que intervienen los diferentes contenidos de carbonato; sin embargo, tales criterios han sido desarrollados en base a experiencias obtenidas en otros sitios (Australia y el Mar del Norte), por lo que se cree conveniente, para el caso de la Bahía de Campeche se lleven a cabo pruebas de carga en pilotes hincados en el lugar. En tales pruebas los pilotes deberán ser llevados a la falla para saber su comportamiento y de ser posible instrumentar la mayor parte de los elementos de cimentación en la plataforma de prueba. Con los resultados en esta clase de pruebas se podrán valorar las cargas reales a las que están sujetas los pilotes, establecer criterios más exactos de capacidad de carga en los suelos del Golfo de México y poder obtener los factores reales de seguridad con que regularmente trabajan.

Hoy en día son utilizados para fines geotécnicos dos nuevos instrumentos que son: La veleta a control remoto, que nos sirve para medir la resistencia no drenada de los sedimentos marinos in situ y un sistema de penetración cónica conocido con el nombre de WISON siendo su funcionamiento del tipo hidroeléctrico, con lo que se pueden obtener directamente los valores de fricción lateral y resistencia por punta del suelo, que nos servirán para el diseño de capacidad de carga en pilotes, además de; obtener la exacta determinación estratigráfica del subsuelo, predicción del tipo de suelo, estimación de la resistencia al corte no drenado en suelos cohesivos y la densidad in situ de los suelos granulares. Los datos que se obtienen con el WISON combinados con los resultados de un programa de muestreo de suelos normalmente aumenta la capacidad de carga de pilotes en comparación con el método API. En muchos casos usando el WISON se obtienen grandes capacidades de carga para pilotes, reduciendo así, la penetración requerida de los mismos.

BIBLIOGRAFIA

1. ANALYSIS DE HIGH - RESOLUTION SEISMIC DATA
For the
AAPG - Seg Vail School For
"Stratigraphic Interpretation Using Seismic
Data"
By
H. C. Sieck
G. W. Self
BBN - Geodrine Services Company
July 1976

2. ESTUDIOS GEOFISICOS PARA LOCALIZACIONES EX-
PLORATORIAS DE ONCE CAMPOS MARINOS
Informe Final
Campo Takin 101
Cía. Mexicana Aerofoto
Enero 1979

3. GEOPHYSICAL INVESTIGATION
Akal 2-A Detail Survey Area
Petróleos Mexicanos
Bay of Campeche
Final Report To
Proyectos Marinos S.C.
By
McClelland Enginners Inc.
February 1979

4. OFFSHORE NAVIGATION, ING.
Descripción del sistema Maxiran
New Orleans, Lousiana

5. PERFORACIONES Y CIMENTACIONES S.A. DE C.V.
Petróleos Mexicanos
Bahía de Campeche
Investigación Geofísica Ixtoc 441
México, 1979.
6. PERFORACIONES Y CIMENTACIONES S.A. DE C.V.
Petróleos Mexicanos
Bahía de Campeche
Investigación Geotécnica en la localización
Ixtoc-441
México, 1979
7. POSITION FIXING AT SEA
The Decca Survey Group
Calcuta, India, Noviembre 1977
8. SEMINARIO SOBRE TRABAJO Y EQUIPO GEOFISICO
MARINO
Cia. Mexicana Aerofoto
Julio 1978
9. DISEÑO Y CONSTRUCCION DE CIMENTACIONES
M.J. Tomlinson
1971
10. INTRODUCCION A LA MECANICA DE SUELOS Y CI-
MENTACIONES
George B. Sowers
George F. Sowers
México, 1975
11. EL SUBSUELO Y LA INGENIERIA DE CIMENTACIO-
NES EN EL AREA URBANA DEL VALLE DE MEXICO

Sociedad Mexicana de Mecánica de Suelos
México 1978

12. FOUNDATION ENGINEERING
Ralph B. Peck
Walter E. Hanson
Thomas H. Thornburn
1974
13. GENERAL STATEMENT OF GEOTECHNICAL QUALIFICATIONS AND CAPABILITIES FUGRO, GULF. INC.
1973
14. GEOLOGIA APLICADA
Ivan B. Puig.
México, 1979
15. MANUAL DE MECANICA DE SUELOS
Secretaría de Recursos Hidráulicos
5a. edición, México 1970
16. MECANICA DE SUELOS Y CIMENTACIONES
Carlos Crespo Villalaz
México, 1979
17. MC. CLELLAND ENGINEERS INC.
Report to Proyectos Marinos
1978
18. MECANICA DE SUELOS EN LA INGENIERIA PRACTICA
K. Terzaghi - Ralph H B. Peck
2a. edición, Buenos Aires 1973

19. MECANICA DE SUELOS
Lambe - Whitman
20. OFFSHORE SOIL MECHANICS
University of Cambridge
1975
21. PLANNING, DESIGNING, CONSTRUCTING
Fixed Offshore Platforms
American Petroleum Institute
April 1977
22. PERFORACION Y SONDEOS DEL SUELO PARA OBRAS
DE INGENIERIA CIVIL
Secretaría de Obras Públicas
México, 1972
23. PETROLEOS MEXICANOS
Especificaciones Generales para Proyectos -
de Obras
México 1976
24. SIMPOSIO INTERNACIONAL DE MECANICA DE SUE-
LOS MARINOS SOCIEDAD MEXICANA DE MECANICA
DE SUELOS
Tomos I y II
México, 1980
25. TESIS PROFESIONAL
David Nazar Pozo
México, 1965
26. Tesis Profesional
Rafael González de León
México 1964

27. WOODWARD - CLYDE CONSULTANTS
Ocean Engineering Group
Capabilities Brochure I y II
1978
28. ARTICULOS:
- a). ANALYSIS OF Laterally Loaded PILES IN SAND
By
Lymon C. Reese
William R. Cox
Francis D. Koop
1974 O.T.C. 2080
- b). ANALYSIS OF A WAVE - STRUCTURE - SOIL SYSTEM
By
K. Beil
O.E. Hansteen
P.K. Larsen
E.K. Smith
- c). A PROPOSED SCHEME FOR THE CLASSIFICATION AND NOMENCLATURE FOR USE IN THE ENGINEERING DESCRIPTION OF MIDDLE EASTERN SEDIMENTARY ROCKS
By A.R. Clark
B.F. Walker
Revista Geotechnique Vol. 27, No. A, 1977
- d). BEHAVIOUR OF CLAY SUBJECTED TO UNDRAINED CYCLIC LOADING
By For Loken
Knut H. Andersen

- e). COHESION DE LA ARCILLA EN EL VALLE DE MEXICO
Juan J. Schmitter
México 1959

- f). CORRELATIONS FOR DESIGN OF LATERALLY LOADED
PILES IN SOFT CLAY
By
Hudson Matlock
1970 O.T.C. 1204

- g). EFFECT OF CYCLIC LOADING ON CLAY BEHAVIOUR
By K. H. Andersen I. Fos W.F. Rosen B.
S. F. Brdwn J.H. Poll.

- h). FOUNDATION ENGINEERING FOR FIXED OFFSHORE
STRUCTURES
By Kaare Hoog

- i). FOUNDATION ENGINEERING FOR GRAVITY STRUCTU-
RES IN THE NORTH SEA
By Knut Schjetna

- j). GEOLOGY OF SUPERFICIAL SEDIMENTS IN THE NOR
THERN NORTH SEA
By For Loken

- k). INSTALLATION OF THE SELL/ESSO BRENT B CON-
DEEP PRODUCTION PLATFORM
By Ovet Eide; Leif G. Larsen, Olov Mo
1975

- l). INSTRUMENTATION OF GRAVITY PLATFORMS FOR PER
FORMANCE OBSERVATIONS
By Elmo Dibiagio, Fronk Myrvoll, Svein Borg
Hansen

- m). INFORMACION CIENTIFICA Y TECNOLOGICA
Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología
México 1980
- n). MARINE SOIL MECHANICS (APPLICATION TO NORTH
SEA OFFSHORE STRUCTURES)
By Ove Elde
February 1973
- o). NEW SYSTEMS FOR OFF SHORE GEOTECHNICAL IN-
VESTIGATIONS
H. M. Zuidberg
Fugro, Geotechnical Engineers and Surveyors
995 - 1009 pp
- p). NOTAS (INEDITAS) SOBRE LA INTERPRETACION -
DE LOS RESULTADOS DEL WISON
Carlos García A.
Oct. 1980
- q). PILE AXIAL LOAD CAPACITY AND DYNAMIC INSI-
TU TESTING
By G.G. Goble
- r). PENETROMETER C L - 710
Soiltest Inc. 1975
- s). STABILITY CALCULATIONS FOR OFFSHORE GRAVITY
STRUCTURES
By Rolf Lauritzsen and Knut Schjetna
- t). THE NEW TORVANE
Soiltest, Inc.

u). WISON MK II and WIPSAMPLER SYSTEM
Fugro Gulf, Consultant.

29. REVISTAS:

a). INGENIERIA
"Muestreo y Exploración Geofísica del Fondo
Marino con fines Geotécnicos"
A. Jaime Paredes y F. Montemayor
Volumen XLVIII
Enero - Marzo 1978

b). OBRAS:
"Cimentaciones en la Ciudad de México"
Número Especial
Nov. 1979.

c). GLOSSARY OF ENGLISH TERMS
World Petroleum Congress
México 1967

d). VOCABULARIO DE MECANICA DE SUELOS
Sociedad Mexicana de Mecánica de suelos
México 1977

M-C 286-15