

881215

6

2ej

# UNIVERSIDAD ANAHUAC

ESCUELA DE INGENIERIA

Con Estudios Incorporados a la Universidad Nacional Autónoma de México



UNIVERSIDAD ANAHUAC

VINCE IN BUONO MALUM

## CIMENTACION DE ESTRUCTURAS FUERA DE COSTA

TESIS PROFESIONAL

Que para obtener el título de:

Ingeniero Civil

presenta:

Hector Francisco García López

México, D. F.

FALLA DE ORIGEN

1986



Universidad Nacional  
Autónoma de México



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

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

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

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

## INDICE DE CONTENIDO

I.-INTRODUCCION .....	1
II.-FACTORES QUE DETERMINAN EL TIPO DE CIMENTACION .....	3
II.1.-ETAPAS DE LA SELECCION DEL TIPO DE CIMENTACION ..3	
II.2.-CAPACIDAD DE CARGA Y ASENTAMIENTO .....	6
II.3.-CARGAS DE PROYECTO .....	7
III.-EXPLORACION DEL SUELO .....	11
III.1.-ESTUDIOS GEOFISICOS .....	11
III.1.1.-DESCRIPCION Y USO DE LOS SISTEMAS DE ALTA RESOLUCION FISICA .....	11
A) SISTEMA DE POSICIONAMIENTO .....	14
B) SISTEMA PROFUNDIDAD DE AGUA .....	16
C) TRANSDUCTOR SINTONIZADO .....	17
D) SONAR DE BARRIDO LATERAL .....	18
E) PERFILADOR ELECTROMECHANICO .....	19
F) PERFILADOR PROFUNDO .....	21
G) MAGNOMETRO .....	23
III.1.2.-INTERPRETACION Y APLICACION DE DATOS ...	23
A) PLANOS DE POSICIONAMIENTO .....	24
B) PLANOS BATIMETRICOS .....	24
C) PLANOS DE ISOPACAS .....	25
D) PLANOS DE ESTRUCTURA SUPERFICIAL .....	25
E) PLANOS DE RIESGOS PARA CONSTRUCCION .....	26
F) FONDO DEL MAR .....	26
G) AFLORAMIENTOS .....	27
H) GAS .....	27

I) CORALES .....	28
J) ROCA .....	29
K) EVENTOS ARTIFICIALES .....	29
L) SUBSUELO MARINO .....	29
-ISOPACAS .....	29
-ARRECIFES .....	31
-HORIZONTES GEOLOGICOS .....	32
III.1.3.-CONFIGURACION DE ESTRUCTURAS .....	34
A) IDENTIFICACION .....	34
B) SELECCION .....	34
C) CONFIGURACION .....	35
III.1.4.-INTERPRETACION DE DATOS PARA EL DISEÑO DE CIMENTACIONES .....	35
A) BASAMENTO O CAPA CONSOLIDADA .....	35
B) PERFILES .....	36
III.2.-ESTUDIOS DE MECANICA DE SUELOS .....	38
III.2.1.-OBTENCION DE MUESTRAS .....	38
A) PERFORACION Y MUESTREO DESDE UN SOPORTE SUPERFICIAL .....	39
B) EXTRACTORES DE CORAZONES OPERADO POR BUZOS .....	41
C) EXTRACTORES DE CORAZONES VIBRATORIOS .....	42
D) EXTRACTORES DE CORAZONES POR FLEXOPERFORACION .....	45

E) EXTRACTORES DE CORAZONES ROTATORIOS OPERADOS A CONTROL REMOTO .....	47
F) EXTRACTORES DE CORAZONES DE GRAVEDAD .....	48
G) TRATAMIENTO DE LAS MUESTRAS OBTENIDAS .....	49
H) ALMACENAJE DE MUESTRAS .....	50
I) DESCRIPCION DE LAS MUESTRAS .....	50
III.2.2.-PRUEBAS DE LABORATORIO .....	52
III.2.2.1.-PRUEBAS EN EL BARCO .....	53
A) LIMITES DE ATTERBERG .....	53
-LIMITE LIQUIDO .....	53
-LIMITE PLASTICO .....	54
-INDICE DE PLASTICIDAD .....	54
B) DENSIDAD DE SOLIDOS .....	55
C) GRANULOMETRIA .....	55
-ANALISIS MECANICO .....	55
-ANALISIS POR HIDROMETRO .....	56
D) TORCOMETRO .....	57
E) PENETROMETRO DE BOLSILLO .....	57
F) VELETA MINIATURA .....	58
III.2.2.2.-PRUEBAS EN TIERRA .....	59
A) PRUEBA DE CORTE DIRECTO .....	59
B) PRUEBA TRIAXIAL RAPIDA .....	59
C) PRUEBA TRIAXIAL RAPIDA-CONSOLIDADA .....	59
D) PRUEBA TRIAXIAL LENTA .....	60
E) PRUEBA DE CONSOLIDACION .....	60
III.2.2.3.-INTERPRETACION DE RESULTADOS .....	61

III.2.3.-PRUEBAS INSITU .....	62
III.2.3.1.- POSICION DE LAS PRUEBAS INSITU .....	62
III.2.3.2.- PRUEBAS DE PENETRACION CONICA .....	63
A) DESCRIPCION DE LOS PRINCIPALES SISTEMAS ..63	
-PENETROMETRO SEACALF .....	63
-PENETROMETRO HYSON .....	65
-PENETROMETRO NGI .....	65
-PENETROMETRO SHELL .....	65
-SISTEMAS STINGRAY Y SEAJACK .....	66
-PENETROMETRO ESTATICO WILSON .....	66
-PENETROMETRO DINAMICO .....	67
B) INTERPRETACION DE DATOS .....	67
C) DETERMINACION DE LA ESTRATIGRAFIA .....	67
D) DETERMINACION DEL TIPO DE SUELO .....	68
III.2.3.3.-VELETA DE CONTROL REMOTO .....	69
A) DESCRIPCION DEL SISTEMA .....	69
B) INTERPRETACION DE DATOS .....	70
C) FACTOR DE AJUSTE .....	71
D) VENTAJAS Y DESVENTAJAS .....	71
III.2.3.4.-PRESURIMETRO .....	72
A) DESCRIPCION DEL SISTEMA .....	72
B) ADAPTACION PARA SU USO .....	74
-ADAPTACION A TRAVES DE	
TUBO GUIA .....	74
-ADAPTACION POR EL	
METODO DE LA PLOMADA .....	75
-ADAPTACION POR MEDIO	
DE UN VIBROHINCADOR ANULAR .....	75
-ADAPTACION POR LA TECNICA	
DE MUESTREO TIPO KULLENBERG .....	75

C) POSIBILIDADES Y LIMITES DE USO .....	76
D) INTERPRETACION DE DATOS .....	76
III.2.3.5.-REGISTRADORES NUCLEARES .....	78
A) RADIACION NATURAL GAMA .....	78
B) SONDA DE NEUTRONES .....	78
C) SONDA GAMA-GAMA .....	79
D) INTERPRETACION DE DATOS .....	80
IV.-DISEÑO DE LA CIMENTACION DE PLATAFORMAS .....	81
IV.1.-PLATAFORMAS PILOTEADAS .....	81
IV.1.1.-PILOTES .....	81
A) PILOTES DE PUNTA HINCADOS AL GOLPE .....	84
B) PILOTES DE FRICCION HINCADOS AL GOLPE .....	87
C) PILOTES CON PREPERFORACION O CHORRO DE AGUA ..	90
D) PILOTES HINCADOS Y PERFORADOS .....	92
E) PILOTES INSERTADOS .....	93
F) PILOTES VIBRO-HINCADOS .....	93
G) DISEÑO DE LA SECCION DE UN PILOTE .....	93
IV.1.2.-CAPACIDAD DE CARGA .....	94
A) PRUEBA DE CARGA .....	98
B) METODO ALFA .....	101
C) METODO BETA .....	102
D) METODO LAMDA .....	103
E) DISEÑO DE GRUPOS DE PILOTES .....	104
F) CAPACIDAD DE CARGA EN PILOTES	
A TENSION .....	104

G) CAPACIDAD DE CARGA SUPERFICIAL PARA EL APOYO PROVISIONAL SE LA SUB-ESTRUCTURA ...	105
H) CARGAS LATERALES .....	107
-EN ARCILLA .....	107
-EN ARENA .....	108
IV.2.-PLATAFORMAS DE GRAVEDAD .....	110
IV.2.1.-TIPOS DE FALLAS .....	111
IV.2.2.-DESLIZAMIENTO DE LA ESTRUCTURA .....	111
IV.2.3.-PRESIONES EN LA BASE .....	113
V.-PROCESO DE INSTALACION DE UNA PLATAFORMA PILOTEADA .....	114
V.1.- USOS DE PLATAFORMAS .....	114
A) PERFORACION .....	114
B) PRODUCCION .....	114
C) ENLACE .....	115
D) HABITACIONALES .....	115
E) REBOMBEO .....	115
F) SEPARACION U QUEMADOR .....	116
G) COMPRESION DE GAS .....	116
V.2.-EQUIPOS NECESARIOS PARA SU INSTALACION .....	116
V.3.-TRABAJOS PREVIOS A LA SALIDA DE LAS ESTRUCTURAS DE LOS PATIOS DE FABRICACION .....	118
V.3.1.-PREPARACION DE LA BARCAZA DE LANZAMIENTO ....	118
V.3.2.-PREPARACION PARA LOS PILOTES .....	120
V.3.3.-PREPARACION PARA LA SUPERESTRUCTURA .....	120



V.4.-INSTALACION DE LA SUBESTRUCTURA EN EL MAR .....	121
V.4.1.-RECONOCIMIENTO SUBMARINO .....	121
V.4.2.-COLOCACION DE LA SUBESTRUCTURA EN EL MAR ....	122
V.4.3.-COLOCACION DE LA SUBESTRUCTURA EN POSICION VERTICAL .....	125
V.5.-PILOTEO DE LA SUBESTRUCTURA .....	126
V.5.1.-MARTILLOS .....	126
V.5.2.-HINCADO DE PILOTES .....	128
V.5.3.-NIVELACION .....	129
V.5.4.-PILOTEO DE CONDUCTORES .....	130
V.6.-INSTALACION DE LA SUPERESTRUCTURA .....	130
V.6.1.-CORTE DE PILOTES .....	130
V.6.2.-IZAJE DE LA SUPERESTRUCTURA .....	131
VI.-CONCLUSIONES .....	132

## I.- INTRODUCCION

SI HACEMOS UNA EVALUACION DE LOS RECURSOS DE NUESTRO PAIS, NOTAMOS A SIMPLE VISTA QUE LOS HIDROCARBUROS OCUPAN UN LUGAR IMPORTANTE DENTRO DE ELLOS Y CONSTITUYEN UN FACTOR DECISIVO EN NUESTRO DESARROLLO ECONOMICO, ESTO HA ORIGINADO QUE LA INDUSTRIA PETROLERA SEA UNA DE LAS MAS IMPORTANTES, GRACIAS A LA EXPLOTACION EN LA PLATAFORMA CONTINENTAL, PUES NUESTROS MAYORES YACIMIENTOS CONOCIDOS SE LOCALIZAN DENTRO DE ELLA; ESTA SITUACION NOS OBLIGA A PENSAR EN ESTRUCTURAS FUERA DE COSTA, LAS CUALES, POR EL HECHO DE EXISTIR UNA GRAN MASA DE AGUA EN MOVIMIENTO ENTRE EL LECHO MARINO Y LA SUPERFICIE DE TRABAJO, OCASIONAN QUE LAS TECNICAS DE ESTUDIO, DISEÑO Y CONSTRUCCION DIFIERAN DE LAS CONVENCIONALES, ESTO SE DEBE A QUE:

- LAS ACCIONES PARA EL DISEÑO SON DIFERENTES YA QUE SE TIENEN, LAS OCASIONADAS POR EL AGUA (OLEAJE, CORRIENTES MARINAS, ETC.) Y LAS OCASIONADAS POR EL CHOQUE DE EMBARCACIONES.
- LAS TECNICAS DE MUESTREO SE DIFICULTAN POR EL CONSTANTE MOVIMIENTO DE LOS BARCOS.
- EL CONSTRUCTOR DEPENDE CASI EXCLUSIVAMENTE DE LOS RECURSOS QUE SE CONCENTRAN A BORDO DEL BARCO DE TRABAJO.
- TODOS LOS TRABAJOS ESTAN LIMITADOS POR LOS FENOMENOS METEOROLOGICOS QUE TENGAN LUGAR EN EL SITIO

EL PRESENTE TRABAJO ESTA ENFOCADO A LOS METODOS DE EXPLORACION DEL SUELO, TANTO GEOFISICOS COMO DE MECANICA DE SUELOS, QUE, EN PRINCIPIO NOS SIRVEN PARA LOCALIZAR EL SITIO Y DESPUES NOS INDICAN LOS PARAMETROS DE RESISTENCIA Y LAS CARACTERISTICAS DEL SUELO, LO QUE NOS PERMITE ESTABLECER LOS CRITERIOS MAS ADECUADOS PARA GARANTIZAR LA ESTABILIDAD DE LAS ESTRUCTURAS MARINAS.

CON LOS DATOS ANTERIORES SE ENTRA YA A LA ETAPA DE DISEÑO DE LA CIMENTACION, CON SUS DOS TIPOS: LAS ESTRUCTURAS DE GRAVEDAD Y LAS CIMENTADAS POR MEDIO DE PILOTES A LAS QUE ENFOCAREMOS ESTE ESTUDIO, INDICANDO TANTO LOS TIPOS DE PILOTES QUE EXISTEN COMO LOS PRINCIPALES METODOS PARA DETERMINAR SU CAPACIDAD DE CARGA HACIENDO SOLO MENCION DE LAS BASES PARA EL ESTUDIO DE LAS ESTRUCTURAS DE GRAVEDAD.

UNA VEZ TENIENDO LOS FACTORES PARA EL DISEÑO GENERAL SE PRESENTA UN PROYECTO DE INSTALACION DE UNA PLATAFORMA CIMENTADA POR MEDIO DE PILOTES.

## II.- FACTORES QUE DETERMINAN EL TIPO DE CIMENTACION

( EN GENERAL )

## II.1.-ÉTAPAS EN LA SELECCIÓN DEL TIPO DE CIMENTACIÓN.

EL TIPO DE CIMENTACIÓN PARA UNA ESTRUCTURA DADA, DEPENDE DE VARIOS FACTORES, COMO SU FUNCIÓN, LAS CARGAS QUE DEBE SOPORTAR, LAS CONDICIONES DEL SUBSUELO Y EL COSTO DE LA CIMENTACIÓN COMPARADO CON EL COSTO DE LA SUPERESTRUCTURA. QUIZAS SEA NECESARIO HACER OTRAS CONSIDERACIONES, PERO LAS ANTERIORES SON LAS PRINCIPALES.

DEBIDO A LAS RELACIONES EXISTENTES ENTRE ESTOS FACTORES, USUALMENTE PUEDEN OBTENERSE VARIAS SOLUCIONES PARA CADA PROBLEMA DE CIMENTACIÓN. CUANDO DIFERENTES INGENIEROS CON SU EXPERIENCIA SE VEN ANTE UNA SITUACIÓN DADA, PUEDEN LLEGAR A CONCLUSIONES ALGO DIFERENTES, POR LO TANTO, EL CRITERIO JUEGA UN PAPEL IMPORTANTE EN LA INGENIERIA DE CIMENTACIONES. NO ES DE DUDARSE QUE ALGUNA VEZ PUEDA ELABORARSE UN PROYECTO ESTRICTAMENTE CIENTÍFICO, AUNQUE DICHS PROYECTOS CIENTÍFICOS BASICAMENTE HAN CONTRIBUIDO SOLO AL PERFECCIONAMIENTO DE LA TÉCNICA.

CUANDO UN INGENIERO EXPERIMENTADO EMPIEZA A ESTUDIAR UNA OBRA NUEVA, CASI INSTINTIVAMENTE DESECHA LOS TIPOS MÁS INADECUADOS DE CIMENTACIÓN Y SE CONCENTRA EN LOS

MAS PROMETEDORES. CUANDO SU ELECCIÓN SE HA LIMITADO A UNAS CUANTAS CIMENTACIONES QUE SE ADAPTAN BIEN A LAS CONDICIONES DEL SUBSUELO Y A LA FUNCIÓN DE LA ESTRUCTURA, ESTUDIA LA ECONOMÍA RELATIVA DE ESTAS SELECCIONES, ANTES DE TOMAR LA DECISIÓN FINAL.

LOS INGENIEROS CON MENOS EXPERIENCIA PUEDEN SEGUIR UN PROCEDIMIENTO SEMEJANTE, SIN PELIGRO DE COMETER ERRORES SERIOS, SI APROVECHAN LOS RESULTADOS DE LOS ESTUDIOS CIENTÍFICOS Y EL TRABAJO EXPERIMENTAL DE OTROS; SIN EMBARGO, DEBE ESTAR ORGANIZADA DE MANERA LOGICA ESTA INFORMACION PARA QUE SEA ÚTIL.

PARA ELEGIR EL TIPO DE CIMENTACION MAS ADECUADO EL INGENIERO DEBE DAR LOS SIGUIENTES CINCO PASOS.

1.- OBTENER CUANDO MENOS, INFORMACIÓN APROXIMADA CON RESPECTO A LA NATURALEZA DE LAS CARGAS QUE SE VAN A TRANSMITIR A LAS CIMENTACIONES.

2.- DETERMINAR LAS CONDICIONES DEL SUBSUELO EN FORMA GENERAL.

3.- CONSIDERAR BREVEMENTE CADA UNO DE LOS TIPOS ACOSTUMBRADOS DE CIMENTACIÓN, PARA JUZGAR SI PUEDEN CONSTRUIRSE EN LAS CONDICIONES PREVALECIENTES; SI

SERIAN CAPACES DE SOPORTAR LAS CARGAS NECESARIAS, Y SI PUDIERAN EXPERIMENTAR ASENTAMIENTOS PERJUDICIALES. EN ESTA ESTAPA PRELIMINAR SE ELIMINAN LOS TIPOS EVIDENTEMENTE INADECUADOS.

4.-HACER ESTUDIOS MAS DETALLADOS Y AÚN ANTEPROYECTOS DE LAS ALTERNATIVAS MAS PROMETEDORAS. PARA HACER ESTOS ESTUDIOS ES NECESARIO TENER INFORMACIÓN DETALLADA CON RESPECTO A LAS CARGAS Y CONDICIONES DEL SUBSUELO, GENERALMENTE DEBERAN EXTENDERSE LO SUFICIENTE PARA DETERMINAR EL TAMAÑO DE LAS ZAPATAS O PILAS, LA LONGITUD APROXIMADA Y NÚMERO NECESARIO DE PILOTES. TAMBIEN PUEDE SER NECESARIO HACER ESTIMACIONES MAS REFINADAS DE LOS ASENTAMIENTOS, PARA PREDECIR EL COMPORTAMIENTO DE LA ESTRUCTURA.

5.-PREPARAR UNA ESTIMACIÓN DEL COSTO DE CADA ALTERNATIVA VIABLE DE CIMENTACIÓN, Y ELEGIR EL TIPO QUE REPRESENTA LA ALTERNATIVA MAS ACEPTABLE ENTRE EL FUNCIONAMIENTO Y EL COSTO.

EN LOS PASOS 3 Y 4 SE REQUIERE EL CONOCIMIENTO DEL COMPORTAMIENTO PROBABLE DE CADA TIPO DE CIMENTACIÓN PARA CADA TIPO DE CONDICIÓN DEL SUBSUELO.

## 11.2.- CAPACIDAD DE CARGA Y ASENTAMIENTO

HABIENDO SUPUESTO QUE RESULTA PRÁCTICO CONSTRUIR UNA CIMENTACIÓN DETERMINADA BAJO LAS CONDICIONES QUE PREVALEGEN EN EL LUGAR, ES NECESARIO JUZGAR SU COMPORTAMIENTO FRENTE A DOS TIPOS DE PROBLEMAS. POR UNA PARTE, TODA LA CIMENTACIÓN, PUEDE FALLAR PORQUE EL SUELO O LA ROCA SEAN INCAPACES DE SOPORTAR LA CARGA; POR OTRA PARTE, EL SUELO O ROCA DE APOYO PUEDEN NO FALLAR, PERO EL ASENTAMIENTO DE LA ESTRUCTURA PUEDE SER TAN GRANDE O TAN DISPAREJO QUE LA ESTRUCTURA SE AGRIETE O DAÑE. EL MAL COMPORTAMIENTO POR INCAPACIDAD DE SOPORTAR LA CARGA SE RELACIONA CON LA RESISTENCIA DEL SUELO O ROCA DE APOYO Y SE LLAMA "FALLA POR CAPACIDAD DE CARGA". EL SEGUNDO ESTA ASOCIADO A LAS CARACTERISTICAS DE LA RELACIÓN ESFUERZO-DEFORMACION DEL SUELO O ROCA Y SE CONOCE COMO "ASENTAMIENTO PERJUDICIAL". EN REALIDAD LOS DOS TIPOS DE MAL COMPORTAMIENTO FRECUENTEMENTE ESTAN ÍNTIMAMENTE RELACIONADOS; LA DISTINCIÓN ENTRE ELLOS ES COMPLETAMENTE ARBITRARIA, POR EJEMPLO, UNA ZAPATA EN ARENA SUELTA SE ASIENTA MÁS Y MÁS, FUERA DE PROPORCIÓN CON EL INCREMENTO DE LA CARGA, INCLUSO HASTA EL PUNTO QUE CON INCREMENTOS MUY PEQUEÑOS SE PRODUCEN ASENTAMIENTOS INTOLERABLES, SIN EMBARGO NO SE PRODUCE UN HUNDIMIENTO CATASTRÓFICO DE LA ZAPATA EN EL TERRENO; EN OTROS CASOS, UNA ZAPATA COLOCADA SOBRE ARCILLA FIRME QUE TIENE UN SUBSTRATO DE ARCILLA BLANDA PUEDE SER EXCESIVO. EN MUCHOS PROBLEMAS PRÁCTICOS PUEDEN INVESTIGARSE

LOS DOS TIPOS DEL MAL COMPORTAMIENTO EN FORMA SEPARADA, COMO SI FUERAN CAUSAS INDEPENDIENTES. ÉSTA SEPARACIÓN SIMPLIFICA EL ENFOQUE TÉCNICO.

## 11.2.-CARGAS DE PROYECTO

LA SELECCIÓN DE LAS CARGAS EN LAS QUE DEBE BASARSE UN PROYECTO DE CIMENTACIÓN, INFLUYE NO SOLO EN LA ECONOMÍA, SINO TAMBIÉN, EN EL TIPO DE CIMENTACIÓN. ADEMÁS, LAS MISMAS CONDICIONES DEL SUELO TIENEN INFLUENCIA EN EL TIPO DE CARGAS QUE DEBERÍAN EMPLEARSE.

CADA UNIDAD DE CIMENTACIÓN DEBE SER CAPAZ DE SOPORTAR LA CARGA MÁXIMA A LA QUE VAYA A ESTAR SUJETA, CON UN MARGEN DE SEGURIDAD RAZONABLE, AUNQUE ESTA CARGA PUEDA ACTUAR SOLO BREVEMENTE O UNA SOLA VEZ EN LA VIDA DE LA ESTRUCTURA. UNA SOBRECARGA O UNA MALA INTERPRETACIÓN DE LAS CONDICIONES DEL SUELO PUEDEN TENER COMO CONSECUENCIA, UN AUMENTO EXCESIVO DE LOS ASENTAMIENTOS, PERO SIN LLEGAR A UNA FALLA CATASTRÓFICA. EN ESTA SITUACIÓN PUDIERA JUSTIFICARSE UN FACTOR DE SEGURIDAD PARA EVITAR QUE DICHA FALLA OCURRA.

EN LOS REGLAMENTOS DE CONSTRUCCIÓN SE ESPECIFICAN LAS CARGAS MÁXIMAS, LAS PRESIONES EN LOS SUELOS Y LAS CARGAS DE LOS PILOTES; ÉSTOS REQUISITOS SON RESTRICCIONES LEGALES QUE DEBEN SATISFACERSE. SIN EMBARGO, COMO NO TODAS LAS



EVENTUALIDADES PUEDEN PREVEERSE, EL INGENIERO EN CIMENTACIONES DEBE CERCIORARSE QUE SON SEGURAS, AUNQUE CUBRAN EL REGLAMENTO, ADEMÁS, LAS CARGAS QUE SE REQUIEREN PARA LAS INVESTIGACIONES DE SEGURIDAD O PARA LOS REQUISITOS LEGALES PUEDEN NO SER ADECUADAS PARA EL MEJOR FUNCIONAMIENTO DE LA ESTRUCTURA CON RESPECTO AL ASENTAMIENTO; POR EJEMPLO, LAS ARENAS SE DEFORMAN RAPIDAMENTE BAJO UN AUMENTO DE ESFUERZO, LOS ASENTAMIENTOS DE LAS ZAPATAS EN LA ARENA DEPENDEN DE LA CARGA REAL MÁXIMA A LA QUE ESTEN SUJETAS. PUEDE SER QUE LA CARGA REAL VIVA NUNCA SE ASEMEJE AL VALOR PRESCRITO EN EL REGLAMENTO DE CONSTRUCCIÓN, MIENTRAS QUE LAS CARGAS MUERTAS Y CALCULADAS, DEBEN SER PRÁCTICAMENTE IGUALES. POR LO TANTO, UNA COLUMNA QUE EN EL REGLAMENTO DE CONSTRUCCIÓN TENGA UNA RELACIÓN GRANDE DE LA CARGA VIVA A LA MUERTA, PROBABLEMENTE SE ASIENTE MENOS QUE UNA QUE LA TENGA PEQUEÑA. ASÍ, PARA DETERMINAR LOS ASENTAMIENTOS DE LAS ZAPATAS EN LA ARENA DE MODO QUE SUFRAN IGUAL ASENTAMIENTO, EL INGENIERO DEBE USAR LA ESTIMACIÓN MAS REALISTA POSIBLE DE LAS CARGAS VIVAS MÁXIMAS, EN VEZ DE UNAS ESTIMADAS ARBITRARIAMENTE.

POR OTRA PARTE, EL ASENTAMIENTO DE UNA ESTRUCTURA APOYADA EN ZAPATAS SOBRE ARCILLA SATURADA, VIRTUALMENTE NO ES AFECTADO POR UNA CORTA APLICACIÓN DE CARGA RELATIVAMENTE GRANDE A UNA O MAS ZAPATAS, SIEMPRE QUE NO SE LLEGUE A UNA FALLA POR CAPACIDAD DE CARGA, DEBIDO A LA LENTA REPUESTA DE

LA ARCILLA SOBRE LAS CARGAS APLICADAS, EL ASENTAMIENTO DEBE ESTIMARSE SOBRE LA BASE DE LA CARGA MUERTA, MAS LA MEJOR ESTIMACION POSIBLE DE LA CARGA VIVA PERMANENTE, EN VEZ DE TOMAR EN CUENTA LA CARGA VIVA MAXIMA.

EN CADA PROYECTO ES NECESARIO HACER UNA CUIDADOSA VALORACION DE LAS CONDICIONES PECULIARES DEL TERRENO Y LA ESTRUCTURA DE QUE SE TRATE. COMO REGLA GENERAL DEBE APLICARSE UN FACTOR DE SEGURIDAD DE TRES, CON LAS CARGAS ESPECIFICADAS EN LOS REGLAMENTOS DE CONSTRUCCION, SI EL TERRENO ES DE TIPO NORMAL Y SE HAN INVESTIGADO SUS CONDICIONES EN FORMA CORRECTA EL FACTOR ORDINARIO DE SEGURIDAD NO DEBE SER MENOR DE DOS, AUNQUE SE CONOZCAN LAS CARGAS MAXIMAS CON UN GRADO DE PRECISION ELEVADO Y SE CONOZCAN BIEN LAS CONDICIONES DEL SUELO, ES IMPORTANTE CONSIDERAR LAS HIPOTESIS DE DISEÑO PARA DECIDIR EL F.S.

EL ASENTAMIENTO PERMISIBLE DEPENDE DEL TIPO DE ESTRUCTURA Y SU FUNCIONAMIENTO, LA CARGA TRANSMITIDA AL SUELO EN LA BASE DE UNA PILA PUEDE DEBERSE EN SU MAYOR PARTE AL PESO MUERTO DE LA PILA Y EL ASENTAMIENTO CORRESPONDIENTE PUEDE SER DE VARIOS CENTIMETROS. SI EL ASENTAMIENTO OCURRE DURANTE LA CONSTRUCCION DE LA PILA, NO TIENE IMPORTANCIA PRACTICA, MIENTRAS NO SEA EXESIVO, SI SE PRODUCE DURANTE UN LARGO TIEMPO PUEDE NO TENER CONSECUENCIAS, SIEMPRE QUE LA SUPERESTRUCTURA SEA DE ARMADURAS SENCILLAS O VIGAS EN VOLADIZO. PERO LAS CONSECUENCIAS PUEDEN SER SERIAS, SI LA SUPERESTRUCTURA ES

UNA TRABE O ARMADURA CONTINUA. POCOS EDIFICIOS DE CONCRETO PUEDEN SOPORTAR UN ASENTAMIENTO DIFERENCIAL DE MAS DE 2 CM ENTRE COLUMNAS ADYACENTES, SIN MOSTRAR ALGUNOS SIGNOS DE DAÑO. UNA ESTRUCTURA DE ACERO PUEDE SOPORTAR ALGO MAS Y UNA MAMPOSTERIA DE LADRILLO PUEDE SOPORTAR DOS O TRES VECES MAS SIN DAÑO SERIO. EL ASENTAMIENTO IRREGULAR O ERRÁTICO PUEDE SER MAS PELIGROSO PARA CUALQUIER ESTRUCTURA, QUE EL UNIFORMEMENTE DISTRIBUIDO.

YA QUE EN EL COSTO DE UNA CIMENTACIÓN INFLUYE MUCHO LA MAGNITUD DE LOS ASENTAMIENTOS DIFERENCIALES QUE SE CONSIDERAN TOLERABLES, EL INGENIERO NO DEBE SUBESTIMAR EL ASENTAMIENTO QUE SU ESTRUCTURA PUEDE SOPORTAR.

LAS CONSIDERACIONES ANTERIORES SE REFIEREN A LAS CARGAS QUE INFLUYEN EN EL COMPORTAMIENTO DEL SUELO O ROCA EN QUE SE APOYAN LAS CIMENTACIONES. EN EL PROYECTO ESTRUCTURAL DE LOS ELEMENTOS DE LAS CIMENTACIONES DE CONCRETO REFORZADO, UTILIZANDO DISEÑO PLÁSTICO COMO ACTUALMENTE SE HACE; EN ZAPATAS, CABEZALES PARA PILOTES, O LOSAS, REQUIERE QUE SE ASIGNEN FACTORES DE CARGA QUE CONSIDEREN LA NATURALEZA DE LA MISMA Y LA PROBABILIDAD DE SU OCURRENCIA.

### III.-EXPLORACION DEL SUELO

#### III.1.-ESTUDIOS GEOFÍSICOS

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, ASI COMO PARA DETERMINAR LA EXISTENCIA DE ESTRUCTURAS GEOLÓGICAS QUE POR SU ORIGEN Y CARACTERISTICAS PRESENTEN RIESGOS PARA LA CIMENTACIÓN DE ESTRUCTURAS DENTRO DEL MAR.

ES POR ESTO QUE SE HAN REALIZADO ESTUDIOS GEOFÍSICOS PARA DETERMINAR LAS PROPIEDADES DEL SUELO Y SUBSUELO MARINO. ÉSTOS REQUIEREN DEL USO SIMULTANEO DE TRES TIPOS DE EQUIPO; LOS DESTINADOS A INVESTIGAR EL TIRANTE DE AGUA, OTROS A CONFORMAR EL FONDO MARINO Y LOS QUE EXPLORAN EL SUBSUELO.

#### III.1.1.- DESCRIPCIÓN Y USO DE LOS SISTEMAS DE ALTA RESOLUCIÓN FÍSICA

LAS BASES DE LA EXPLORACIÓN GEOFÍSICA ESTÁN DIRECTAMENTE RELACIONADAS 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 COPRESIONES Y EXPANSIONES EN TODAS LAS DIRECCIONES

A PARTIR DE LA FUENTE QUE LAS GENERA. LA VELOCIDAD DE PROPAGACIÓN DE ESTE MOVIMIENTO DEPENDERÁ DE LA RAPIDEZ CON LA CUAL PUEDA VIBRAR LA MATERIA EN LA QUE VIAJA EL SONIDO, POR LO QUE, LA VELOCIDAD DE PROPAGACIÓN ESTA GOBERNADA PRINCIPALMENTE POR EL ESTADO FÍSICO (SÓLIDO, LÍQUIDO O GASEOSO) DE LA SUBSTANCIA, Y EN MENOR GRADO POR LA TEMPERATURA Y PRESIÓN A LA QUE SE ENCUENTRA DICHO MATERIAL.

EL SUBSUELO DEL MAR ESTA CONSTITUÍDO PARA EFECTOS PRÁCTICOS POR UNA ACUMULACIÓN DE SEDIMENTOS QUE HAN SIDO DEPOSITADOS SUAVEMENTE EN CAPAS, ESTAS CAPAS CONSTITUYEN INTERFASES DE VELOCIDAD, YA QUE DE UNAS A OTRAS LA VELOCIDAD DE PROPAGACIÓN ES DIFERENTE SIENDO ESTA LA RAZON POR LA CUAL EXISTE UNA REFLEXIÓN EN CADA UNA DE ESTAS INTERFASES. LOS INTERVALOS DE VELOCIDADES NORMALES VARÍAN ENTRE 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 BASICAMENTE EN EMISIÓN Y RECEPCIÓN DE VIBRACIONES SÓNICAS O SEÑALES SÍSMICAS A TRAVÉS DE MEDIOS MARINO-GEOLÓGICOS .

SI SE SUPONE QUE LA SUPERFICIE DEL AGUA Y FONDO DEL MAR SON PLANOS Y SOBRE LA PRIMERA SUPERFICIE SE COLOCA UN TRANSMISOR DE SEÑALES SÍSMICAS Y UN RECEPTOR A UNA

DETERMINADA DISTANCIA DEL PRIMERO, EXISTIRÁ UNA REFLEXIÓN EN EL PUNTO MEDIO ENTRE AMBOS SOBRE LA SUPERFICIE DEL FONDO DEL MAR, CON UNA ANGULO 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 DE TIEMPO QUE SE TOMA A LA SEÑAL EN EL TRAYECTO EMISIÓN-RECEPCIÓN Y LA VELOCIDAD DE PROPAGACIÓN EN LOS MEDIOS RECORRIDOS, SE ESTA EN CONDICIONES DE CONOCER LA PROFUNDIDAD A LAS CUALES SE ENCUENTRAN LAS DIFERENTES CAPAS.

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".

UN TIPICO ESTUDIO GEOFÍSICO CONSISTE EN LA EJECUCIÓN DE LÍNEAS DE EXPLORACIÓN ESPACIADAS 150 METROS, FORMANDO UNA RETÍCULA AL TRAVÉS DEL SITIO EN ESTUDIO PARA QUE SE EJECUTEN LOS ESTUDIOS EN EL LUGAR PLANEADO SE UTILIZA UN SISTEMA DE "POSICIONAMIENTO" Y LOS PRINCIPALES INSTRUMENTOS EMPLEADOS EN LOS ESTUDIOS SON LOS SIGUIENTES:

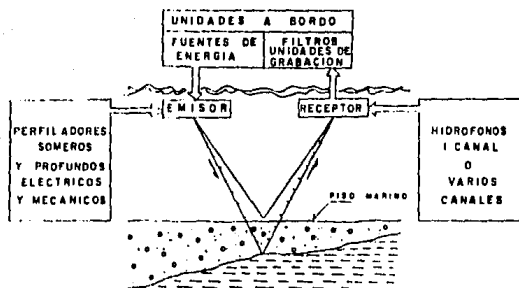
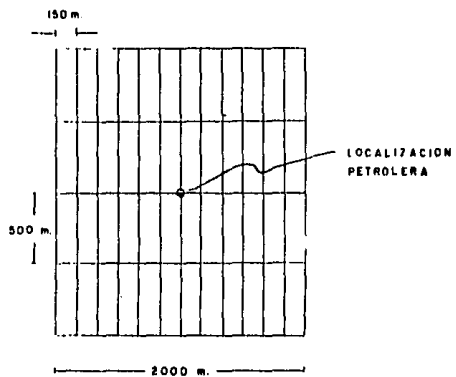


DIAGRAMA ILUSTRATIVO DEL FUNCIONAMIENTO DE LOS PERFILADORES

### III.1.1.1.-PRINCIPIO DE LOS SISTEMAS DE ALTA RESOLUCION FISICA



RETICULA DE LEVANTAMIENTO DE UNA LOCALIZACION PETROLERA

### III.1.1.- EXPLORACION GEOTECNICA



- ECOSONDA
- TRANSDUCTOR SITONIZADO
- SONAR DE BARRIDO LATERAL
- PERFILADOR ELECTROMECAÁNICO
- PERFILADOR PROFUNDO
- MAGNÓMETRO

#### A) SISTEMA DE POSICIONAMIENTO

ESTE EQUIPO ELECTRONICO ES UN DISPOSITIVO DISEÑADO PARA LA LOCALIZACIÓN DE UNA ESTACIÓN MÓVIL A PARTIR DE DOS O MAS ESTACIONES FIJAS, ESTO SE LOGRA MEDIANTE LA INTERSECCIÓN DE LAS RESPECTIVAS DISTANCIAS DE LA ESTACIÓN MÓVIL A LAS FIJAS. CUANDO LAS CORRIENTES MARINAS, EL OLEAJE Y/O EL VIENTO PRODUCEN DESVIACIONES EN LAS RUTAS PROGRAMADAS SE REQUIERE DETERMINAR LAS DIFERENCIAS DE RUMBO Y DE COORDENADAS ENTRE PUNTOS OBSERVADOS Y PROGRAMADOS, POR LO CUAL ES NECESARIO CONOCER LAS DESVIACIONES QUE SE TUVIERON. PARA ELLO EL EQUIPO DE POSICIONAMIENTO CUENTA CON UN SISTEMA PERIFÉRICO QUE IMPRIME LAS DISTANCIAS, LAS CONVIERTE EN COORDENADAS E INDICA LA DESVIACIÓN A LA QUE SE ENCUENTRA LA EMBARCACIÓN DE LA RUTA PROGRAMADA.

UNO DE LOS EQUIPOS DE POSICIONAMIENTO MAS CONOCIDOS ES EL "AUTO TAPE" ESENCIALMENTE CONSTITUIDO POR 3 UNIDADES PRINCIPALES:

- CONSOLA INTERROGADORA
- CONSOLA RESPONDEDORA 1
- CONSOLA RESPONDEDORA 2

LA CONSOLA INTERROGADORA, DONDE TIENE LUGAR LA MEDICIÓN A LAS ESTACIONES RESPONDEDORAS, TIENE COMO ACCESORIOS UNA ANTENA OMNI-DIRECCIONAL, CABLE DE RADIOFRECUENCIA, CABLE DE PODER, AUDÍFONO Y MICRÓFONO, EN TANTO QUE LAS CONSOLAS RESPONDEDORAS CUENTAN CON ANTENAS FIJAS, TRIPIES, CABLES DE RADIOFRECUENCIA, PODER Y MICRÓFONOS.

EL AUTO TAPE TIENE SU AMPLITUD DE MEDICIÓN BASADO EN EL PRINCIPIO DE RADIOFRECUENCIA APLICADO AL ESPECTRO ELECTROMAGNÉTICO, PROPAGANDOSE LAS ONDAS A TRAVÉS DEL ESPACIO DEBIDO A QUE, EL RETRASO DE LA FASE ES PROPORCIONAL A LA DISTANCIA VIAJADA Y A LA FRECUENCIA MODULADA, ÉSTE EQUIPO COMPUTA LA MEDICIÓN DESDE EL INSTANTE DE SALIDA DEL GENERADOR DE SEÑAL HASTA SU REGRESO, PROPORCIONANDO DE ESTA MANERA DISTANCIAS ENTRE LA ESTACION MOVIL Y LAS FIJAS

EN ESTE SISTEMA DE POSICIONAMIENTO SU OPERACIÓN

DEPENDE DE LA LÍNEA DE VISTA, LA TRANSMISIÓN DE LAS ONDAS DESDE EL INTERROGADOR HASTA LAS RESPONDEDORAS DEBE HACERSE ATRAVÉS DE ANTENAS ELEVADAS PARA EVITAR LA INTERFERENCIA DE LA CURVATURA DE LA TIERRA.

#### B) SISTEMA PROFUNDIDAD DE AGUA (ECOSONDA)

ESTE SISTEMA ES MUY USADO PARA SONDEAR LA PROFUNDIDAD DEL FONDO MARINO, CONSISTE EN UN TRANSDUCTOR QUE ALTERNATIVAMENTE TRANSMITE Y RECIBE PULSOS DE 40 A 200 KHZ. EL PULSO RECIBIDO ES AMPLIFICADO E IMPRESO EN UN GRAFICADOR, EL TRANSDUCTOR USUALMENTE SE INSTALA EN EL CASCO DEL BARCO DE 2 A 2.5 METROS BAJO LA LINEA DEL AGUA. CONVIERTE LA ENERGÍA ELÉCTRICA EN ENERGÍA DE SONIDO, LA CUAL ES TRANSMITIDA HACIA EL FONDO MARINO; CUANDO ESTA ENERGÍA TOCA EL FONDO O ALGUN OBJETO, PARTE DE ELLA ES REFLEJADA EN FORMA DE ECO Y DESPUÉS TRANSFORMADA EN LA ENERGÍA ELÉCTRICA DENTRO DEL TRANSDUCTOR Y REGISTRADO POR EL GRAFICADOR. ASUMIENDO QUE, LA VELOCIDAD DEL SONIDO EN EL AGUA ES DE 1541 M/SEG, LA CUAL ES CASI CONSTANTE, EL TIEMPO QUE TARDA EN IR Y VENIR AL FONDO MARINO ES UNA MEDIDA DE DISTANCIA VIAJADA; DIVIDIENDO ESTE TIEMPO ENTRE DOS Y MULTIPLICÁNDOLO POR LA VELOCIDAD DEL SONIDO EN EL AGUA SE PUEDE CONVERTIR LA DISTANCIA VIAJADA A PROFUNDIDAD DE AGUA. PARA TENER EXACTITUD EN EL SISTEMA COMBIENE TENER EN CUENTA QUE ESTA DEPENDE EN GRAN PARTE DE DOS VARIABLES :

1.- LA VELOCIDAD DEL SONIDO EN EL AGUA QUE PUEDE VARIAR CON LOS CAMBIOS DE TEMPERATURA Y SALINIDAD

2.-LA PRECISIÓN DE LOS CIRCUITOS ELECTRÓNICOS USADOS

LA RESOLUCIÓN DE OPERACIÓN DEL APARATO ES MENOR A 30 CM, Y SE DEFINE COMO LA DISTANCIA MÍNIMA NECESARIA ENTRE DOS REFLECTORES PARA QUE ÉSTOS PUEDAN SER DISTINGUIDOS EN LOS REGISTROS.

EL SISTEMA ES CONVENIENTE PARA OPERAR DESDE UNOS POCOS A VARIOS CIENTOS DE METROS, ES PROPIO PARA CONOCER TIRANTES DE AGUA AUNQUE TAMBIEN ES ÚTIL PARA DETECTAR BURBUJAS.

### C) TRANSDUCTOR SINTONIZADO

ES UN PERFILADOR QUE PUEDE ALCANZAR UNA PROFUNDIDAD DE 30 METROS, CONSTA DE UN TRANSDUCTOR DE SIETE KHZ Y UN GRAFICADOR. EL SISTEMA ESTA DISEÑADO PARA DAR UNA ALTA RESOLUCIÓN DE REFLEXIÓN SÍSMICA DE DATOS, HASTA DE MÁS DE 30 METROS DE PENETRACIÓN EN EL SUBFONDO, SUMINISTRA UN PULSO DE 3.5 A 7.00 KHZ PARA UNA POTENCIA ARRIBA DE DOS JOULES. EL PULSO TRANSMITIDO TIENE UNA LONGITUD DE ONDA DE MENOS DE 30

CM Y PRODUCE UNO O DOS CICLOS DE SEÑALES DE FRECUENCIA CON UN TIEMPO DIFERIDO PARA CADA SEÑAL.

EL SISTEMA DE TRANSDUCTOR SINTONIZADO ES DE MUCHA AYUDA Y SUMINISTRA DATOS MAS EXACTOS DE LAS PROFUNDIDADES Y DETECCIÓN DE GAS EN LAS COLUMNAS DE AGUA, CUANDO SE OPERA SIMULTANEAMENTE CON EL SISTEMA "SPARKER" DEL QUE SE HABLARA POSTERIORMENTE

#### D) SONAR DE BARRIDO LATERAL

ESTE SISTEMA CONSISTE EN UN REMOLCADOR QUE CONTIENE DOS FORMACIONES DE TRANSDUCTORES COLOCADOS EN UN CILINDRO DE FORMA HIDRODINÁMICA DENOMINADO "PESCADO" EQUIPADO CON ALETAS ESTABILIZADORAS Y PESOS DE ZINC EN LA NARIZ PARA UN BALANCEO HIDRODINÁMICO Y UN GRAFICADOR DE DOS CANALES, EL REMOLCADOR ES DESPLEGADO, ASI COMO EL SONAR REMOLCADO, SOBRE EL FONDO, A UNA DISTANCIA IGUAL AL 10 O 20 POR CIENTO DEL INTERVALO DE LA ESCALA QUE SE VA A UTILIZAR, LA PROFUNDIDAD DEL SONAR ES CONTROLADA POR LA LONGITUD DEL CABLE, LA VELOCIDAD DEL BARCO Y EL CURSO DE ÉSTE.

SE EMITE UN PULSO EN FORMA LATERAL HACIA BABOR Y HACIA EXTRIBOR, CON EL FIN DE CUBRIR FRAJAS DE HASTA UN KILÓMETRO DE ANCHO EN CADA LÍNEA DE RECORRIDO Y PERMITE OBSERVAR TODOS LOS OBJETOS QUE SE ENCUENTRAN PRESENTES SOBRE

EL LECHO DEL MAR. EL PULSO VA 105 A 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 VARIA EN PROPORCIÓN DE LA AMPLITUD DE LA ESCALA USADA, POR EJEMPLO EN UN INTERVALO DE 400 METROS HAY 3.75 PULSOS POR SEGUNDO.

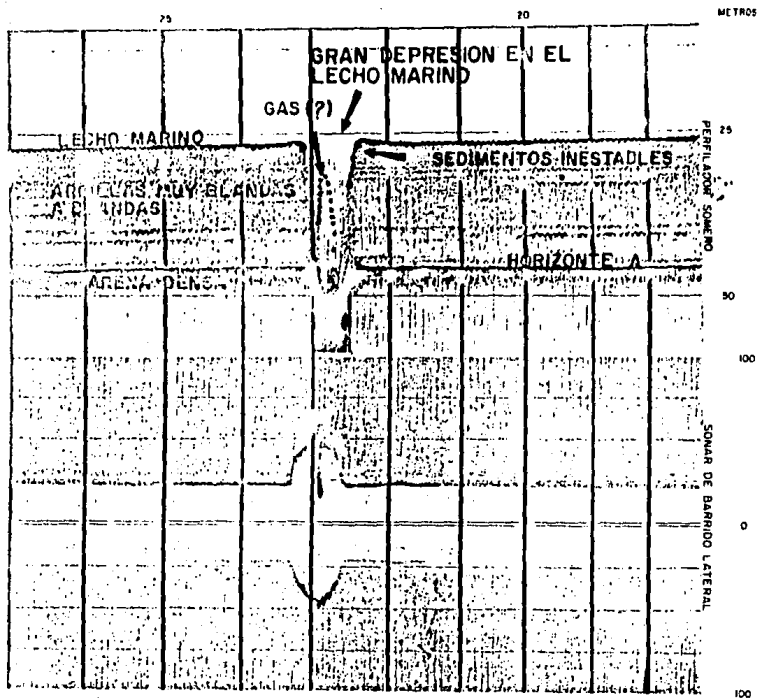
EL SISTEMA SUMINISTRA REGISTROS GRÁFICOS QUE MUESTRAN UNA PERSPECTIVA BIDIMENSIONAL DE LA TOPOGRAFÍA DEL FONDO DEL MAR Y DE OBJETOS COLOCADOS SOBRE ESTE, TAMBIÉN DETECTA LAS BURBUJAS DE GAS DENTRO DE LAS COLUMNAS DE AGUA.

LA INTENSIDAD Y DISTRIBUCIÓN DE LAS REFLEXIONES SÍSMICAS DEPENDEN DE LA COMPOSICIÓN Y TEXTURA DEL OBJETO REFLEJADO ASI COMO DE LA ORIENTACIÓN CON RESPECTO A LOS TRANSDUCTORES EN EL REMOLCADOR.

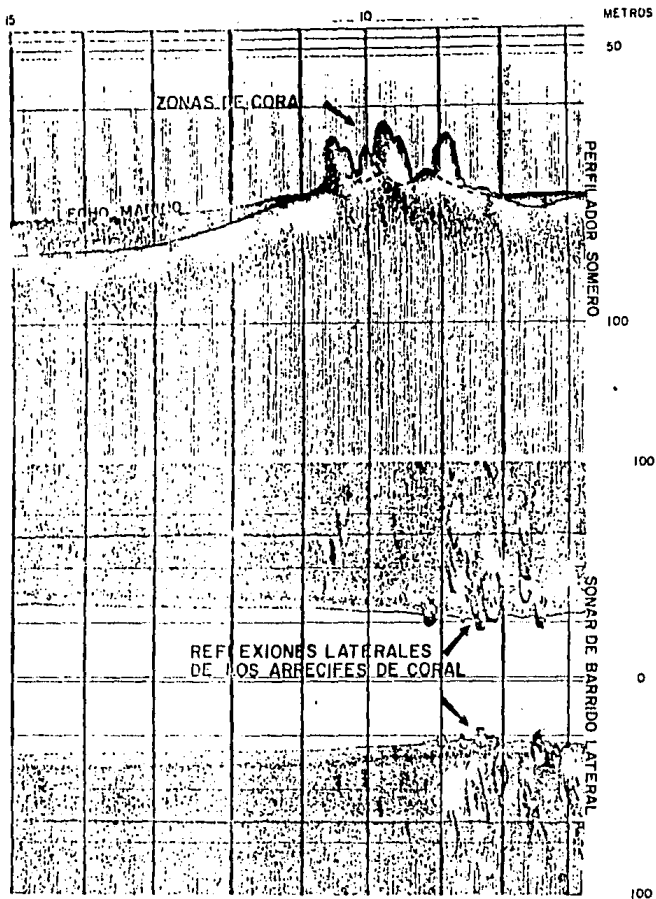
#### E) PERFILADOR ELECTROMECAÁNICO (BOOMER)

ES UN SISTEMA DE REFLEXIÓN ACUSTICA COLOCADO EN UN CANAL SINGULAR, CONSISTE EN UN ROLLO DE ALAMBRE FORMANDO UNA BOBINA DE 40 CM. DE DIÁMETRO QUE TIENE 5 CM. DE ESPESOR Y DENTRO DE UN MARCO DE 50 CM. DE LADO.

EL SISTEMA ESTA DISEÑADO PARA GENERAR Y TRANSMITIR SEÑALES SÍSMICAS DE ALTA FRECUENCIA, ASI COMO PARA RECIBIR Y



III.1.1.1.- REGISTROS DE DOS SISTEMAS  
 MOSTRANDO UN MISMO LUGAR



III.1.1.1.- REGISTROS DE DOS SISTEMAS  
 MOSTRANDO UN MISMO LUGAR

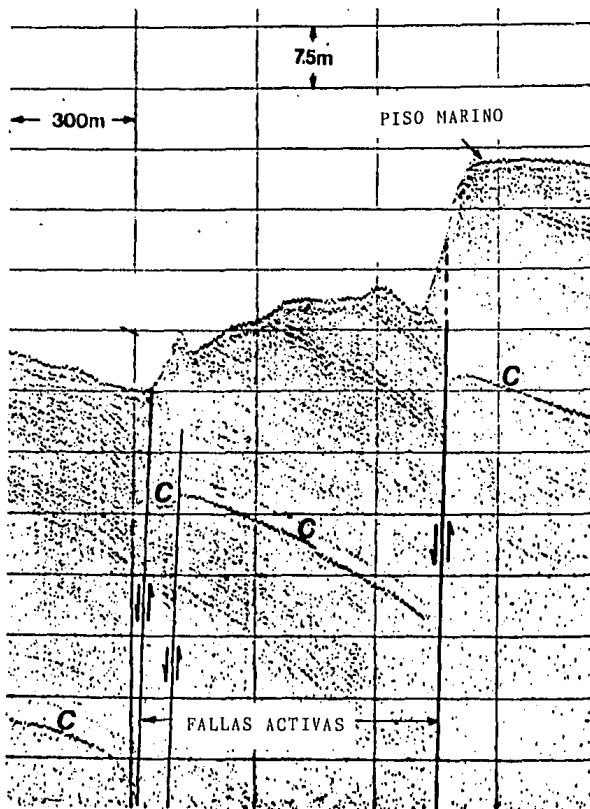


REGISTRAR LAS REFLEXIONES DE ESAS SEÑALES. LA FUENTE DE PULSO ES CARGADA DE ENERGÍA POR MEDIO DE UN SISTEMA CAPACITIVO DE ALTO VOLTAJE DEBAJO DEL CUAL SE CONECTA UN DIAFRAGMA DE CAUCHO CONTENIENDO UNA PLACA DE ALUMINIO. CUANDO LA ENERGIA ELÉCTRICA ALMACENADA ES DESCARGADA DENTRO DEL ROLLO SE FORMA UN REMOLINO QUE, DEBIDO A TAL EFECTO, REPELE LA PLACA DEL MOLDE; EL DIAFRAGMA PROVOCA QUE LA PLACA SUFRA COLAPSOS CONTRA EL MOLDE LO QUE GENERA UN PULSO POR MILISEGUNDO.

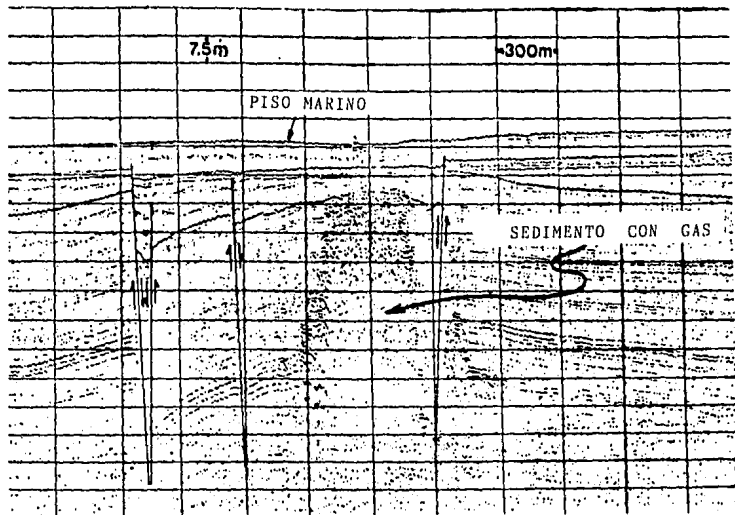
EL SISTEMA CONSTA DE 3 TRANSDUCTORES ELECTROMECAÑICOS LOS CUALES SON ENCENDIDOS SIMULTANEAMENTE UNA VEZ POR SEGUNDO CON UNA ENERGIA EN CADA TRANSMISOR DE 500 JOULES. LOS TRANSDUCTORES ESTÁN MONTADOS EN UN CATAMARÁN DE 2.4 METROS DE LARGO Y SON REMOLCADOS ALREDEDOR DE UNOS 30 METROS DETRAS DEL BARCO DE INSPECCIÓN.

LAS SEÑALES REFLEJADAS SE RECIBEN EN UNA BATERÍA DE HIDRÓFONOS DE 10 ELEMENTOS LINEALES, QUE TAMBIÉN SON REMOLCADOS CERCA DE LA SUPERFICIE Y A TRAVÉS DE LA FUENTE DE TRANSDUCTORES. TIENEN UNA RESOLUCIÓN DE 60 A 90 CM Y CAPTAN DETALLES FINOS DE LA SUPERFICIE.

ESTE SISTEMA ES USADO PARA SUMINISTRAR LOS PERFILES DEL FONDO SUBMARINO DE LAS AREAS SUBYACENTES POR SEDIMENTOS Y ESTRATOS DE ROCA SUAVE, REGISTRANDO ASI UNA PENETRACIÓN



III.1.1.1.-REGISTRO OBTENIDO CON "BOOMER"



III.1.1.-REGISTRO OBTENIDO CON "BOOMER"

DEL SUBFONDO DE 60 A 90 METROS, SE PUEDEN DETERMINAR PERFILES ÓPTIMOS CUANDO LAS MAREAS SON MENORES DE 1.5 METROS Y LOS MATERIALES DEL SUBFONDO SON RELATIVAMENTE BLANDOS, LOS PERFILES SE PUEDEN OBTENER EN PROFUNDIDADES DEL ORDEN DE 6 A 450 METROS PERO LA PROFUNDIDAD IDEAL ES DE 75 METROS.

#### F) PERFILADOR PROFUNDO (SPARKER)

EL PERFILADOR PROFUNDO ES UN SISTEMA QUE SE USA PARA OBTENER DATOS A UNA PROFUNDIDAD QUE VARIA DE LOS 100 A LOS 1000 METROS, CUBRIENDO EL ESPACIO ENTRE LA PENETRACIÓN SUPERFICIAL Y LOS SISTEMAS DISEÑADOS PARA PROFUNDIDADES EN ESTUDIOS DE EXPLORACIÓN DE PETROLEO O GAS.

EL SISTEMA SE DISEÑA PARA GENERAR Y TRANSMITIR SEÑALES SÍSMICAS DE BAJA FRECUENCIA Y PARA RECIBIR Y REGISTRAR REFLEXIONES DE ESAS SEÑALES. EL PULSO SE PRODUCE POR UNA CHISPA QUE VAPORIZA EL AGUA DE SU ALREDEDOR, POR IONISACIÓN, CREANDO UNA BURBUJA QUE SE EXPANDE HASTA QUE LA PRESIÓN HIDROSTÁTICA SOBREPASA LA PRESIÓN INTERIOR, ENTONCES DE COLAPSA DANDO ORIGEN A UN PULSO.

LA FRECUENCIA DEL PULSO PRODUCIDO POR EL SPARKER SE ENCUENTRA COLOCADA EN UNA BANDA AMPLIA DE INTERVALO ENTRE 10 Y 5000 HZ. LA ENERGÍA DEL SPARKER ES ALMACENADA PRIMERAMENTE EN UN BANCO CAPACITOR Y AL SER DESCARGADA SE VA A UNA JAULA

QUE CONTIENE NUEVE ELECTRODOS, LA JAULA Y LOS HIDRÓFONOS SON REMOLCADOS DE 30 A 60 M. POR LA PROA Y POR LOS LADOS OPUESTOS DEL BARCO DE INSPECCIÓN, DISTRIBUIDOS DE TAL MANERA QUE CADA UNO DE ELLOS ESTA CERCA DE 3.5 M. DEBAJO DE LA SUPERFICIE, LA PROFUNDIDAD IDEAL, Y QUE ES IGUAL A UN CUARTO DE LA LONGITUD DE ONDA PARA LOS SISTEMAS DE 120 HZ. LAS SEÑALES FUERA DEL INTERVALO DE FRECUENCIA SE CAMBIAN POR MEDIO DE UN FILTRO VARIABLE EL CUAL ESTA GENERALMENTE EN SERIE, CON EL FIN DE TRANSFERIR FRECUENCIAS ENTRE 70 Y 200 HZ. LAS SEÑALES ASI TRANSFERIDAS SON ANOTADAS EN UN REGISTRO GRÁFICO, PERO GENERALMENTE TODOS LOS DATOS SON REGISTRADOS EN CINTAS MAGNÉTICAS PARA SER REPRESENTADAS DESPUÉS EN EL LABORATORIO PARA SU PROCESAMIENTO.

CON LA TÉCNICA DE SOBREPOSICIÓN OPTICA, SE PUEDE OBTENER LA PENETRACIÓN HORIZONTAL MAXIMA, QUE SE DEFINE COMO EL NÚMERO DE PULSOS DESCARGADOS. CUANDO SE EJECUTA LA SOBREPOSICIÓN ÓPTICA LAS SEÑALES REFLEJADAS SE RECIBEN A TRAVÉS DE DOS SECCIONES DE HIDROFONES DE 8 M. DE LARGO CADA UNA CONTIENENDO 20 FONOS Y CORRESPONDIENDO A UN SOLO CANAL DE VIAJE, LAS DOS SECCIONES SON REMOLCADAS EN FORMA LINEAL, ES DECIR, UNA DETRAS DE LA OTRA.

LOS DATOS DEL SPARKER SON MUY ÚTILES PARA CORRELACIONAR LAS FALLAS PROFUNDAS CON LOS DATOS DE PROFUNDIDAD SÍSMICA, ASI COMO PARA INVESTIGAR AREAS

CONTENIENDO GAS Y OTROS OBSTÁCULOS POTENCIALES EN PROFUNDIDADES INTERMEDIAS.

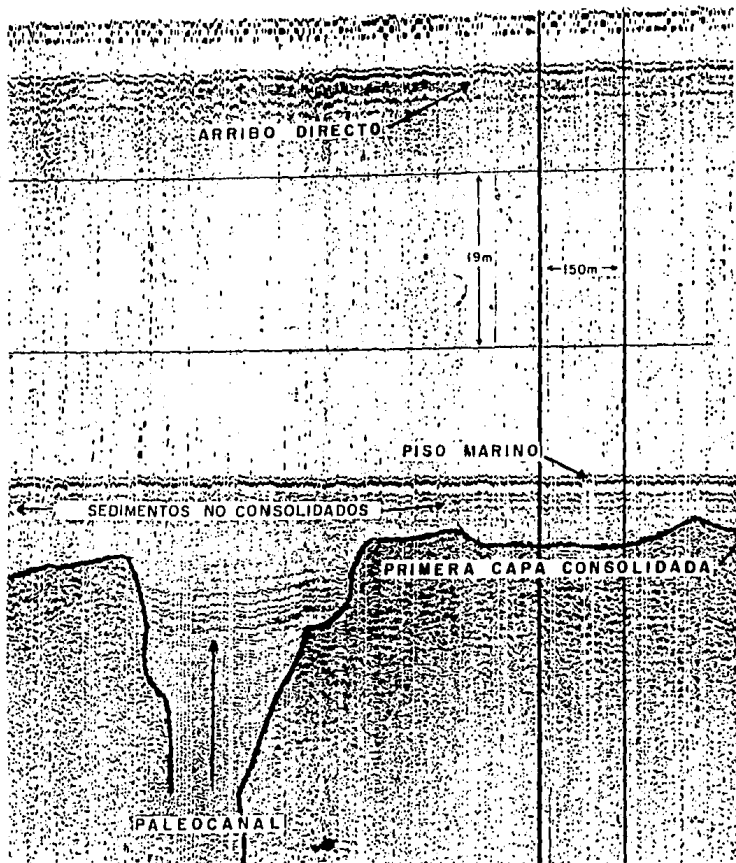
### G) MAGNÓMETRO

EL MAGNÓMETRO ES USADO PARA DETECTAR ANOMALÍAS MAGNÉTICAS ASOCIADAS CON OBJETOS METÁLICOS, TALES COMO CABLES SUBMARINOS, TUBERIAS NO INVENTARIADAS, ANCLAS ABANDONADAS, NAUFRAGIOS ETC.

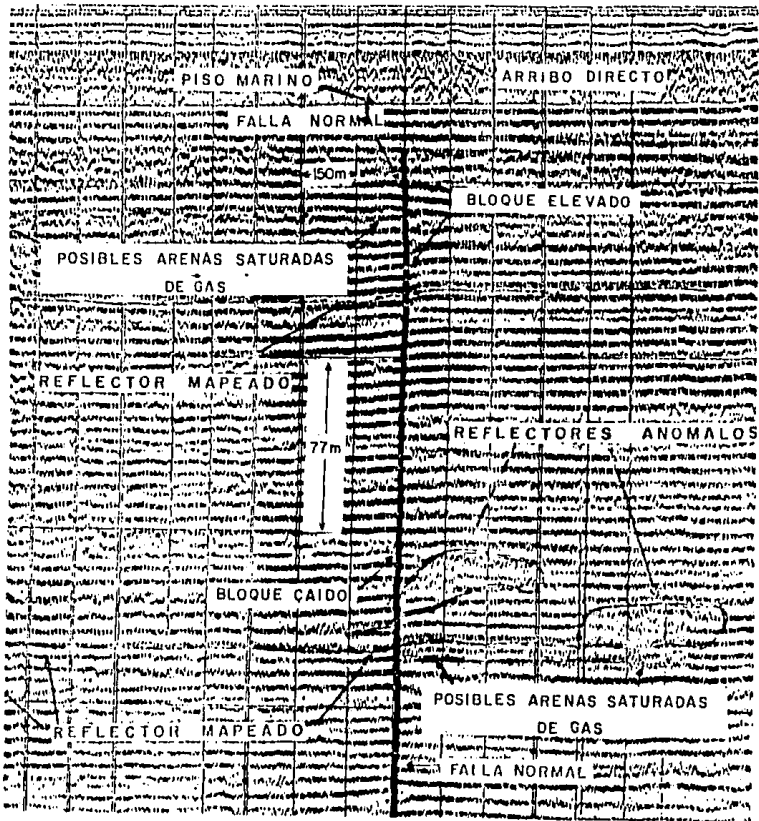
EL SENSOR MAGNÉTICO ES REMOLCADO CERCA DE LA PARTE BAJA DE LA PROA DEL BARCO, ASI CUANDO LA EMBARCACIÓN PASA ARRIBA DE OBJETOS METÁLICOS, EL MAGNÓMETRO GENERA UNA SEÑAL LA CUAL ES AMPLIFICADA E IMPRESA EN UN GRAFICADOR. LA AMPLITUD DE LA SEÑAL DEPENDE DE LA CANTIDAD DE MAGNETISMO PERMANENTE O INDUCIDO Y VARÍA CON LA MASA DEL OBJETO Y LA DISTANCIA DE ESTE AL SENSOR.

#### III.1.2.- INTERPRETACIÓN Y APLICACIÓN DE DATOS

EL TRABAJO DE GABINETE SE INICIA CON LA OBTENCIÓN DE PLANOS ASI COMO DE PERFILES QUE SE PROCESAN EN BASE AL DESARROYO E INTERPRETACIÓN DE LOS SISTEMAS APLICADOS, LOS PLANOS QUE ARROJA LA INTERPRETACIÓN SON LOS SIGUIENTES:

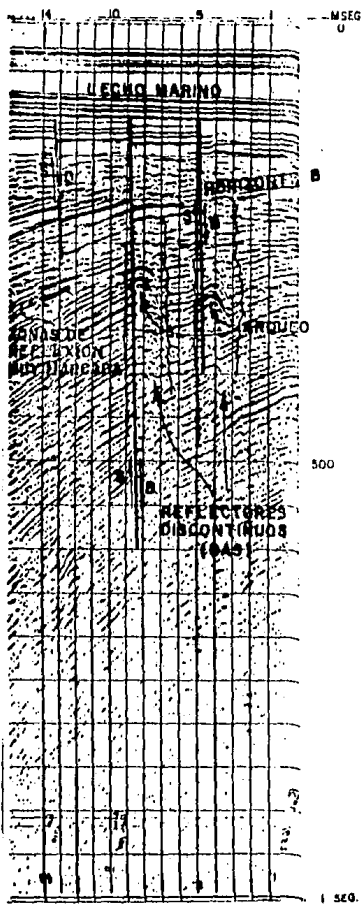
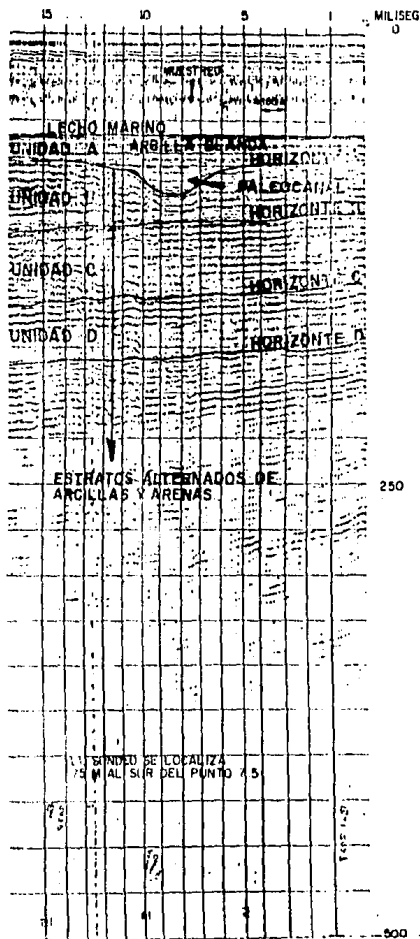


III.1.1.-REGISTRO OBTENIDO CON UN PERFILADOR PROFUNDO MOSTRANDO UN PALEOCANAL



III.1.1.-REGISTRO DE PERFILADOR  
 PROFUNDA





III.1.1.-REGISTRO DE PERFILADOR

PROFUNDO

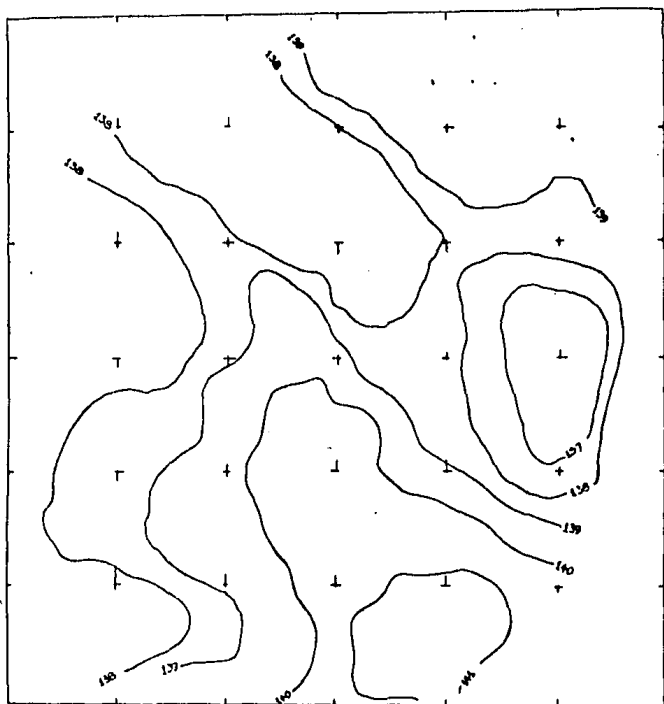
- PLANOS DE POSICIONAMIENTO
- PLANOS BATIMÉTRICOS
- PLANOS DE ISOPACAS
- PLANOS DE ESTRUCTURA SUPERFICIAL
- PLANOS DE RIESGOS PARA CONSTRUCCIÓN

#### A) 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 PUEDE DETERMINAR Y LOCALIZAR LAS COORDENADAS ORTOGONALES DE CADA PUNTO.

#### B) PLANOS BATIMÉTRICOS

EN ESTE PLANO SE MUESTRAN TODOS LOS VALORES DE LA PROFUNDIDAD Y ESTÁN BASADOS EN DATOS SUMINISTRADOS POR EL SISTEMA DEL TRANSDUCTOR SINTONIZADO. LAS PROFUNDIDADES SE OBTIENEN CONSIDERANDO UN VALOR DE LA VELOCIDAD DEL SONIDO EN EL AGUA DE 1541 M/SEG. Y EL INTERVALO DE CONTORNO DE 1 METRO, LAS DIFERENCIAS ENTRE LOS PARÁMETROS DE LAS PROPIEDADES PUEDE SER DEBIDO A VARIACIONES DE LAS CORRIENTES.



III.1.2.-B -PLANO BATIMETRICOS

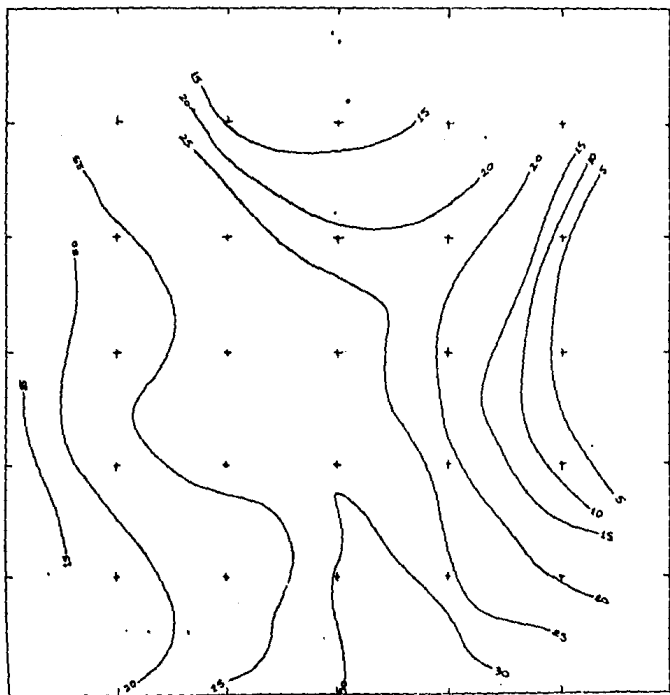
## C) PLANO DE ISOPACAS

ESTE PLANO MUESTRA EL ESPESOR Y LA DISTRIBUCIÓN DE LA UNIDAD DE SEDIMENTO SUPERFICIAL DENTRO DEL ÁREA, LA BASE DE ESTA UNIDAD ES UN REFLECTOR ACUSTICO BIEN DEFINIDO EN REGISTROS DEL PULSO PARA TODA EL ÁREA INSPECCIONADA, LA UNIDAD MENCIONADA ES UNA ARCILLA CALCARIA MUY SUAVE CON ESPESORES BIEN DEFINIDOS, CUANDO SE REQUIERE DE COMPENSACIONES HORIZONTALES ANTES DE DELIMITAR LA ZONA, LOS VALORES DE LOS ESPESORES INDICADOS EN ESTE MAPA ESTÁN ESTIMADOS PARA UNA EXACTITUD DE  $\pm 2$  M.

LOS DATOS DE ISOPACAS PERMITEN A LOS ESPECIALISTAS CONOCER EL ESPESOR DE SEDIMENTOS Y SU CONFIGURACIÓN GEOMÉTRICA, AL CORRELACIONAR ESTA INFORMACIÓN GEOFÍSICA CON DATOS DE MECÁNICA DE SUELOS, SE PUEDE DETERMINAR LA LONGITUD DE LOS PILOTOS DE CIMENTACIÓN CORRESPONDIENTE A LA CAPA DE SEDIMENTOS CONFIGURADA.

## D) PLANOS DE ESTRUCTURA SUPERFICIAL

ESTE PLANO SE HACE UTILIZANDO LOS DATOS DEL SISTEMA SPARKER, EL CUAL SE SITUA EN EL HORIZONTE A UNA PROFUNDIDAD DE APROXIMADAMENTE 230-260 M. BAJO LA SUPERFICIE DEL AGUA, CON UN INTERVALO DE PERFILES DE 5 METROS, ADEMÁS SE APLICA LA COMPENSACIÓN HORIZONTAL DE CERCA DE 50 METROS ANTES DE HACER EL PERFIL.



III.1.2.-C - PLANO DE ISOPACAS

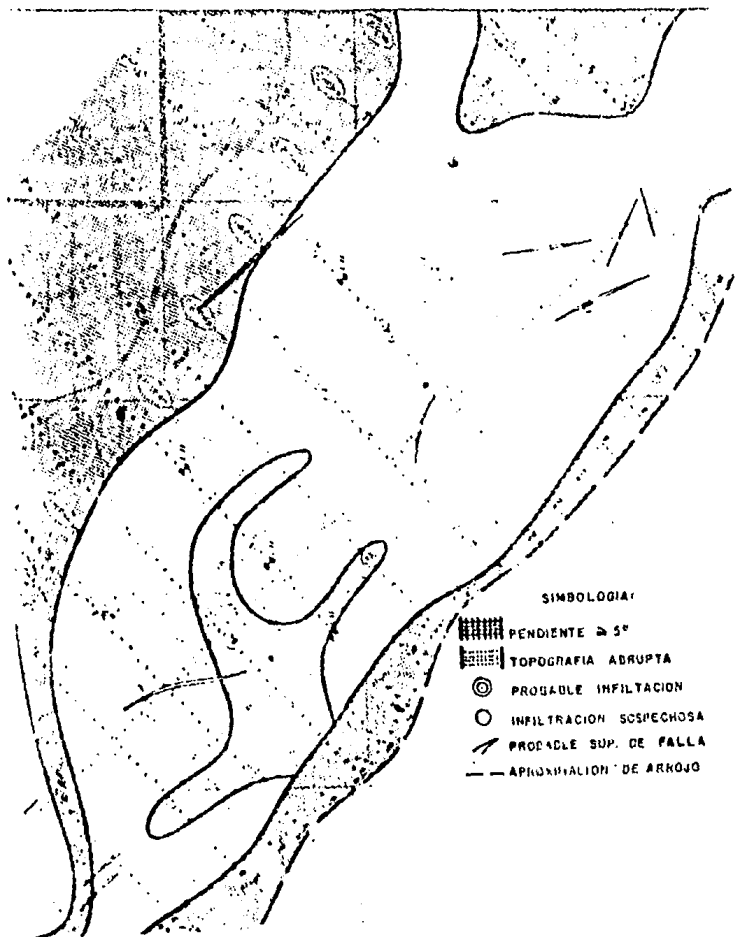
## E) PLANO DE RIESGOS PARA CONSTRUCCIÓN

PARA LA REALIZACIÓN DE ESTOS PLANOS SE REUNE LA INFORMACIÓN TOTAL EN TODOS LOS REGISTROS OBTENIDOS DE TAL FORMA QUE MUESTREN TODAS LAS ANOMALIAS EXISTENTES EN EL ÁREA DE ESTUDIO CON OBJETO DE EVALUAR LOS RIESGOS DE CADA UNA DE LAS ANOMALÍAS. LA INFORMACIÓN REQUERIDA DEBE CONTENER LO SIGUIENTE:

- INSTRUCCIONES SALINAS
- FALLAS GEOLÓGICAS
- PALEOCANALES
- GAS DISPERSO
- BOLSAS DE GAS
- FRENTE DE EMPUJE
- PLEGAMIENTOS

## F) FONDO DEL MAR

EL CONOCIMIENTO DEL FONDO DEL MAR ES IMPORTANTE PARA LA CONSTRUCCIÓN DE OBRAS MARÍTIMAS YA QUE ÉSTAS ESTAN SUPEDITADAS A ZONAS NO HETEROGÉNEAS Y LIBRES DE EVENTOS RIESGOSOS O PROBLEMÁTICOS QUE PUEDAN PRESENTAR SERIOS OBSTACULOS PARA SU REALIZACIÓN.



III.1.2.E.- PLANO DE RIESGOR PARA CONSTRUCCION

## G) AFLORAMIENTOS

CON ESTE NOMBRE SE DENOTA A TODO TIPO DE ACCIDENTES NATURALES QUE EMERGEN DEL FONDO MARINO Y QUE NO ESTAN CUBIERTOS POR SEDIMENTOS.

## H) GAS

UNO DE LOS AFLORAMIENTOS COMUNES A LAS PLATAFORMAS CONTINENTALES RECIENTES LO PRESENTAN ROCAS CON ESCAPE DE GAS HACIA LA SUPERFICIE DEL MAR, QUE PUEDE SER DE ORIGEN RECIENTE COMO ES EL CASO DEL GAS BIOGENÉTICO O BIEN, PROVENIENTE DE DEPOSITOS DE HIDROCARBUROS COMO PARECE SER COMÚN EN LA ZONA DE LA BAHÍA DE CAMPECHE.

LA IMPORTANCIA QUE TIENEN TODOS LOS AFLORAMIENTOS DE GAS DENTRO DE LA INGENIERIA, RADICA QUE EN LAS ZONAS DONDE AFLORA, ALTERA LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DEL SUELO. ÉSTO SE DEBE A QUE AL MEZCLARSE CON LOS SEDIMENTOS, OCUPA LOS VACIOS EN EL SUELO, DESPLAZA AL AGUA INSTERTICAL Y EN OCASIONES LA PRESIÓN DEL AFLORAMIENTO HACE FALLAR EL SUELO, PERMANECIENDO ESTE SOBRE EL FONDO DEL MAR

LA IDENTIFICACION DE ESTE FENÓMENO SE EFECTUA CUANDO EN LOS REGISTROS APARECEN MONTES O VOLCANES DE LODOS Y



CRATERES QUE SON CAUSADOS POR LA SALIDA DE GAS HACIA LA COLUMNA DE AGUA.

### 1) CORALES

UN OBSTACULO FRECUENTE PARA LAS OBRAS MARÍTIMAS ES LA PRESENCIA DE CORALES SOBRE EL FONDO MARINO. EL ORIGEN DEL CORAL SE DEBE A LA PRESENCIA DE COLONIAS ORGÁNICAS DE PÓLIPOS QUE SE DESARROYAN GENERALMENTE EN ZONAS ROCOSAS Y CUYA ACUMULACIÓN DA ORIGEN A DIVERSAS FORMAS DE ARRECIFES QUE EN OCASIONES AFLORAN SOBRE EL FONDO Y LA SUPERFICIE DEL MAR.

EL PROBLEMA MAS 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 FRAGIL PARA CONSTRUCCIÓN.

LA IDENTIFICACIÓN DE ESTAS ESTRUCTURAS ORGANICAS ES POSIBLE GRACIAS A LA ECOSONDA Y A EL SONAR DE BARRIDO LATERAL LOS QUE NOS PERMITEN DIMENSIONARLOS Y DETECTAR SU FORMA GEOMÉTRICA.

## J) ROCA

DENTRO DE LA INGENIERIA DE CIMENTACIONES, ES IMPORTANTE EL CONOCIMIENTO DE LAS PROFUNDIDADES DEL BASAMENTO ROCOSO PARA EL ANCLAJE O CIMENTACIÓN DE ESTRUCTURAS. SI LA ROCA AFLORA PUEDE SER DESCUBIERA CON LA AYUDA DEL SONAR DE BARRIDO LATERAL, QUE PERMITE DETERMINAR LAS CARACTERÍSTICAS DE LOS AFLORAMIENTOS ROCOSOS Y SU LOCALIZACIÓN EN UN PLANO DE PROYECCIÓN ORTOGONAL.

## K) EVENTOS ARTIFICIALES

EN ALGUNAS OCASIONES LA GEOFÍSICA PUEDE PRESENTAR SERVICIOS PARA LA LOCALIZACIÓN DE OBJETOS O CONSTRUCCIONES EXISTENTES EN EL FONDO DEL MAR, POR ELLO TANTO EL MAGNÓMETRO COMO EL SONAR DE BARRIDO LATERAL RESULTAN VALIOSAS HERRAMIENTAS PARA ESOS PROPÓSITOS.

## L) SUBSUELO MARINO

## -ISOPACAS

PARA LA INSTALACIÓN DE PLATAFORMAS AUTOELEVABLES DE PERFORACIÓN Y CIMENTACIÓN DE PLATAFORMAS DE PRODUCCIÓN ES DE GRAN AYUDA CONOCER LA EXISTENCIA DE UN HORIZONTE DEL SUELO

MARINO QUE OFRESCA LA CAPACIDAD DE CARGA SUFICIENTE PARA SOPORTAR EL PESO DE LAS ESTRUCTURAS; ESTE ESTRATO POR LO GENERAL LO CONSTITUYE LA CAPA DE SUELOS QUE NORMALMENTE SUBYACE A LOS LODOS DEL FONDO DEL MAR.

LOS ESPESORES DE SEDIMENTOS REPRESENTADOS EN EL PLANO DE ISOPACAS SON LOS CORRESPONDIENTES A LOS MATERIALES SIN CONSOLIDARSE Y SE DETERMINAN RESTANDO LA PROFUNDIDAD DEL FONDO DEL MAR, EN EL CASO QUE SE CONOSCAN ÚNICAMENTE LOS TIEMPOS DE REFLEXIÓN DE AMBOS EVENTOS SE APLICA LA ECUACION:

$$E = V \frac{T_2 - T_1}{2} - K$$

DONDE:

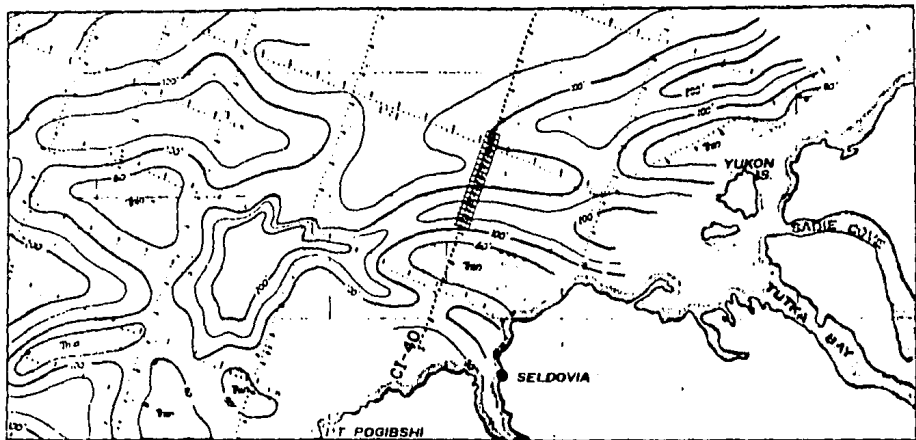
E-ESPESOR DE SEDIMENTOS EN METROS

V-VELOCIDAD SISMICA DE PROPAGACIÓN  
EN EL FONDO, EN METROS POR SEGUNDO

T1-TIEMPO DE REFLEXIÓN DEL  
FONDO MARINO, EN SEGUNDOS

T2-TIEMPO DE REFLEXIÓN DE LA PRIMERA  
CAPA CONSOLIDADA, EN SEGUNDOS

K-FACTOR GEOMÉTRICO DE CORRECCIÓN  
ADIMENSIONAL



III.1.2.C.- PLANO DE ISOPACAS

## -ARRECIFES

ALGUNAS VECES LOS ARRECIFES SE ENCUENTRAN SEPULTADOS POR SEDIMENTOS MARINOS MAS RECIENTES Y ES NECESARIO CONOCER SUS DIMENSIONES Y PROFUNDIDADES PARA CONSIDERARLOS EN EL DISEÑO DE UNA CIMENTACION. PARA TAL EFECTO SE INICIA SU LOCALIZACION EN LOS REGISTROS DE LOS PERFILADORES, MIDIENDO EL TIEMPO QUE REQUIEREN LAS SENALES SISMICAS EN RECORRER ESE ESPACIO Y CONOCIENDO LA VELOCIDAD DE TRANSMISION DE LAS ONDAS, SE MARCA SU PISO Y SU TECHO BASANDOSE EN LAS VARIACIONES DE LOS TIEMPOS DE REFLEXION, PUEDE APLICARSE LA ECUACION ANTERIOR MODIFICADA DE LA SIGUIENTE MANERA:

$$E = V \frac{TP - TA}{2} - K$$

DONDE:

TP-TIEMPO DE REFLEXION DEL PISO  
DEL ARRECIFE

TA-TIEMPO DE REFLEXION DEL TECHO  
DEL ARRECIFE

### -HORIZONTES GEOLÓGICOS

CUANDO ES NECESARIO LOCALIZAR ESTRATOS Y SUS FRONTERAS PARA QUE PUEDAN SER USADAS COMO CAPAS DE APOYO PARA PILOTES DE PUNTA, EN CIMENTACIONES DE PLATAFORMAS PETROLERAS, PUEDEN USARSE MÉTODOS DE INTERPRETACIÓN EN LOS REGISTROS DEL PERFILADOR PROFUNDO. SE SELECCIONAN EN FORMA VISUAL Y SUS PROFUNDIDADES SE CALCULAN EN BASE A INFORMACIÓN DISPONIBLE DE ECUACIONES DE VELOCIDADES DE ALGÚN POZO CERCANO Y CUYO COMPORTAMIENTO SE EXTRAPOLA A LAS ZONAS DE ESTUDIO.

LA ECUACION LINEAL DE VELOCIDADES ES:

$$V = V_0 + C Z$$

DONDE:

V-VELOCIDAD, EN METROS POR SEGUNDO A  
LA PROFUNDIDAD Z

V<sub>0</sub>-VELOCIDAD INICIAL, EN METROS  
POR SEGUNDO

C-CONSTANTE IGUAL A LA PENDIENTE  
V/Z, EN SEGUNDOS -1

Z-PROFUNDIDAD, EN METROS

COMO  $V_0$  Y  $C$  DE LA ECUACIÓN SON DATOS DEL POZO OBSERVADO, SE OBTIENE LA VELOCIDAD  $V_T$  A UN TIEMPO  $T$  DADO CON LA SIGUIENTE ECUACIÓN:

$$V_T = \frac{V_0}{1 - (C T) / 2}$$

DONDE:  $C$  -CONSTANTE IGUAL A LA PENDIENTE

$V/Z$  EN SEGUNDOS  $-1$

$V_T$ -VELOCIDAD, EN METROS POR

SEGUNDO, AL TIEMPO  $T$

$T$ -TIEMPO DE REFLEXIÓN, EN SEGUNDOS

PARA OBTENER LA PROFUNDIDAD  $Z$ , O EL ESPESOR DE LOS HORIZONTES GEOLÓGICOS MEDIDOS SE APLICA LA ECUACION:

$$Z = \frac{V_T T}{2}$$

DONDE:

$Z$ -PROFUNDIDAD, EN METROS

## III.1.3.- CONFIGURACIÓN DE ESTRUCTURAS

## A) IDENTIFICACIÓN

CUANDO LOS REGISTROS OBTENIDOS HAN SIDO RECOLECTADOS CON PERFILADORES ANÁLOGOS SE HACE INDISPENSABLE LA IDENTIFICACIÓN Y MARCADO DE LOS VERDADEROS REFLEJOS YA QUE EN ESTE TIPO DE REGISTROS EXISTEN OTRAS SEÑALES COMO RUIDOS SÍSMICOS, ECOS DE REFLEXIÓN, ONDAS REFRACTADAS Y REVERBERACIONES: LOS VERDADEROS REFLEJOS PUEDEN SER IDENTIFICADOS CON CIERTA EXPERIENCIA POR EL INTERPRETE.

EN CASO DE QUE LOS REGISTROS SEAN PRODUCTO DE UN PROCESAMIENTO DIGITAL COMPLETO, EL RUIDO PUEDE REMOVERSE MEDIANTE LA APLICACIÓN DE PROGRAMAS DE CORRECCIONES ESTÁTICAS Y DINÁMICAS, FILTRADO NUMÉRICO, CORRELACIÓN, ETC.

## B) SELECCIÓN

CUANDO SE CUENTA CON DATOS GEOTÉCNICOS PROVENIENTES DE MUESTREOS MECÁNICOS EN ÁREAS PRÓXIMAS E INCLUSIVE DENTRO DE LOS EXPLORADOS, SE PUEDE EFECTUAR UNA CORRELACIÓN ENTRE ESOS DATOS Y LOS HORIZONTES REFLECTORES DEL PERFILADOR PROFUNDO, CON OBJETO DE SELECCIONAR UN HORIZONTE CUYAS CARACTERÍSTICAS MECÁNICAS SEAN LAS MAS ADECUADAS.



EN LOS CASOS EN QUE LA INFORMACION GEOTECNICA NO EXISTA, SE ESCOGE EL SISTEMA QUE DENTRO DE LOS LIMITES DE PENETRACION OFREZCA CONTINUIDAD Y UN BUEN CONTRASTE EN AMPLITUD DE REFLEJO.

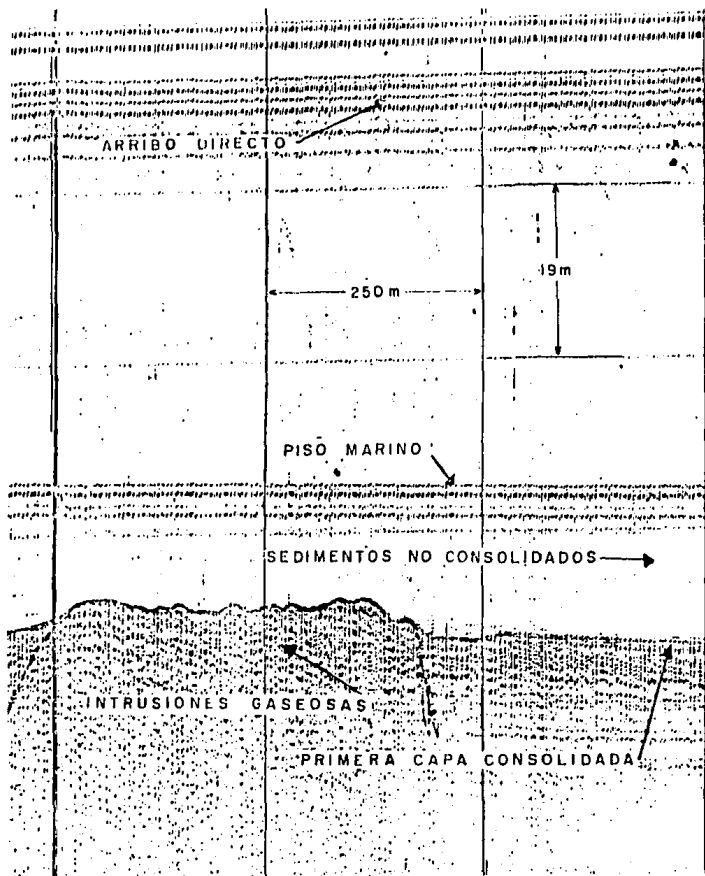
### C) CONFIGURACION

SELECCIONADOS Y MARCADOS LOS HORIZONTES REFLECTORES SE PROCEDE A LA LECTURA DE LOS TIEMPOS DE REFLEXION EN CADA UNO DE LOS PUNTOS DE TIRO DE DICHS HORIZONTES; LOS QUE AL SER REGISTRADOS EN EL PLANO DE POSICIONAMIENTO DAN LUGAR A COTAS. EN LA MISMA FORMA SE ANOTA EN ESTOS PLANOS, TODA LA INFORMACION ENCONTRADA SOBRE FALLAS, PALEOCANALES, ZONAS DE EROSION Y OTROS RASGOS

## III.1.4.- INTERPRETACION DE DATOS PARA DISEÑO DE CIMENTACIONES

### A) BASAMENTO O CAPA CONSOLIDADA

LOS DATOS REFERENTES AL BASAMENTO ( FUNDAMENTO QUE SIRVE DE APOYO A ALGUNA COSA ) O A ALGUNA CAPA RESISTENTE EN ESPECIAL SON IMPORTANTES PARA EL DISEÑO DE LA CIMENTACION EN RAZON DE QUE PERMITE A LOS INGENIEROS PROYECTISTAS ESCOGER EL TIPO DE PILOTES EN FUNCION DE LA PROFUNDIDAD A LAQUE SE ENCUENTREN LOS ESTRATOS RESISTENTES.



III.1.1.--REGISTRO OBTENIDO CON  
PERFILADORES GEOFISICOS

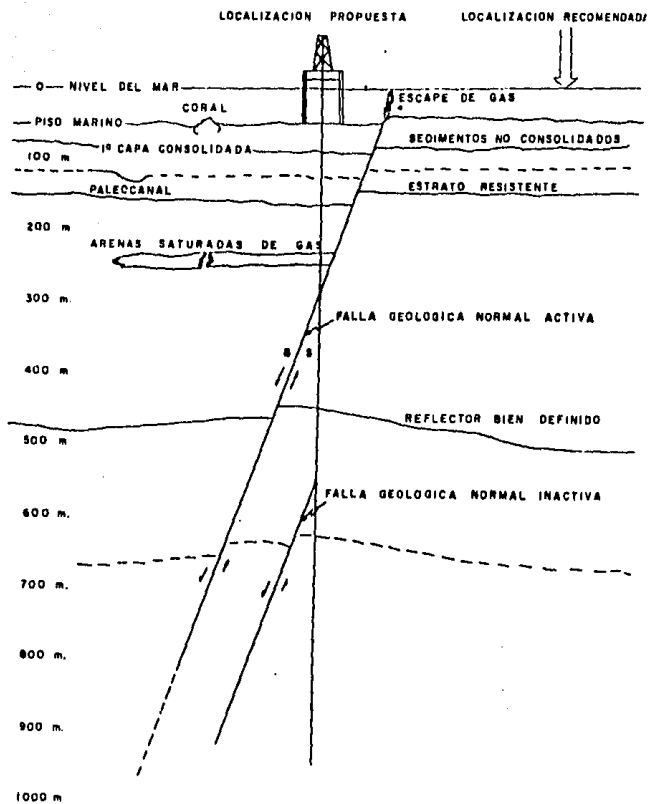
## B) PERFILES

UNA HERRAMIENTA DE TRABAJO IMPORTANTE POR SU OBJETIVIDAD LA CONSTITUYEN LOS PERFILES GEOFÍSICOS EN LOS CUALES SE ANOTA LA INFORMACIÓN MAS SOBRESALIENTE DEL LEVANTAMIENTO GEOFÍSICO.

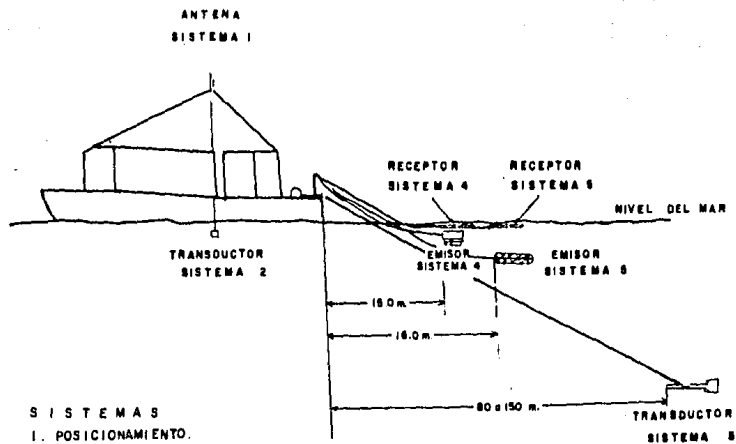
EN ESTAS SECCIONES LOS INGENIEROS Y TÉCNICOS PUEDEN OBSERVAR LOS RESULTADOS DE INTERES, COMO EL TIRANTE DE AGUA, EL ESPESOR Y COMPORTAMIENTO DE LOS MATERIALES CONSOLIDADOS, EL COMPORTAMIENTO ESTRUCTURAL DE UN HORIZONTE CON CAPACIDAD DE CARGA SUFICIENTE, FALLAS GEOLÓGICAS, PALEOCANALES, GAS EN DEPOSITOS, ETC.

LA MAYOR UTILIDAD DE LOS LEVANTAMIENTOS GEOFÍSICOS EN EL MAR RADICA EN:

- 1.-LA GEOMETRÍA ESTRATIGRÁFICA QUE PERMITE EXTRAPOLAR DATOS GEOTÉCNICOS.
- 2.-CONOCER LAS ANOMALÍAS DEL SUELO Y SUBSUELO MARINO
- 3.-EVALUAR LAS CONDICIONES GEOLÓGICAS DE SEGURIDAD DE LAS OBRAS MARINAS
- 4.-JERARQUIZAR ÁREAS DE PERFORACIÓN PETROLERA EXPLORATORIA
- 5.-AUXILIAR A LA PROGRAMACIÓN DE PERFORACIÓN DE POZOS PETROLEROS MARINOS



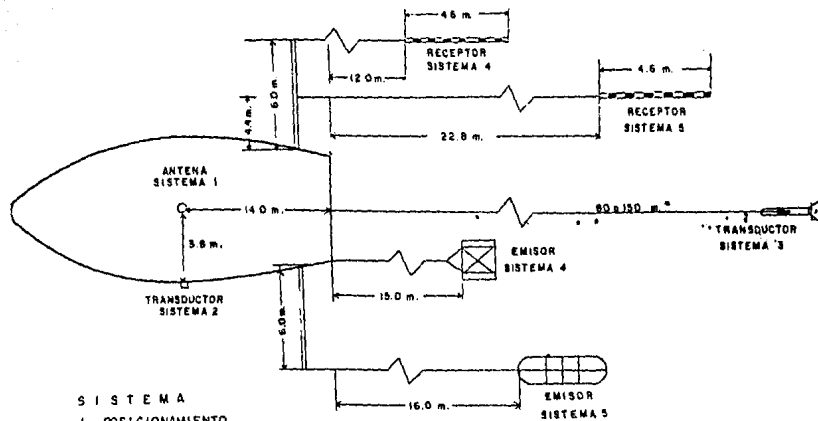
III.1.4.B.- PERFIL GEOFISICA



**S I S T E M A S**

1. POSICIONAMIENTO.
2. MEDIDOR DE PROFUNDIDAD.
3. SONAR DE BARRIDO LATERAL.
4. PERFILADOR SOMERO
5. PERFILADOR PROFUNDO.

III.1.1.1.- DISPOSICION ESQUEMATICA EN PERFIL DE  
LOS EQUIPOS EN EL AGUA.



S I S T E M A

1. POSICIONAMIENTO.
2. MEDIDOR DE PROFUNDIDAD.
3. SONAR DE BARRIDO LATERAL
4. PERFILADOR SOMERO
5. PERFILADOR PROFUNDO.

III.1.1.1. DISPOSICION ESQUEMATICA EN PLANTA DE  
LOS EQUIPOS EN EL AGUA.

### III.2.- ESTUDIOS DE MECANICA DE SUELOS

CONSIDERANDO LOS RESULTADOS QUE SE OBTIENEN A PARTIR DE LOS ESTUDIOS GEOFÍSICOS, LA CONSTRUCCIÓN DE PLANOS BASADOS EN ESOS ESTUDIOS, Y CON AYUDA DE ESTACIONES DE RADAR EN TIERRA ES POSIBLE UBICAR EL SITIO DONDE SE REALIZARA EL MUESTREO GEOTÉCNICO. CON LOS ESTUDIOS GEOTÉCNICOS ES POSIBLE CONOCER LAS PROPIEDADES MECÁNICAS E INDICE DE LOS SUELOS, PARA CON ELLOS PODER DISEÑAR LA CIMENTACIÓN.

#### III.2.1.- OBTENCIÓN DE MUESTRAS

EN LA OBTENCIÓN DE MUESTRAS SE APLICAN DOS TIPOS: EL SUPERFICIAL Y EL PROFUNDO, EN EL PRIMERO SE DEBEN OBTENER APROXIMADAMENTE A 100 METROS FORMANDO UNA RETÍCULA DE UN ÁREA DE 300 X 300 METROS ALREDEDOR DE LA PLATAFORMA. ÉSTAS MUESTRAS SE TOMAN CON EXTRACTORES DE CORAZÓN VIBRATORIO O DE GRAVEDAD. EL MUESTREO PROFUNDO SE REALIZA POR MEDIO DE UN MÍNIMO DE TRES PERFORACIONES A LA LONGITUD DE LOS PILOTES PROPUESTA, MAS UNA Y MEDIA VECES EL ANCHO DEL GRUPO DE PILOTES.

LOS MÉTODOS DE EXTRACCIÓN DE MUESTRAS EN EL SUBSUELO MARINO SON LAS SIGUIENTES:

- PERFORACIÓN Y MUESTREO DESDE UN SOPORTE SUPERFICIAL
- EXTRACTORES DE CORAZONES OPERADOS POR BUZOS
- EXTRACTORES DE CORAZONES VIBRATORIOS
- EXTRACTORES DE CORAZONES POR FLEXOPREFORACION
- EXTRACTORES DE CORAZONES OPERADOS A CONTROL REMOTO
- EXTRACTORES DE CORAZONES DE GRAVEDAD

#### A) PERFORACIÓN Y MUESTREO DESDE UN SOPORTE SUPERFICIAL

ESTA TÉCNICA REQUIERE DE EMBARCACIONES EQUIPADAS PARA ESTE PROPÓSITO, CON UNA TORRE DE PERFORACIÓN, O BIEN SE PUEDEN REALIZAR DESDE UNA PLATAFORMA. EL PROCEDIMIENTO QUE SE SIGUE ES EL SIGUIENTE:

SE AVANZA LA BROCA DE PERFORACIÓN, POR ROTACIÓN DENTRO DEL SUBSUELO Y SE BOMBEA FLUIDO DENTRO DE LA TUBERIA DE PERFORACIÓN, CON OBJETO DE QUE SE ARRASTRE EL SUELO CORTADO DEL FONDO MARINO. UNA VEZ QUE SE ALCANZA LA PROFUNDIDAD SELECCIONADA, SE LEVANTA LA BROCA Y SE INSERTA EL MUESTREADOR POR LA TUBERIA DE PERFORACIÓN QUE SIRVE COMO TUBO GUÍA.

SE HACE PENETRAR EL MUESTREADOR POR PRESIÓN O PERCUSIÓN. EN LOS MUESTREADORES DE PERCUSIÓN, EL HINCADO SE LOGRA GOLPEANDO UN YUNQUE FIJO AL MUESTREADOR, CON UN PESO



DESGLIZANTE DE 80 A 136 KILOGRAMOS DEJANDOLO CAER DE 1.5 A 3.0 METROS.

EN LOS MUESTREADORES POR PRESIÓN, SE FIJA ÉSTE A LA BROCA DE PERFORACIÓN Y SE HACE PENETRAR EN EL SUELO POR MEDIO DEL PESO DE LA TUBERIA DE PERFORACIÓN.

SE USAN TUBOS MUESTREADORES DE PARED DELGADA CON UN DIÁMETRO EXTERIOR DE 57 A 76 MM Y UNA LONGITUD DE 0.6 A 0.9 MTS. EN LA PRÁCTICA SE REALIZA UN MUESTREO CONTINUO LOS PRIMEROS 10 METROS, DESPUÉS UN MUESTREO CADA 1.5 A 5.00 METROS. LA SECUENCIA DE MUESTREO DEPENDE DE LA HETEROGENEIDAD DEL SUELO Y DE LAS ESPECIFICACIONES REQUERIDAS.

LA MAXIMA PROFUNDIDAD QUE SE PUEDE ALCANZAR CON ESTA TÉCNICA DEPENDE DEL EQUIPO Y DE LA LONGITUD DE LA TUBERÍA DE PERFORACIÓN, VARIANDO DE 450 A 1000 METROS. EN CONDICIONES IDEALES DE TIEMPO, CON PROFUNDIDAD DE AGUA MENORES DE 100 METROS, SE PUEDE OBTENER UNA MUESTRA POR HORA.

ESTA TÉCNICA PROVOCA ALTERACIÓN DE LAS MUESTRAS PRINCIPALMENTE POR: EL METODO USADO EN LA INSERCIÓN DEL MUESTREADOR, EL PEQUEÑO DIÁMETRO DEL MUESTREADOR, LA RELAJACIÓN DE ESFUERSOS SUBSECUENTE AL MUESTREO Y LA ALTERACIÓN CAUSADA POR LA CIRCULACIÓN DEL FLUIDO DE PERFORACIÓN.

LO ANTERIOR INDICA QUE EN ARCILLAS BLANDAS NO SE PUEDEN UTILIZAR LAS MUESTRAS PARA DETERMINAR LA RESISTENCIA CORTANTE; EN ARCILLAS PRECONSOLIDADAS LA ALTERACIÓN QUE SE PRODUCE ES PEQUEÑA, POR LO QUE LAS MUESTRAS SON REPRESENTATIVAS DE LAS CARACTERÍSTICAS MECÁNICAS DEL SUELO; Y EN ARENAS, DEBIDO A LA ALTERACIÓN PRODUCIDA SOLO SE PUEDEN USAR PARA IDENTIFICACIÓN.

#### B) EXTRACTORES DE CORAZONES OPERADOS POR BUZOS

ESTOS APARATOS SE APOYAN EN EL FONDO MARINO Y SON OPERADOS POR BUZOS A PROFUNDIDADES DE AGUA MENORES DE 40 METROS POR RAZONES ECONÓMICAS. SE PUEDEN USAR COMO MUESTREADORES O PARA EJECUTAR PRUEBAS "IN SITU". CONSTAN DE UN MARCO QUE DESCANSA SOBRE UN TRIPIE Y TRES GATOS AJUSTABLES, UNA CABEZA ROTATORIA CON DOS MOTORES HIDRÁULICOS INDEPENDIENTES Y UNA TORRE INCLINABLE DE 3.35 METROS.

TIENEN ADEMÁS UN MALACATE, 100 METROS DE CABLE Y TRAMOS DE 1.5 METROS DE TUBERÍA DE PERFORACIÓN. ESTAN CONECTADOS A UNA CENTRAL HIDRÁULICA EN LA CUBIERTA DE LA EMBARCACIÓN.

EL MUESTREADOR ES UN BARRIL ROTATORIO DOBLE DE 1.5 METROS QUE CONSTA DE UN BARRIL EXTERIOR GIRATORIO CON UNA BROCA Y DE UN BARRIL INTERIOR QUE NO GIRA, CON OBJETO DE LIMITAR LA ALTERACIÓN DE LAS MUESTRAS OBTENIDAS

LA PENETRACIÓN SE LOGRA POR ROTACIÓN Y EMPUJE, ESTE ULTIMO VARIA DE 2 A 4 TONELADAS APLICADAS POR MEDIO DE GATOS HIDRAÚLICOS. EL MUESTREO SE TOMA CONTINUAMENTE EN TRAMOS IGUALES A LA LONGITUD DEL BARRIL (1.5 MTS) Y SE OBTIENEN PENETRACIONES DE 30 A 60 METROS DEPENDIENDO DEL MODELO DEL APARATO. LA CALIDAD DE LAS MUESTRAS VARIA AL TIPO DE SUELO, OBTENIENDOSE EN SUELOS BLANDOS MUESTRAS MUY ALTERADAS A CAUSA DE LA VELOCIDAD DE ROTACIÓN DEL BARRIL; EN ARENAS LAS MUESTRAS SE DISGREGAN Y ALTERAN POR LA CIRCULACIÓN DEL FLUIDO DE PERFORACIÓN. EN EL CASO DE ROCAS Y SUELOS ALTAMENTE CONSOLIDADOS, LAS MUESTRAS SON ACEPTABLES PARA LOS ANÁLISIS GEOTÉCNICOS.

ESTE APARATO SE PUEDE USAR, SOLO CUANDO EXISTAN EN EL LUGAR CORRIENTES DÉBILES Y OLAS MENORES DE 2.0 METROS, LA PERFORACIÓN APROXIMADA ES DE 7.0 METROS DE SONDEO POR DÍA Y EN SUELOS BLANDOS HASTA DE 15 METROS.

### C) EXTRACTORES DE CORAZONES VIBRATORIOS

LOS EXTRACTORES DE CORAZÓN VIBRATORIO SON APARATOS QUE SE HINCAN EN EL FONDO MARINO POR VIBRACIÓN O VIBROPERCUSIÓN. LOS HAY DE MUCHOS TIPOS: HIDRAÚLICOS, NEUMÁTICOS Y ELÉCTRICOS DE DIFERENTES PROFUNDIDADES DE PENETRACIÓN Y TAMAÑOS. LOS VIBROMUESTREADORES HIDRAÚLICOS CONSTAN DE TRES PARTES: DOS O CUATRO PESAS FUERA DE BALANCE

QUE AL GIRAR EN DIRECCIÓN CONTRARIA GENERAN VIBRACIÓN, UN APARATO PARA CONVERTIR LA VIBRACIÓN EN PERCUSIÓN Y UN SISTEMA PARA SUJETAR EL MUESTREADOR.

SE CONECTAN A LA EMBARCACIÓN POR UN JUEGO DE TUBOS FLEXIBLES QUE LLEVAN LAS LÍNEAS QUE ABASTECEN AL MOTOR HIDRAÚLICO Y LAS LÍNEAS DE CONTROL. PESAN DE UNA A CUATRO TONELADAS Y LA LONGITUD DE EL BARRIL MUESTREADOR VARÍA DE TRES A NUEVE METROS CON UN DIÁMETRO DE 114-330 MM. LOS BARRILES ESTAN EQUIPADOS CON VALVULAS DE RETENCION QUE SIRVEN PARA DETENER LOS SEDIMENTOS SUELTOS.

EL MUESTREO SE HACE CONTINUO EN TODA LA LONGITUD DEL BARRIL O HASTA EL RECHAZO. UNA VEZ QUE SE TOMO LA MUESTRA SE SACA EL APARATO JALÁNDOLO CON EL CABLE QUE LO SOSTIENE. SI NO SE PUEDE, ES POSIBLE ACCIONAR EL VIBRADOR EN SENTIDO CONTRARIO AL DEL HINCADO, Y JALAR SIMULTANEAMENTE EL CABLE, ESTO NO ES RECOMENDABLE YA QUE AUMENTA LA ALTERACIÓN DE LA MUESTRA.

EN TODOS ESTOS APARATOS, DEPENDIENDO DE SU TIPO LA PENETRACIÓN QUE SE OBTIENE ES DE UNOS CUANTOS METROS, POR EJEMPLO CON EL VIBROMUESTREADOR ANULAR, SE ALCANZAN VEINTE METROS DE PENETRACIÓN EN SEDIMENTOS SUELTOS O MEDIANAMENTE CONSOLIDADAS, CON EL TIPO "FRABELTA" SE PUEDEN ALCANZAR DIEZ METROS DE PENETRACIÓN EN ARENAS.

PARA BAJAR EL APARATO DE LA EMBARCACIÓN AL AGUA SE USA UNA GRUA DE PUENTE O UN PÓRTICO SITUADO EN LA POPA, ÉSTE APARATO PUEDE OPERAR A PROFUNDIDADES DE AGUA QUE VARÍA DE TREINTA A DOSCIENTOS METROS, CON UNA ALTURA MAXIMA DE OLAS DE METRO Y MEDIO. LAS CORRIENTES NO DEBEN EXCEDER DE DOS O TRES NUDOS.

SE PUEDEN MUESTREAR APROXIMADAMENTE DE TRES A CINCO METROS POR HORA, CON UN PORCENTAJE DE RECUPERACIÓN DEL OCHENTA AL CIEN POR CIENTO, DEPENDIENDO DE MATERIAL. ÉSTO SE LOGRA GRACIAS A UNA VALVULA DE RETENCION

ÉSTOS APARATOS SON APROPIADOS PARA MUESTREAR EN TERRENOS SUELTOS Y/O HETEROGÉNEOS. EN ARENAS BLANDAS LA PENETRACIÓN SE OBTIENE POR VIBRACIÓN Y EN ARENAS, GRAVAS O SUELOS DE MADIANA CONSOLIDACIÓN POR VIBROPERCUSIÓN.

LAS MUESTRAS QUE SE OBTIENEN CUANDO SE HINCA EL APARATO POR VIBRACIÓN SON ACEPTABLES PARA LOS ESTUDIOS GEOTÉCNICOS; CUANDO SE UTILIZA LA VIBROPERCUSIÓN LAS MUESTRAS SE USAN PARA IDENTIFICACIÓN.

LOS VIBROMUESTRADORES NEUMÁTICOS TIENEN UNA PENETRACIÓN AUN MENOR, DEBIDO AL PEQUEÑO DIÁMETRO DE LOS CORAZONES QUE SE OBTIENEN NO SE PUEDE IMPEDIR UNA ALTERACIÓN CONSIDERABLE DE LAS MUESTRAS.

## D) EXTRACTORES DE CORAZON POR FLEXOPERFORACION

ES MANEJADO A CONTROL REMOTO, DESCANSA EN UN TRIPIE DE NUEVE METROS DE ALTURA APOYADO EN DOS PLACAS DE UN METRO CUADRADO Y EN OTRA DE DOS.

EL MECANISMO DE PERFORACIÓN ESTA INTEGRADO POR UNA SECCIÓN RÍGIDA Y POR UN TUBO FLEXIBLE, QUE ACTUA COMO VARILLA DE PERFORACIÓN ENROLLADO EN UN TAMBOR DE 3.1 METROS DE DIÁMETRO EXTERIOR, LA PARTE RIGIDA CONSISTE EN UN EXTRACTOR DE CORAZONES Y UN ELECTROPERFORADOR DE CUARENTA CABALLOS DE FUERZA. LA LONGITUD DEL TUBO FLEXIBLE ES DE CINCUENTA METROS MISMA DISTANCIA QUE ES LA MAXIMA DE PERFORACIÓN. ÉSTE TUBO SE ENROLLA EN EL TAMBOR POR MEDIO DE UN MOTOR HIDRAÚLICO, EL CUAL ES ALIMENTADO POR UNA PLANTA DE PODER LOCALIZADA EN LA EMBARCACIÓN.

PARA QUE EL BARRIL PUEDA MUESTREAR, ES NECESARIO QUE LA BROCA INTERIOR QUE SE USA PARA PERFORAR SEA LEVANTADA DE SU POSICIÓN, ESTO SE LOGRA MEDINTE UN MECANISMO LIBERADOR, CONTROLANDO LA ROTACIÓN DE LA BROCA Y LA CIRCULACIÓN DEL FLUIDO DE PERFORACIÓN EN EL MUESTREADOR.

LA CARGA MAXIMA SOBRE LA BROCA ES DE UNA TONELADA Y LA VELOCIDAD DE ROTACIÓN DEL ELECTROPERFORADOR ES DE 900 RPM.

LAS DIMENSIONES DE LOS CORAZONES QUE SE OBTIENEN SON DE UN METRO DE LONGITUD Y DE 10.6 CENTIMETROS DE DIÁMETRO. ESTE APARATO PESA ONCE TONELADAS EN EL AGUA Y PUEDE SER OPERADO A PROFUNDIDADES DE 100 METROS, TOLERA CORRIENTES DE TRES NUDOS Y OLAS DE 1.5 METROS.

LA SECUENCIA DE OPERACIÓN DE ESTE APARATO COMPRENDE: BAJAR EL APARATO A FONDO MARINO, PERFORAR HASTA LA PROFUNDIDAD DESEADA, TOMAR UNA MUESTRA, RECOGER EL APARATO, DESCONECTAR EL ELECTROPERFORADOR, EXTRAER EL CORAZÓN, LIMPIAR EL MACANISMO LIBERADOR Y RECONECTAR EL ELECTROPERFORADOR. TODAS ESTAS OPERACIONES SE LLEVAN A CABO APROXIMADAMENTE EN TRES HORAS.

SE OBTIENEN MUESTRAS REPRESENTATIVAS EN ARCILLAS PRECONSOLIDADAS Y EN ROCAS SUAVES. EL MUESTREO EN ARENAS DENSAS ALTERA SU ESTRUCTURA Y PROPIEDADES MECÁNICAS, ADEMÁS DE QUE EL PORCENTAJE DE RECUPERACIÓN ES MUY BAJO SI LAS ARENAS NO ESTÁN CEMENTADAS. EN ARENAS SUeltas Y ARCILLAS SUAVES SE PUEDE USAR EN VEZ DEL BARRIL ROTATORIO UN MUESTREADOR CON UN PISTÓN NEUMÁTICO, ESTE ÚLTIMO EQUIPO SE USA CON FRECUENCIA DEBIDO A QUE EL EXTRACTOR DE CORAZONES ROTATORIO ALTERA TOTALMENTE LA ESTRUCTURA DE ÉSTE TIPO DE SUELOS POR SU ELEVADA VELOCIDAD DE ROTACIÓN.

## C) EXTRACTORES DE CORAZON ROTATORIOS OPERADOS A CONTROL REMOTO

ESTOS APARATOS SE HAN CONSTRUIDO EN AÑOS RECIENTES Y ALGUNOS ESTÁN EN UNA ETAPA DE PROYECTO O DE EXPERIMENTACIÓN, UNO DE LOS MODELOS QUE EXISTE ES EL "MARICOR" QUE ESTA INTEGRADO POR LAS SIGUIENTES PARTES: UNA BASE DE SIETE METROS DE LADO QUE DESCANSA EN TRES GATOS, UN ALMACÉN QUE CUENTA CON 20 TUBOS DE PERFORACIÓN DE TRES METROS DE LARGO, Y DOS BARRILES MUESTREADORES, UN CILINDRO MAESTRO QUE LIGA LOS TUBOS DE PERFORACIÓN, UNA CAJA ROTATORIA QUE PERMITE LA ROTACIÓN DE LOS TUBOS DE PERFORACIÓN, Y UN APARATO PARA LEVANTAR LOS BARRILES MUESTREADORES LLENOS A LA SUPERFICIE PARA REGRESARLOS POSTERIORMENTE. LOS BARRILES SON CONDUCIDOS DEL APARATO A LA EMBARCACIÓN POR MEDIO DE DOS CABLES GUIAS QUE TIENEN QUE PERMANECER TENSOS, POR ESTA RAZON ESTE METODO PERMITE UN MOVIMIENTO MÁXIMO DE DOS METROS DE LA EMBARCACIÓN CON RESPECTO A LA VERTICAL QUE PASA POR EL APARATO.

EL EQUIPO ES CONTROLADO POR MEDIO DE 78 CABLES CONDUCTORES Y LOS PARAMETROS QUE MIDEN SON: LA VELOCIDAD DE ROTACIÓN DE LA TUBERIA DE PERFORACIÓN, EL MOMENTO TORSIONANTE, EL PESO SOBRE LA BROCA, LA PRESIÓN DEL FLUIDO DE PERFORACIÓN Y LA VELOCIDAD DE PENETRACIÓN DENTRO DE LA FORMACIÓN.



ESTE APARATO PUEDE SER OPERADO A UNA PROFUNDIDAD MÁXIMA DE 200 METROS CON UNA PENETRACIÓN HASTA DE 60 METROS. EL MUESTREADOR TIENE UNA LONGITUD DE 2.2 METROS Y UN DIÁMETRO DE 5.7 CENTÍMETROS. ESTE APARATO ES PROPIO PARA EL MUESTREO EN SUELOS CONSOLIDADOS Y ROCAS. TIENE UNA ALTURA DE 11 METROS Y UN PESO APROXIMADO DE 11 TONELADAS

OTRO APARATO QUE EXISTE ES EL "NCEL" QUE PUEDE OBTENER MUESTRAS HASTA LOS 1800 METROS DE PROFUNDIDAD. DE LOS DEMÁS APARATOS SE PUEDE DECIR EN TERMINOS GENERALES QUE SON IMPULSADOS POR FUENTES ELÉCTRICAS O ELECTROHIDRAÚLICAS Y QUE TIENEN UNA PENETRACIÓN DE UNOS CUANTOS METROS.

#### F) EXTRACTORES DE CORAZONES DE GRAVEDAD

SON APARATOS QUE SE DEJAN CAÉR DESDE UNA ALTURA PRE-DETERMINADA PARA QUE PENETREN Y MUESTREN EL SUELO POR MEDIO DE LAS FUERZA DE GRAVEDAD. PESAN DE 300 A 1500 KILOGRAMOS, CONSTAN DE UN BARRIL MUESTREADOR, UN LASTRE Y ÚN CABLE QUE LOS SOSTIENE Y LIGA A LA EMBARCACIÓN. LA LONGITUD DEL BARRIL MUESTREADOR VARIA DE 2 A 20 METROS DEPENDIENDO DEL TIPO DE MUESTREADOR. EN ARENAS, ESTOS APARATOS OBTIENEN PENETRACIONES DE 1 A 3 METROS, EN ARCILLAS LIGERAMENTE CONSOLIDADAS DE 8 A 10 METROS Y EN ARCILLAS BLANDAS HASTA DE 20 METROS.

TAMBIÉN SE HAN DESARROLLADO MUESTREADORES DE PISTÓN ESTACIONARIO QUE SON BASICAMENTE IGUALES A LOS MUESTREADORES DE GRAVEDAD, PERO TIENEN ADEMÁS UN PISTÓN QUE PERMANECE EN LA PARTE BAJA DEL MUESTREADOR HASTA QUE ESTE ENTRA EN CONTACTO CON EL SUELO. ESTE PISTÓN ES MÓVIL Y ASCIENDE CUANDO LA MUESTRA ESTA ENTRANDO AL BARRIL, PRODUCIENDO CON ÉSTO UN EFECTO DE SUCCIÓN SOBRE LA MUESTRA; EL DIÁMETRO DE LA MUESTRA VARIA DE 40 A 120 MILIMETROS, OBTENIENDOSE MENOR ALTERACIÓN CUANDO EL DIÁMETRO DEL EXTRACTOR ES MAYOR Y CUANDO LA VELOCIDAD DE PENETRACIÓN ES ALTA Y CONSTANTE.

LAS MUESTRAS QUE SE OBTIENEN SE USAN GENERALMENTE PARA OBTENER LÍMITES, DISTRIBUCIÓN GRANULOMÉTRICA, DENSIDADES, ETC, PERO NO SE USAN PARA OBTENER RESISTENCIAS Y COMPORTAMIENTOS CARGA DEFORMACIÓN, YA QUE SON POCO REPRESENTATIVAS, DEBIDO A SU CONSIDERABLE ALTERACIÓN. PRODUCIDA POR LA INTRODUCCION DEL MUESTREADOR

#### G) TRATAMIENTO DE LAS MUESTRAS OBTENIDAS

TODO EL MATERIAL MUESTREADO SEA ALTERADO O NO, SE RETIENE EN EL BARCO PARA SU INSPECCIÓN Y ENSAYO, ES RECOMENDABLE QUE EL SUPERVISOR HAGA UN REPORTE DETALLADO DE CADA MUESTREO, INCLUYA LA RESISTENCIA A LA PENETRACIÓN, COMENTARIOS DE CUALQUIER PROBLEMA DURANTE EL MUESTREO Y EL TIEMPO TOMADO PARA RECUPERAR LA MUESTRA.

## H) ALMACENAJE DE MUESTRAS

LAS MUESTRAS INALTERADAS QUE SE VAN A DESTINAR A LOS LABORATORIOS EN TIERRA, DEBEN PERMANECER EN EL TUBO MUESTREADOR SELLADAS Y ALMACENADAS BAJO LA PRESIÓN A LAS QUE ESTABAN SUJETAS IN SITU. LAS MUESTRAS ALTERADAS Y EL MATERIAL DE DESPERDICIO DE LAS PRUEBAS QUE SE EJECUTAN A BORDO DEL BARCO SE CONSERVAN EN BOLSAS O CAJAS DE PLÁSTICO PARA UNA INSPECCIÓN GEOLÓGICA DETALLADA EN TIERRA, AL ALMACENAR LAS MUESTRAS HAY QUE TENER MUCHO CUIDADO CON EL ORDEN EN QUE FUERON EXTRAÍDAS Y SU ORIENTACIÓN, ES RECOMENDABLE ETIQUETAR LAS MUESTRAS, NUMERANDOLAS, PONIENDO SU LOCALIZACIÓN Y LA FECHA EN QUE SE OBTUVIERON.

## I) DESCRIPCIÓN DE LAS MUESTRAS

ES IMPORTANTE DESCRIBIR DETALLADAMENTE CADA MUESTRA A BORDO DEL BARCO CUANDO SE ALMACENEN Y ENSAYEN, Y DESPUÉS EN LOS LABORATORIOS EN TIERRA. ÉSTA PRÁCTICA ES MUY RECOMENDABLE, YA QUE ASÍ SE REGISTRAN LOS CAMBIOS DE COLOR, ESTRUCTURA O CONDUCTA FÍSICA DE LA MUESTRA, DESDE SU COLECTA HASTA QUE SE SACA DEL MUESTREADOR, EN EL LABORATORIO. ÉSTOS CAMBIOS SE DEBEN FUNDAMENTALMENTE A LAS VARIACIONES DE TEMPERATURA Y PRESIÓN, AL MUESTREO, AL MANEJO, ALMECENAMIENTO Y TRANSPORTE.

LOS PRINCIPALES PUNTOS QUE DEBE CUBRIR LA DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA SON: COLOR, CONSISTENCIA, ESTRUCTURA, TAMAÑO DE LOS GRANOS Y OLOR. EL COLOR NATURAL DE LAS MUESTRAS ALTERADAS E INALTERADAS DEBE SER REGISTRADO INMEDIATAMENTE DESPUÉS DE LA OBTENCIÓN, TAMBIÉN SE DEBE REGISTRAR CUALQUIER CAMBIO DE COLOR QUE TENGA AL AGREGAR AGUA A UN PEDAZO DE SUELO.

DEBE HACERSE UNA DESCRIPCIÓN VERBAL DE LA DUREZA DE LA MUESTRA, BASANDOSE EN LA RESISTENCIA AL MUESTREO Y EN LA APARIENCIA DEL TUBO MUESTREADOR. TAMBIÉN SE REGISTRÁN LAS JUNTAS, FISURAS, CAMBIOS DE ESTRATIFICACIÓN, FRAGMENTOS ORGÁNICOS, ERRATICIDAD, TAMAÑO Y FRECUENCIA DE LOS AGUJEROS QUE PUEDA TENER LA MUESTRA Y OLOR QUE ES COMÚN DEBIDO A LA PRESENCIA DE GAS.

## III.2.2.- PRUEBAS DE LABORATORIO

PARA EFECTUAR ENSAYOS PRELIMINARES QUE PERMITAN DETERMINAR DE MANERA DIRECTA LOS PARAMETROS DE RESISTENCIA, DEFORMABILIDAD O CUALQUIER OTRO DATO QUE SE NECESITE PARA CONOCER A PRIORI LAS CARACTERISTICAS DE LOS SUELOS, SE HA INSTALADO UN PEQUEÑO LABORATORIO EN EL BARCO QUE SE UTILIZA PARA HACER LAS PRUEBAS, EL CUAL ESTA EQUIPADO PARA EFECTUAR PRUEBAS DE TORCOMETRO, VELETA MINIATURA, COMPRESION AXIAL NO CONFINADA (PENETROMETRO DE BOLSILLO), LIMITES DE ATTERBERG, DENSIDAD DE SOLIDOS Y GRANULOMETRIA; ADEMAS EN ESTE LOCAL SE LABRAN EMPARAFINAN E IDENTIFICAN LAS MUESTRAS OBTENIDAS DEL SONDEO, LAS QUE POSTERIORMENTE SON ENVIADAS AL LABORATORIO EN TIERRA PARA COMPLETAR SU ANALISIS; QUE COMPRENDE LAS PRUEBAS DE CORTE DIRECTO, TRIAXIAL RAPIDA, TRIAXIAL RAPIDA-CONSOLIDADA, TRIAXIAL LENTA, PRUEBA DE CONSOLIDACION Y ENSAYOS DE PERMEABILIDAD.

TAMBIEN EN LOS LABORATORIOS EN TIERRA SE HACEN ALGUNAS PRUEBAS GEOLOGICAS, TALES COMO PRUEBAS QUIMICAS SIMPLES, IDENTIFICACION DE LA ERRATICIDAD Y COMPARACION DEL TAMAÑO DE LOS GRANOS, COMO UN MEDIO PARA DETERMINAR LA HISTORIA DE DEPOSICION DE LOS SEDIMENTOS Y PRUEBAS SIMPLES DE MINERALOGIA.

## III.2.2.1.- PRUEBAS EN EL BARCO

## A) LIMITES DE ATTERBERG

ESTA ES UNA DE LAS PRUEBAS MAS USADAS POR SU SENCILLEZ, PARA LA IDENTIFICACION Y CLASIFICACION DEL SUELO. NOS INDICA LA PLASTICIDAD DEL MATERIAL, QUE ES UNA PROPIEDAD CRITICA SOBRE TODO EN ARCILLAS, ES CIRCUNSTANCIAL Y DEPENDE DEL CONTENIDO DE AGUA, UNA ARCILLA SECA PUEDE TENER UNA ALTA CONSISTENCIA, EN CAMBIO, UNA CON GRAN CONTENIDO DE AGUA PRESENTA LAS PROPIEDADES DE UNA SUSPENSION LIQUIDA. ATTERBERG CLASIFICO LA PLASTICIDAD DE UN SUELO EN FUNCION DE DOS PARAMETROS, EL LIMITE LIQUIDO Y EL LIMITE PLASTICO Y BASANDOSE EN ESOS PARAMETROS CASAGRANDE PROPONE UNA CLASIFICACION QUE ES LA CARTA DE PLASTICIDAD.

**-LIMITE LIQUIDO**

ES LA FRONTERA ENTRE LOS ESTADOS SEMI-LIQUIDO Y PLASTICO. ATTERBERG LO DEFINIO COMO UNA PRUEBA DE LABORATORIO, LA CUAL PERFECCIONO CASAGRANDE, ESTANDARIZANDOLA, DE MANERA QUE EN DIFERENTES LABORATORIOS SE OBTIENEN LOS MISMOS RESULTADOS PARA UN SUELO DADO.

LA PRUEBA CONSISTE EN UNA COPA EN LA CUAL SE PONE UN POCO DE MATERIAL REMOLDEADO, HACIENDO EN ESTE UNA RANURA

TRAPECIAL DE 8 MM. DE ALTO, 2 MM. DE BASE Y 11 MM. EN LA PARTE SUPERIOR, LA CUAL DEBE CERRARSE AL GOLPEAR LA COPA 25 VECES, EN UNA BASE SOLIDA DESDE UNA ALTURA DE 1 CM, CON UN RITMO DE 20 GOLPES/MIN, PARA LOGRAR UNA RESISTENCIA AL CORTE DE 25 g/cm<sup>2</sup>

#### -LIMITE PLASTICO

ES EL PUNTO ENTRE LOS ESTADOS PLASTICO Y SEMISOLIDO, AL IGUAL QUE EL LIMITE LIQUIDO, ATTERBERG PROPUSO UN PROCEDIMIENTO PARA ENCONTRARLO PERO FUE TERZAGHI EL QUE PUSO LAS CONDICIONES DE LA PRUEBA.

LA PRUEBA CONSISTE EN ROLAR UN PEDAZO DE MATERIAL SOBRE UN CRISTAL, EL CUAL SE GIRA HASTA ALCANZAR 3 MM DE DIAMETRO. Y EN ESE PUNTO DEBE OCURRIR DESMORONAMIENTO O AGRIETAMIENTO, SE LE VA QUITANDO HUMEDAD A LA MUESTRA REPITIENDO EL PROCESO Y EN EL MOMENTO QUE SE CUMPLE LA CONDICION ANTERIOR, ESA HUMEDAD ES EL LIMITE PLASTICO.

#### -ÍNDICE DE PLASTICIDAD

ES UNA PROPIEDAD DE CADA MATERIAL QUE INDICA EL INTERVALO DE HUMEDADES DENTRO DE LAS CUALES EL MATERIAL ESTA EN ESTADO PLASTICO, ESTE SE OBTIENE A PARTIR DE LA DIFERENCIA ENTRE EL LIMITE PLASTICO Y EL LIMITE LIQUIDO.

## B) DENSIDAD DE SOLIDOS

ES UNA PROPIEDAD DE LOS SUELOS EN FUNCION DEL PESO VOLUMETRICO. PARA SU DETERMINACION SE UTILIZA UN MATRAZ DE 500 ML CALIBRADO, SE LE INTRODUCE UN POCO DE MATERIAL, SE ENCUENTRA SU VOLUMEN Y LA DENSIDAD SE OBTIENE DIVIDIENDO SU PESO ENTRE SU VOLUMEN.

## C) GRANULOMETRIA

EL COMPORTAMIENTO DE LOS SUELOS GRANULARES DEPENDE EN GRAN PARTE DEL TAMAÑO DE LOS GRANOS Y SU DISTRIBUCION, PARA OBTENER ESTO EXISTEN DOS PROCEDINIENTOS, EL ANALISIS MECANICO Y EL ANALISIS POR HIDROMETRO, CON LOS RESULTADOS DE ESTAS PRUEBAS SE PUEDEN CLASIFICAR LOS SUELOS EN BASE A DIFERENTES CRITERIOS, UNO DE LOS MAS USADOS ES SISTEMA UNIFICADO DE CLASIFICACION DE SUELOS EL CUAL CONSIDERA GRAVA A LOS FRAGMENTOS MAYORES DE LA MALLA 40, ARENA LOS COMPRENDIDOS ENTRE LA 40 Y LA 200 Y FINOS LOS MENORES DE LA 200

## -ANALISIS MECANICO

CONSISTE EN HACER PASAR UNA MUESTRA DE SUELO SUCESIVAMENTE A TRAVES DE UN JUEGO DE MALLAS DE ABERTURAS DESCENDENTES, SE PESAN LOS RETENIDOS EN CADA MALLA Y SE



EXPRESAN EN PORCENTAJE DEL TOTAL, ESTE MÉTODO SE DIFICULTA CUANDO LAS ABERTURAS SON PEQUEÑAS (0.074 MM.) Y SUELE REQUERIR AGUA PARA AYUDAR AL PASO DE LA MUESTRA .

### -ANÁLISIS POR HIDRÓMETRO

ESTE ANÁLISIS SE BASA EN LA LEY DE STOKES QUE PROPORCIONA UNA RELACIÓN ENTRE LA VELOCIDAD DE SEDIMENTACIÓN DE LAS PARTICULAS EN UN FLUIDO Y EL TAMAÑO DE ESAS PARTICULAS

$$V = \frac{2}{9} \frac{(\rho_s - \rho_f) g r^2}{\eta}$$

DONDE

- V-VELOCIDAD DE SEDIMENTACIÓN DE LA PARTÍCULA EN CM/SEG
- $\rho_s$ -PESO ESP. DE LA PARTÍCULA EN G/CM<sup>3</sup>
- $\rho_f$ -PESO ESP. DEL FLUIDO EN G/CM<sup>3</sup>
- N-VISCOSIDAD DEL FLUIDO EN G SEG/CM<sup>2</sup>
- D-DIÁMETRO DE LA PARTÍCULA

AL EXPRESAR EN UNA RELACIÓN ALGEBRAICA EL TAMAÑO DE LA PARTÍCULA, EL TIEMPO DE SEDIMENTACIÓN DE CADA TAMAÑO Y LA DENSIDAD DE LA SUSPENSIÓN SE PUEDE OBTENER UNA CURVA GRANULOMÉTRICA.

## D) TORCÓMETRO

ES UN APARATO QUE SIRVE PARA DETERMINAR LA RESISTENCIA AL CORTE, CONSISTE EN UN RESORTE CALIBRADO QUE EN UNO DE LOS EXTREMOS TIENE DOS PEQUEÑAS PALETAS QUE SE ENCAJAN EN EL SUELO Y EN EL OTRO UNA CARÁTULA GRADUADA EN LA CUAL AL DARLE VUELTA SE INDICA LA FUERZA TORCIONANTE NECESARIA PARA ROMPER EL SUELO, LA VELOCIDAD DE APLICACIÓN ES DE UNA VUELTA POR MINUTO, LA COHESIÓN SE LEE DIRECTAMENTE EN LA CARÁTULA, LA CUAL TIENE DIVISIONES DE  $0.1 \text{ KG/CM}^2$ .

## E) PENETRÓMETRO DE BOLSILLO

ES UN APARATO QUE PERMITE CONOCER EN FORMA APROXIMADA LA RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN AXIAL NO CONFINADA, CONSISTE EN UN MECANISMO EN FORMA DE CILINDRO DE ALUMINIO, CON UN PISTÓN DE CARGA Y UN RESORTE CALIBRADO, EL BARRIL DEL PISTON ESTA MARCADO CON DIVISIONES EN  $\text{KG/CM}^2$ .

PARA REALIZAR LA PRUEBA SE COLOCA EL ANILLO EN LA PARTE INFERIOR Y SE HACE PENETRAR EL PISTÓN EN EL SUELO, CUANDO SE ROMPE LA POSICIÓN DEL ANILLO NOS INDICA EL ESFUERZO DE RUPTURA.

## F) VELETA MINIATURA

ESTE INSTRUMENTO SIRVE PARA EFECTUAR PRUEBAS DE COMPRESIÓN NO CONFINADA EN SUELOS REMOLDEADOS, LA PRUEBA CONSISTE EN COLOCAR EL MATERIAL REMOLDEADO EN UN CILINDRO QUE SE ASEGURA A LA PLACA DE LA VELETA, SE INTRODUCE LA VELETA EN EL SUELO Y SE LE APLICA UNA VELOCIDAD ANGULAR CONSTANTE DE TAL MANERA QUE LA PRUEBA DURE UNOS 15 MINUTOS, OBTENIENDOSE LECTURAS DE CARGA CADA 30 SEG.

LA RESISTENCIA AL CORTE SE CALCULA CON LA ECUACION:

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

DONDE: S-RESISTENCIA AL CORTE  
T-PAR TORSIONANTE MAXIMO  
D-DIÁMETRO DE LA VELETA  
H-ALTURA DE LA VELETA

### III.2.2.2.- PRUEBAS EFECTUADAS EN TIERRA (DENTRO DE COSTA)

#### A) PRUEBA AL CORTE DIRECTO

ESTA ES UNA PRUEBA MUY SIMPLE PARA DETERMINAR EL ANGULO DE FRICCION INTERNA Y LA COHESION DE UN MATERIAL; SE COLOCA UNA MUESTRA EN UN MARCO DE CARGA Y SE LE APLICA UNA FUERZA CORTANTE HASTA QUE FALLE Y SE VAN MIDRIENDO LAS DEFORMACIONES; LAS PRINCIPALES DESVENTAJAS DE ESTA PRUEBA SON: LA VARIACION EN LA SUPERFICIE DE EL PLANO DE FALLA , LOS ESFUERZOS DEBIDOS A TENSIONES CAPILARES Y LA VARIACION EN EL CONTENIDO DE AGUA.

#### B) PRUEBA TRIAXIAL RAPIDA

EN ESTA PRUEBA SE PONE LA MUESTRA EN UNA CAMARA TRIAXIAL. NO SE LE PERMITE EN NINGUNA ETAPA CONSOLIDARSE AL CERRAR TODAS LAS VALVULAS, SE LE APLICA AL ESPECIMEN UNA PRESION HIDROSTATICA Y SE HACE FALLAR INMEDIATAMENTE, CON ESTA PRUEBA SE OBTIENE UNA GRAFICA PARALELA AL EJE DE LAS ABCISAS AL VARIAR LA PRESION HIDROSTATICA.

#### C) PRUEBA TRIAXIAL RAPIDA-CONSOLIDADA

ESTA PRUEBA ES SIMILAR A LA ANTERIOR SOLO QUE AL PRINCIPIO SE LE APLICA UNA PRESION HIDROSTATICA Y SE DEJA

CONSOLIDAR PARA ESA CARGA, LLEGANDO A SER ESTE ESFUERZO EFECTIVO, EN SEGUIDA SE CIERRAN TODAS LAS VALVULAS DE DRENAJE Y SE LLEVA RAPIDAMENTE A LA FALLA SIN PERMITIR CAMBIOS DE VOLUMEN NI DE CONTENIDO DE AGUA.

#### D) PRUEBA TRIAXIAL LENTA

ÉSTA PRUEBA TIENE LA CARACTERISTICA QUE LOS ESFUERZOS APLICADOS SON EFECTIVOS, PRIMERO SE PONE UNA CARGA HIDROSTATICA Y SE DEJA A LA MUESTRA CONSOLIDARSE HASTA QUE EL ESFUERZO LO ESTEN TOMANDO LOS SOLIDOS, DESPUES SE LE VAN APLICANDO PEQUENAS CARGAS HASTA QUE FALLE, DEJANDO EN CADA INCREMENTO TIEMPO NECESARIO PARA QUE LA PRESION DE PORO EN LA MUESTRA SE HAGA NULA.

#### E) PRUEBA DE CONSOLIDACION

PARA LA REALIZACION DE ESTA PRUEBA SE PONE UNA MUESTRA CILINDRICA (RODEADA DE UN ANILLO METALICO QUE NO PERMITE DEFORMACIONES LATERALES) EN UN MARCO DE CARGA AL CUAL SE LE PONEN PEQUENOS INCREMENTOS DE PESO Y MIDIENDO SUS DEFORMACIONES A TAVES DEL TIEMPO, ASI SE OBTIENEN LAS GRAFICAS DE CONSOLIDACION (DEFORMACION-TIEMPO). CON ESTO SE PUEDEN OBTENER LAS GRAFICAS DE COMPRESIBILIDAD (QUEVEDAD-PRESION), LAS QUE NOS DAN EL COMPORTAMIENTO DEL SUELO E INDICAN LA CARGA MAXIMA A LA QUE HA ESTADO SUJETO.

EL CONOCIMIENTO DE ESTE COMPORTAMIENTO ES MUY IMPORTANTE YA QUE EL PROCESO DE DEFORMACIÓN DE UNA ARCILLA TIENE LUGAR TIEMPO DESPUES DE LA APLICACIÓN DE LAS CARGAS, POR LO QUE ES POSIBLE EL AGRIETAMIENTO DE UNA ESTRUCTURA VARIOS AÑOS DESPUÉS DE SU CONSTRUCCIÓN, SIN QUE EL PROYECTISTA PUEDA PREVEERLO A MENOS QUE CONOZCA EL COMPORTAMIENTO DE LOS SUELOS.

### III.2.2.3.- INTERPRETACION DE RESULTADOS

PARA INVESTIGACIONES CONVENCIONALES LA REPRESENTABILIDAD DE LAS MUESTRAS ES BAJA, POR LO QUE ES NECESARIO APLICARLE UN FACTOR DE AJUSTE PARA MEJORAR LA CALIDAD DE LOS DATOS, YA QUE DE NO HACER ÉSTO SE OBTENDRÍAN DATOS DEMASIADO CONSERVADORES Y POR LO TANTO DARÍAN COMO RESULTADO SOLUCIONES DE CIMENTACIÓN MUY CARAS.

COMO LA MAGNITUD DE LA ALTERACIÓN EN LAS MUESTRAS ES VARIABLE, EL FACTOR DE AJUSTE DEBE SER ALGO CONSERVADOR, AUN ASÍ EXISTE CIERTA INCERTIDUMBRE EN LA CONFIABILIDAD EN LOS DATOS.

USUALMENTE LA RESISTENCIA AL CORTE OBTENIDA EN PRUEBAS DE COMPRESIÓN Y TRIAXIALES REALIZADAS EN MUESTRAS POR PERCUSIÓN SE INCREMENTA EN UN 20 PORCIENTO.

## III.2.3.- PRUEBAS IN-SITU

## III.2.3.1.- POSICION DE LAS PRUEBAS IN-SITU

DEBIDO A LA DIFICULTAD PARA OBTENER MUESTRAS INALTERADAS EN EL SUBSUELO MARINO, A MEDIDA QUE LOS TIRANTES DE AGUA AUMENTAN SE HAN HECHO COMUNES LAS PRUEBAS IN-SITU PARA EL RECONOCIMIENTO DE LAS PROPIEDADES MECANICAS DE LOS SUELOS; EL AVANCE DE ESTAS PRUEBAS ESTA NORMADO POR EL ADELANTO DE LA TECNOLOGIA DE LAS PLATAFORMAS DE EXPLOTACION PETROLERA, LAS CUALES SON CADA VEZ MAS CAPACES DE OPERAR EN CONDICIONES SEVERAS.

SIN EMBARGO NO DEBENOS OLVIDAR QUE AUNQUE ESTAS PRUEBAS SEAN LLEVADAS A CABO EN CONDICIONES OPTIMAS PROPORCIONAN PARAMETROS COMPARATIVOS DEL SUELO, DE LOS CUALES SE PUEDEN INFERIR PROPIEDADES MECANICAS; EL MUESTREO SE MANTIENE COMO UN PUNTO INDISPENSABLE PARA EL CONOCIMIENTO DEL SUELO ASI COMO PARA SU IDENTIFICACION, ES DECIR QUE AMBOS SON COMPLEMENTARIOS Y ES NECESARIO SU CORRELACION PARA PODER USAR LOS RESULTADOS PARA DISENAR.

EN GENERAL EL COSTO DE ESTAS PRUEBAS ES MAYOR EN COMPARACION CON EL METODO TRADICIONAL DE MUESTREO, PERO DEBE TENERSE EN CUENTA QUE AUNQUE EL COSTO ES ALTO LA ECONOMIA VIENE CUANDO SE HACE EL DISEÑO DE LA ESTRUCTURA.

LAS PRUEBAS IN SITU SON PENETRACION CONICA, VELETA DE CONTROL REMOTO, PRESURIMETRO Y REGISTRADORES NUCLEARES.

### III.2.3.2.- PRUEBAS DE PENETRACION CONICA ( CPT )

ESTE EQUIPO FUE DESARROLLADO POR LA NECESIDAD DE OBTENER DATOS DEL SUBSUELO QUE ERAN DIFICILES DE OBTENER POR CUALQUIER OTRO METODO.

DESDE 1917 SE INICIARON PRUEBAS CON LOS CONOS MECANICOS QUE PENETRABAN EN EL SUELO AL RECIBIR IMPACTOS DE PESOS CALIBRADOS. EN 1965 LA COMPANIA "FURGO" EN HOLANDA, DESARROLLO UN PENETROMETRO CONICO ELECTRICO CAPAS DE MEDIR TANTO LA RESISTENCIA POR PUNTA COMO LA DE FRICCION EN LA CAMISA DEL TUBO MEDIANTE CELDAS DE PRESION Y DEFORMIMETROS; AMBOS PARAMETROS SON REGISTRADOS EN UNA GRAFICA CONTINUA, SEGUN LA PROFUNDIDAD.

#### A) DESCRIPCION DE LOS PRINCIPALES SISTEMAS

##### -PENETROMETRO SEACALF

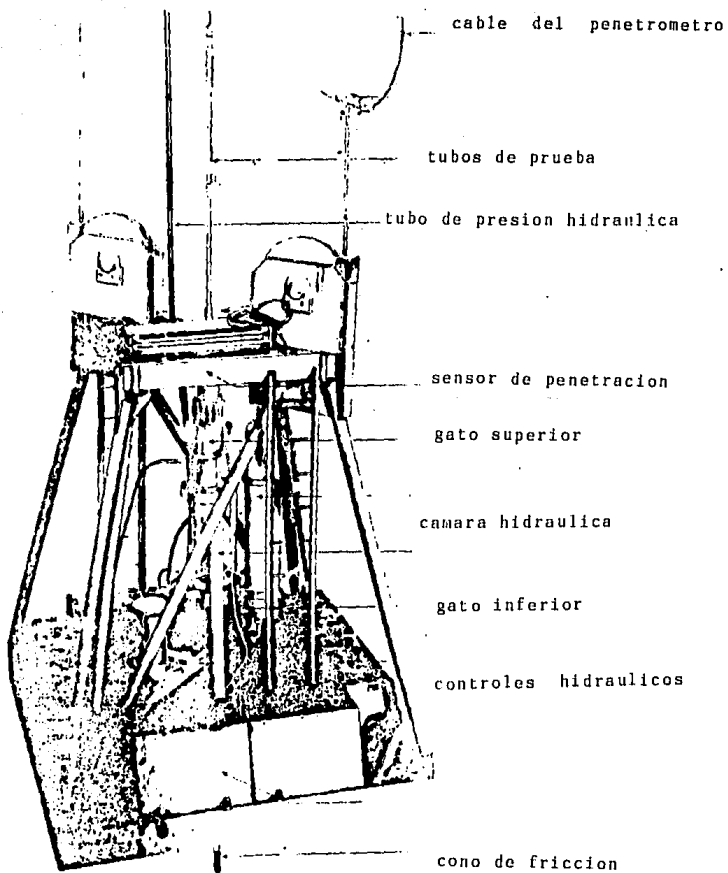
FUE INTRODUCIDO EN 1972 EN EL MAR DEL NORTE, ES UN PENETROMETRO CON MARCO QUE ES BAJADO AL FONDO DEL MAR POR MEDIO DE CABLES Y OPERADO A CONTROL REMOTO DESDE LA SUPERFICIE.



EL EQUIPO CONSTA DE UN MARCO LASTRADO DE 10 A 30 TONELADAS QUE DESCANSA EN EL FONDO DEL MAR EN UNA BASE CUADRADA QUE MIDE DE 2.5 A 3 METROS POR LADO, UN CILINDRO HIDRAÚLICO CONTROLADO EN LA SUPERFICIE CON EL QUE SE INTRODUCE EL PISTÓN DE PERFORACIÓN, UNA SARTA DE TUBOS DE PERFORACIÓN DE 36 MM. DE DIAMETRO Y 30 M. DE LARGO, UNA UNIDAD PARA SUBIR Y BAJAR LA UNIDAD AL MAR, UN MOTOR PARA EXTRAER LA TUBERIA DE PERFORACIÓN QUE TRABAJA POR MEDIO DE CABLES, UNA PLANTA HIDRAÚLICA PARA ACCIONAR EL CILINDRO Y UN CABLE DE 8 CONDUCTORES QUE VA A TRAVÉS DEL TUBO DE PERFORACIÓN HASTA EL REGISTRADOR.

EL CONO PENETRA EN EL SUELO EN PASOS DE 60 CM. Y LAS MEDICIONES REGISTRADAS EN CADA SECUENCIA SON CONVIVADAS PARA PRODUCIR PERFILES CONTINUOS; EL INTERVALO DE LA VELOCIDAD DE PERFORACIÓN VARIA DE 1.5 A 2 CM/SEG PERO TOMANDO EN CUENTA DISCONTINUIDADES EN LA PENETRACIÓN SE OBTIENE UN AVANCE DE 20 M/HORA.

LOS PENETRÓMETROS SEACALF SON USADOS EN PROFUNDIDADES ENTRE LOS 100 Y LOS 150 METROS PERO SE PUEDEN USAR A MAYOR PROFUNDIDAD CON AYUDA DE UNA PLANTA HIDRAÚLICA SUMERGIDA Y MONTADA SOBRE EL MARCO; ESTE SISTEMA SE PUEDE USAR HASTA CON OLAS DE 2 M.



III.2.3.2.A.- PENETROMETRO SEACALF

### -PENETRÓMETRO HYSON

ESTE PENETRÓMETRO PESA 1500 KG. PERO AL SER LASTRADO O ANCLADO EN EL FONDO MARINO ES CAPAZ DE PROPORCIONAR UNA FUERZA DE 13 TONELADAS, LA UNIDAD CONSTA DE UN DISPOSITIVO DE SONDA QUE TIENE UN SISTEMA DE HINCADO, UN RECIPIENTE SELLADO PARA EL MOTOR ELÉCTRICO, UNA PLANTA HIDRAÚLICA Y UN ALMACEN DE DISTRIBUCIÓN TIPO BARRIL CON 40 TUBOS DE UN METRO DE LARGO Y 36 MM. DE DIAMETRO.

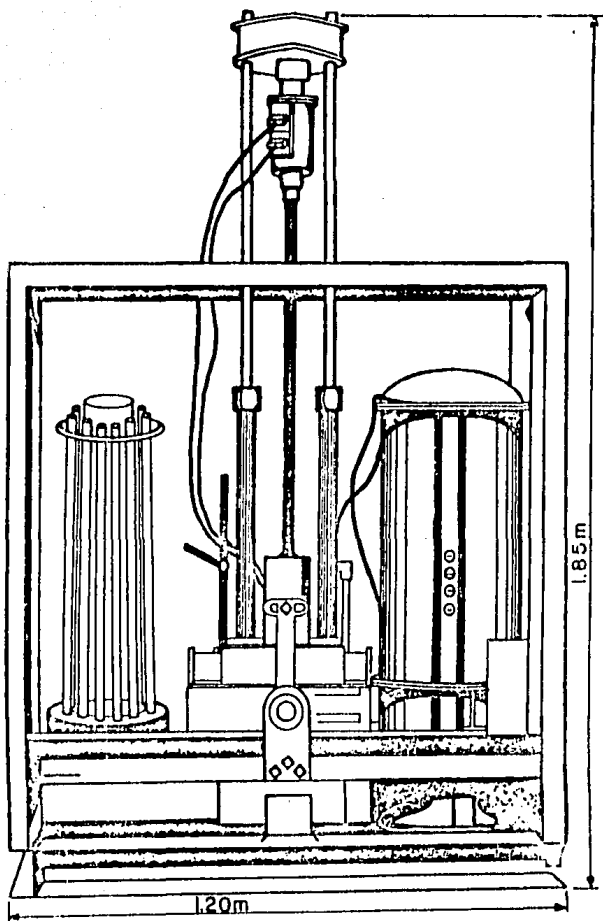
### -PENETRÓMETRO NGI

FUE DESARROLLADO POR EL "NORWEGIAN GEOTECHNICAL INSTITUTE" (NGI) PARA PLATAFORMAS AUTOELEVABLES (JACK-UP) Y ES ACCIONADO A TRAVÉS DEL TUBO DE PERFORACIÓN.

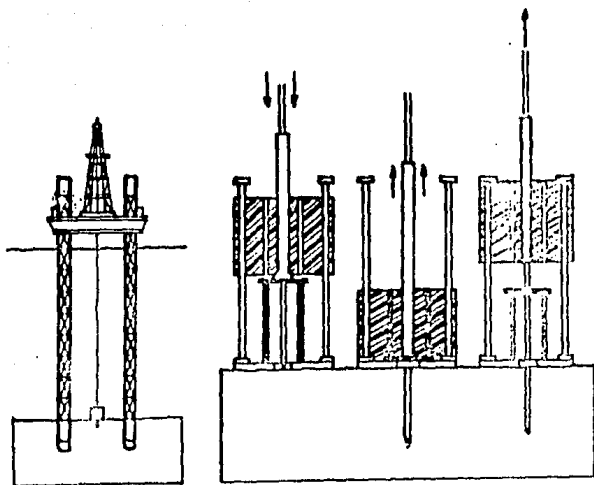
LA UNIDAD CONSISTE EN UN MODULO DE 5 TONELADAS QUE PASA A TRAVES DEL TUBO PRINCIPAL DE PERFORACIÓN, MIDE UNICAMENTE LA RESISTENCIA POR PUNTA POR MEDIO DE CELDAS VIBRATORIAS DE CORDÓN ELÉCTRICO.

### -PENETRÓMETRO SHELL

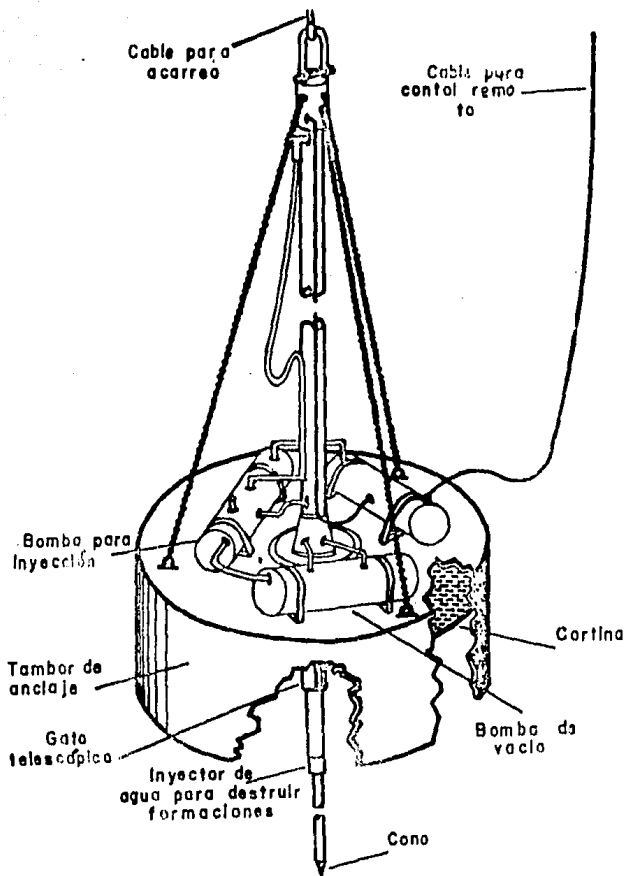
ESTE MODULO FUE DESARROLLADO POR LA COMPANIA SHELL EN EL AÑO DE 1970 Y ES UNA ADAPTACION DE UN PENETRÓMETRO TELESCÓPICO CON SISTEMAS DE MEDICIÓN Y UN SISTEMA DE ANCLAJE SUBMARINO CONSTITUÍDO POR UN TAMBOR QUE SE AGARRA AL FONDO



III.2.3.2.A.- PENETROMETRO HYSON



III.2.3.2.A.- PENETROMETRO NGI



III.2.3.2.A.- PENETROMETRO SHELL

MARINO POR PRESIÓN DE VACÍO LA QUE APORTA LA FUERZA NECESARIA PARA QUE EL CONO PENETRE EN EL TERRENO.

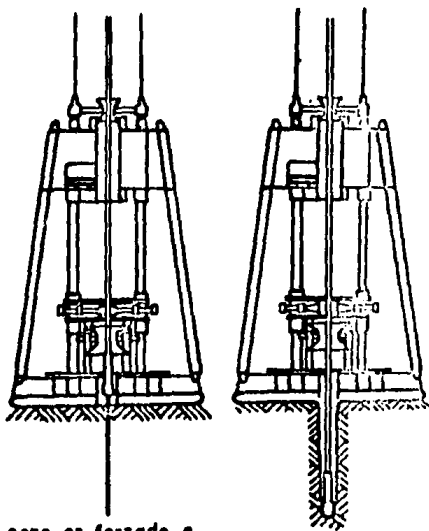
EL SISTEMA DE MEDICIÓN CONSISTE EN CELDAS MEDIDORAS DE PRESIÓN Y DEFORMACIÓN DE LAS QUE SE OBTIENE LA RESISTENCIA POR PUNTA Y LA FRICCIÓN LATERAL; PUEDE ALCANZAR HASTA 27 METROS DE PROFUNDIDAD EN 3 TRAMOS DE 9 M. PESA DE 6 A 7 TON. PERO TIENE UNA FUERZA DE 20 TON.

#### -SISTEMAS STINGRAY Y SEAJACK

CONSISTEN EN UN MARCO DE 3x9 METROS DE BASE, 3.5 DE ALTO Y 16 TON. DE PESO. EL CONO ES HINGADO CON AYUDA DE UNOS GATOS; SE LE PUEDE ADAPTAR MUESTREADORES O INCLUSO UNA VELETA AL SISTEMA.

#### -PENETRÓMETRO ESTÁTICO WILSON OPERADO POR CABLE

ES UN PENETRÓMETRO OPERADO CON CABLEGUA A TRAVÉS DE TUBERÍA DE PREFORACIÓN DE 4 A 5 PULGADAS. ES BAJADO HASTA LA PUNTA DE LA TUBERÍA Y FIJADO AHI POR UN SISTEMA DE SUJECCIÓN OPERADO POR CABLE. EL CONO ES INTRODUCIDO AL SUELO MEDIANTE UN GATO HIDRÁULICO DE 2 A 3 TON. CONTROLADO DESDE LA SUPERFICIE CON CARRERA MÁXIMA DE 2 M. CON UNA VELOCIDAD APROXIMADA DE 1 M/MIN. PUEDE OPERAR HASTA PROFUNDIDADES DE 180 M. Y OLAS DE 1.5 M.

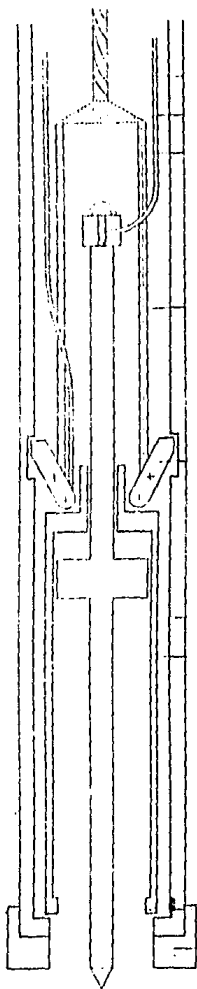


a) El cono es forzado a penetrar (mediante repetidas carreras del gato).

b) Cono y barra son extraídos. Un agujero es perforado para introducir el cono en él.

III.2.3.2.A.- SISTEMA STINGRAY





III.2.3.2.A.- SISTEMA WILSON

### -PENETROMETRO DINAMICO

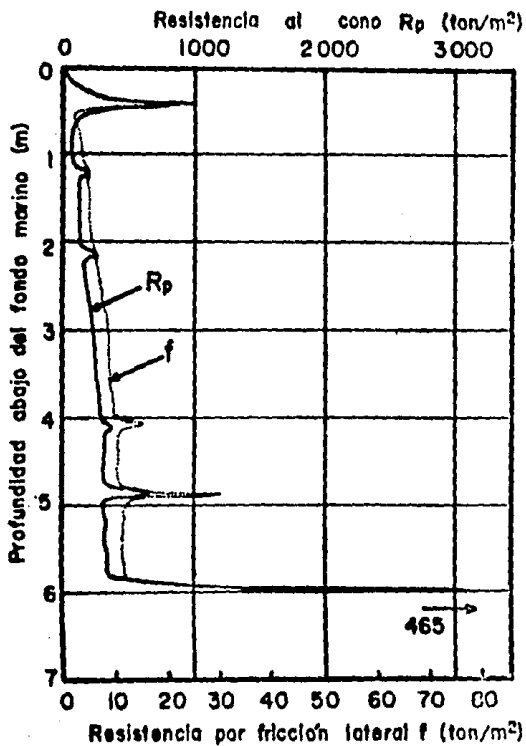
FUE CONSTRUIDO Y PROBADO EN LA UNIVERSIDAD DE "NEWFOUNLAND" (CANADA), ES USADO PRINCIPALMENTE EN ESTUDIOS GEOTECNICOS SUPERFICIALES, EL PRINCIPIO DE OPERACION SE BASA EN EL APROVECHAMIENTO DE SU PROPIO PESO PARA ENTRAR AL SUELO.

### B) INTERPRETACION DE DATOS

PARA LA INTERPRETACION DE LOS DATOS OBTENIDOS CON PENETROMETRO SE DEBEN CONSIDERAR LAS SIGUIENTES LIMITACIONES, ESTE SISTEMA ES ESCENCIALMENTE EMPLEADO EN ARENAS, PARA DETERMINAR SU RESISTENCIA AL CORTE, SIN EMBARGO EN ARENAS DE DENSIDAD MEDIA LA OPERACION DEL PENETROMETRO COMPACTA EL TERRENO ABAJO DEL CONO LO QUE DA VALORES DE RESISTENCIA MUY ALTOS, OTRA LIMITANTE ES, FONDOS DEL MAR SUMAMENTE SUELTOS QUE OCASIONEN QUE EL MARCO SE HUNDA EN ELLOS.

### C) DETERMINACION DE LA ESTRATIGRAFIA

EN GENERAL CUANDO EL CONO REGISTRA UNA RESISTENCIA BAJA SE TRATA DE SUELOS COHESIVOS BLANDOS, SI LA RESISTENCIA SE VA INCREMENTANDO SE TRATA DE ARCILLA NORMALMENTE CONSOLIDADA, RESISTENCIAS MAYORES INDICAN SUELOS GRANULARES, LOS AGUJEROS SON FACILMENTE LOCALIZABLES LO QUE NO OCURRE CON RECUPERACION DE MUESTRAS.



III.2.3.2.B.- REGISTRO DE PENETROMETRO

SEACALF MOSTRANDO UN ESTRATO DE

ARENAS DENSAS

## D) DETERMINACIÓN DEL TIPO DE SUELO

ES POSIBLE HACER UNA IDENTIFICACIÓN DEL TIPO DE SUELO CON PENETRÓMETROS QUE MIDAN RESISTENCIA POR PUNTA (RP) Y FRICCIÓN EN LA CAMISA (F) MEDIANTE UNA RELACIÓN ENTRE ESTAS DOS:

$$FR = \frac{F \times 100}{RP}$$

DONDE:

- FR - RELACIÓN DE FRICCIÓN
- F - FRICCIÓN EN LA CAMISA
- RP - RESISTENCIA POR PUNTA

UNA RELACIÓN DE FRICCIÓN ALTA (3 A 4) INDICA SUELOS FINOS COMO LIMOS O ARCILLAS, UNA RELACION BAJA (2 A 3) EN CAMBIO SEÑALA SUELOS GRANULARES, CLARO QUE ESTOS DATOS SOLO DEBEN USARSE COMO UNA GUIA EN LA IDENTIFICACIÓN DE SUELOS.

suelo	USCS CLASIFICACION	friccion lateral (kg/cm <sup>2</sup> )	
		resistencia de	cono (kg/cm <sup>2</sup> )
arena fina sedimentaria	10 20-30		
arena gris de fina a media	10 20-30		
arena gris de media a gruesa	10 20-30		
arena cafe sedimentaria	10 20-30		
arena calcarea gris	10		
arcilla cafe	10		
arena arcillosa cafe	10		
arena calcarea cafe	10		
arcilla sedimentarea	10		
arena calcarea cafe de media a gruesa	10		
arcilla calcarea	10		
arena de media a gruesa	10		
arena sedimentarea	10		
fin de la prueba a 30 m			

### III.2.3.2.D.- REGISTRO DE PENETROMETRO

ASOCIADO AL TIPO DE SUELO

## III.2.3.3.- VELETA DE CONTROL REMOTO

## A) DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA

ESTE ES EL ÚNICO APARATO CAPAZ DE PROPORCIONAR EN FORMA DIRECTA EN EL SITIO EL VALOR DE LA RESISTENCIA AL ESFUERZO CORTANTE,. FUE ADAPTADO PARA SUELOS FUERA DE COSTA POR LA COMPANIA "MC CLELLAND ENGINEERS" EN 1970.

DEPENDIENDO DE LA PROFUNDIDAD A LA QUE SE DESEA MEDIR EXISTEN DOS METODOLOGIAS A SEGUIR:

- 1.- SUELOS SOMEROS CON PENETRACIONES DE 5 A 6 METROS; LA VELETA PUEDE USARSE MONTADA EN UN MARCO SIMILAR A LOS DE LA PRUEBA CPT.
- 2.- SUELOS PROFUNDOS; EN ESTE CASO LA VELETA SE APLICA A TRAVÉS DEL TUBO PERFORADOR.

LA VELETA CONSISTE EN DOS LÁMINAS FORMANDO CUATRO DIEDROS REGULARES, TIENE DE 3 A 5 CM. DE DIAMETRO Y 2 A 3 VECES ESA DIMENSIÓN DE ALTO, CUENTA CON DOS MOTORES ELÉCTRICOS, UNO SIRVE PARA EL HINCADO DENTRO DEL SUELO Y EL OTRO HACE GIRAR LA VELETA, LLEVA UN CONDUCTOR DE 7 LINEAS. EL CUERPO DE LA VELETA ES TAMBIÉN LLAMADO "CUERPO DE LA HERRAMIENTA" Y CONSISTE EN LA VELETA EN SÍ Y UNA VELETA DE REACCIÓN QUE EVITA LA ROTACIÓN DEL CUERPO, LA VELOCIDAD DE

ROTACIÓN ES DE 18 GRADOS POR MINUTO.

EN EL CASO DE PRUEBAS PROFUNDAS, LA PERFORACIÓN SE REALIZA HASTA UNOS 2 METROS ANTES DE LA PROFUNDIDAD DE PRUEBA, SE BAJA LA HERRAMIENTA A LA PUNTA Y SE INSERTA AL SUELO POR MEDIO DE SU PROPIO PESO, EN ALGUNAS OCASIONES SE LE APLICAN UNAS 4 TON. EXTRAS POR MEDIO DE GATOS HIDRAÚLICOS.

#### B) INTERPRETACIÓN DE DATOS

EL ÁNGULO DE FRICCIÓN DEL SUELO ES ASUMIDO COMO CERO O DESPRECIABLE Y LA RESISTENCIA AL CORTE SE PUEDE CALCULAR CON LA ECUACIÓN:

$$S_u = \frac{M}{2 \pi R R (h + \frac{2}{3} R)}$$

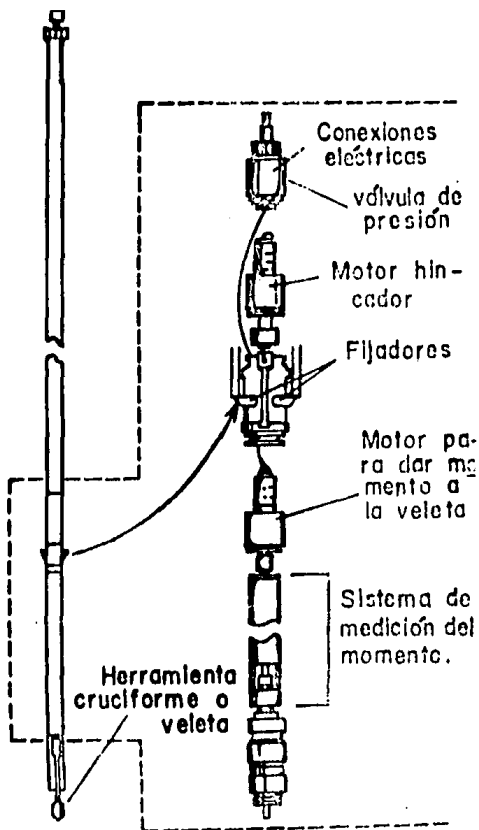
DONDE:  $S_u$  - RESISTENCIA AL CORTE

$M$  - MOMENTO MÁXIMO APLICADO

$R$  - RADIO DE LAS LÁMINAS DE LA VELETA

$h$  - ALTURA DE LAS LÁMINAS DE LA VELETA

$\pi$  - PHI



III.2.3.3.- DIAGRAMA DE LA VELETA  
DE CONTROL REMOTO



LA RESISTENCIA AL CORTE DEPENDE EN GRAN PARTE DE LA VELOCIDAD ANGULAR DE LA HERRAMIENTA Y DE LAS DIMENSIONES DE LAS LAMINAS.

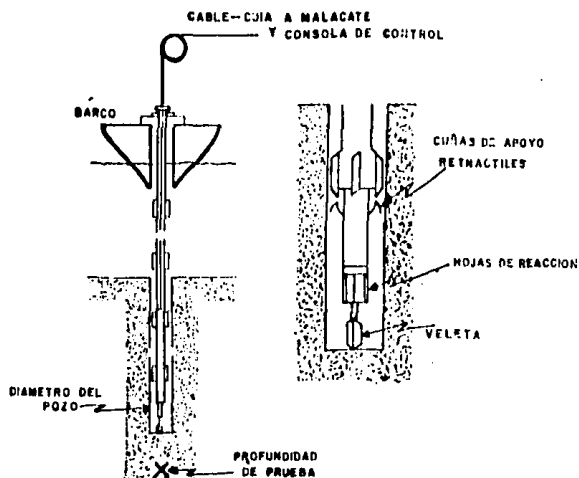
### C) FACTOR DE AJUSTE

ES NECESARIO APLICARLES UN FACTOR DE AJUSTE A LOS RESULTADOS OBTENIDOS DEBIDO A QUE LA MUESTRA DEL SUELO PUEDE SER ALTERADA POR DOS FACTORES: LA CIRCULACION DEL FLUIDO DE PERFORACION Y LA INTRODUCCION DE LA VELETA EN EL TERRENO, SE RECOMIENDA UN FACTOR K DE 1.1 PORQUE SEGUN SE HA PODIDO COMPROBAR LA RESISTENCIA AL CORTE NO DECRECE MAS DEL 10%.

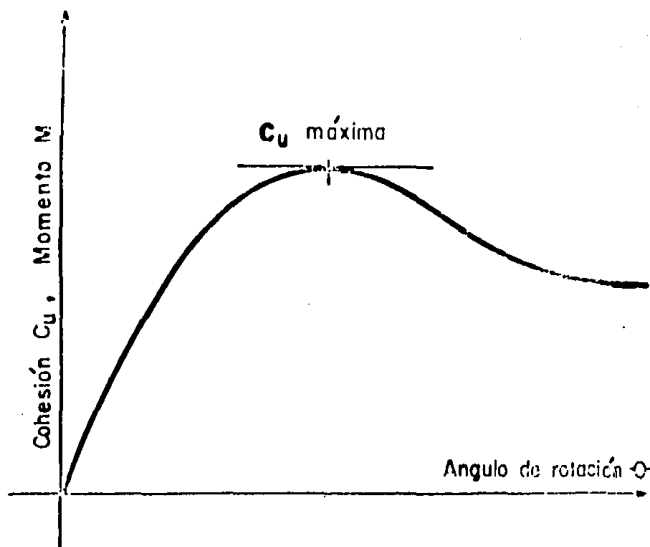
### D) VENTAJAS Y DESVENTAJAS

ENTRE LAS PRINCIPALES VENTAJAS SE TIENEN:

- REDUCE LA ALTERACION DE LA MUESTRA
- PERMITE UNA MEJOR EVALUACION DE LA VARIACION DEL ESFUERZO CORTANTE A LO LARGO DE UN ESTRATO
- MEJOR IDENTIFICACION DE ESTRATOS CON MOVIMIENTOS RELATIVOS
- MEJOR IDENTIFICACION DE ESTRATOS SATURADOS DE GASES POR SU BAJA RESISTENCIA
- MENOR DISPERSION DE LOS VALORES DE RESISTENCIA QUE EN LOS OBTENIDOS EN PRUEBAS DE LABORATORIO



III.2.3.3.A.-DIAGRAMA DEL FUNCIONAMIENTO



III.2.3.3.B.- RELACION ENTRE EL MOMENTO Y EL ANGULO DE ROTACION

PRINCIPALES DESVENTAJAS

- ALTERACIÓN DEL SUELO POR LA CIRCULACIÓN DEL FLUIDO DE PERFORACIÓN SI ÉSTA NO SE DETIENE A TIEMPO
- RUPTURA DEL TERRENO CON UN AUMENTO EN LA PRESIÓN DE PORO POR LA PENETRACIÓN INADECUADA DEL APARATO

III.2.3.4.- PRESURÍMETRO

A) DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA

ESTE INSTRUMENTO CONSISTE DE UNA SONDA PRESUROMÉTRICA CON EXPANSIÓN CILÍNDRICA INTRODUCIDA A TRAVÉS DE UN AGUJERO PREVIAMENTE PERFORADO, LA SONDA MEDIDORA Y UN APARATO PRESURIZADOR EN EL BARCO CONECTADO POR MEDIO DE UN CABLE FLEXIBLE CONCÉNTRICO.

LA PRUEBA DA UNA RELACIÓN ESFUERZO-DEFORMACIÓN DEL SUELO EN ESTUDIO.

LAS CARACTERISTICAS ESENCIALES PARA EL DISEÑO DE UNA CIMENTACIÓN SE OBTIENEN ANALIZANDO LA CURVA CARGA-DEFORMACIÓN DEL TERRENO Y SON:

- MÓDULO DE DEFORMACIÓN DEL CUAL DEPENDEN LOS ASENTAMIENTOS
- MAXIMA PRESIÓN, RELACIONADA CON LA CAPACIDAD DE CARGA DEL TERRENO
- PRESIÓN DE FLUJO PLASTICO

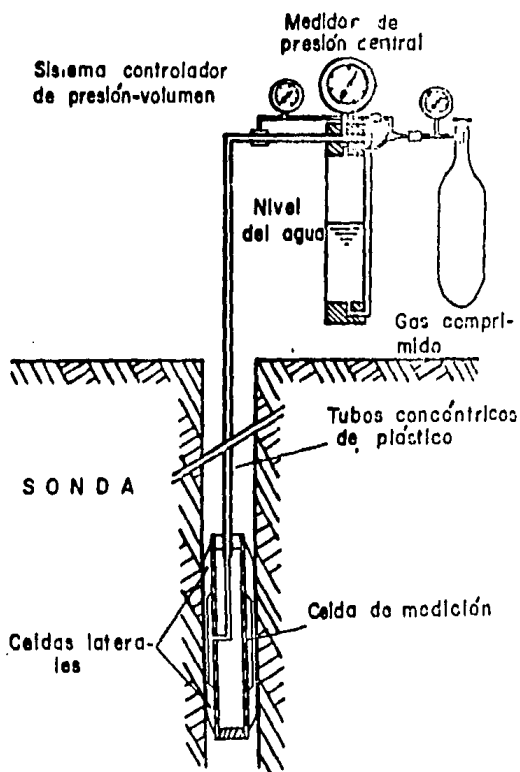
LA SONDA DEL PRESURÍMETRO CONSISTE EN TRES CELDAS DE EXPANSIÓN

- UNA CELDA PRINCIPAL DE MEDICIÓN INFLADA CON AGUA A UNA PRESION P
- DOS CELDAS LATERALES EN LOS EXTREMOS INFLADAS POR AIRE A UNA PRESIÓN DE 0.1 A 1 KG/CM<sup>2</sup>, (INFERIOR A P)

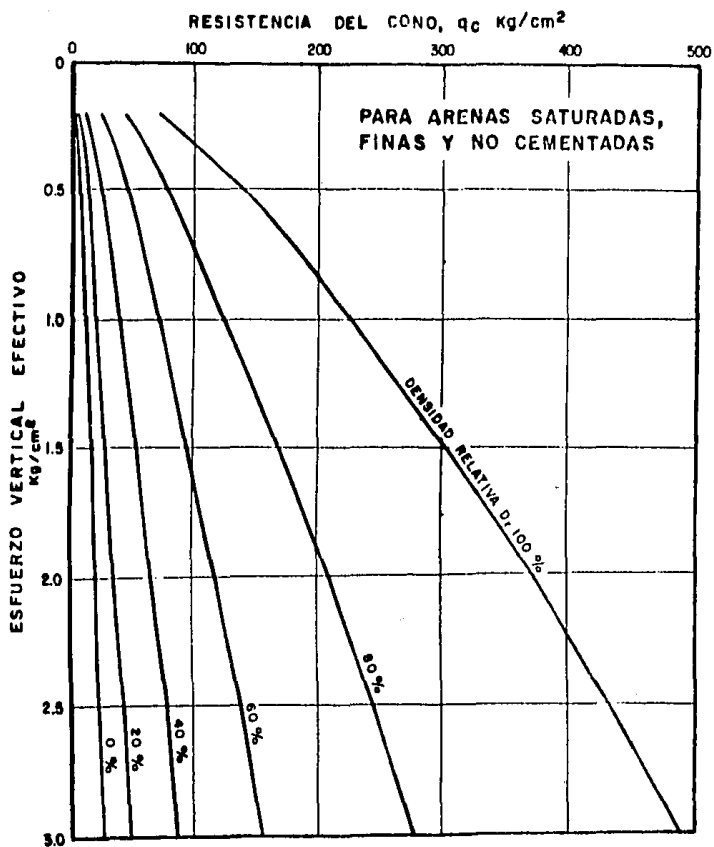
ESTE ARREGLO TEORICAMENTE GARANTIZA QUE EL CAMPO DE ESFUERZOS RADIALES EN LA CELDA PRINCIPAL SEA UNIFORME; AUNQUE EXISTEN VARIOS TIPOS DE SONDAS LA MÁ S UTILIZADA ES LA LLAMADA TIPO G QUE CONSTA DE UN TUBO METÁLICO RODEADO POR UNA MEMBRANA INTERIOR DE CAUCHO FORMANDO LA CELDA PRINCIPAL, UNA MEMBRANA EXTERIOR TAMBIÉN DE CAUCHO FORMANDO LAS CELDAS LATERALES, CUBIERTAS CON HOJAS METÁLICAS EN FORMA DE SOMBRILLA Y SOPORTANDO UNA PRESIÓN MÁXIMA DE 25 KG/CM<sup>2</sup>.

EN CUANTO A DIMENSIONES LAS MAS USADAS SON:

- DIÁMETROS DE 44 A 58 MM.
- LONGITUDES DE 60 A 70 CM.
- LONGITUD DE LA CELDA MEDIDORA 20 CM.



III.2.3.4.- DIAGRAMA FUNCIONAL DEL  
PRESURIMETRO



III.2.3.4.- RELACION ENTRE LA DENSIDAD RELATIVA  
Y LA RESISTENCIA DEL PENETROMETRO

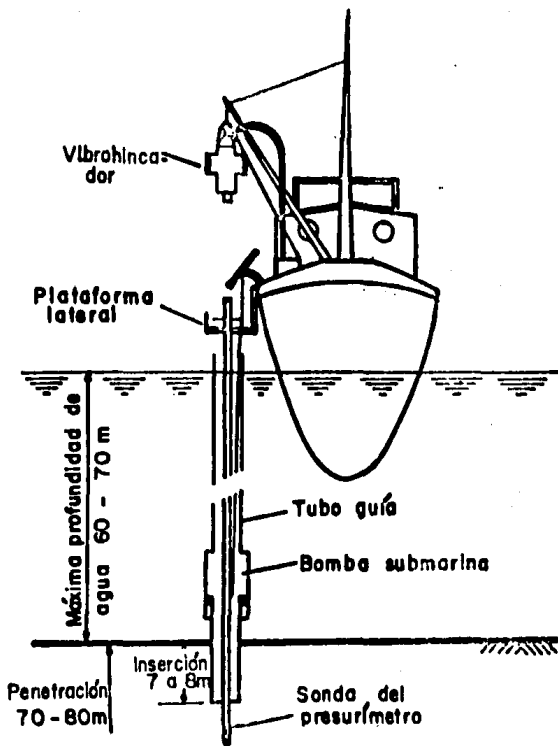
## B) ADAPTACIONES PARA SU USO

LAS DIFERENTES TECNICAS PARA SU USO DEPENDEN DE LA NATURALEZA DE SUELO, PROFUNDIDAD DE AGUA, ETC.

CON EL MAR EN CALMA Y Poca PROFUNDIDAD SE PUEDE USAR EL PRESURIMETRO DESDE UN BARCO DE 40 O 50 METROS DE ESLORA PARA GARANTIZAR QUE NO TENGA MUCHO MOVIMIENTO SIEMPRE QUE ESTE PUEDA SER ANCLADO EN 4 PUNTOS CON MOTORES INDEPENDIENTES EN CADA UNA DE LAS ANCLAS, EN MAR ABIERTO O PROFUNDIDADES DE 60 O 70 M. SE NECESITA UN BARCO DE 50 O 60 M. DE ESLORA CON INSTALACIONES PARA LEVANTAMIENTO, O PUEDE USARSE TAMBIEN DESDE PLATAFORMAS AUTOELEVABLE.

## -ADAPTACION A TRAVES DE UN TUBO GUIA

EN ESTE METODO LA LIGA AL FONDO MARINO ES RIGIDA, CONSISTE EN UN TUBO GUIA DE 85 MM INTRODUCIDO AL TERRENO DE 7 A 8 M. UN AMORTIGUADOR SUBMARINO ES NECESARIO PARA COMPENSAR LAS OSCILACIONES VERTICALES DEL BARCO ES DIFICIL DE APLICAR CUANDO LOS TIRANTES DE AGUA EXCEDEN DE 70 M. PUES CUALQUIER MOVIMIENTO DA COMO RESULTADO FLEXION EN LAS BARRAS Y ROTURA DE LINEAS LAS CUALES SON LA CONEXION CON LAS CELDAS MEDIDORAS; LA MAXIMA PENETRACION CON ESTE METODO ES DE 70 A 80 M.



III.2.3.4.B.- ADAPTACION A TRAVES  
 DE TUBO GUIA



#### -ADAPTACIÓN POR EL METODO DE LA PLOMADA

HOY EN DÍA ESTE MÉTODO ES MENOS USADO PUES SOLO PUEDE SER APLICADO HINDANDO LA SONDA DEL PRESURÍMETRO POR VIBRACIÓN. CONSISTE EN UNA CONEXIÓN FLEXIBLE ENTRE LA PLANTA DE POTENCIA HIDRAÚLICA DEL BARCO Y EL VIBROHINCADOR.

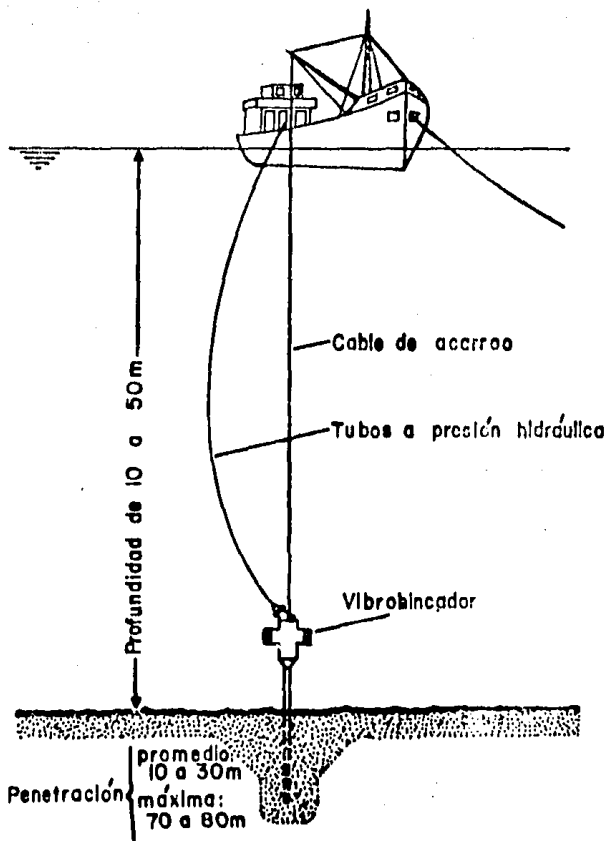
EL MOVIMIENTO DEL BARCO DEBE ESTAR LIMITADO PUES DE LO CONTRARIO LA TUBERÍA PENETRARÍA CON CIERTO ÁNGULO DE INCLINACIÓN. LA PENETRACIÓN NO ES MAYOR DE 50 M.

#### -ADAPTACIÓN POR MEDIO DE UN VIBROHINCADOR ANULAR

EN ESTE CASO LA TUBERÍA ES FLEXIBLE Y EL BARCO PUEDE MOVERSE UNOS CUANTOS METROS, EL VIBROHINCADOR ES SOSTENIDO 2 O 3 M. ARRIBA DEL FONDO POR MEDIO DE UN TUBO GUÍA EQUIPADO CON 2 CILINDROS PARA MANTENER LA VERTICALIDAD.

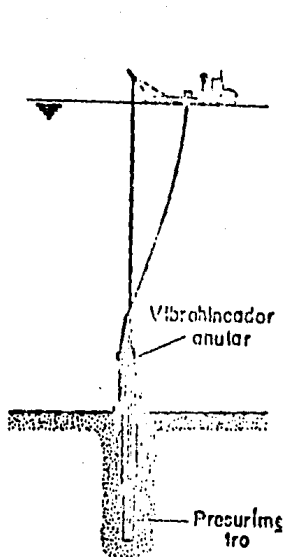
#### -ADAPTACIÓN POR LA TÉCNICA DE MUESTREO TIPO KULLENBEREG

ESTA TÉCNICA CONSISTE EN LIBERAR EL PRESURÍMETRO A CIERTA DISTANCIA DEL FONDO EL CUAL PENETRA DENTRO DEL TERRENO POR SU PROPIO PESO PARA REALIZAR LA PRUEBA.

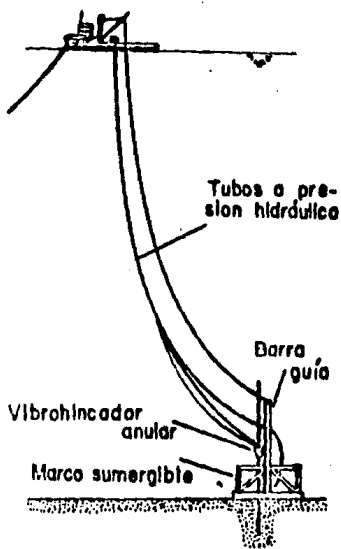


III.2.3.4.B.- ADAPTACION POR EL METODO

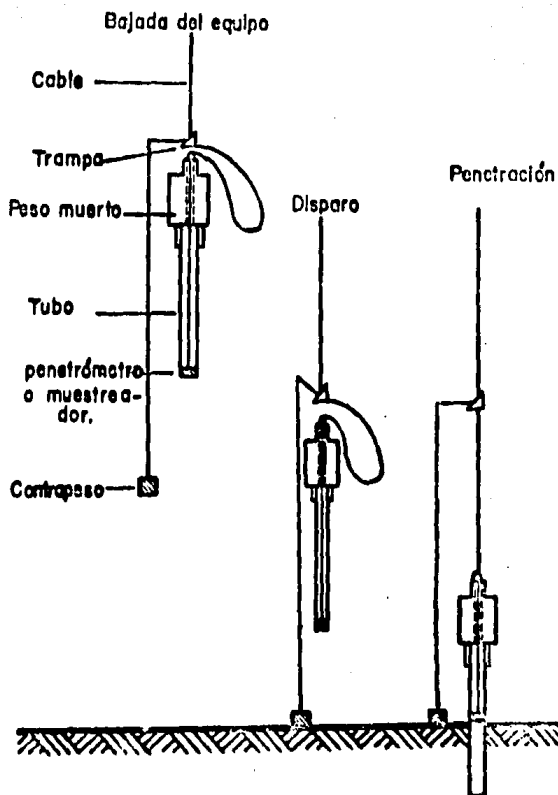
DE LA PLOMADA



III.2.3.4.B.- ADAPTACION  
 POR MEDIO DEL VIBROHINCADOR  
 ANULAR



III.2.3.4.B.- PRESURIMETRO  
 CON MARCO AUTOESTABLE  
 SUMERGIBLE



III.2.3.4.B.- ADAPTACION POR LA  
TECNICA TIPO KULLENBERG

## C) POSIBILIDADES Y LÍMITES DE USO

EN LIMOS O ARCILLAS CONSOLIDADAS, LA EJECUCIÓN DE LA PERFORACIÓN LLEVA UN MÍNIMO DE ALTERACIÓN, EN ARCILLAS SUAVES LA PENETRACIÓN DE LA SONDA POR VIBROHINCADO O GOLPES EJERCE UN APLASTAMIENTO EN EL TERRENO QUE DA COMO RESULTADO UNA DISMINUCIÓN EN LA RESISTENCIA, EN ARENAS SATURADAS EL VIBROHINCADOR PRODUCE COMPACTACIÓN DEL TERRENO.

## D) INTERPRETACIÓN DE DATOS

CON EL PRESURÍMETRO SE PUEDEN DEDUCIR LOS SIGUIENTES DATOS:

- MODULO DE DEFORMABILIDAD DEL SUELO
- PRESIÓN LÍMITE  $P_1$
- PRESIÓN NATURAL DEL SUELO  $P_0$
- PRESIÓN DE FLUENCIA

LA  $P_1$  CORRESPONDE AL EXTREMO DE RUPTURA Y EQUIVALE A LA ABCISA DE LA ASÍNTOTA DE LA CURVA DEL PRESURÍMETRO.

EN ARCILLAS NORMALMENTE CONSOLIDADAS SE CUMPLE

$$P_1 - P_0 = 5.5 S_u$$

DONDE  $S_u$  - RESISTENCIA AL CORTE NO DRENADA

TAMBIÉN EXISTE UNA RELACIÓN ENTRE LA RESISTENCIA DE PUNTA  $R_p$  DEL CONO CPT Y LA  $P_1$

ARCILLAS  $R_p / P_1 = 2.5$  A  $4$

LIMOS  $R_p / P_1 = 5$  A  $6$

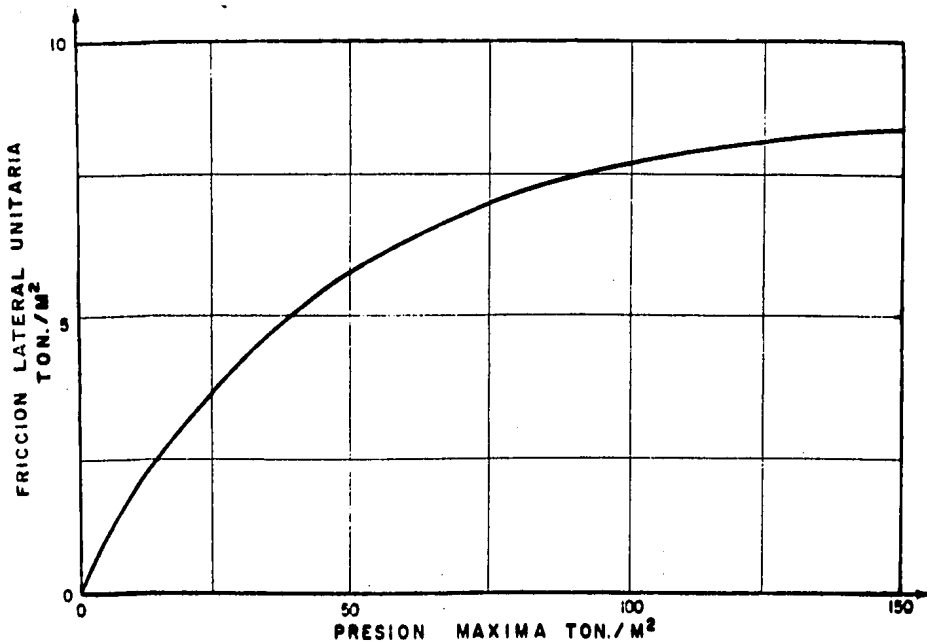
ARENAS  $R_p / P_1 = 7$  A  $9$

EL MÓDULO DE DEFORMABILIDAD  $E$  ES MEDIDO EN UNA ZONA DE ESFUERZO DESVIADOR DEFINIDO POR:

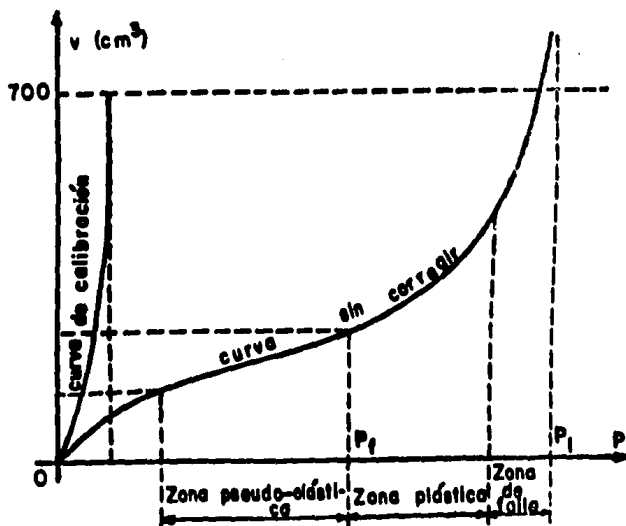
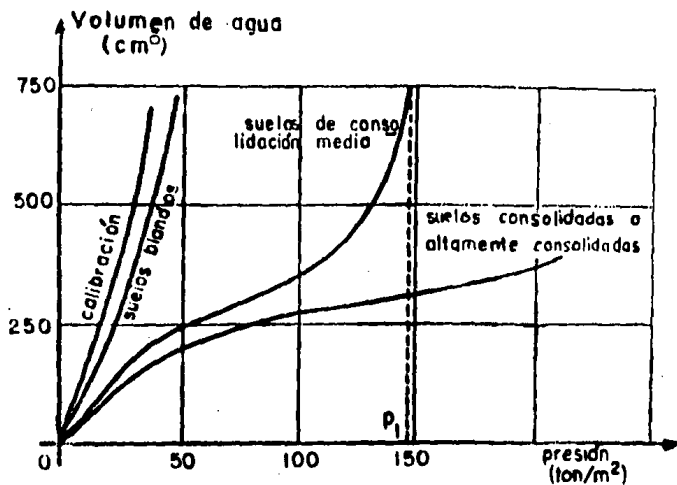
$$E = K \frac{P}{V}$$

DONDE  $K$  = CONSTANTE QUE DEPENDE DE LA GEOMETRÍA DE LA SONDA

$P$  Y  $V$  = VARIACIONES DE PRESIÓN Y DE VOLUMEN EN LA FASE PSEUDO-ELÁSTICA



III.2.3.4.D.- FRICCIÓN LATERAL UNITARIA EN  
FUNCIÓN DE LA PRESIÓN MÁXIMA



III.2.3.4.D.- DIAGRAMAS OBTENIDOS  
 CON PRESURIMETROS



## III.2.3.5.- REGISTRADORES NUCLEARES

## A) RADIACIÓN NATURAL GAMA

LA INTENSIDAD DE RADIACIÓN NATURAL GAMA DE LAS FORMACIONES ESTA DETERMINADA POR SU CONTENIDO DE ELEMENTOS RADIOACTIVOS (URANIO, TORIO, POTASIO), SE PUEDE CONOCER LA LITOGRAFÍA Y SITUACIÓN DE LOS ESTRATOS GRAFICANDO ESA RADIOACTIVIDAD EN FUNCIÓN DE LA PROFUNDIDAD

## B) SONDA DE NEUTRONES

ESTE EQUIPO CONSISTE EN UNA FUENTE DE NEUTRONES DE ALTA VELOCIDAD Y UN DETECTOR DE NEUTRONES A CIERTA DISTANCIA.

EL EMISOR MANDA UNOS NEUTRONES LOS CUALES SON TERMALIZADOS A CIERTA DISTANCIA DE LA FUENTE DEPENDIENDO DE LA MASA RELATIVA DE LOS ELEMENTOS ENCONTRADOS. COMO LA MASA DEL HIDRÓGENO ES IGUAL A LA DE LOS NEUTRONES SU COLISIÓN PROVOCA UNA GRAN PÉRDIDA DE ENERGIA EN ELLOS.

EN UN MEDIO RICO DE HIDRÓGENO LOS NEUTRONES SON TERMALIZADOS CERCA DE LA FUENTE Y EL ALCANCE DEL DETECTOR SERA MUY PEQUEÑO, EN CAMBIO, EN UNO POBRE DE HIDRÓGENO ESTOS SON TERMALIZADOS MAS CERCA DEL DETECTOR.

EN SEDIMENTOS MARINOS EL HIDRÓGENO SIEMPRE ESTA PRESENTE EN LOS POROS DEL SUELO, SI SE CONOCE EL NÚMERO DE NEUTRONES Y EL PORCENTAJE DE HIDRÓGENO SE PUEDE CONOCER LA POROSIDAD CON LA ECUACIÓN:

$$N = A - B \text{ LOG}(N)$$

DONDE:

N - NÚMERO DE NEUTRONES

N - POROSIDAD

A Y B - CONSTANTES DE LA SONDA

### C) SONDA GAMA-GAMA

EN ESTE CASO SE COLOCA UNA FUENTE DE RADIACIONES GAMA, LOS RAYOS CHOCAN CON LOS ELEMENTOS DE LAS FORMACIONES Y CIERTO NÚMERO DE ELLOS SON REFLEJADOS HACIA EL DETECTOR.

LUEGO SE RELACIONA EL NÚMERO DE COLISIONES CON EL PESO ESPEFICO MEDIANTE LA ECUACIÓN:

$$\text{LOG}(N) = C - D \&$$

DONDE:

$N$  = NÚMERO DE COLISIONES

$C$  Y  $D$  = CONSTANTES QUE DEPENDEN DE LA ACTIVIDAD  
DE LA FUENTE Y GEOMETRÍA DE LA SONDA

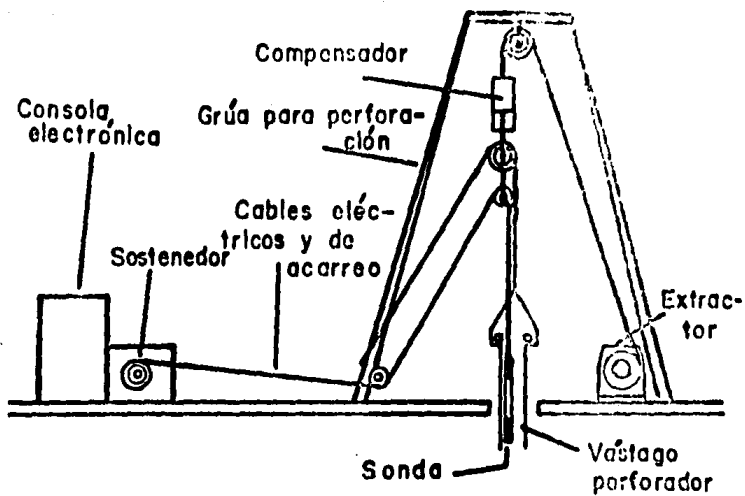
$\rho$  = PESO ESPECÍFICO DEL MATERIAL

#### D) INTERPRETACIÓN DE DATOS

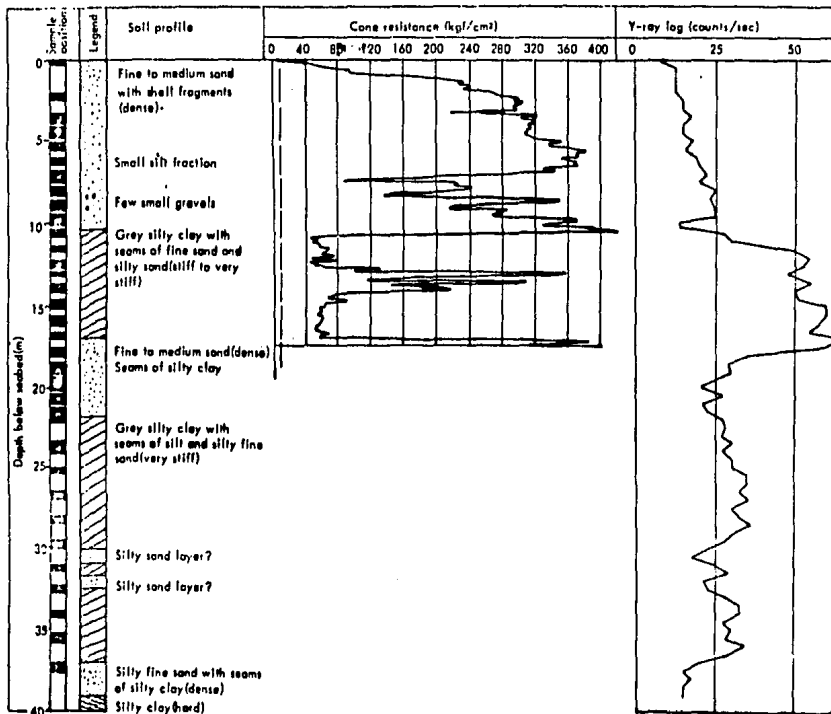
ES MUY IMPORTANTE PARA LA EVALUACIÓN DE LOS DATOS CONOCER LA COMPOSICIÓN DE LOS ESTRATOS PUES SI ESTOS SON ARENAS O ARCILLAS ES MUY FACIL SU INTERPRETACIÓN, PERO SI SE TRATA DE MEZCLAS DE ARENAS, ARCILLAS O SEDIMENTOS ES MAS DIFICIL.

LOS REGISTRADORES NO SON AFECTADOS POR EL TAMEÑO DE LOS GRANOS, LO QUE IMPIDE LOCALIZAR LA PRESENCIA DE SEDIMENTOS; HAY QUE TENER CUIDADO EN LA DESCRIPCIÓN LITOLÓGICA PUES A VECES MAS DE UN ELEMENTO TIENE LA MISMA RADIOACTIVIDAD, COMO ES EL CASO DE LA ARENA LIMOSA Y LA ARCILLA ARENOSA.

LA DISTANCIA DE LA FUENTE Y EL DETECTOR EN EL CASO DE LA GAMA-GAMA ES DE 40 CM APROXIMADAMENTE LO QUE IMPOSIBILITA LA DETECCIÓN DE ESTRATOS MUY DELGADOS.



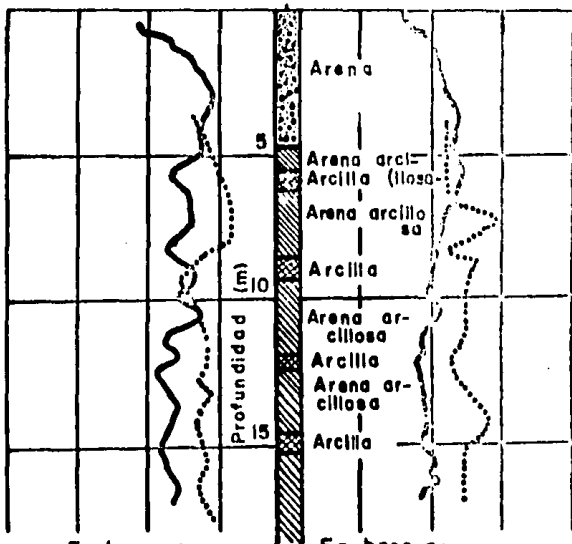
III.2.3.5.- ADAPTACION A BORDO PARA  
 REGISTRADORES NUCLEARES



III.2.3.5.D.- REGISTRO DE RADIADOR GAMA

Porosidad %                      Peso específico (ton/m<sup>3</sup>)

100    75    50    25    1.5    1.75    2    2.25    2.5



En base a:  
 — Registro de neutrones  
 ..... Pruebas en muestras

En base a:  
 — Registro gama-gama  
 ..... Pruebas en muestras

III.2.3.5.D.- COMPARACION DE LA POROSIDAD  
 Y PESO ESPECIFICO MEDIDOS CON  
 REGISTRADORES NUCLEARES

## IV.- DISEÑO DE LA CIMENTACION DE PLATAFORMAS

### IV.1.- PLATAFORMAS PILOTEADAS

ESTA SOLUCION PARECE SER LA MAS ADECUADA EN MEXICO DEBIDO A QUE EN LAS ZONAS PETROLERAS COMO ES LA BAHIA DE CAMPECHE SE TIENE UN ESTRATO DE ARCILLA DE COLOR GRIS, MUY BLANDA, CON PROFUNDIDADES DE HASTA 20 M. LO QUE PROPORCIONA UN MAL SOPORTE PARA PLATAFORMAS DE GRAVEDAD

GENERALMENTE SE USAN LOS PILOTES COMO ELEMENTOS DE CIMENTACION CUANDO SE REQUIERE:

- 1.- TRANSMITIR LAS CARGAS DE UNA ESTRUCTURA, A TRAVES DE UN ESPESOR DE SUELO BLANDO O DE AGUA, HASTA ALCANZAR UN ESTRATO DE SUELO RESISTENTE QUE GARANTIZE EL APOYO ADECUADO. LA FORMA DE TRABAJO DE ESTOS PILOTES PODRIA VISUALIZARSE COMO SIMILAR A LAS COLUMNAS DE UNA ESTRUCTURA.
- 2.- TRANSIMITIR LA CARGA A UN CIERTO ESPESOR DE SUELO BLANDO, UTILIZANDO PARA ELLO LA FRICCION LATERAL QUE SE PRODUCE ENTRE SUELO Y PILOTE.
- 3.- COMPACTAR SUELOS GRANULARES CON FINES DE GENERACION DE CAPACIDAD DE CARGA.

4.- PROPORCIONAR EL DEBIDO ANCLAJE LATERAL A CIERTAS ESTRUCTURAS O RESISTIR LAS FUERZAS LATERALES QUE SE EJERZAN SOBRE ELLAS, EN ESTOS CASOS ES FRECUENTE RECURRIR A PILOTES INCLINADOS.

5.- PROPORCIONAR ANCLAJE A ESTRUCTURAS SUJETAS A SUBPRESIONES, MOMENTOS DE VOLCADURA O CUALQUIER ELEMENTO QUE TRATE DE LEVANTAR LA ESTRUCTURA, ESTOS SON PILOTES DE TENSION.

6.- ALCANZAR CON LA CIMENTACION PROFUNDIDADES YA NO SUJETAS A EROSION, SOCAVACIONES U OTROS EFECTOS NOCIVOS.

LOS PILOTES CONSTRUIDOS PARA CIMENTAR ESTRUCTURAS MARINAS UBICADAS A GRANDES DISTANCIAS DE LA COSTA, SE CARACTERIZAN POR TENER UNA GRAN RELACION DE ESBELTEZ PUES ALCANZAN DE 76 A 120 METROS; EN OCASIONES SE HAN REGISTRADO LONGITUDES DE PILOTE AUN MAYORES PERO GENERALMENTE SE BUSCA REDUCIR LA LONGITUD EMPLEANDO MAYORES DIAMETROS, PARA AUMENTAR LA FRICCION LATERAL.

QUEDAN COLOCADOS EN EL SUBSUELO MARINO CON UNOS 7 U 8 GRADOS DE INCLINACION CON RESPECTO A LA VERTICAL, DEBIDO A LA INCLINACION QUE TIENEN LAS PATAS DE LA SUB-ESTRUCTURA, LAS CUALES FUNCIONAN COMO GUIAS DE LANZAMIENTO E HINCADO DE LOS DIFERENTES TRAMOS DE PILOTE.



USUALMENTE ESTAN CONSTITUIDOS POR VARIOS SEGMENTOS LOS CUALES ESTAN UNIDOS MEDIANTE SOLDADURA, POR SUS BORDES PREVIAMENTE PREPARADOS PARA ELLO, BAJO UN ALTO CONTROL DE CALIDAD.

ENTRE LAS CARACTERISTICAS MAS IMPORTANTES TANTO MECANICAS COMO ESTRUCTURALES DE LOS PILOTES SE ENCUENTRAN:

- EL NUMERO DE TRAMOS
- LONGITUD DE LOS TRAMOS
- DIAMETRO EXTERIOR
- VARIACIONES DE ESPESOR CON LA PROFUNDIDAD
- LONGITUD LIBRE FUERA DE AGUA
- LONGITUD DENTRO DEL AGUA
- LONGITUD DENTRO DEL SUBSUELO MARINO
- CENTRO DE GRAVEDAD DE LOS TRAMOS
- TIPO DE ACERO
- TIPO DE SOLDADURA
- CARACTERISTICAS DE UNION ENTRE LOS TRAMOS

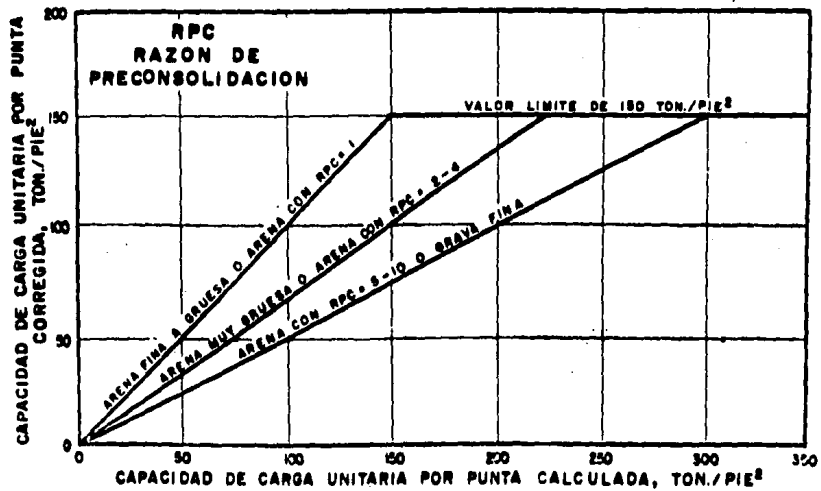
LOS DIAMETROS EXTERIORES DE PILOTE USADOS COMUNMENTE EN MEXICO SON DE 61, 91, 107, 122 Y 137 CENTIMETROS, PUDIENDO VARIAR LOS ESPESORES DE LAS PAREDES DE 1.91 A 7.62 CENTIMETROS SEGUN LOS MOMENTOS FLEXIONANTES Y LAS FUERZAS CORTANTES A LAS QUE ESTEN SUJETOS; LOS CAMBIOS DE SECCION SE REALIZAN EN

LA CARA INTERIOR Y CONSISTEN EN AUMENTOS O DISMINUCIONES CONCENTRICAS DEL MISMO TIPO DE MATERIAL. EN CUANTO A SU INSTALACIÓN EXISTEN VARIOS METODOS:

A) PILOTES DE PUNTA HINCADOS A GOLPES  
(EN GENERAL )

ESTOS SE CONSIDERAN AQUELLOS PILOTES QUE SE HINCAN EN EL TERRENO POR MEDIO DE GOLPES DADOS POR EL MARTILLO DE UNA PILOTEADORA. LA CAPACIDAD DE CARGA DE ESTOS PILOTES SE DETERMINA REALIZANDO UN ESTUDIO DE CAMPO LO MÁ'S COMPLETO POSIBLE, QUE INCLUYA UNA COMPLETA EXPLORACIÓN Y UN MUESTREO ADECUADO. ES PRECISO REALIZAR LAS PRUEBAS DE LABORATORIO REQUERIDAS PARA DETERMINAR CON SUFICIENTE CONFIABILIDAD LAS CONSTANTES DE RESISTENCIA QUE A SU VEZ PERMITAN APLICAR UNA TEORÍA DE CAPACIDAD DE CARGA ADECUADA. EN OBRAS DE CIERTA IMPORTANCIA O QUE SURGAN DUDAS, SERÁ NECESARIO VERIFICAR LOS RESULTADOS CON UNA O VARIAS PRUEBAS DE CARGA.

NUNCA SE INSISTIRÁ BASTANTE EN LA NECESIDAD DE EXPLORAR EL ÁREA QUE VAYA A OCUPAR UNA CIMENTACIÓN PILOTEADA. LOS PILOTES DE PUNTA EN ESPECIAL SE APOYAN EN UN ESTRATO DE SUELO RESISTENTE, CUYO ESPESOR Y CARACTERISITCAS HAN DE SER CUIDADOSAMENTE VERIFICADAS EN TODAS SUS PARTES, PUES CAMBIOS NO PREVISTOS EN ESPESOR Y RESISTENCIA HAN SIDO CAUSA DE NUMEROSAS FALLAS.



IV.1.1.- CAPACIDAD DE CARGA POR PUNTA CORREGIDA

ALGUNAS VECES SE HA DICHO ERRONEAMENTE QUE UN PILOTE DE PUNTA ES UN ELEMENTO ESTRUCTURAL QUE TRABAJA COMO UNA COLUMNA TRANSMITIENDO LA CARGA DE SU CABEZA A LA PUNTA, APOYADA EN UN ESTRATO RESISTENTE O EN ROCA. ÉSTA IDEA LLEVA A DISEÑAR A LOS PILOTES DE MANERA QUE, SUS ESFUERZOS NO SOBREPASEN A LOS QUE SE TENDIRÍAN EN UNA COLUMNA DEL MISMO MATERIAL, MISMAS DIMNESIONES Y SUJETA A LA MISMA CARGA AXIAL. SIN EMBARGO, LA EXPERIENCIA HA DEMOSTRADO QUE LAS FALLAS PROPIAMENTE ESTRCUTURALES EN LOS PILOTES SON TAN RARAS QUE NO DEBEN SER CONSIDERADAS COMO UN EVENTO POSIBLE EN EL DISEÑO. TANTO LA TEORIA COMO LA EXPERIENCIA HAN DEMOSTRADO QUE NO PUEDE PRESENTARSE PANDEOS POR EXISTIR CONFINAMIENTO LATERAL, AUN EN LOS PILOTES HINCADOS EN LOS SUELOS MÁ S BLANDOS. LOS ESFUERZOS DE MANEJOS, PREVIOS AL HINCADO SI PUEDEN JUGAR UN PAPEL IMPORTANTE EN EL DISEÑO DE LOS PILOTES ESPECIALMENTE LOS ESFUERZOS DE IZADO EN LOS ELEMENTOS DE CONCRETO PREFORZADO.

ASÍ, LA CAPACIDAD DE CARGA DE UN PILOTE DE PUNTA DEPENDE EXCLUSIVAMENTE DE LAS CARACTERISTICAS DEL SUELO EN QUE SE APOYA Y DEL ÁREA DE SU SECCIÓN RECTA.

ANTIGUAMENTE ERA COSTUMBRE HINCAR LOS PILOTES HASTA QUE YA NO ERA POSIBLE INTRODUCIRLOS A MAYOR PROFUNDIDAD BAJO LOS GOLPES DE UN MARTILLO AUTORIZADO POR LA PRÁCTICA. ÉSTE CRITERIO ERA CONOCIDO COMO CRITERIO DE RECHAZO PARA LA HINCA

DE PILOTES, CONSIDERANDO COMO FUNDAMENTAL PARA DEFINIR EL DESPLANTE DEL CONJUNTO DE LOS PILOTES DE UNA CIMENTACION, ESTE CRITERIO ES MUY DEFECTUOSO Y PUEDE INDUCIR A GRANDES ERRORES DE TRASCENDENCIA.

OTRO PELIGRO DE UN PILOTE HINCADO AL RECHAZO ES QUE CUALQUIER SOBRECARGA QUE EL PILOTE RECIBA O CUALQUIER DISMINUCION DE RESISTENCIA EN EL SUELO A LO LARGO DEL TIEMPO PODRIAN HACER PENETRAR MAS AL PILOTE EN UN ESTRATO RESISTENTE PERO DELGADO EL CUAL PRESENTO BUENAS CONDICIONES EN EL MOMENTO DE LA HINCA.

DE LO ANTERIOR NO DEBE DEDUCIRSE QUE EL RECHAZO DE UN PILOTE DURANTE SU HINCADO NO SEA DATO DEL QUE PUEDA EXTRAERSE UN CIERTA UTILIDAD. LA PROFUNDIDAD DEL DESPLANTE DE UN PILOTE DEBE ESTABLECERSE CON BASE AL CONOCIMIENTO DEL SUELO ATRAVES DE LA EXPLORACION; DE ESA MANERA PUEDE LOCALIZARSE EL ESTRATO RESISTENTE HASTA EL QUE DEBE SER LLEVADO EL PILOTE ; EN ESTE CASO, EL CRITERIO DE RECHAZO ES UNA BUENA COMPROBACION DE HABER ALZANZADO EN HINCA EL ESTRATO DESEADO. EN OTRAS OCASIONES EL ESTRATO DE ASIENTO ES EL DE RESISTENCIA VARIABLE, DENTRO DE LIMITES RAZONABLES, EN PROFUNDIDAD O EN EXTENSION; ESTE ES OTRO CASO DE UNA APLICACION INTELIGENTE DE RECHAZO PARA GARANTIZAR UN BUEN APOYO. UN CRITERIO DE RECHAZO TAMBIEN ES APLICABLE PARA SOBREHINCAR LOS PILOTES, POR LO QUE SE ENTIENDE QUE EL DAR UN NUMERO EXESIVO DE GOLPES DE MARTILLO AL PILOTE SIN LOGRAR

SU AVANCE, LO PERJUDICA ESTRUCTURALEMTE.

TANTO PARA GARANTIZAR UN BUEN APOYO, COMO PARA EVITAR EL SOBRESHINCADO ES FRECUENTE ACEPTAR EN LA PRACTICA UN CRITERIO DE RECHAZO, EN EL QUE CON 300 GOLPES SE HINCA 30.48 CM. Y SIEMPRE QUE ESTA SITUACION SE MANTENGA A TRAVES DE 1.5 METROS.

#### B) PILOTES DE FRICCION HINCADOS AL GOLPE (EN GENERAL )

SE DENOMINAN PILOTES DE FRICCION A AQUELLOS QUE ESTAN TOTALMENTE ENBEBIDOS EN MATERIAL BLANDO, DE MODO QUE SU RESISTENCIA PROVIENE TOTAL O CASI TOTALMENTE DE LA ADHERENCIA QUE SE DESARROLLA EN EL FUSTE, EN EL CASO DE SUELOS COHESIVOS EN QUE LA RESISTENCIA PROVIENE DE LA FRICCION ENTRE SUELO Y PILOTE ASI COMO EN EL CASO DE SUELOS FRICCIONANTES.

LA HINCA DE ESTOS PILOTES EN ARCILLA BLANDA PRODUCE REMOLDEO QUE REDUCE SU RESISTENCIA AL ESFUERZO CORTANTE, TANTO MAS SENSIBLE SEA LA ARCILLA; SIN EMBARGO, CON EL PASO DEL TIEMPO LA RESISTENCIA SE VA RECUPERANDO, LO ANTERIOR SE EXPLICA PORQUE LOS ESFUERZOS Y DEFORMACIONES TANGENCIALES DE HINCA PERTURBAN LA ESTRUCTURA DE LA ARCILLA GENERANDO PRESIONES NEUTRALES QUE DISMINUYEN LOS ESFUERZOS EFECTIVOS Y POR ELLO LA RESISTENCIA AL ESFUERZO CORTANTE; ESTO ES TANTO MAS NOTABLE CUANTO MAS SENSIBLE SEA LA ESTRUCTURA DE LAS

ARCILLAS, ASI ES FRECUENTE QUE EN LAS ARCILLAS MUY SENSIBLES BAJEN POR SU PROPIO PESO LOS PILOTES, CON EL PASO DEL TIEMPO SE DISIPAN LAS PRESIONES HIDROSTATICAS EN EXCESO Y SE REGENERA LA RESISTENCIA AL ESFUERZO CORTANTE EN EL SUELO, LOS VALORES DE LA RESISTENCIA FINAL DEL SUELO SON POR LO MENOS, DEL MISMO ORDEN QUE LA RESISTENCIA INICIAL Y AUN PUEDEN SER MAYORES DEBIDO A LA CONSOLIDACION QUE SE INDUCE DURANTE LA DISIPACION DE LAS PRESIONES NEUTRALES.

PARA CALCULAR LA CAPACIDAD DE CARGA DE PILOTES DE FRICCION EN ARCILLA BLANDA HAY DOS PROCEDIMIENTOS PRACTICABLES A PARTIR DE LOS PARAMETROS DE RESISTENCIA DEL ESFUERZO CORTANTE DEL SUELO O A PARTIR DE LOS DATOS DE UNA PRUEBA DE CARGA.

LA EXPERIENCIA HA DEMOSTRADO QUE EN ARCILLAS BLANDAS SATURADAS ES SATISFACTORIO SUPONER QUE LA ADHERENCIA ENTRE EL FUSTE DE PILOTE Y LA ARCILLA ES IGUAL A LA COHESION DE ESTA CALCULADA EN PRUEBA RAPIDA O AUN CON BASE EN UNA PRUEBA DE COMPRESION SIMPLE. ES CONVENIENTE REDUCIR ESTE VALOR A LA MITAD PARA EFECTOS DE DISEÑO, LO QUE EQUIVALE A UTILIZAR UN FACTOR DE DOS, AUNQUE NUNCA DEBEMOS DESCARTAR LAS PRUEBAS DE CAMPO.

LA CORRESPONDENCIA ENTRE LA ADHERENCIA Y

LA COHESIÓN ES MUY APROXIMADA EN ARCILLAS BLANDAS. SE HACE MENOS CUANTO MÁS DURA SEA LA ARCILLA EN QUE SE HINQUE EL PILOTE. ESTO SE DEBE A QUE AL HINCAR UN PILOTE EN ARCILLA MAS O MENOS DURA TIENDEN A FORMARSE PEQUEÑOS ESPACIOS HUECOS ENTRE SUELO Y PILOTE CON LO QUE LA ADHERENCIA PROMEDIO DISMINUYE: ESTE EFECTO, NO SE TIENE EN ARCILLAS BLANDAS, ADEMÁS, EN ARCILLAS MUY FIRMES SATURADAS, FUERTEMENTE PRECONSOLIDADAS, LA DISTORSIÓN PRODUCIDA POR EL HINCADO INDUCE TENSIÓN EN EL AGUA DE LOS VACÍOS, POR QUE LA ARCILLA EN LA VECINDAD DEL PILOTE TIENDE A EXPANDERSE CON DISMINUCIÓN EN SU RESISTENCIA AL CORTE; PARA ELLO TOMA EL AGUA DE LA ARCILLA CIRCUNDANTE QUE TIENDE A CONSOLIDARSE.

LA CAPACIDAD DE CARGA DE PILOTES DE FRICCIÓN HINCADOS EN ARENA SUELTA ES MAS DIFICIL DE ESTIMAR. EN ESTOS CASOS LOS PILOTES NUNCA TRABAJAN UNICAMENTE POR FRICCIÓN LATERAL Y LA CAPACIDAD DE CARGA POR PUNTA SIEMPRE JUEGA UN PAPEL IMPORTANTE. LA HINCA DE LOS PILOTES TIENE UN EFECTO COMPACTADOR EN LA ARENA POR LO QUE A PESAR DE TENER UN MANTO ORIGINALMENTE SUELTO, PUEDE VOLVERSE MUY DIFICIL Y AUN IMPOSIBLE HINCAR UN PILOTE CUANDO EN SU VECINDAD SE HAN HINCADO PREVIAMENTE OTROS.



### C) PILOTES CON PREPERFORACIÓN O CHORRO DE AGUA ( EN GENERAL )

LA NECESIDAD DE LLEVAR PILOTES A PROFUNDIDADES DE DESPLANTE PREVIAMENTE ELEGIDAS Y CORRESPONDIENTES A ESTRATOS DE PLENA GARANTÍA DE APOYO, PLANTÉA EL PROBLEMA DE ATRAVEZAR ESTRATOS CON CIERTA RESISTENCIA QUE DIFICULTAN LA HINCA, SIN LLEGAR A GARANTIZAR UN APOYO PERMANENTE . CUANDO ESTOS ESTRATOS SON DE NATURALEZA FRICCIÓNANTE SUELE DAR BUEN RESULTADO AYUDAR LA HINCA A GOLPES CON INYECCION DE AGUA A PRESIÓN, LOS INYECTADORES DE AGUA (CHIFLONES) HAN DE SER PRÉVISTOS Y DISPUESTOS CON ANTICIPACIÓN EN EL PROPIO PILOTE.

LOS INYECTORES SON TUBOS DE 5 A 7.5 CM DE DIAMETRO CON ESTRECHAMIENTO EN SU EXTREMO. PARA INYECCIÓN DE PILOTES EN ARENA DEBE PREVERSE UN GASTO DE AGUA DEL ORDEN DE 1000 LTS/MIN POR PILOTE, CON UNA PRESIÓN DE 10 KG/CM<sup>2</sup>. EN MATERIALES MAS GRUESOS AMBAS CIFRAS PUEDEN CRECER CONSIDERABLEMENTE, LOS ARREGLOS CON UN SOLO INYECTOR EN LA PUNTA DEL PILOTE SON INDESEABLES, PUES SE TAPAN Y ADEMÁS TIENDEN A FORMAR UN TAPÓN COMPACTO BAJO EL PILOTE, DIFICULTANDO EL HINCADO, EN EL MEJOR ARREGLO, LOS CHIFLONES DEBEN ESTAR COLOCADOS DE TAL MANERA QUE PRODUZCAN SALIDAS SIMÉTRICAS EN RELACIÓN AL PILOTE, Y SALIR LIGERAMENTE HACIA ARRIBA, PUES DE OTRO MODO ESTE NO BAJA VERTICAL Y SE DESVÍA HACIA CUALQUIER DIRECCIÓN.

FRECUENTEMENTE SE HA DICHO QUE LA INYECCIÓN DE AGUA NO ES EFECTIVA PARA ATRAVESAR MANTOS DE ARCILLA O SUELOS FINOS PLÁSTICOS EN GENERAL SIN EMBARGO, LA EXPERIENCIA HA SEÑALADO BUENOS RESULTADOS EN ESTOS CASOS, SIEMPRE QUE NO SE CIERRE EL ESPACIO QUE PERMITA LA SALIDA DEL AGUA HACIA EL EXTERIOR.

CUANDO SE HINCAN MUCHOS PILOTES AYUDADOS POR INYECCIÓN DE AGUA, DEBE ELIMINARSE EL AGUA PRODUCTO DE ESA OPERACIÓN LO QUE, EN CIERTAS ZONA, PUEDE SER PROBLEMÁTICO.

POR ÚLTIMO, ES PRECISO SEÑALAR QUE LA OPERACIÓN DE INYECCIÓN DE AGUA DEBE SUSPENDERSE POR LO MENOS UN METRO ANTES DEL NIVEL DE DESPLANTE DEFINITIVO DEL PILOTE, PUES DE OTRO MODO SE CORRE EL RIESGO DE AFLOJAR EL NIVEL DE APOYO, DISMINUYENDO LA RESISTENCIA.

CUANDO SE HINCAN PILOTES EN ARCILLAS BLANDAS, SE DESPLAZA UN VOLUMEN DE SUELO QUE PUEDE SER TAN GRANDE COMO EL VOLUMEN DE LOS PILOTES. ÉSTO VA PRODUCIENDO EN EL TERRENO UN MONTÍCULO QUE LEVANTA ESTRUCTURAS ADYACENTES A LOS PILOTES; PUEDE SUCEDER QUE LOS PILOTES YA HINCADOS SE SEPAREN DEL ESTRATO RESISTENTE EN QUE SE APOYEN BAJO LA ARCILLA. LA SITUACIÓN PUEDE REMEDIARSE REHINCANDO LOS PILOTES, PERO EN OCASIONES LA ADHERENCIA ENTRE ARCILLA Y PILOTE CRECE DE TAL MANERA CON EL TIEMPO QUE ESTA OPERACIÓN

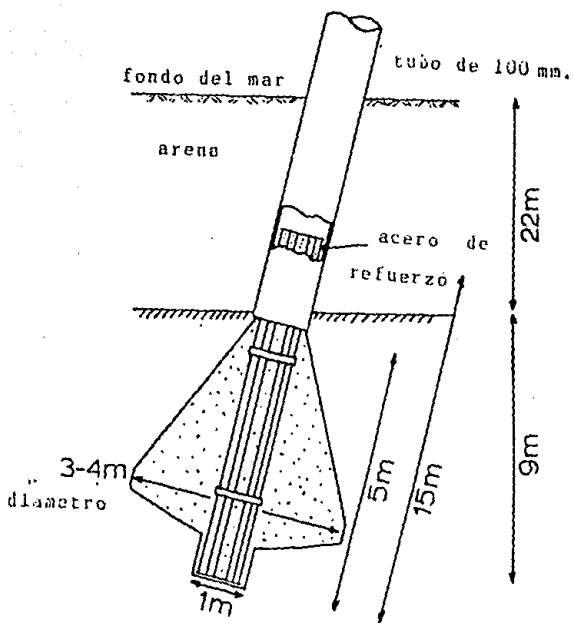
SE HACE MUY DIFÍCIL O IMPOSIBLE, TAMBIÉN OCURRE EN EL CASO DE MOVIMIENTOS LATERALES DE LOS PILOTES. TODOS LOS PROBLEMAS ANTERIORES PUEDEN REDUCIRSE O ELIMINARSE REMOVIENDO PARTE DEL SUELO QUE EL PILOTE VA A DESPLAZAR ESTA OPERACIÓN SE DENOMINA PRE EXCAVACIÓN Y SE REALIZA CON MULTITUD DE HERRAMIENTAS CORTADORAS O ROTATORIAS, DESARROLLADAS AL EFECTO.

LA PRE EXCAVACIÓN ES ÚTIL TAMBIÉN CUANDO A PROFUNDIDADES NO MUY GRANDES SE PRESENTAN ESTRATOS FRICCIÓNANTES QUE HAN DE SER ATRAVESADOS EN LA HINCA, SI LOS BORDES DE UN POZO PRE EXCAVADO NO SE DERRUNBAN, ÉSTE PUEDE SER UN EXCELENTE MÉTODO PARA EVITAR LAS DIFICULTADES DEL MATERIAL POR ATRAVESAR.

#### D) PILOTES HINCADOS Y PERFORADOS

EN ESTE METODO SE HINCA UN PILOTE DE ACERO Y DESPUÉS SE PERFORA UNA CAMPANA DEBAJO DE EL MEDIANTE UNA BROCA EXPANDIBLE.

DURANTE LA CONSTRUCCIÓN DE LA CAMPANA, ESTA SE LLENA DE LODO DE PERFORACIÓN PARA EVITAR QUE SE COLAPSE DESPUÉS, ES LLENADA DE CONCRETO EL CUAL DEBE DE CUBRIR UNA PARTE DEL PILOTE PARA ASEGURAR QUE TRABAJEN JUNTOS, LA CAMPANA SIRVE PARA AUMENTAR LA RESISTENCIA POR PUNTA AL AUMENTAR EL AREA DE LA PUNTA



IV.1.1.D EJEMPLO DE LA SECCION DE UN PILOTE HINCADO Y PERFORADO

## E) PILOTES INSERTADOS

ESTE MÉTODO USA EL SISTEMA LLAMADO DE TELESCOPIA, CONSISTE EN INSERTAR UN PILOTE HUECO HASTA EL REHAZO, SE QUITA EL TAPÓN DE SUELO Y SE HINCA UN PILOTE DE MENOR DIÁMETRO DENTRO DE EL USANDO AL PRIMERO COMO GUÍA; ES NECESARIO CEMENTAR EL ANILLO QUE QUEDA ENTRE PILOTE Y PILOTE.

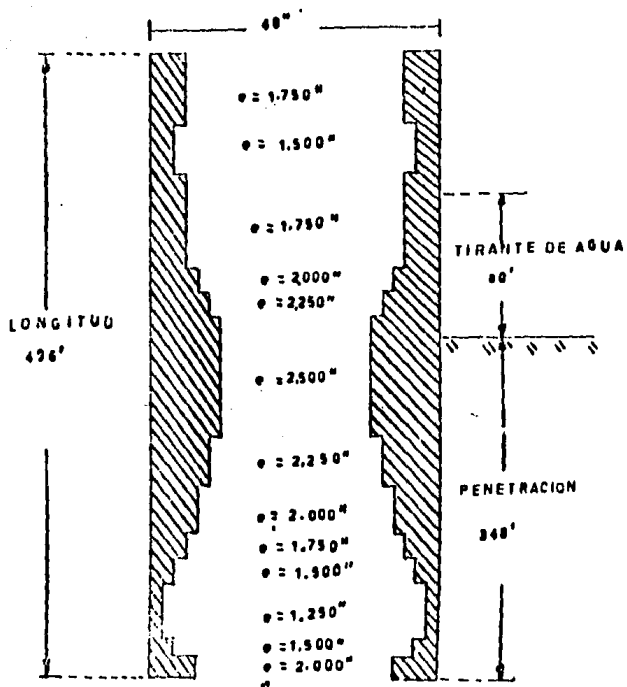
## F) PILOTES VIBRO-HINCADOS

ESTE MÉTODO CASI NO SE HA USADO PERO SE BASA EN EL PRINCIPIO DE QUE AL VIBRAR SE FLUIDIZAN LAS ARENAS Y PERMITE UN FÁCIL HINCADO.

## G) DISEÑO DE LA SECCIÓN DEL PILOTE

EL DISEÑO DE LA SECCIÓN DEL PILOTE ES FUNCIÓN DE:

- A) LA DISPONIBILIDAD DE MATERIALES
- B) MINIMIZACIÓN DE LAS FUERZAS DE HINCADO
- C) ESFUERZOS AXIALES Y LATERALES DESARROLLADOS  
COMO RESULTADO DE LAS OLAS Y LAS CARGAS LATERALES
- D) HABILIDAD DE LA SECCIÓN PARA SOPORTAR LOS ESFUERZOS DE INSTALACIÓN



IV.1.1.1.G.- SECCION TIPICA DE UN PILOTE

E) INFLUENCIA EN EL HINCADO (PILOTES MAS DELGADAS FACILITAN EL HINCADO)

F) PESO Y REVESTIMIENTO DE EL PILOTE

#### IV.1.2.- CAPACIDAD DE CARGA (EN GENERAL)

LA DETERMINACION DE LA CAPACIDAD DE CARGA DE UN PILOTE ES UNO DE LOS PUNTOS DE LA MECANICA DE SUELOS, DE MAS INCERTIDUMBRE POR LA DIFICULTAD DE CUANTIFICAR LA INFLUENCIA DEL METODO CONSTRUCTIVO DEL PILOTE Y DEL DESCONOCIMIENTO DE COMO DEBEN SER TOMADOS EN CUENTA LAS CARACTERISTICAS ESFUERZO-DEFORMACION DE LOS SUELOS.

AHORA BIEN, SUPONIENDO QUE SE PUDIERA CALCULAR CON SUFICIENTE APROXIMACION LA CAPACIDAD DE CARGA DE UN PILOTE DEBE TENERSE EN CUENTA QUE EN LA CONSTRUCCION NUNCA SE UTILIZA UNO DE ESTOS ELEMENTOS, SINO UN GRUPO DE ELLOS, AUNQUE LA INVESTIGACION ACTUAL ACERCA DE LA CAPACIDAD DE CARGA O CUALQUIER OTRO COMPORTAMIENTO DE ESTE GRUPO DE PILOTES ES LIMITADA Y ESCASA EXISTEN YA SUFICIENTES ELEMENTOS DE JUICIO PARA AFIRMAR QUE EL COMPORTAMIENTO MECANICO DE UN SOLO PILOTE ES MUY DIFERENTE AL DE UN GRUPO DE ESTOS. EN LA ACTUALIDAD SOLO EXISTEN FORMULAS PARA CALCULAR PILOTES AISLADOS, DE HECHO HAN OCURRIDO CON CIERTA FRECUENCIA FALLAS A GRUPOS DE PILOTES EN CASOS EN QUE LOS CALCULOS INDICABAN QUE EL PILOTE AISLADO HABIA SIDO

CORRECTAMENTE PROYECTADO.

POR LO ANTERIOR, EL DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE CIMENTACIONES PILOTEADAS ES UNO DE LOS CAMPOS DE LA MECÁNICA DE SUELOS EN LOS QUE MÁS SE REQUIERE EL CRITERIO DE UN INGENIERO QUE NO CONFÍE ÚNICAMENTE EN EL VALOR DE UNA FORMULA Y QUE SEPA HACER USO DE SU EXPERIENCIA, SENTIDO COMÚN Y CONOCIMIENTO DE LOS MATERIALES.

PARA CALCULAR LA CAPACIDAD DE CARGA DE UN PILOTE DE PUNTA, SE USAN FÓRMULAS Y CRITERIOS QUE PUEDEN AGRUPARSE EN TRES CLASES PRINCIPALES, QUE SE CITAN A CONTINUACION.

-LAS LLAMADAS FORMULAS DINÁMICAS TRATAN DE OBTENER LA CAPACIDAD DEL TERRENO A PARTIR DE LA ENERGÍA COMUNICADA AL PILOTE POR EL IMPACTO DEL MARTILLO DE HINCA. SU APLICACIÓN ESTA LIMITADA POR LO TANTO A LOS PILOTES DE PUNTA HICADOS A GOLPE.

-LAS FORMULAS EMPÍRICAS EN LA CAPACIDAD DE CARGA DEL PILOTE QUE SE OBTIENE DE EXPERIENCIAS LOCALES.

-LAS FORMULAS ESTATICAS EN LAS QUE LA CAPACIDAD DEL PILOTE SE OBTIENEN PARTIR DE UNA TEORÍA QUE VALÚE LA CAPACIDAD DE CARGA DEL SUELO, A PARTIR DE SUS PARÁMETROS DE RESISTENCIA.



FÓRMULAS DINÁMICAS SE HAN DESARROLLADO MUCHO A PARTIR DEL PRINCIPIO DEL QUE EMANAN SEGÚN EL CUAL LA ENERGIA DEL IMPACTO CUANTIFICADA, MULTIPLICANDO EL PESO DEL MARTILLO GOLPEANTE POR SU ALTURA DE CAÍDA LIBRE, SE IGUALA AL TRABAJO EFECTUADO DURANTE LA PENETRACIÓN DEL PILOTE POR EL IMPACTO, O BIEN, CONSIDERANDO LA PENETRACIÓN DE LA PUNTA DEL PILOTE EN EL IMPACTO, POR LA FUERZA QUE REPRESENTA LA RESISTENCIA MECÁNICA DEL SUELO AL PILOTE Y QUE SE SUPONE ES IGUAL A LA CARGA ESTÁTICA QUE EL PILOTE PUEDE SOPORTAR. A PARTIR DE TAN SENCILLO PRINCIPIO, DIFERENTES INVESTIGADORES HAN IDO COMPLICANDO LAS FORMULAS A USAR, AL TRATAR DE TOMAR EN CUENTA LAS PÉRDIDAS DE ENERGÍA QUE SE TIENEN DURANTE LA HINCA, POR REBOTE DEL MARTILLO, DEFORMACIÓN DEL PILOTE, VIBRACIONES, ABSORCIÓN EN EL SUELO VECINO, ETC. DE ESE MODO SE HA LLEGADO A LA ELABORACIÓN DE FÓRMULAS ALGEBRAICAMENTE COMPLICADAS EN ALGUNAS DE LAS CUALES SE HAN DESARROLLADO MÉTODOS REALMENTE INGENIOSOS PARA INCORPORAR PERDIDAS DE DETALLE.

LA FALACIA FUNDAMENTAL DE LAS FORMULAS DINÁMICAS ESTRIBA EN SUPONER QUE LA RESISTENCIA DINÁMICA OPUESTA AL PILOTE EN SU PUNTA DURANTE EL HINCADO POR IMPACTO ES IGUAL A LA RESISTENCIA EN SU PUNTA EN CONDICIONES DE CARGA ESTÁTICA. ELLO EQUIVALE A IGNORAR LA DIFERENCIA DE RESPUESTA DE LOS MATERIALES AL TIPO DE CARGA TAN DIFERENTES COMO LA ESTÁTICA Y LA DINAMICA

LA DIFERENCIA ES PRIMORDIALMENTE DEBIDA A QUE DURANTE EL IMPACTO SE DESARROLLAN RESISTENCIAS VISCOSAS Y DE INERCIA EN EL SISTEMA PILOTE-SUELO PUES LA PENETRACIÓN DEL PILOTE TIENE LUGAR EN LAPSO MUY BREVE CON LO QUE LA VELOCIDAD DE PENETRACIÓN ES IMPORTANTE Y GENERA RESISTENCIA VISCOSA ANÁLOGA A LA QUE SE TENDRÍA EN UN FLUIDO REAL SI SE TRATASE DE MOVER UN OBJETO DENTRO DE ÉL. ADEMÁS, LA APARICIÓN DE ESTA VELOCIDAD IMPLICA ACELERACIONES PREVIAS A LA QUE DEBEN HABERSE OPUESTO FUERZAS DE INERCIA SEMEJANTES A LAS QUE SE MENEJA EN MECÁNICA EN EL PRINCIPIO DE D'ALEMBERT. ESTAS FUERZAS VISCOSAS Y DE INERCIA NO SE PRESENTAN EN EL CASO ESTÁTICO Y HACEN QUE LA CORRELACIÓN ENTRE LA RESISTENCIA DINÁMICA Y LA RESISTENCIA ESTÁTICA SEA MUY DIFÍCIL SI NO IMPOSIBLE DE REALIZAR. TAMBIÉN SE IGNORAN EN LAS FÓRMULAS DINÁMICAS LOS EFECTOS DE CAMBIO DE RESISTENCIA CON EL TIEMPO, DEL SUELO EN TORNO AL PILOTE, TAN IMPORTANTES EN MUCHOS TIPOS DE SUELO. NI SIQUIERA PUEDE DECIRSE SI LAS FÓRMULAS DINÁMICAS SERÁN CONSERVADORAS O INSEGURAS EN UN CASO DADO.

LAS FÓRMULAS EMPÍRICAS TIENEN EL INCONVENIENTE GENERAL DE SU LOCALISMO, MUCHAS VECES SE ELABORAN SIN BASES RACIONALES SÓLIDAS Y POR ELLO, ESTÁN SUJETAS A NUMEROSAS INCERTIDUMBRES QUE HACEN NECESARIO APLICARLES UN FACTOR DE SEGURIDAD SUPERIOR A LO QUE HOY ES NORMAL, LO QUE CONDUCE A

CIMENTACIONES ANTIECONÓMICAS. UNA BUENA PARTE DE ESAS FÓRMULAS TIENEN COMO BASE CRITERIOS DINÁMICOS, OTRAS SON SIMPLES RECOMENDACIONES QUE TRATAN DE RECOGER EXPERIENCIAS LOCALES INTERPRETADAS CON UN CARACTER TOTALMENTE BURDO.

LOS VALORES NUMÉRICOS A USAR PARA EL FACTOR DE SEGURIDAD DEPENDEN DE LA INCERTIDUMBRE INHERENTE AL PROYECTO, ESPECIALMENTE EN LO REFERENTE A HOMOGENEIDAD DEL SUBSUELO Y AL MÉTODO DE CONSTRUCCIÓN DEL PILOTE. SIN EMBARGO ES COSTUMBRE EN LOS DISEÑOS NORMALES USAR UN FACTOR DE SEGURIDAD DEL ORDEN DE 3 CUANDO LA CIMENTACIÓN SE CALCULA CON CARGAS MUERTAS Y VIVAS PERMENENTES QUE ES LA FORMULA USUAL DE CALCULO EN TRABAJOS DE RUTINA, ÉSTE FACTOR PUEDE REDUCIRSE ALGO CUANDO SE HAGA UN ANÁLISIS MAS DETALLADO DE CARGAS.

#### A) PRUEBA DE CARGA

GENERALMENTE EL MEJOR MÉTODO PARA ESTIMAR LA CAPACIDAD DE CARGA DE UN PILOTE INDIVIDUAL EN UN CIERTO LUGAR, ES EL REALIZAR UNA PRUEBA DE CARGA A ESCALA NATURAL. EL INCONVENIENTE DE LAS PRUEBAS DE CARGA ESTRIBA EN SU COSTO Y EN EL TIEMPO REQUERIDO PARA REALIZARLAS; ÉSTAS RAZONES HACEN QUE EN NUMEROSAS OBRAS DE POCA MAGNITUD NO SE EJECUTEN. EN OBRAS DE IMPORTANCIA NO ES BUEN CRITERIO EVITAR LAS PRUEBAS DE CARGA EN RAZON DEL COSTO O DEL TIEMPO POR LO

MENOS, DEBEN HACERSE ALGUNAS PRUEBAS EN LUGARES REPRESENTATIVOS DE LAS DISTINTAS CONDICIONES; LA ELECCIÓN CORRECTA DE TALES LUGARES ES DE FUNDAMENTAL IMPORTANCIA, DEFINE EL EXITO DEL PROGRAMA DE PRUEBAS Y SUELE REQUERIR BASTANTE EXPERIENCIA. EL LUGAR APROPIADO PARA EFECTUAR UNA PRUEBA DE CARGA NO SIEMPRE ES AQUEL EN QUE EL TERRENO PRESENTA CONDICIONES MAS CRÍTICAS, PUES DEBE CONTARSE TAMBIÉN CON LA MAGNITUD DE LAS CARGAS EN CADA PILOTE, CON EL NÚMERO DE PILOTES QUE SE COLOCARÁN EN CADA ZONA Y CON LA CONSECUENCIA DERIVADA DE LA FALLA DE UN PILOTE.

UNA LIMITACIÓN DE IMPORTANCIA QUE AFECTA A LAS CONCLUSIONES OBTENIDAS DE UNA PRUEBA DE CARGA ES QUE ESTA SE REALIZA GENERALEMTE EN UN SOLO PILOTE Y YA SE HA MENCIONADO QUE EL COMPORTAMIENTO DE UN GRUPO ES DIFERENTE DEL DE UNA UNIDAD AISLADA.

CON UNA PRUEBA DE CARGA PUEDE OBTENERSE INFORMACIÓN SOBRE LOS SIGUIENTES ASPECTOS:

A) CAPACIDAD DE CARGA ÚLTIMA POR PUNTA DE UN PILOTE. UNA PRUEBA DE CARGA BIEN EJECUTADA DA VALORES BASTANTE SATISFACTORIOS DE LA CAPACIDAD DE CARGA POR PUNTA APOYANDOSE ÉSTA EN ARENA O ARCILLA DURA. PARA DESLINDAR EL VALOR DE LA CAPACIDAD POR PUNTA ES NECESARIO QUE LA RESISTENCIA DEL PILOTE POR FRICCIÓN LATERAL SE CONOZCA CON BUENA

APROXIMACIÓN O QUE SEA ELIMINADA; ESTO ÚLTIMO PUEDE CONSEGUIRSE COLOCANDO EL PILOTE DENTRO DE UN TUBO HUECO DEL QUE SOBRESALGA ÚNICAMENTE SU PUNTA.

B) CAPACIDAD DE CARGA DE UN PILOTE POR FRICCIÓN LATERAL. EL RESULTADO DE UNA PRUEBA DE CARGA DA LA RESISTENCIA LATERAL POR FRICCIÓN O ADHERENCIA CUANDO, LA CAPACIDAD DE CARGA POR PUNTA ES DESPRECIABLE, CUAL SUELE SER EL CASO DE PILOTES HINCADOS EN ARCILLAS BLANDAS O CUANDO SE DISPONE EN LA PUNTA DEL PILOTE UN MECANISMO A BASE DE CELDAS DE PRESIÓN QUE PERMITAN VALUAR LA RESISTENCIA POR PUNTA INDEPENDIEMENTE A LA RESISTENCIA TOTAL.

C) ASENTAMIENTO TOTAL DEL PILOTE BAJO LA CARGA. ESTA INFORMACIÓN ES BASTANTE CONFIABLE CUANDO LA PUNTA DEL PILOTE SE APOYA EN SUELOS NO COMPRESIBLES. EN PILOTES DESPLANTADOS EN ARCILLA COMPRESIBLES, EN CAMBIO LOS ASENTAMIENTOS OBTENIDOS EN LA PRUEBA NO REPRESENTAN LOS QUE SE TENDRÍAN EN UN PILOTE CARGADO A LARGO PLAZO. LA RAZÓN ES QUE EN ESTOS CASOS LOS FENOMENOS DE COMPRESIBILIDAD ESTÁN MUY LIGADOS AL TIEMPO Y LOS PERÍODOS DE PRUEBA NO SON DE NINGÚN MODO REPRESENTATIVOS POR LOS CORTOS PERÍODOS DE TIEMPO DE LA VIDA DE LOS PILOTES PROTOTIPO. A CONTINUACIÓN SE PRESENTAN ALGUNOS CRITERIOS PARA DETERMINAR LA CAPACIDAD DE CARGA.

## B) METODO ALFA

ESTE METODO SE BASA EN LA HIPOTESIS DE QUE EXISTE UNA ADHESION ENTRE SUELO Y PILOTE DE LO QUE DESPRECIANDO POR SER MUY PEQUEÑA LA CAPACIDAD DE CARGA POR PUNTA SE TIENE:

$$Q_u = \alpha C_u A_s$$

DONDE:

$C_u$  - RESISTENCIA AL ESFUERZO CORTANTE

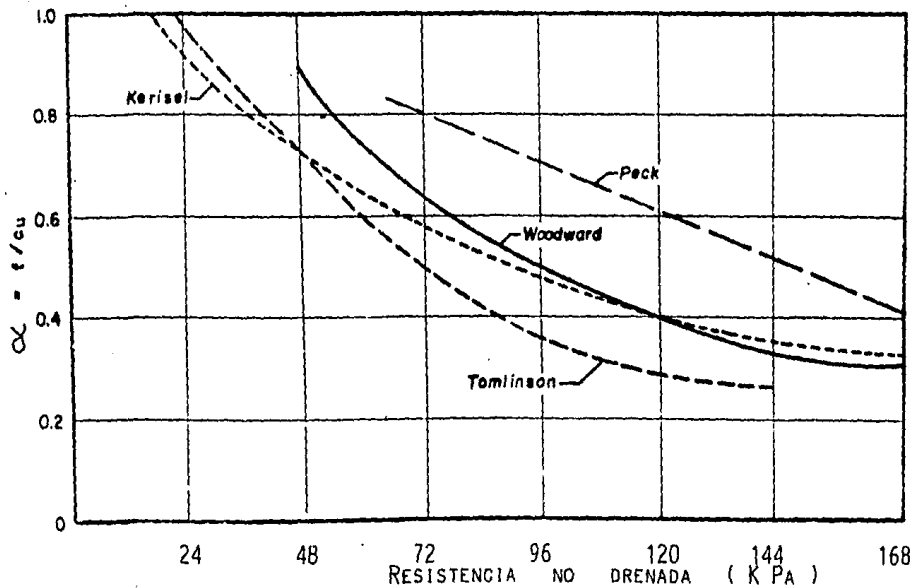
NO DRENADA

$A_s$  - AREA DEL FUSTE

$\alpha$  - FACTOR DE ADHERENCIA

DESDE 1957 SE HA TRATADO DE ENCONTRAR UNA RELACION ENTRE LA ADHESION Y LA COHESION, AL PRINCIPIO TOMLINSON SUGIRIO QUE ERAN APROXIMADAMENTE IGUALES, DESPUES PECK PROPUSO QUE LA ADHESION ERA INFERIOR POR LO QUE TOMLINSON BASADO EN UNA SERIE DE PRUEBAS DE CARGA CONCLUYO QUE SI ERA INFERIOR; WOODWARD DIO VALORES MAYORES A LOS DE TOMLINSON PERO INFERIORES A LA RESISTENCIA AL CORTE.

EL VALOR DE  $\alpha$  VARIA ENTRE 0.2 Y 1.5 Y SE PUEDE ENCONTRAR EN FORMA GRAFICA DE TABLAS O EN GRAFICAS COMO LA DE LA FIG. IV.1.2.A



IV.1.2.A.- DIFERENTES VALORES DE ALFA EN FUNCION DE LA RESISTENCIA AL CORTE

OTRO METODO MUY PARECIDO A ESTE ES EL DEL AMERICAN PETROLEUM INSTITUTE (API), QUE ES UN ORGANISMO DEDICADO A REGULAR LAS TEORIAS Y PROCEDIMIENTOS QUE SE UTILIZAN EN LA EXPLOTACION PETROLERA DE NORTEAMERICA, NORMAS QUE MUCHOS PAISES UTILIZAN POR FACILIDAD, ESTE METODO TAMBIEN SE BASA EN LA COHESION DEL SUELO CONSIDERANDO LA ADHESION COMO MENOR O IGUAL QUE LA COHESION, DE DONDE:

$$Q_u = F A_s$$

DONDE F ES LA CAPACIDAD DE CARGA LATERAL UNITARIA DEFINIDA DE TRES MANERAS DEPENDIENDO DEL GRADO DE CONSOLIDACION Y LA PLASTICIDAD DE LAS ARCILLAS:

1.- EN SUELOS ALTAMENTE PLASTICOS Y NORMALMENTE CONSOLIDADOS F ES IGUAL A LA COHESION NO DRENADA.

2.- EN ARCILLAS PRECONSOLIDADAS Y ALTAMENTE PLASTICAS F ES LA MAYOR DE:

a)  $F = 0.046 \text{ TON/M}^2$

b) LA COHESION NO DRENADA DE UNA ARCILLA NORMALMENTE CONSOLIDADA A LA PROFUNDIDAD DE INTERES

3.- PARA TODAS LAS ARCILLAS

$$F = c \quad \text{PARA } c < 0.023 \text{ TON/M}^2$$

$$F = 1.25 - 10.75 c \quad \text{PARA } 0.023 \leq c \leq 0.07 \text{ TON/M}^2$$

$$F = 0.5 c \quad \text{PARA } c > 0.07 \text{ TON/M}^2$$



## C) METODO BETA

ESTE METODO SE BASA EN LA HIPOTESIS DE QUE DURANTE LA CARGA DEL SUELO HASTA LA FALLA, ESTE PERMANECE DRENADO; FUE DESARROLLADO POR BURLAND EN 1973, EL ESTABLECE QUE LA FRICCION LATERAL DEPENDE DEL ANGULO DE FRICCION Y DEL ESFUERZO EFECTIVO NORMAL A LA SUPERFICIE POR LO QUE DESPRECIANDO LA CAPACIDAD POR PUNTA SE TIENE:

$$Q_u = A_s \bar{I}_h \tan(\delta)$$

$$\bar{I}_h = K \bar{I}_v$$

$$Q_u = A_s K \bar{I}_v \tan(\delta)$$

$$\beta = K \tan(\delta)$$

$$Q_u = \beta \bar{I}_v A_s$$

DONDE:

$\bar{I}_h$  - ESFUERZO EFECTIVO HORIZONTAL

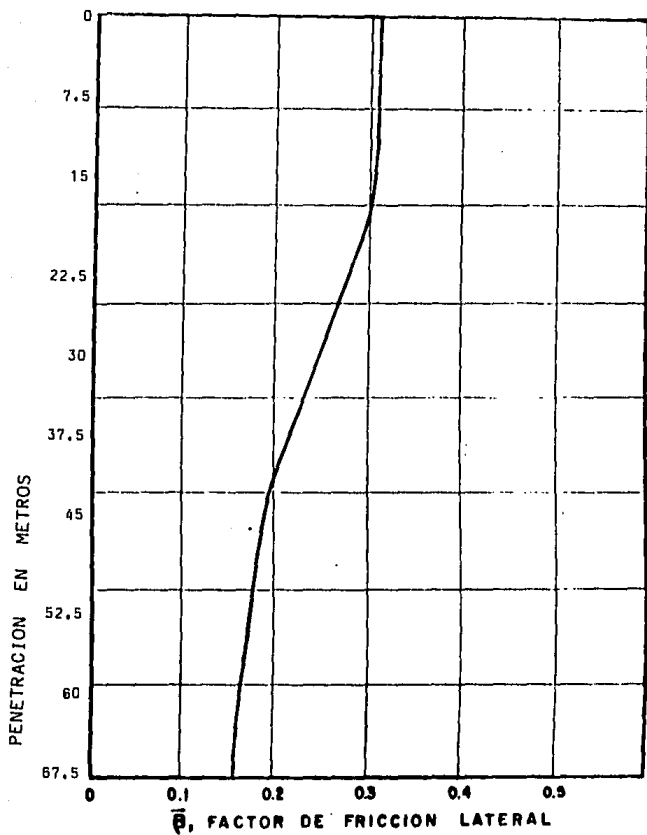
$\delta$  - ANGULO DE FRICCION ENTRE SUELO Y PILOTE

$A_s$  - AREA DEL FUSTE

$\bar{I}_v$  - ESFUERZO EFECTIVO VERTICAL

$\beta$  - VARIA DE 0.25 A 0.4 Y SE ENCUENTRA EN GRAFICAS COMO LA DE LA FIG IV.1.2.B

$K$  - COEFICIENTE DE PROPORCIONALIDAD



IV.1.2.B.- VALOR DE BETA EN FUNCION  
DE LA PENETRACION

## D) METODO LAMDA

ESTE METODO SE BASA EN QUE LA FRICCION UNITARIA LATERAL ES FUNCION DE EL ESFUERZO VERTICAL EFECTIVO Y DE LA RESISTENCIA AL CORTE NO DRENADA; FUE DESARROLLADO POR VIJAYVEURGIYA Y FOCHT BASANDOSE EN LOS DATOS OBTENIDOS DE PRUEBAS DE CARGA EN PILOTES METALICOS DE SECCION TRANSVERSAL CIRCULAR Y PUNTA ABIERTA, ELLOS SUGIRIERON QUE EL DESPLAZAMIENTO DEL SUELO DURANTE EL HINCADO MOVILIZA LA RESISTENCIA PASIVA DEL SUELO, LA CUAL AFECTA SOBRE LOS LADOS DEL PILOTE; LA CAPACIDAD DE CARGA SE PUEDE CALCULAR CON:

$$Q_u = \lambda (\bar{\sigma}_m + 2 C_m) A_s$$

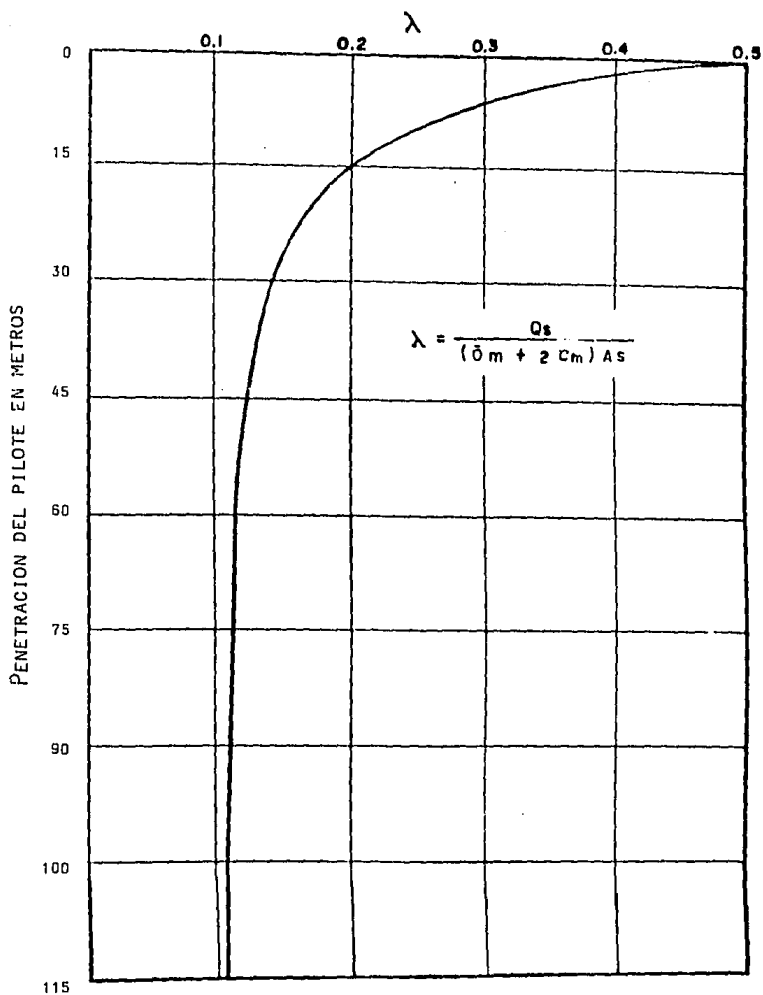
DONDE:

$\lambda$  - COEFICIENTE DE FRICCION LATERAL

$\bar{\sigma}_m$  - PRESION VERTICAL EFECTIVA MEDIA

$C_m$  - COHESION MEDIA DEL TERRENO

EL VALOR DE  $\lambda$  SE PUEDE OBTENER DE GRAFICAS COMO LA DE LA FIG IV.1.2.C QUE RELACIONAN ESTE COEFICIENTE CON LA PROFUNDIDAD DEL PILOTE, PUES SE HA PODIDO DEMOSTRAR QUE ESTE DECRECE CON EL AUMENTO DE LA LONGITUD DE EL PILOTE.



IV.1.2.C.- VALOR DE LAMDA EN FUNCION DE  
LA PENETRACION

## E) DISEÑO DE GRUPOS DE PILOTES

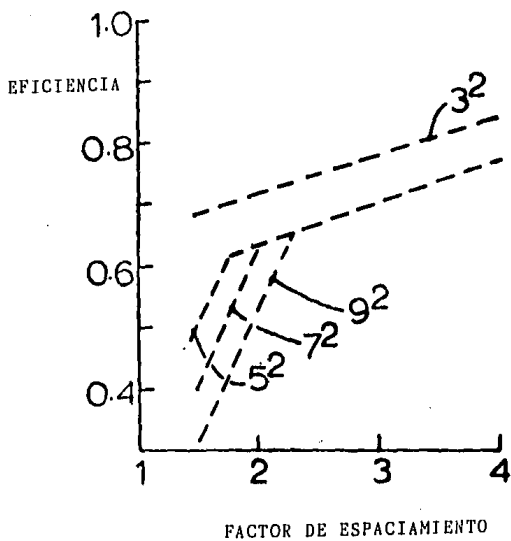
LA CAPACIDAD EN UN GRUPO DE PILOTES NO ES IGUAL A LA DE UN PILOTE AISLADO, DEPENDE DE LA DISTRIBUCION DE LAS CARGAS A TRAVES DEL GRUPO DE PILOTES Y DE LA INTERACCION ENTRE PILOTES .

EL ASENTAMIENTO DE UN GRUPO ES MAYOR QUE EL DE UNO DEBIDO A LA SUPERPOSICION DE LOS EFECTOS DE LAS CARGAS INDIVIDUALES. PARA CONSIDERAR ESTE EFECTO SE TOMA UN FACTOR DE EFICIENCIA QUE ES IGUAL A LA CAPACIDAD DE CARGA DEL GRUPO, ENTRE LA CAPACIDAD DE UN PILOTE, POR EL NUMERO DE PILOTES; LA CAPACIDAD DEL GRUPO SE CALCULA TOMANDO LA ENVOLVENTE ALREDEDOR DEL GRUPO Y CONSIDERANDOLO COMO SI FUERA UN SOLO PILOTE, TOMANDO LA FRICCION UNITARIA LATERAL IGUAL A LA DEL INDIVIDUAL.

EL FACTOR DE EFICIENCIA NORMALMENTE ES MENOR A LA UNIDAD PERO EN ALGUNOS CASOS COMO EN ARENAS, O EN ARCILLAS SUAVES PUEDE SER MAYOR DEBIDO A QUE SUFRE UNA COMPACTACION O CONSOLIDACION LLEGANDO ESTE A VALORES DE 2.

## F) CAPACIDAD DE CARGA DE PILOTES SOMETIDOS A TENSION

EN LOS PILOES DE TENSION SOLAMENTE SE CUENTA CON LA FRICCION LATERAL YA QUE OBIAMENTE LA CAPACIDAD POR PUNTA ES



IV.1.2.D.- EFICIENCIA DE UN GRUPO DE PILOTES

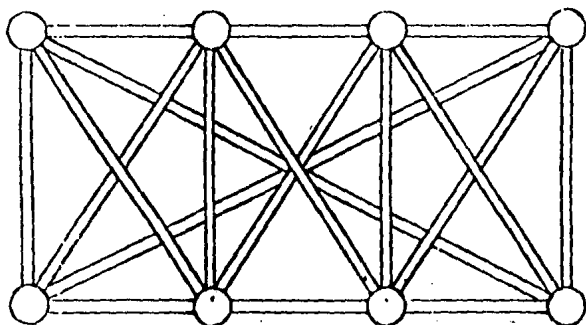
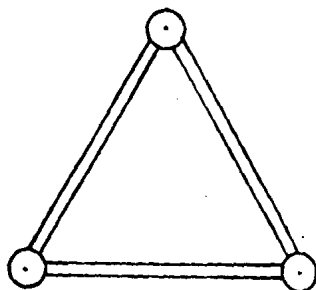
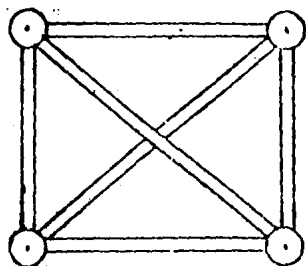
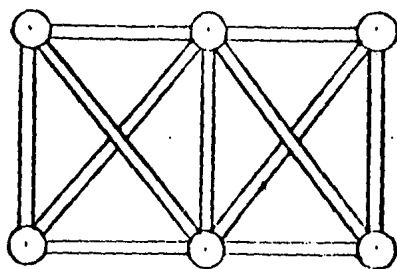
NULA. LA FRICCION LATERAL ES MENOR QUE EN CARGAS DE COMPRESION DEBIDO A QUE EL ESFUERZO HORIZONTAL DISMINUYE POR EL DECREMENTO DEL DIAMETRO DEL PILOTE AL JALARLO, TAMBIEN SE REDUCE A CAUSA DE LA INVERSION DE ESFUERZOS CORTANTES QUE PREDOMINARON DURANTE EL HINCADO.

EL API PROPONE UN FACTOR DE REDUCCION A LA TENSION DE 0.5 MIENTRAS QUE EL INVESTIGADOR POULOS SUGIERE QUE EL FACTOR SEA DE 0.7

G) CAPACIDAD DE CARGA SUPERFICIAL PARA EL APOYO  
PROVISIONAL DE LA SUB-ESTRUCTURA

DURANTE EL PROCESO DE INSTALACION DE UNA PLATAFORMA SE APOYA LA SUB-ESTRUCTURA DIRECTAMENTE EN EL LECHO MARINO, LA ESTABILIDAD PROVISIONAL DEL TERRENO ES FUNDAMENTAL EN ESTA ETAPA, POR LO QUE EN NECESARIO CALCULAR LA CAPACIDAD DE CARGA CON LOS ELEMENTOS DE APOYO EXISTENTES EN LA BASE, ESTOS PUEDEN PRESENTAR UNA GRAN VARIEDAD DE ARREGLOS Y FORMAS SEGUN EL DISEÑO QUE SE ADOPTE.

DE HECHO GENERALMENTE EL APOYO DE LA SUB-ESTRUCTURA SE ALCANZA DESPUES DE QUE LOS ELEMENTOS DE APOYO HAN PENETRADO CIERTA DISTANCIA "D", DENTRO DEL SUELO, LO QUE PUEDE SER UNOS CUANTOS CENTIMETROS O VARIOS METROS, POR ESTO ES NECESARIO CONOCER LA CAPACIDAD DE CARGA DESDE EL LECHO



IV.1.2.G.- DIFERENTES TIPOS DE APOYO DEPENDIENDO  
DE LA FORMA DE LA SUBESTRUCTURA



MARINO HASTA CIERTA DISTANCIA UN POCO MAYOR QUE "D".

EL CALCULO DE LA CAPACIDAD DE CARGA SE HACE CON LOS ELEMENTOS EN CONTACTO CON EL SUELO, LO QUE SUELE SER EL ANCHO DE LOS TUBOS DE LIGA ENTRE LAS PIERNAS, SI ESTOS NO SON SUFICIENTES SE DEBERAN COLOCAR PLACAS DE APOYO ADICIONAL PARA GARANTIZAR LA ESTABILIDAD.

SI LAS CAPAS SUPERFICIALES ESTAN CONSTITUIDAS POR ARCILLAS, LA RESISTENCIA QUE SE TOMA BASANDOSE EN LA FORMULA DE SKEMTON ES:

$$C' = 2/3 C$$

$$q = (C' N_c) / F_s + \sqrt{s}$$

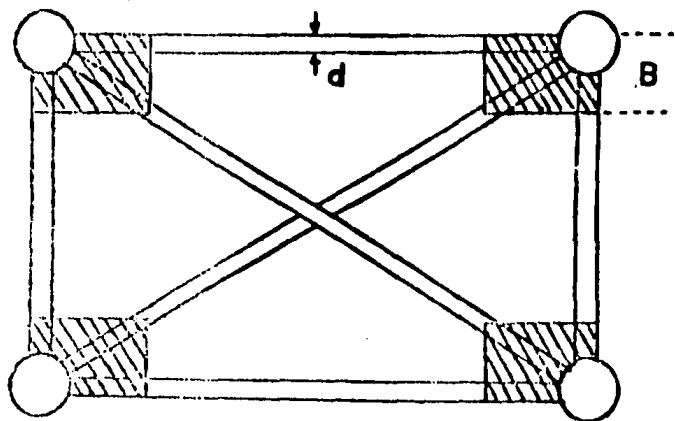
DONDE:

C - RESISTENCIA AL CORTE NO DRENADO PROMEDIO

$$N_c = 5.14 (1 + 0.2(D/d)) \leq 9$$

TOMANDO UN  $F_s = 2$

SI LAS CAPAS LAS CONSTITUYEN ARENAS SE USA LA ECUACION DE TERZAGHI PARA FALLA LOCAL:



IV.1.2.G.- PLACAS DE APOYO ADICIONALES

$$Q_U = 2/3 C N_c + q N_q + 0.5 \gamma' B N_{\gamma}$$

Y LA CAPACIDAD DE CARGA ADMISIBLE SERA:

$$Q_A = Q_U / F_S$$

CON UN  $F_S$  QUE VARIA DE 2 A 3

#### H) CARGAS LATERALES

GENERALMENTE LOS PILOTES DEBEN DE DISEÑARSE PARA SOPORTAR CARGAS LATERALES TANTO ESTATICAS COMO TRANSITORIAS POR LO QUE ES IMPORTANTE CONOCER LA RESISTENCIA LATERAL DEL SUELO CERCA DE LA SUPERFICIE.

#### -CARGAS LATERALES EN ARCILLA

LA CAPACIDAD LATERAL EN ARCILLAS  $P_U$  SE ENCUENTRA ENTRE  $8C$  Y  $12C$  Y SE PUEDE CONSIDERAR:

$$P_U = 9C \text{ PARA } X > X_R$$

DONDE:  $P_U$  - RESISTENCIA ULTIMA

$C$  - RESISTENCIA AL CORTE NO DRENADO

$X$  - PROFUNDIDAD ABAJO DE LA SUP. DEL SUELO

$X_R$  - PROFUNDIDAD DEL SUELO A LA PARTE BAJA

## DE ESFUERZOS DE FLEXION

$$X_R \text{ EN ARCILLAS SUAVES} = \frac{6 D}{(\gamma D / C) + 0.5}$$

DONDE:

D - DIAMETRO

 $\gamma$  - PESO ESP. DEL SUELO

-CARGAS LATERALES EN ARENAS

HUDSON MATLOCK PROPONE PARA LA CAPACIDAD DE CARGA EN ARENAS SEPARARLA EN DOS:

PARA POCA PROFUNDIDAD

$$P_u = A \left( \frac{\gamma' H}{D} + \frac{K_o H \tan(\phi) \sin(\beta)}{\tan(\beta - \phi) \cos(\alpha)} \right) +$$

$$\frac{\tan(\beta)}{\tan(\beta - \phi)} (D + H \tan(\alpha) \tan(\beta)) +$$

$$K_0 H \tan(\beta) (\tan(\phi) \text{sen}(\beta) - \tan(\alpha)) - K_a D))$$

PARA GRAN PROFUNDIDAD

$$P_u = A ( K_a \gamma' H (\tan\beta - 1) + K_0 \gamma' H \tan\phi \tan\beta )$$

DONDE:

$P_u$  - RESISTENCIA ULTIMA

$A$  - FACTOR DE AJUSTE EMPIRICO

$\gamma'$  - PESO ESP. DEL SUELO

$H$  - PROFUNDIDAD

$K_0$  - COEFICIENTE DE PRESION DEL SUELO EN REPOSO

$\phi$  - ANGULO DE FRICCION INTERNA

$\beta = 45^\circ + \phi / 2$

$\alpha = \phi / 2$

$D$  - DIAMETRO DEL PILOTE

$K_a$  - COEFICIENTE DE PRESION MINIMA ACTIVA

EN EL SUELO ("RANKUINE"  $\tan^2 (45^\circ - \phi / 2)$ )

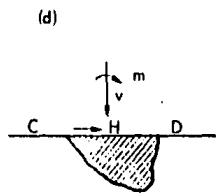
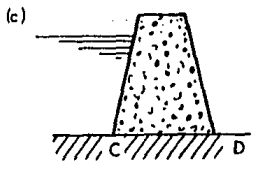
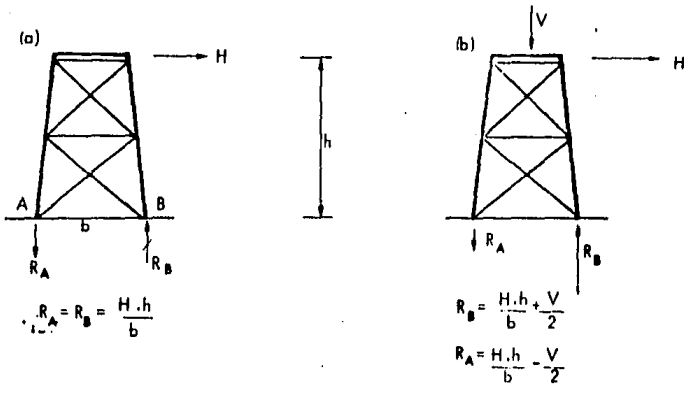
## IV.2.-PLATAFORMAS DE GRAVEDAD

ESTE TIPO DE SOLUCIONES ES MUY USADO EN EL MAR DEL NORTE DEBIDO A QUE AHI LAS CARACTERISTICAS DEL SUELO SON PROPICIAS PARA SUSTENTAR ESTE TIPO DE ESTRUCTURAS.

EL PRINCIPIO DE ESTAS PLATAFORMAS ES USAR SU PROPIO PESO PARA SOPORTAR LAS CARGAS A QUE ESTA SUJETA, UNA VENTAJA QUE TIENEN ES QUE PUEDEN SER INSTALADAS EN UN PERIODO MUY CORTO DE TIEMPO, ADEMAS DE QUE NO NECESITA PREPARACION PREVIA EL SUELO DONDE SE VAN A ASENTAR.

ESSENCIALMENTE UNA PLATAFORMA CONSISTE DE TRES PARTES:

- ESTRUCTURA SOBRE DEL AGUA QUE SIRVE DE SOPORTE PARA EL EQUIPO Y DE AREA DE TRABAJO
- SUB-ESTRUCTURA QUE CONSISTE EN VARIOS TUBOS METALICOS O TORRES DE CONCRETO ORGANIZADOS DE TAL MANERA QUE EJERZAN Poca RESISTENCIA A LAS CORRIENTES MARINAS
- CAJON DE CONCRETO FORMADO DE VARIAS CELDAS CILINDRICAS O RECTANGULARES LAS CUALES PUEDEN TENER VARIOS USOS, COMO POR EJEMPLO, AL ESTAR VACIOS DAN FLOTACION A LA BASE, SE PUEDEN IR LLENANDO DE UNO A UNO PARA IR PROPORCIONANDO AL SUELO UNA DISTRIBUCION DE ESFUERZOS ADECUADA DURANTE SU COLOCACION, TAMBIEN PUEDEN SER



IV.2.- PRINCIPIO DE LAS PLATAFORMAS DE GRAVEDAD

USADOS COMO DEPOSITOS DE COMBUSTIBLE O DE AGUA DULCE; ÉSTOS CILINDROS SE APOYAN EN UNA BASE QUE TIENE UN FALDON EL CUAL AL TERMINAR LA INSTALACION QUEDA INSERTADO EN EL SUELO.

#### IV.2.1.- TIPOS DE FALLAS

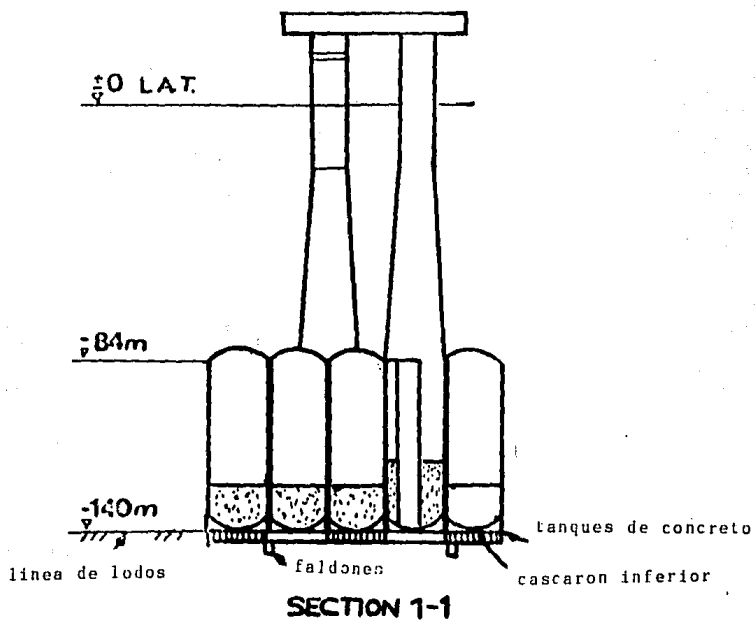
ENTRE LOS TIPOS DE FALLAS MAS FRECUENTES QUE SE PUEDEN ENCONTRAR EN ESTE TIPO DE CIMENTACION ESTAN:

- DESLIZAMIENTO DE LA ESTRUCTURA POR ESTAR APOYADA SOBRE "RIOS DE LODO"
- RUPTURA DE LA ESTRUCTURA DEL SUELO POR FALTA DE CAPACIDAD DE CARGA
- LICUACION DE ARENAS POR LOS ESFUERZOS CICLICOS TRANSMITIDOS A LA ESTRUCTURA
- ASENTAMIENTOS DIFERENCIALES
- SOCAVACION DEL TERRENO

#### IV.2.2.- DESLIZAMIENTO DE LA ESTRUCTURA

PARA EVITAR ESTE TIPO DE FALLA SE TIENEN LOS FALDONES DE LA ESTRUCTURA, LOS CUALES TIENEN QUE ESTAR INSERTADOS EN EL SUELO PARA FORMAR UN ANCLAJE ADECUADO. POR LO GENERAL TIENEN 50 CM. DE ALTO Y UNOS 60 A 80 CM. DE ANCHO, DEPENDIENDO DE LA RESISTENCIA A LA PENETRACION DEL





IV.2.- SECCION TIPICA DE UNA PLATAFORMA  
DE GRAVEDAD

TERRENO, PARA CALCULAR ESTA, SE TOMA COMO DE LARGO INFINITO Y SE CALCULA LA RESISTENCIA POR METRO.

-EN ARCILLAS

$$\text{RESISTENCIA POR PUNTA } Q = B ( C N_c + \gamma' D )$$

$$\text{FRICCIÓN LATERAL } Q = \alpha C D$$

DONDE:

$C$  - RESISTENCIA AL CORTE NO DRENADO

$\alpha$  - FACTOR DE ADHERENCIA

$D$  - PROFUNDIDAD A LA QUE VA A PENETRAR

$B$  - ANCHO DEL FALDON

-EN ARENAS

$$\text{RESISTENCIA POR PUNTA } Q = B \gamma' D N_q$$

$$\text{FRICCIÓN LATERAL } Q = K \tan(\delta) \gamma' D^{2/3}$$

DONDE:

$\delta$  - ANGULO DE FRICCIÓN

$\gamma'$  - PESO ESP. DEL SUELO

## IV.2.3.- PRESIONES EN LA BASE

DEBIDO A LAS CARGAS LATERALES A QUE ESTAN SUJETAS ESTAS ESTRUCTURAS SE PRODUCE UN MOMENTO EN LA CIMENTACION, LO QUE OCASIONA ESFUERZOS DE TENSION EN UN LADO DE LA BASE Y DE COMPRESION EN EL OTRO; PARA EVITAR ESTO EL GRAN PESO DE LA ESTRUCTURA APLICA GRANDES ESFUERZOS DE COMPRESION DE TAL MANERAQUE EN EL DIAGRAMA DE ESFUERZOS TOTALES EN LA BASE NO EXISTA NINGUNA TRACCION, BASÁNDOSE EN ESTAS CARGAS ES COMO SE DISEÑA EL LASTRADO DE LA ESTRUCTURA.

## V.- PROCESO DE INSTALACION DE UNA PLATAFORMA PILOTEADA ( EJEMPLO PRACTICO )

### V.1.- USOS DE LAS PLATAFORMAS

AL HABLAR DE PLATAFORMAS PILOTEADAS ES CONVENIENTE PRIMERO MENCIONAR LOS USOS QUE SE LES PUEDEN DAR, PUES ESTOS LIMITA LA FORMA Y TAMAÑO DE ELLAS, DENTRO DE LAS COMUNES CON LAS QUE CONTAMOS EN MEXICO SE TIENEN:

#### A) PLATAFORMAS DE PREFORACION

EN UN PRINCIPIO A ESTAS SE LES MONTAN EQUIPOS DE PERFORACION, PERO UNA VEZ TERMINADA LA PERFORACION CAMBIAN DE USO; CUENTAN POR LO GENERAL CON DOCE CONDUCTORES ( CAMISA DE SEGURIDAD DE LOS POSOS ) DE 76 CM. HINCADOS HASTA UNA PROFUNDIDAD DE 65 M.

#### B) PLATAFORMAS DE PRODUCCION

ESTAS SE CARACTERIZAN POR SEPARAR EL GAS DEL CRUDO Y BOMBLEAR ESTE A TIERRA A TRAVES DE OLEODUCTOS SUBMARINOS, EL GAS PRODUCTO DE LA SEPARACION CASI SIEMPRE SE QUEMA, PUES SUELE SUCEDE QUE ES MAS CARO EL PRECIO DE RECUPERARLO QUE EL DEL GAS.

## C) PLATAFORMAS DE ENLACE

SON AQUELLAS EN DONDE SE LOCALIZAN LAS LLEGADAS DE LAS LÍNEAS QUE RECOLECTAN EL CRUDO CON GAS DE LAS PLATAFORMAS DE PERFORACIÓN Y LO DISTRIBUYEN A LAS DE PRODUCCIÓN, A BORDO DE ESTAS PLATAFORMAS LAS LÍNEAS CUENTAN CON INSTALACIONES PARA LANZAR Y RECIBIR "DIABLOS" QUE SON TAPONES QUE VIAJAN A TRAVÉS DE LAS MISMAS PARA LIMPIARLAS.

## D) PLATAFORMAS HABITACIONALES

SON LAS DISEÑADAS PARA BRINDAR ASISTENCIA A TRABAJADORES DE LOS DIFERENTES COMPLEJOS, TIENEN CAPACIDAD PARA 127 PERSONAS EN 45 HABITACIONES, CUENTAN CON TODAS LAS FACILIDADES COMO HELIPUERTO, SISTEMA DE RADIOCOMUNICIÓN, SISTEMA CONTRA INCENDIO, POTABILIZADORA DE AGUA, PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS NEGRAS, COCINA, COMEDOR, SALA DE RECREACIÓN, BIBLIOTECA, GENERADORES DE ENERGÍA ELÉCTRICA, CLÍNICA Y GIMNASIO.

## E) PLATAFORMA DE REBOMBEO

TIENEN LA FUNCIÓN DE REBOMBEO EL CRUDO DE LOS OLEODUCTOS DE 91 CM, ÉSTE PROCESO ES LLEVADO A CABO POR MEDIO DE 8 TURBOBOMBAS DE 100,000 BARRILES/DIA CADA UNA Y

TRES GENERADORES DE 550 KVA CADA UNO, PARA PRODUCIR LA ENERGÍA ELÉCTRICA.

F) PLATAFORMAS DE SEPARACIÓN Y QUEMADOR

SU OBJETO ES EVITAR EL DERRAME DE CRUDO UTILIZANDO UNA CAMPANA DE RECOLECCIÓN, SE ENCUENTRAN EN ESTUDIO CON OBJETO DE DARLES LA UTILIZACIÓN MAS ADECUADA.

G) PLATAFORMAS DE COMPRESIÓN DE GAS

EL OBJETO ENDULZAR EL GAS "AMARGO", MEDIANTE 4 PLANTAS "ENDULZADORAS", COMPRIMIRLO Y ENVIARLO A LAS CORRESPONDIENTES PLATAFORMAS DE ENLACE DE GAS.

V.2.- EQUIPOS NECESARIOS PARA LA INSTALACIÓN

A) UN BARCO GRUA DE 65,000 T.P.M. Y 2000 T.C. DE CAPACIDAD DE IZAJE, COMO ES EL BARCO GRUA "SARITA" QUE CUENTA CON LAS SIGUIENTES CARACTERISTICAS:

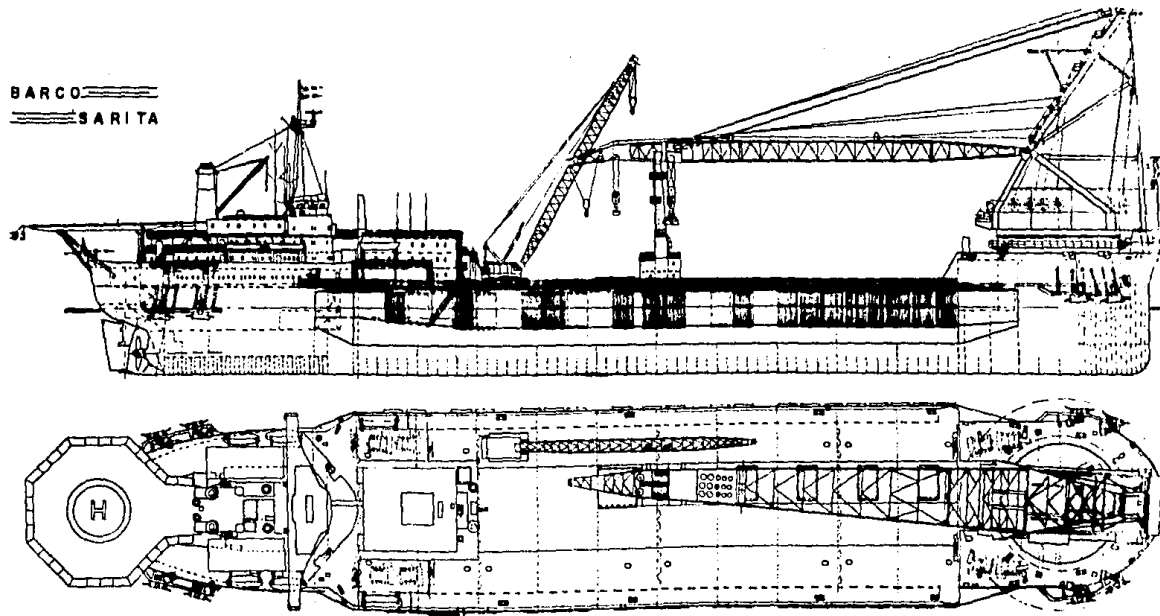
ESLORA	206.2 M.
MANGA	37 M.
CALADO	15.4 M.
DESPLAZAMIENTO	62,000 TON.
GRUA ESTACIONARIA	2,000 TC.
GRUA DE ORUGAS	165 TC.
PROPULSION	15,400 VHP.
ANCLAS DE 10 TON.	8
CAPACIDAD	200 PERSONAS.
CUBIERTA	33,000 PIES <sup>2</sup> .

ADEMAS CUENTA CON POTABILIZADORA DE AGUA, TALLER MECANICO, GRUA VIAJERA, RADIOCOMUNICACION Y HELIPUERTO.

B) REMOLCADOR DE 8,000 HP. CON UNA ESLORA DE 45 M, MANGA DE 12.5 M, CALADO DE 4.5 M. Y 630 TPM.

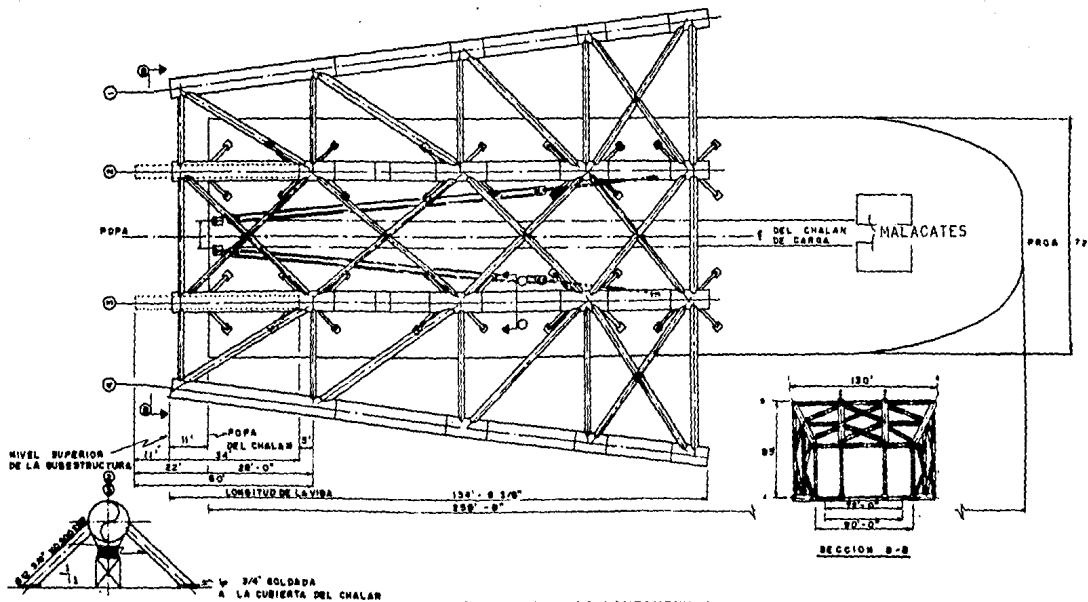
C) CHALAN PARA PILOTES Y SUPERESTRUCTURA DE 22.5 X 35 M.

D) CHALAN PAR LANZAMIENTO DE 75 M. DE ESLORA, 22 M. DE MANGA Y 5 M. DE CALADO CON BALANCINES DE LANZAMIENTO DOBLES DE VIGUETA W-36 CON LONGITUD DE 69 M, 2 MALACATES DE CUBIERTA TIPO RB-90, CON CUATRO CORREDERAS DE LANZAMIENTO Y 7 POLEAS C/U., 6 BOMBAS DE LASTRADO A



V.2.- BARCO GRUA TÍPICO PARA LA COLOCACION DE UNA PLATAFORMA





V.2.- CHALAN DE LANZAMIENTO

DIESEL, VALVULA DE TRANSFERENCIA PARA LASTRE Y CABLES DE ACERO PARA REMOLQUE.

### V.3.- TRABAJOS PREVIOS A LAS SALIDAS DE LAS PIEZAS ESTRUCTURALES

DE LOS PATIOS DE FABRICACION.

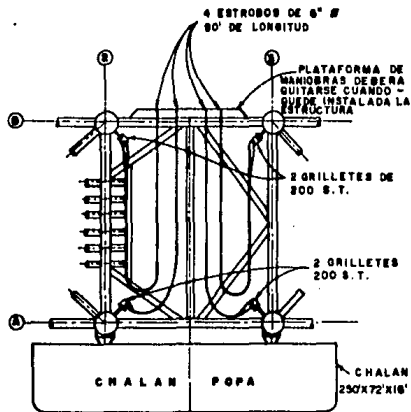
LA PREPARACION DE LAS ESTRUCTURAS Y DE LOS CHALANES QUE LAS TRANSPORTAN AL CAMPO PARA SU INSTALACION ES IMPORTANTE, YA QUE DE ACUERDO A LAS CONDICIONES DE LLEGADA DEPENDERA LA MINIMIZACION DE LOS TIEMPOS DE TRABAJO EN LA INSTALACION, PARA LOGRAR ESTO ES NECESARIO CONTAR CON TODA LA INFORMACION NECESARIA PARA REALIZAR ESTOS TRABAJOS, COMO POR EJEMPLO: PLANOS ESTRUCTURALES, PESO Y CENTRO DE GRAVEDAD DE LA ESTRUCTURA, ESTUDIO DE MECANICA DE SUELOS DONDE APAREZCA EL TIRANTE DE AGUA, ESTRATIGRAFIA DEL TERRENO, DATOS SOBRE OLEAJE, VIENTOS Y MAREAS.

#### V.3.1.-PREPARACION DE LA BARCAZA DE LANZAMIENTO Y LA SUBESTRUCTURA.

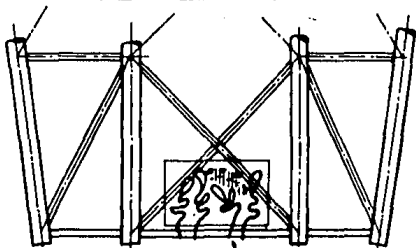
1.-LA PLATAFORMA DE MANIOBRAS DEBERA SER SOLDADA EN LO ALTO DE LA SUBESTRUCTURA ENTRE LAS PIERNAS B-2 Y B-3.(FIG V.3.1)

2.-LOS ESTROBOS PARA EL IZAJE DE LA SUBESTRUCTURA

① ESTROBOS PARA IZAJE



ELEVACION DE FRENTE



EL FABRICANTE DEBERA  
ASEGURARSE QUE LAS CASAS  
DE LOS ESTROBOS SUEDE  
SUELTAS SOBRE LA PLATAFORMA  
DE MANIOBRAS.

ASEGURAR LOS ESTROBOS  
A LA PLATAFORMA DE MA-  
NIOBRAS CON CABO DE MA-  
NILA.

PLANTA

V.3.1.- PLATAFORMA DE MANIOBRAS

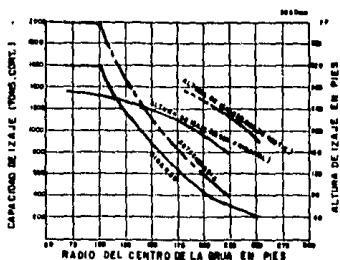
DEBERAN TENER LA LONGITUD NECESARIA PARA ALCANZAR LA PLATAFORMA DE MANIOBRAS MAS 4 M.

3.-LOS CABLES DE ARRASTRE O DE RECUPERACION DEBERAN ESTAR CONECTADOS A LOS GRILLETES DE LAS PIERNAS B-2 Y B-3(FIG V.3.1), Y ESTARAN LOCALIZADOS EN LA PARTE SUPERIOR DE LA ESTRUCTURA, AMBOS CABLES ESTARAN CONECTADOS A UN GRILLETE DESDE EL CUAL SALDRA OTRO CABLE DE ACERO DE 15 M. DE LONGITUD, EL CUAL SE CONECTARA AL CABLE DEL ANCLA DEL BARCO GRUA PARA RECUPERAR LA ESTRUCTURA UNA VEZ LANZADA.

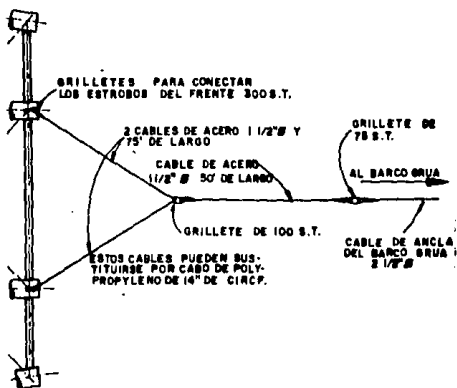
4.-LA COLOCACION DE DOS CUERDAS DE POLIPROPILENO DE 120 M. DE LONGITUD POR 35 CM DE CIRCUNFERENCIA, CON BOLLAS COLOR NARANJA EN SUS EXTREMOS COLOCADAS DONDE TERMINAN LAS PIERNAS B-2 Y B-3, LAS CUALES UNA VEZ LANZADA LA ESTRUCTURA, SERVIRAN PARA QUE UN REMOLCADOR LA VALLA GUIANDO MIENTRAS ES JALADA POR EL CABLE DEL ANCLA (UNA ES DE EMERGENCIA).

5.-INSPECCION FINAL DE LA SUBESTRUCTURA Y CHALAN DE LANZAMIENTO PONIENDO ESPECIAL INTERES EN LOS SIGUIENTES PUNTOS.

- VALVULAS DE INUNDACION CERRADAS.
- VALVULAS DE DESCARGA DE AIRE CERRADAS.
- TODOS LOS ESTROBOS PARA LA MANIOBRA DEBERAN



V.2.- CAPACIDAD DE IZAJE DE LA GRUA DEL BARCO



V.4.2.- ARREGLO DE CABLES PARA EL ARRASTRE

ESTAR ASEGURADAS A LA PLATAFORMA.

-CABLES DE ARRASTRE Y CABLES DE POLIPROPILENO.

-MALACATE Y BOMBAS DE LASTRADO OPERANDO  
CORRECTAMENTE.

### V.3.2.- PREPARACION PARA LOS PILOTES

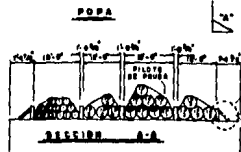
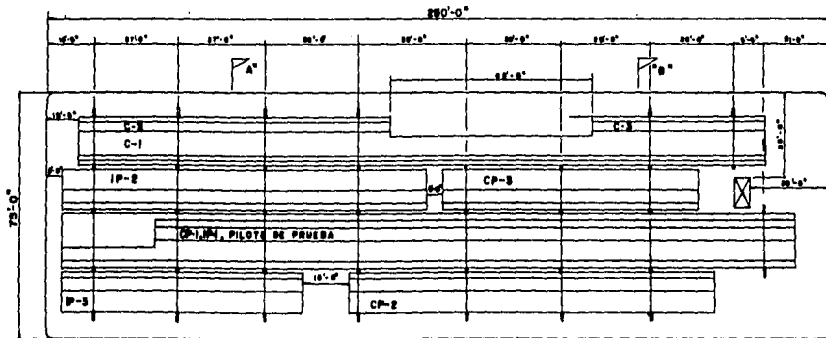
LOS PILOTES Y CONDUCTORES DEBERAN CARGARSE SOBRE EL CHALAN QUE LOS VA A TRANSPORTAR CON SOPORTES EN LAS ESQUINAS A BASE DE PLACAS Y POSTES SOLDADOS, SE COLOCARAN SOBRE EL CHALAN Y SE ASEGURARAN CON CABLES DE ACERO DE 1 1/2 PULGADAS, PARA PERMITIR UN MANEJO MAS RAPIDO DEBERA DEJARSE ESPACIO PARA TRANSITAR ENTRE LAS DIFERENTES SECCIONES QUE INTEGRAN UN PILOTE, CADA SECCION DE PILOTE DEBERA TENER AGUJEROS DE 12 CM PARA IZARLA.(FIG V.3.2)

### V.3.3.- PREPARACION PARA LA SUPERESTRUCTURA

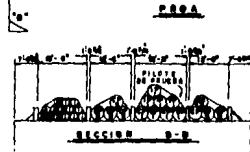
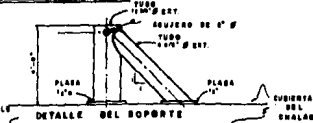
ANTES DE LA SALIDA DE LOS PATIOS SE DEBERA COLOCAR LA GRUA DE LA PLATAFORMA CUIDANDO DE NO CORRER EL CENTRO DE GRAVEDAD DE LA SUPERESTRUCTURA, LA PLUMA DEBERA COLOCARSE EN EL PEDESTAL DE DESCANSO Y ASEGURARSE EN POSICION HORIZONTAL, ADEMAS SE DEBE TENER LA INFORMACION DEL PESO TOTAL Y EL CENTRO DE GRAVEDAD.

PILOTES INTERIORES	40' Ø EXT.	LARG.	PESO/TRAMO	N. TRAMOS
PILOTE DE PRUEBA	19 SECCION	23'	20.18 TONS.	1
PILOTE	19 SECCION	203'	79.03 TONS.	3
PILOTE	29 SECCION	117'	48.70 TONS.	4
PILOTE	39 SECCION	77'	24.56 TONS.	4

PILOTES DE ESQUINA	40' Ø EXT.	LONGITUD	PESO	N. TRAMOS
PILOTE	19 SECCION	23'	20.18 T.	4
PILOTE	29 SECCION	117'	48.70 T.	4
PILOTE	39 SECCION	82'	26.10 T.	4



VISTA EN PLANTA



CONDUCTORES	30' Ø EXT.	LONGITUD	PESO	N. TRAMOS
CONDUCTOR	19 SECCION	820'	24.07 T.	11
CONDUCTOR	25 SECCION	100'	13.49 T.	11
CONDUCTOR	35 SECCION	58'	8.92 T.	11
N. CONDUCTOR	47 SECCION	20'	3.23 T.	11

-NOTA-

1. TODOS LOS PILOTES VAN ORIENTADOS EN SUS EXTREMOS SUPERIORES HACIA POPA.

V.3.2.- ARREGLO DE LOS PILOTES SOBRE EL CHALAN

LA SUPERESTRUCTURA DEBERA SER REFORZADA CON ELEMENTOS ESTRUCTURALES QUE RIGIDIZEN LAS COLUMNAS PARA, QUE CUANDO SE EFECTUE EL IZAJE NO SE ABRAN ESTAS Y PRESENTE PROBLEMAS AL ASENTARLA EN LA SUB-ESTRUCTURA, ESTOS REFUERZOS SERAN DE TUBO DE 25 CM DE DIAMETRO Y DE 1.25 CM DE ESPESOR.

#### V.4.- INSTALACION DE LA SUBESTRUCTURA EN EL MAR

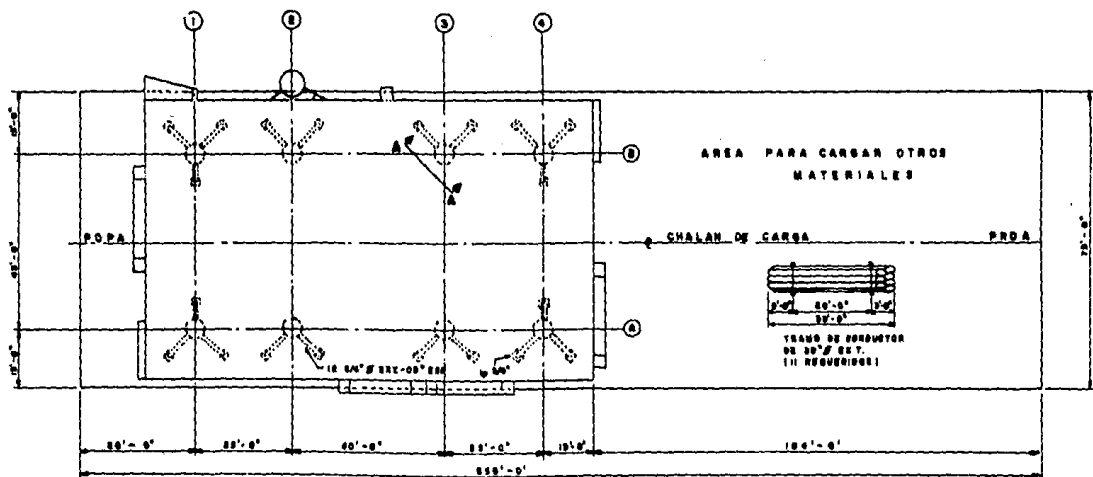
##### V.4.1.- RECONOCIMIENTO SUBMARINO

EL BARCO GRUA SE DEBE POSICIONAR EN LA LOCALIZACION DONDE VA A SER INSTALADA LA SUBESTRUCTURA, SE LANZA UNA BOYA DE SEÑALAMIENTO QUE SERA RECUPERADA DESPUES DE INSTALADA LA PLATAFORMA, EL BARCO-GRUA LANZA SUS OCHO ANCLAS PARA QUEDAR FIJO EN LA POSICION, CON UNA TOLERANCIA DE 50 M. DE EL LUGAR EXACTO. UNA VES HECHO ESTO SE PROCEDE A CHECAR EL FONDO MARINO PARA DETECTAR OBSTACULOS, EN CASO QUE LOS HAYA SE RETIRAN CON AYUDA DE CABLES DE MALACATE DESDE EL BARCO HASTA TENER LIMPIO EL FONDO EN UNA SUPERFICIE DE 60 POR 45 M.

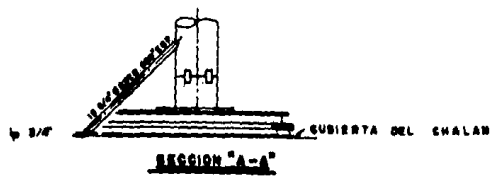
##### V.4.2.- COLOCACION DE LA SUBESTRUCTURA EN EL MAR

EN CUANTO A ESTA OPERACION EXISTEN DOS ALTERNATIVAS UNA ES EL LANZAMIENTO Y DESPUES COLOCACION Y LA OTRA ES IZARLA DIRECTAMENTE DE EL CHALAN, SE PRESENTARA SOLAMENTE DE LA PRIMERA ALTERNATIVA POR SER LA USADA EN MEXICO DEBIDO A

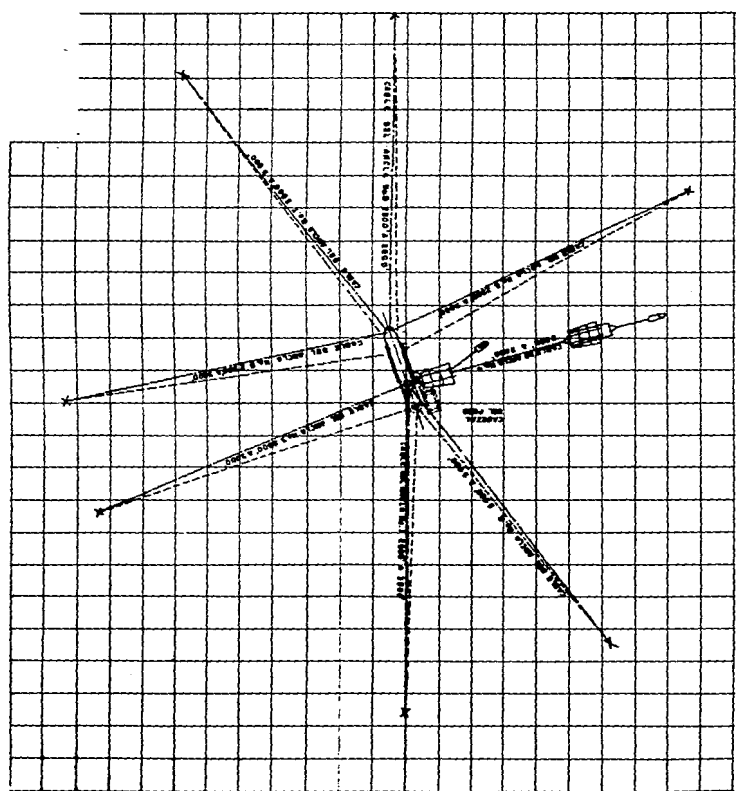




V.3.3.- CHALAN PARA LA SUPERESTRUCTURA



V.4.- ANCLAJE DEL BARCO PARA EL LANZAMIENTO  
DE LA SUBESTRUCTURA



QUE POR LA PROFUNDIDAD EL TAMAÑO DE LA SUBESTRUCTURA ES MUY GRANDE Y PESADA PARA SER LEVANTADA POR LA GRUA, COSA QUE AL ESTAR EN EL AGUA, ESTA TOMA LA MAYOR PARTE DEL PESO FACILITANDO LA COLOCACION.

UNA VEZ TERMINADO EL RECONOCIMIENTO SUBMARINO, EL CHALAN DE LANZAMIENTO SE COLOCA A UNOS 500M DEL BARCO-GRUA Y SALE LA TRIPULACION NECESARIA PARA PREPARAR EL LANZAMIENTO LA CUAL SUELO CONTAR CON :

- 12 SOLDADORES
- 8 MANIOBRISTAS
- 2 MECANICOS
- 1 INGENIERO DE CAMPO
- 1 SUPERVISOR DEL BARCO-GRUA
- 2 CAPATACES DE SOLDADURA

ADEMAS DE LA TRIPULACION SERA NECESARIO INCLUIR EQUIPO ADICIONAL PARA DEJAR EN LIBERTAD LA ESTRUCTURA, ESTE DEBE INCLUIR 2 GATOS DE 60 TON. BARRAS DE PALANCA, HERRAMIENTAS PARA MOTOR DIESEL, EQUIPO DE CORTE QUE CONSTA DE 15 BOTELLAS DE OXIGENO, 7 BOTELLAS DE ACETILENO Y 8 MEZCLADORAS CON MANGUERAS DE 75 M. DE LARGO.

## SECUENCIA DE LOS TRABAJOS A BORDO DEL CHALAN DE LANZAMIENTO:

- 1.- DISTRIBUCION DE LOS EQUIPOS DE CORTE A LO LARGO DE 4 CORREDORES E INICIAR EL CORTE DE LOS SEGUROS, DEJANDO 2 SIN CORTAR.
- 2.- VERIFICAR EL FUNCIONAMIENTO DE TODOS LOS EQUIPOS (BOMBAS DE LASTRADO, MALACATES Y COMPRESOR).
- 3.- LASTRAR EL CHALAN DE POPA 2 O 3 GRADOS.
- 4.- COLOCAR LOS GATOS HIDRAULICOS QUE AYUDAN A COMENZAR EL LANZAMIENTO, SOBRE LAS CORREDERAS Y DEJARLOS PREPARADOS.
- 5.- CONECTAR EL ANCLA DEL BARCO-GRUA A LA SUBESTRUCTURA POR LA POPA DEL CHALAN.
- 6.- CON AYUDA DEL MALACATE DE AIRE LOS MANIOBRISTAS CONECTAN EL CABLE DEL ANCLA A LOS CABLES DE ARRASTRE, ESTE CABLE DEBE PERMANECER FLOJO Y NO PRODUCIR NINGUNA TENSION A LA ESTRUCTURA.
- 7.- TODA LA TRIPULACION DEBERA CONCENTRARSE EN LA PROA.
- 8.- LANZAR AL MAR LAS GALGAS DE RETENIDA.

9.- SE CORTAN LOS DOS ULTIMOS SEGUROS.

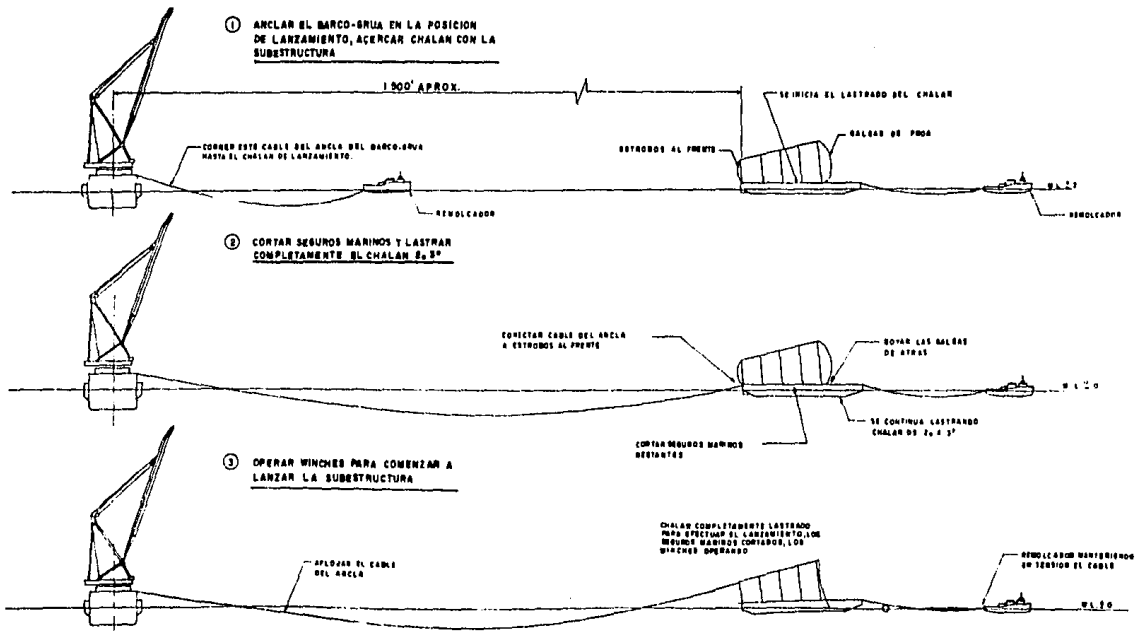
10.- OPERAR LOS MALACATES Y ACCIONAR LOS GATOS HIDRAULICOS, PARA EL DESPEGUE DE LA SUBESTRUCTURA Y CONTINUAR OPERANDOLOS HASTA QUE ESTA CAIGA AL MAR.

11.- UNA VEZ EN EL MAR, EL REMOLCADOR DEBERA ALEJAR EL CHALAN DE LANZAMIENTO.

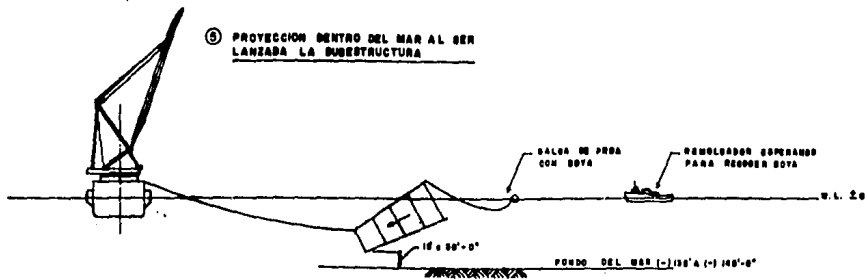
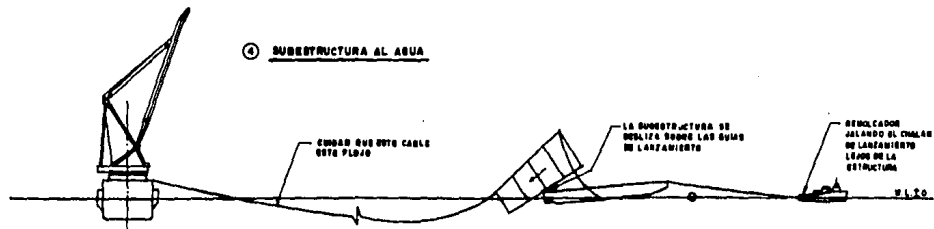
12.- EL REMOLCADOR RECOGERA UNA DE LAS GALGAS, LA CUAL CONECTARA AL MALACATE DE CUBIERTA Y TENSIONARA HASTA CONTROLAR LA SUBESTRUCTURA, EL BARCO-GRUA EMPEZARA A JALAR EL CABLE DEL ANCLA PARA ACRECAR LA PIEZA AL BARCO.

#### V.4.3.- COLOCACION DE LA SUBESTRUCTURA EN POSICION VERTICAL

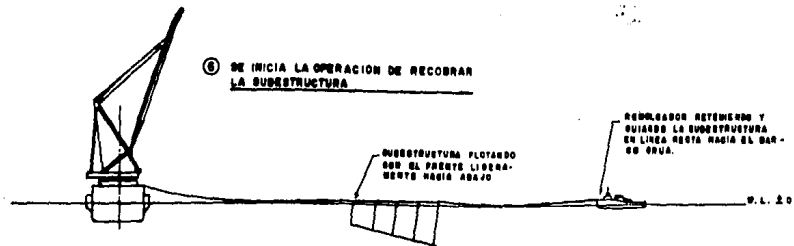
UNA VEZ QUE LA SUBESTRUCTURA ES ACERCADA AL BARCO GRUA, UNA CUADRILLA DE MANIOBRISTAS ABORDA LA PLATAFORMA DE MANIOBRAS, DESPUES PROCEDEN A CORTAR LOS CABLES DE MANILA QUE ASEGURAN LOS ESTROBOS A LA PLATAFORMA Y CON AYUDA DE UN CABLE DE 1/2" EL CUAL ESTA CONECTADO POR UN EXTREMO AL GANCHO DE 15 TON. DE LA PROPIA GRUA, SE COLOCARAN LOS 4 ESTROBOS EN LOS 4 SOPORTES DEL GANCHO PRINCIPAL DE LA GRUA, DESPUES SE CONECTARAN A LA SUBESTRUCTURA DOS CABLES DE DE

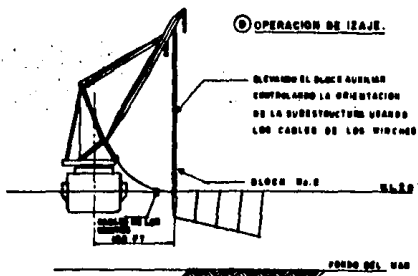
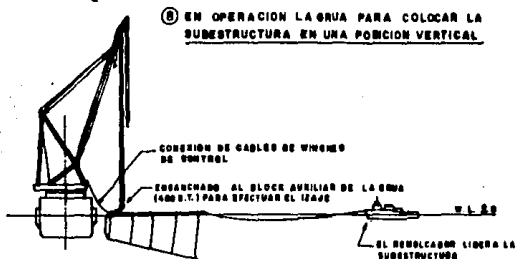
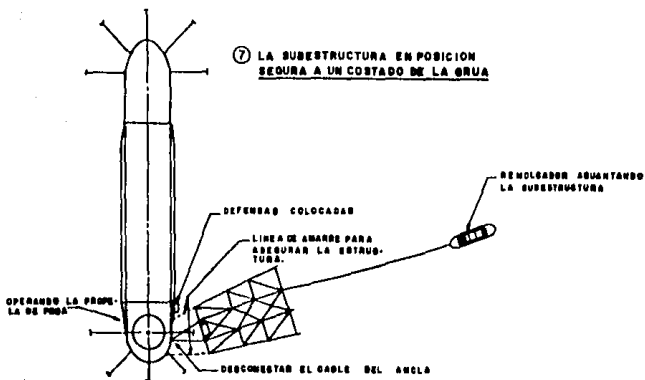


V.4.2.- COLOCACION DE LA SUBESTRUCTURA EN EL MAR



V.4.2.- CONTINUACION  
DE LA COLOCACION  
EN EL MAR

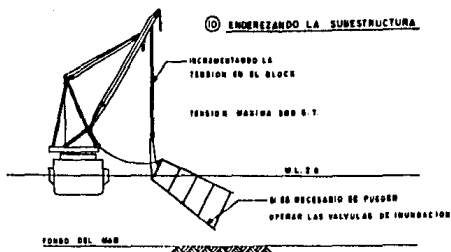




V.4.2.- ACERCAMIENTO DE LA SUBESTRUCTURA  
AL BARCO Y PREPARACION PARA SU  
ELEVACION



LOS MALACATES DE LA GRUA PARA PODER GOBERNAR EL MOVIMIENTO HORIZONTAL, LA TRIPULACION REGRESA AL BARCO Y SE COMIENZA A LEVANTAR LOS ESTROBOS APLICANDO UNA TENSION MAXIMA DE 300 TC. ASI LA PIEZA COMIENZA A GIRAR SUAVEMENTE HASTA QUE ALCANZA SU POSICION VERTICAL, UNA VEZ HECHO ESTO SE ABREN LAS VALVULAS DE INUNDACION DE LAS PIERNAS A2, A3, B2, B3,(FIG V.3.3) CON OBJETO DE LASTRAR LA PARTE CENTRAL, YA LASTRADAS ESTAS PIERNAS SE SUBIRA LA PIEZA A UNOS 10 M. SOBRE EL FONDO MARINO, EL BARCO GRUA SE MUEVE A LA POSICION DONDE DEBERA COLOCARSE LA ESTRUCTURA POR MEDIO DE LAS ANCLAS DEL BARCO, SE BAJA LA ESTRUCTURA Y YA QUE QUEDA POSICIONADA CON UNA TOLERANCIA MAXIMA DE 2 GRADOS DE ERROR, SE LASTRA COMPLETAMENTE LA ESTRUCTURA Y SE ABREN LAS VALVULAS DE VENTEO PARA DEJAR SALIR EL AIRE DE LAS PIERNAS, SE DEJA LA ESTRUCTURA LIBRE DE ESTROBOS Y SE CORTAN LAS TAPAS DE LAS PIERNAS.

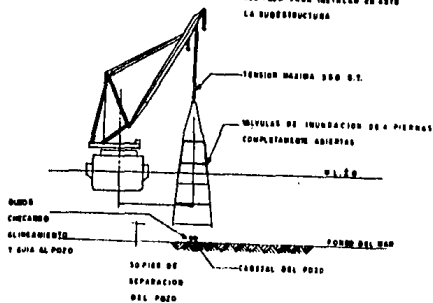


**NOTA**

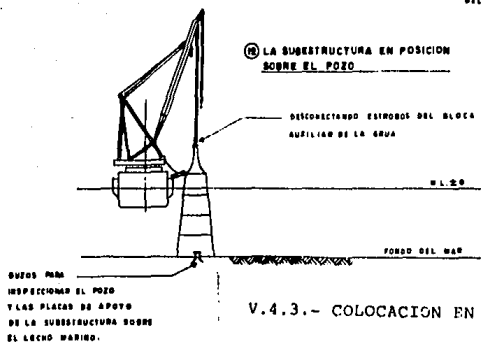
EN CASO DE SER LA SUBESTRUCTURA MAS PESADA Y LAS CAMBAS DE TENSION ARRIBA DE 400 S.T. SE DEBERA USAR EL BLOCA PRINCIPAL DE LA GRUA.

**⑪ SUBESTRUCTURA EN POSICION**

MOVER EL BANCO GRUA A LA LOCALIZACION DEL POZO PARA INSTALAR EN ESTO LA SUBESTRUCTURA



**⑫ LA SUBESTRUCTURA EN POSICION SOBRE EL POZO**



**V.4.3.- COLOCACION EN POSICION**

**VERTICAL**

## V.5.- PILOTEO DE LA SUBESTRUCTURA

## V.5.1.- MARTILLOS

LOS MARTILLOS QUE SE USAN TRABAJAN A TRAVES DE VAPOR, EXISTEN VARIOS TAMAÑOS EN EL MERCADO, ALGUNOS DE LOS MAS COMUNES SON:

---

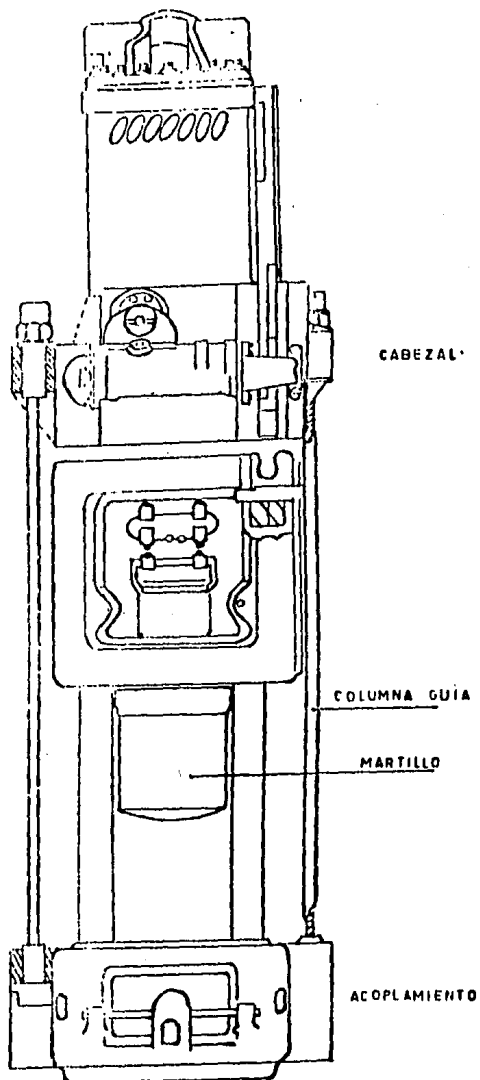
MARCA	MODELO	PESO	ENERGIA	GOLPES/	CONSUMO
		LBS	LBS-PIE	MIN	DE VAPOR LBS/HORA
VULCAN	6300	575,000	1,800,000	42	43,873
MENCK	12500	540,130	1,582,220	36	52,910
MENCK	8000	330,690	867,960	38	30,860
VULCAN	5150	275,000	750,000	46	45,426
VULCAN	5100	197,000	500,000	48	35,977
MENCK	4600	176,370	499,070	42	19,840
MENCK	3000	108,025	325,480	42	12,130
VULCAN	3100	195,500	300,000	60	31,153
VULCAN	560	134,060	300,000	47	20,897
VULCAN	540	102,980	200,000	48	14,126

---

MENCK	1800	64,590	189,850	44	7,060
VULCAN	360	124,830	180,000	62	17,460
VULCAN	060	128,840	180,000	62	17,460
VULCAN	530	57,680	150,000	42	8,064
VULCAN	340	98,180	120,000	60	12,230
VULCAN	040	87,673	120,000	60	12,230
MENCK	850	27,890	93,340	45	3,530
VULCAN	030	55,410	90,000	54	6,944
RAYMOND	8/0	34,000	81,250	40	5,950
RAYMOND	30X	52,000	75,000	70	8,500

---

LOS MAS USADOS EN MEXICO SON EL MENCH 3000, MENCH 2500, VULCAN 340, VULCAN 360, VULCAN 560. LA MAXIMA CANTIDAD DE GOLPES PERMITIDOS PARA ESTOS MARTILLOS ES DE 8 GOLPES POR CM DE PENETRACION EN 150 M SEGUIDOS, PUES EN CASO CONTRARIO EL MARTILLO PUEDE SUFRIR DAÑO.



V.5.1.- DIAGRAMA DE UN MARTILLO VULCAN

## V.5.2.- HINCADO DE LOS PILOTES

PARA PODER REALIZAR ESTE PROCESO LOS PILOTES DEBERÁN TENER CIERTAS PREPARACIONES COMO SON:

-CADA SECCIÓN DE PILOTE DEBE TENER DOS AGUJEROS DE 12.5 CM. EN LA PUNTA PARA PODER SER ENGRILLETADO, ESTROBADO E IZADO.

-LAS PRIMERAS SECCIONES DE PILOTE DEBERÁN TENER TOPES DE PROTECCIÓN PARA EVITAR QUE SE VAYAN DENTRO DE LAS PIERNAS EN CASO DE QUE EL SUELO NO OPONGA MUCHA RESISTENCIA.

-LAS PRIMERAS SECCIONES DEBERÁN DE SER DE 18 A 20 M. MAS LARGOS QUE LAS PIERNAS Y ESTAS DEBERÁN SOLTARSE EN CAIDA LIBRE DESDE UNA ALTURA DE 12 M.

PRIMERAMENTE EL PROCESO COMIENZA CON UN PILOTE DE PRUEBA QUE PUEDE SER CUALQUIERA DE LOS INTERIORES, DESPUES SE PILOTEAN LOS DEMAS INTERIORES Y AL ÚLTIMO LOS EXTERIORES, ESTOS ÚLTIMOS Y EL DE PRUEBA TIENEN LA DIFERENCIA DE SER UNOS 5 M. MAS LARGOS, DURANTE LA INSTALACIÓN DEL DE PRUEBA SE VAN TOMANDO REGISTROS DEL NUMERO DE GOLPES POR PIE DE PENETRACIÓN.

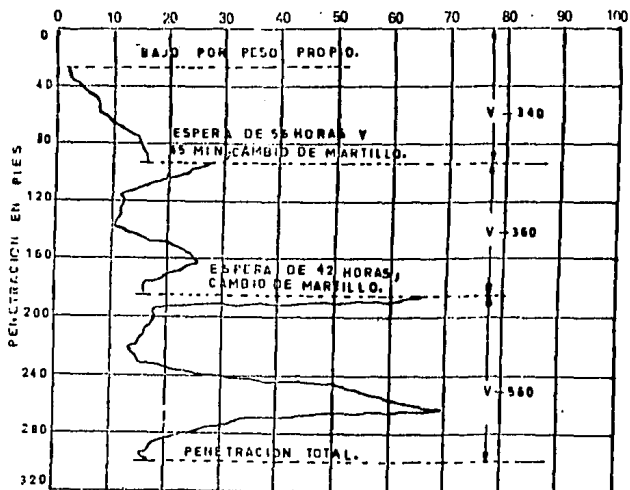
REGISTRO DE HINCADO

Razón Social ó Institución

Plataforma _____	Pilote No. _____
Localización _____	Fecha de terminación _____
Fecha de iniciación _____	Tirante de agua _____
Diámetro exterior del pilote _____	ESQUEMA DE LOCALIZACION.
Penetración de diseño _____	
Tipo de martillo _____	
Personal de vigilancia _____	
Profundidades donde hubo interrupciones _____	
Tiempo en cada interrupción _____	

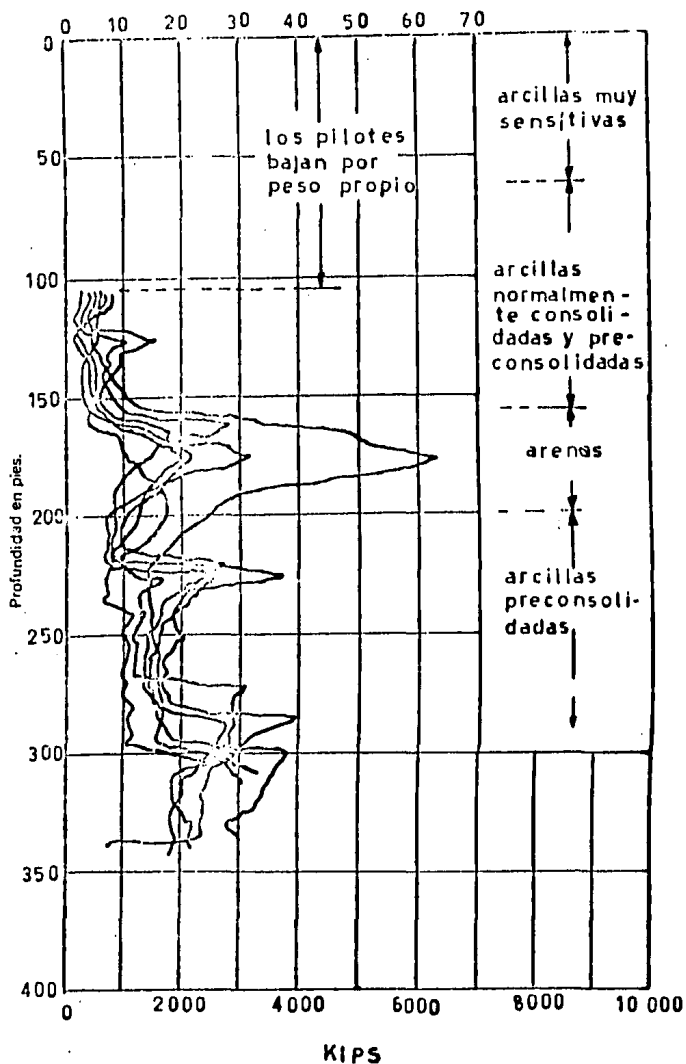
Penetración.	Golpes por unidad de penetración.	No de golpes acumulados.	Golpes por minuto.	Observaciones.

(No. de golpes por pie)



V.5.2.- FORMATO PARA EL REGISTRO DE HINCADO Y UN DIAGRAMA TÍPICO DEL HINCADO DE UN PILOTE

No. de golpes por pie de penetración.



V.5.2.-DIAGRAMA DEL HINCADO DE UN GRUPO DE PILOTES

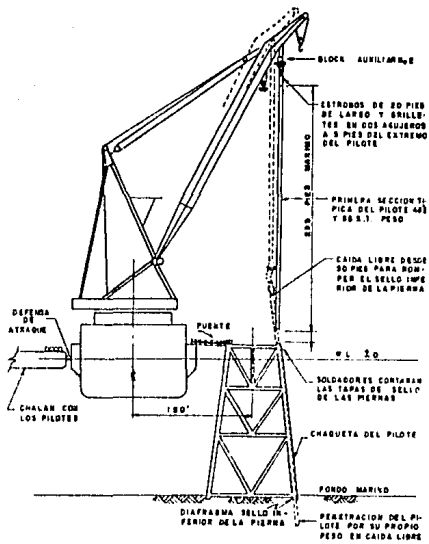


SE LEVANTA LA PRIMERA SECCION DEL PILOTE, SE INTRODUCE EN LA PIERNA PARA QUE ÉSTA LE SIRVA COMO GUIA Y SE DEJA CAER LIBREMENTE CON OBJETO DE QUE EL IMPACTO ROMPA EL SELLO DE LA PARTE INFERIOR Y PENETRE UN POCO EN EL SUELO, DESPUES SE LEVANTA EL MARTILLO Y SE COLOCA SOBRE EL PILOTE, SE EMPIEZA A GOLPEAR Y EN CASO DE QUE EL SELLO OFREZCA DEMASIADO RECHAZO EN ALGUNA PROFUNDIDAD SE DEBERA REMOVER EL TAPÓN DE LA PUNTA A BASE DE CHORRO DE AGUA, UNA VEZ QUE SE HA PILOTEADO UNA SECCIÓN, SE CORTA ÉSTA 60 CM. ABAJO DEL EXTREMO, PUES ÉSTA SUFRA DEFORMACIONES AL SER GOLPEADA, DESPUES SE PONE LA OTRA SECCIÓN DEL PILOTE, LA CUAL DEBE CONTAR CON JUNTAS DE ACOPLAMIENTO PARA FACILITAR EL TRABAJO, SE SUELDA A TODO EL REDEDOR, REVISANDO LA CALIDAD DE LA SOLDADURA POR MEDIO DE ULTRASONIDO Y SE SIGUE PILOTEANDO ASI TODAS LAS SECCIONES.

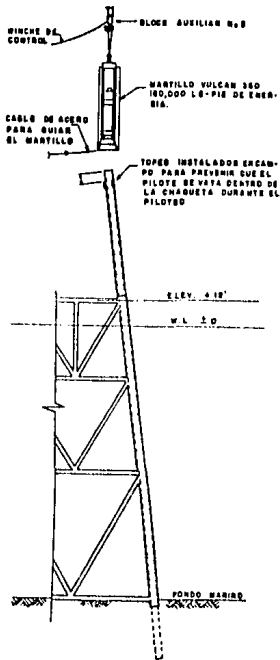
### V.5.3.- NIVELACIÓN DE LA ESTRUCTURA

ESTE ES UNO DE LOS PUNTOS MÁS IMPORTANTES EN EL PROCESO, PUES SI QUEDARA FUERA DE NIVEL, TAL VEZ NO SERÍA POSIBLE PERFORAR EN ELLA; EL NIVEL DEBERÁ IRSE VERIFICANDO DURANTE TODO EL HINCADO Y SE PUEDE IR CORRIGIENDO PILOTEANDO EL LADO MAS BAJO. UNA VEZ TERMINADA ESTA OPERACIÓN SE PUEDE CORREGUIR LEVANTANDOLA CON LA GRÚA DE ALGUNO DE LOS LADO, O COLOCANDO GATOS EN LAS PIERNAS

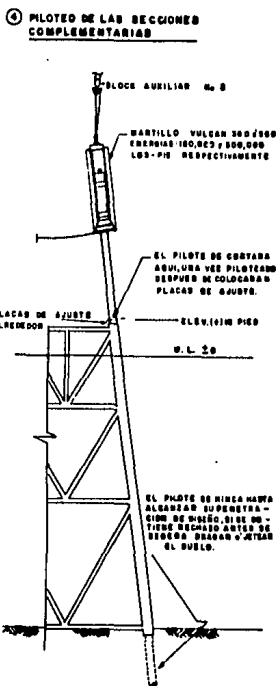
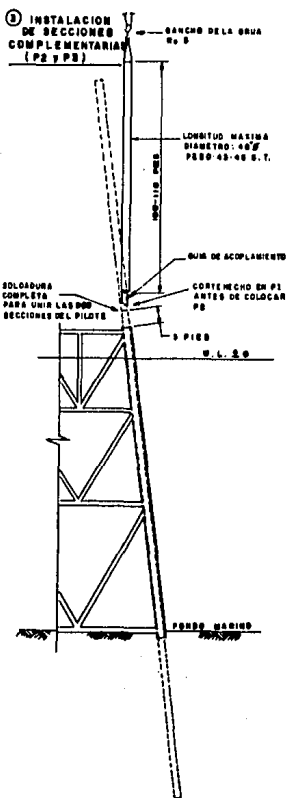
**① INSTALACION DE LA PRIMERA SECCION DEL PILOTE (P.1)**



**② PILOTEO (P.1)**



V.5.2.- PROCESO DE HINCADO DE PILOTES



V.5.2.- PROCESO DE HINCADO DE PILOTES

PREVIAMENTE QUITADO EL LODO POR MEDIO DE CHORRO DE AGUA.

YA NIVELADA SE FIJA EL PILOTE CON LA PIERNA A TRAVÉS DE PLACAS DE AJUSTE DE DIFERENTES ESPESORES QUE VAN DESDE 1/4" HASTA 1 1/2" SOLDADAS A TODO EL REDEDOR DE LA PIERNA.

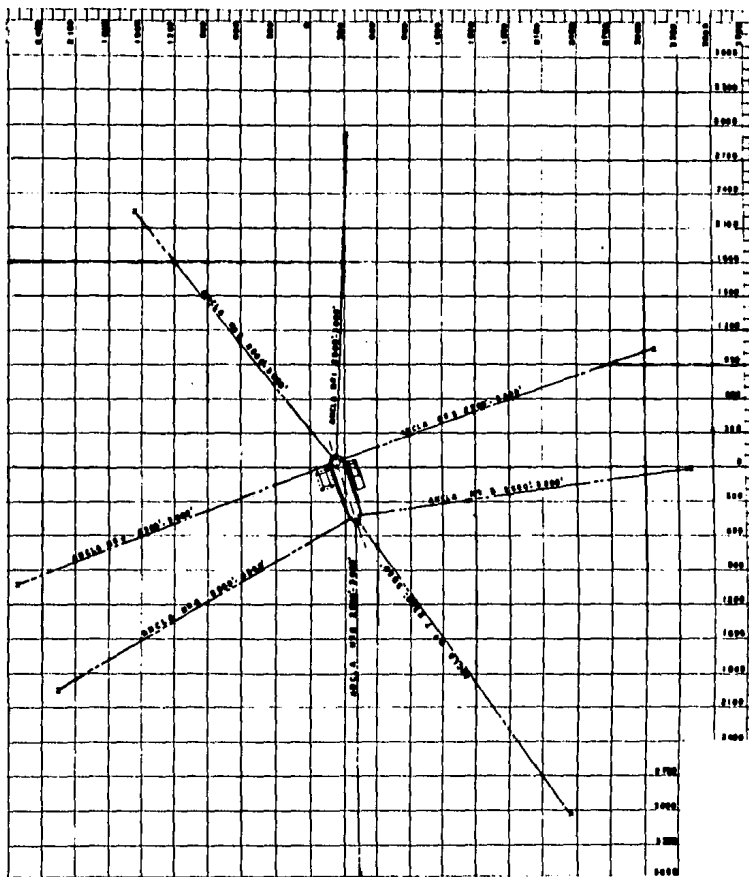
#### V.5.4.- PILOTEO DE CONDUCTORES

SON TUBOS DE ACERO DE 75 CM. LOS CUALES CONTIENEN AL POZO DE PERFORACION, SON HINCADOS EN EL TERRENO CON IGUAL PROCEDIMIENTO QUE LOS PILOTES, SOLO QUE ESTOS NO TIENEN GUÍAS DE ACOPLAMIENTO ENTRE SECCIONES, LO QUE OBLIGA A USAR UN APARATO LLAMADO "BEAP CASE", PARA PODER ACOPLARLAS Y SOLDARLAS.

#### V.6.-INSTALACION DE LA SUPERESTRUCTURA

##### V.6.1.- CORTE DE LOS PILOTES

DE ESTA DEPENDERA EL DESNIVEL DE LA SUPERESTRUCTURA; PARA HACER ÉSTO SE COLOCA UN NIVEL EN EL CENTRO DE LA SUBESTRUCTURA, DONDE SE PUEDAN VER LOS 8 PILOTES, CON AYUDA DE UN ESTADAL SE TOMAN ALTURAS A AMBOS LADOS DE CADA PILOTE Y SE MARCAN A UNA ALTURA MEDIA, SE COLOCA UNA PLANTILLA DE CORTE SOBRE EL PILOTE A PARTIR DEL PUNTO MAS BAJO, SE RETIRA



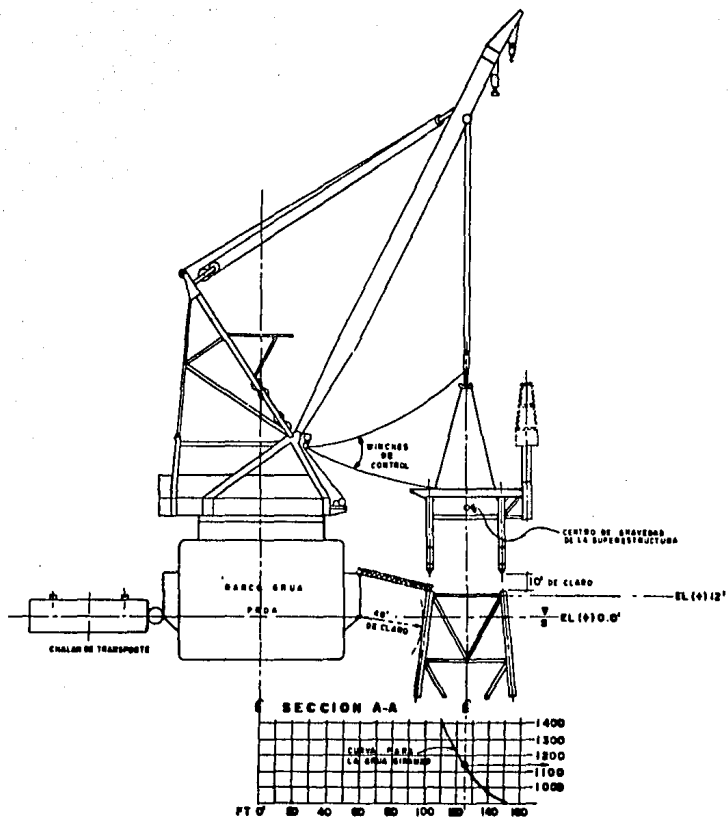
V.6.- ANCLAJE DEL BARCO PARA LA COLOCACION  
DE LA SUPERESTRUCTURA

LA PLANTILLA Y SE PROCEDE AL CORTE SIGUIENDO LA LINEA MARCADA POR LA PLANTILLA.

#### V.6.2.- IZAJE DE LA SUPERESTRUCTURA

SE COLOCA EL CHALAN CON LA ESTRUCTURA A UN LADO DEL BARCO GRUA, SE ENGANCHAN LOS ESTROBOS Y GRILLETES AL BLOCK PRINCIPAL DE LA GRUA DE TAL MANERA QUE LA LONGITUD DE LOS ESTROBOS SEA TAL, QUE EL CENTRO GEOMETRICO DEL SISTEMA, COINCIDA CON EL CENTRO DE GRAVEDAD DE LA PIEZA, SE CORTAN LOS SEGUROS MARINOS QUE SUJETAN LA ESTRUCTURA AL CHALAN, SE COLOCAN LOS CABLES MALACATES DE LA GRUA A LA PIEZA Y SE IZA, ESTA COLOCANDOLA SOBRE LOS PILOTES; UNA VES COLOCADA ESTA SE SUELDAN LAS JUNTAS ENTRE PILOTE I COLUMNA Y SE SACA UNA NIVELACION DE CUBIERTA, EL DESNIVEL MAXIMO NO DEBE SER MAYOR DE 10 MM.

DESPUES DE SOLDADA LA SUPERESTRUCTURA SE COLOCAN LAS ESCALERAS DE ACCESO, LAS DEFENSAS DE LOS ATRACADEROS Y SE HACE UNA LIMPIEZA GENERAL PINTANDO LAS UNIONES SOLDADAS PARA QUE NO SE OXIDEN.



V.6.- INSTALACION DE LA SUPERESTRUCTURA

## VI RESUMEN Y CONCLUSIONES

AL ESCOGER UNA CIMENTACION SE DEBE CONSIDERAR EN UN PRIMER INTENTO TODAS LAS POSIBILIDADES E IRLAS DESECHANDO HASTA LLEGAR A LA MAS ECONOMICA PERO QUE CUMPLA CON LOS REQUISITOS DE ESTABILIDAD Y ASENTAMIENTO, CASI CUALQUIER INGENIERO EN UN PROBLEMA DADO LLEGARA A LA MISMA SOLUCION AUNQUE ES EVIDENTE QUE LA EXPERIENCIA Y EL CRITERIO DEL INGENIERO FACILITAN MUCHO LA SELECCION.

ESTUDIOS GEOFISICOS, ESTAN BASADOS EN LA VELOCIDAD DE PROPAGACION DE LAS ONDAS EN EL AGUA Y SUELO, LAS PRUEBAS SON DE RAPIDA APLICACION PERO LOS DATOS QUE DAN REQUIEREN DE UNA BUENA INTERPRETACION Y SIEMPRE DEBERAN RELACIONARSE CON LOS DE OTRAS PRUEBAS; ENTRE LOS DATOS QUE SE PUEDEN OBTENER ESTAN: LA BATRIMETRIA DEL FONDO MARINO, LOCALIZACION DE ARRECIFES DE CORAL Y OBSTACULOS EN EL FONDO, PRESENCIA DE GAS EN EL SUELO, ESPESOR DE LA CAPA DE SEDIMENTO SUAVE, POSICION DE LAS CAPAS RESISTENTES.

EL SISTEMA DE POSICIONAMIENTO NO ES OPERANTE MAR ADENTRO PUES NO SE PUEDEN TENER ESTACIONES TERRESTRES, CLARO QUE SE PUEDEN TENER ESTACIONES FIJAS SOBRE PLATAFORMAS YA INSTALADAS, AUNQUE HOY EN DIA LO QUE SE UTILIZA ES SISTEMAS DE POSICIONAMIENTO VIA SATELITE A TRAVES DE MICRO-ONDAS, LA ECOSONDA ES MUY UTIL Y NO HA PODIDO SER REMPLAZADO POR NINGUN



OTRO APARATO, EN CUANTO A LOS DIFERENTES PERFILADORES EL MAS UTIL DE TODOS ES EL PERFILADOR PROFUNDO, PUES TODOS LOS DEMAS NOS DAN INFORMACION DE UNA PEQUEÑA CAPA Y LOS PILOTES GENERALMENTE TIENEN UNA GRAN LONGITUD, EL PERFILADOR PROFUNDO NO DA TANTO DETALLE PERO ES SUFICIENTE PARA LOCALIZAR ANOMALIAS QUE PUDIERAN PRESENTAR RIESGOS A LA CIMENTACION

DE LOS RESULTADOS QUE DAN LOS ESTUDIOS GEOFISICOS LOS MAS UTILES SON LOS PLANOS DE RIESGOS PARA LA CONSTRUCCION Y LOS PERFILES, YA QUE EN ELLOS PODEMOS OBSERVAR LOS OBSTACULOS EN LA SUPERFICIE Y LA COMPOSICION DE LOS ESTRATOS

ESTUDIOS DE MECANICA DE SUELOS, PERMITEN CONOCER CON MAS SEGURIDAD LAS PROPIEDADES DEL SUELO Y LA ESTRATIGRAFÍA, JUEGA UN PAPEL IMPORTANTE LA MANERA EN QUE SE OBTENGA LA MUESTRA PUES ESTA MANERA ALTERA EN DIFERENTES GRADOS LA ESTRUCTURA DEL SUELO, LO QUE EN OCASIONES NOS LLEVA A USAR LAS MUESTRAS SOLO PARA IDENTIFICACION, UNA VEZ OBTENIDA LA MUESTRA EN MUY IMPORTANTE SU MANEJO Y LAS CONDICIONES DE ALMACENAJE, UNA PARTE DE ELLAS SE DESIGNARA AL LABORATORIO DEL BARCO, EN EL QUE SE REALIZAN LAS PRUEBAS SENCILLAS QUE INDICAN LOS PARAMETROS DE RESISTENCIA Y LA OTRA PARTE VAN A TIERRA PARA UNA INSPECCION DETALLADA.

EL MEJOR METODO PARA OBTENER MUESTRAS EN ARCILLAS BLANDAS ES EL QUE TRABAJA POR PRESION, EN ARCILLAS PRECONSOLIDADAS, ROCA SUAVE O ARENA SUELTA EL DE PRECUSION, EN

ARENAS GRUESAS O GRAVA EL DE VIBROPRECUSION Y EN ROCA EL ROTATORIO. LAS MUESTRAS EN ARENAS SUFREN DEMASIADA ALTERACION Y NO SE DEBEN USAR PARA CALCULAR PARAMETROS DE RESISTENCIA A MENOS QUE NO SE PUEDAN REALIZAR PRUEBAS IN SITU

PRUEBAS IN SITU, ESTAS PROPORCIONAN LOS PARAMETROS DE RESISTENCIA DEL SUELO MAS CONFIABLES PUES SE EVITAN LAS ALTERACIONES AL MUESTREAR, ADEMAS QUE SE HACEN EN EL MISMO LUGAR DONDE SE HARA LA CIMENTACION Y POR LO TANTO BAJO LAS MISMAS CONDICIONES DE CONFINAMIENTO Y TEMPERATURA; SU COSTO ES DEFINITIVAMENTE MAYOR PERO DADO LOS VALORES QUE DAN LA CIMENTACION RESULTA MAS ECONOMICA.

EL PENETROMETRO CONICO ES DE LOS APARATOS MAS ANTIGUOS Y UNO DE LOS MAS USADOS AUNQUE EN LA ACTUALIDAD SE LE HAN HECHO CIERTAS MODIFICACIONES QUE PERMITEN MAYOR CONFIABILIDAD Y LA POSIBILIDAD DE OPERACION EN CONDICIONES SEVERAS; SE BASA EN EL PRINCIPIO DE MEDIR LA RESISTENCIA QUE PRESENTA EL SUELO A SER PENETRADO, TANTO DE PUNTA COMO DE FRICCION LATERAL; USANDO ESTAS SE PUEDE POR LOS CAMBIOS DE RESISTENCIA DETERMINAR LA ESTRATIGRAFIA Y HACIENDO UNA RELACION ENTRE LAS DOS SE PUEDE HACER UNA DETERMINACION DEL TIPO DE SUELO.

EN POCA PROFUNDIDAD LOS MEJORES PENETROMETROS SON EL "SEACALF" Y EL "SHELL" Y EN GRANDES PROFUNDIDADES EL "WILSON" ES EL RECOMENDABLE

LA VELETA DE CONTROL REMOTO ES EL UNICO APARATO CAPAZ DE MEDIR DIRECTAMENTE LA RESISTENCIA AL ESFUERZO CORTANTE, ESTE PUEDE SER AFECTADO POR LA VELOCIDAD ANGULAR APLICADA, LA CUAL SE RECOMIENDA SEA DE 18 GRADOS POR MINUTO, PUES MAS ALTA OCASIONARIA FUERZAS VISCOSAS Y MAS BAJA PERMITIRIA DISIPACION DEL AGUA, OTRO FACTOR QUE ALTERA EL VALOR DE LOS ESFUERZOS ES LA INTRODUCCION DEL APARATO EN EL SUELO POR LO QUE SE RECOMIENDA USAR UN FACTOR DE AJUSTE DE 1.1

EL PRESURIMETRO ES UN APARATO QUE CONSISTE EN CAMARAS DE PRESION Y DEFORMIMETROS LOS CUALES AL INTRODUCIRLO AL SUELO PROPORCIONAN CURVAS DE CARGA-DEFORMACION MUY UTILES PARA DETERMINAR LOS ASENTAMIENTOS Y LA PRESION MAXIMA QUE HACE FALLAR AL SUELO, CON LO QUE SE PUEDE OBTENER LA CAPACIDAD DE CARGA; TAMBIEN MEDIANTE RELACIONES CON LOS RESULTADOS DE PENETROMETROS SE PUEDE INFERIR EL TIPO DE SUELO.

PARA LA APLICACION DEL PRESURIMETRO SE PUEDEN USAR VARIAS ADAPTACIONES, PERO CASI TODAS NECESITAN UN MAR TRANQUILO PARA OPERAR, POR LO QUE LOS MEJORES METODOS SON EL MARCO AUTOESTABLE SUMERGIBLE Y LA TECNICA TIPO KULLENBREG

LOS REGISTRADORES NUCLEARES SE BASAN: EN LA CANTIDAD DE ELEMENTOS RADIOACTIVOS QUE CONTIENEN LOS SUELOS, COMO ES EL CASO DE LA RADIACION NATURAL GAMA QUE PROPORCIONA LOS ESTRATOS; O EN LA CAPACIDAD DE ABSORBER Y REFLEJAR RADIACIONES DE LO QUE SE PUEDE DEDUCIR LA POROSIDAD Y EL PESO ESPECIFICO.

PARA DISEÑAR UNA CIMENTACION NO DEBEN DE USARSE SOLAMENTE LOS RESULTADOS DE UN TIPO DE PRUEBA SINO QUE DEBEN COMPARARSE CON OTRAS PRUEBAS PARA VERIFICAR LA CALIDAD DE LOS RESULTADOS, PUES DE OTRA MANERA SE PUEDE CAER EN EL CASO DE QUE ESTA ESTUVIERA MAL REALIZADA O QUE POR LAS CONDICIONES DE EL LUGAR LOS RESULTADOS NO FUERAN REPRESENTATIVOS.

EN CUANTO A LA CIMENTACION DE PLATAFORMAS EN MEXICO DEFINITIVAMENTE OFRECEN VENTAJA LAS PILOTEADAS PUES DEBIDO A QUE EL FONDO MARINO DEL GOLFO ESTA CONSTITUIDO POR UNA GRUESA CAPA DE ARCILLA BLANDA, LAS PLATAFORMAS DE GRAVEDAD NO CUMPLEN CON LOS REQUISITOS DE ESTABILIDAD QUE SE REQUIEREN PARA SU OPERACION, ADEMAS DE QUE SUFRAN ASENTAMIENTOS MUY GRANDES.

LA CAPACIDAD DE CARGA EN PILOTES DEPENDE PRINCIPALMENTE DE:

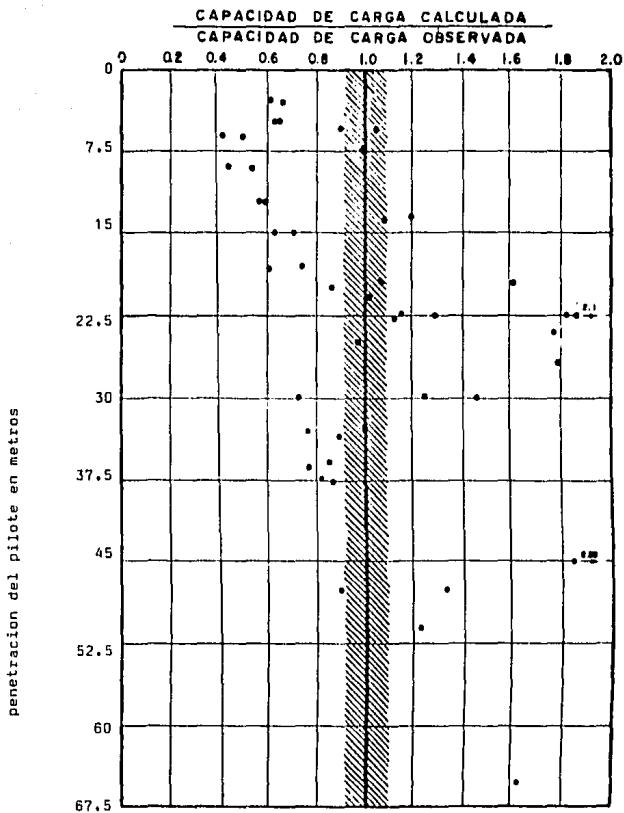
- GEOMETRIA DEL PILOTE, LA RUGOSIDAD NO ES MUY IMPORTANTE YA QUE SEGUN SE HA PODIDO OBSERVAR LA FALLA NUNCA OCURRE SOBRE LA SUPERFICIE PILOTE-SUELO SINO ENTRE SUELO-SUELO
- METODO DE INSTALACION, DE ESTE SE PUEDE DECIR QUE EL MEJOR ES EL DE HINCADO POR MARTILLO, TANTO EN COSTO COMO POR EL HECHO DE QUE DURANTE EL HINCADO SE PROVOCA UNA CONSOLIDACION EN ARCILLAS O UNA COMPACTACION EN ARENAS; SALVO EN EL CASO DE ARENAS CARBONATADAS DONDE EL MEJOR METODO ES USAR LA PERFORACION PREVIA Y CAMPANA DE CONCRETO
- EL TIPO DE CARGAS, ESTAS PUEDEN SER ESTATICAS DE COMPRESION O TENSION, O TRANSITORIAS LO CUAL NO ES SIGNIFICATIVO PARA

EL PILOTE SIEMPRE QUE LA MAGNITUD DE ELLAS NO REBASE LAS TRES CUARTAS PARTES DE LA RESISTENCIA NO DRENADA DEL SUELO

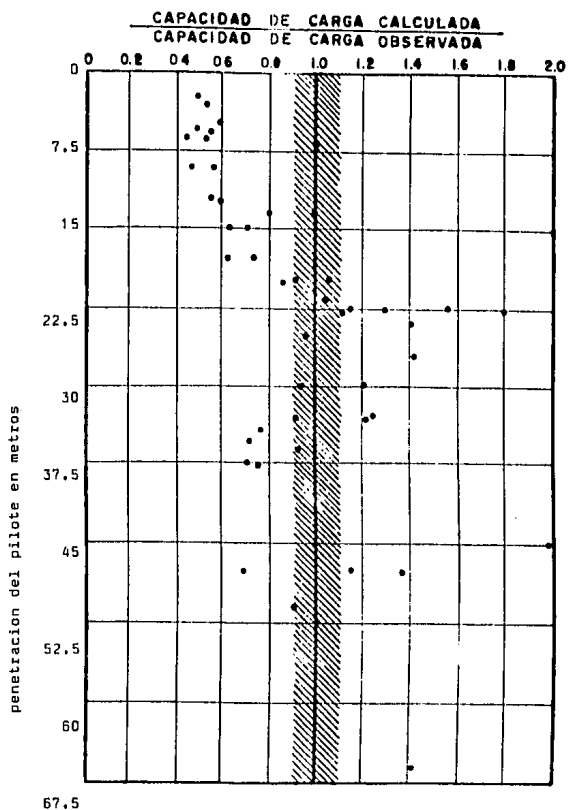
-NUMERO DE PILOES, YA QUE EL COMPORTAMIENTO DE UN GRUPO DE PILOTES NO ES IGUAL QUE EL DE UNO AISLADO DEBIDO A LA SUPERPOSICION DE ESFUERZOS

LOS METODOS PARA DETERMINAR LA CAPACIDAD DE CARGA PRESENTAN VARIAS COMPLICACIONES PUES A PESAR DE TENER UNA BUENA BASE, NO SE SABE EN REALIDAD LAS CONDICIONES DEL SUELO, POR LO QUE AL COMPARARLOS CON LOS VALORES REALES COMO SE PUEDE OBSERVAR EN LAS FIGURAS VII, SE PUEDE DECIR QUE EL METODO LAMDA ES EL QUE MAS SE ASEMEJA Y EL ALFA ALGUNAS VECES DA VALORES INFERIORES Y OTRAS SUPERIORES PRESENTANDO MAYOR DISPERSION, EL METODO BETA TIENE LA DESVENTAJA DE CONSIDERAR EL ESFUERZO VERTICAL EN EL SUELO Y CONVERTIRLO EN HORIZONTAL MEDIANTE UNA RELACION CON LA PROFUNDIDAD, PERO HAY QUE RECORDAR QUE EN EL SUELO DEPENDIENDO CON LA PROFUNDIDAD SE PRODUCE UN EFECTO DE ARQUEO LO QUE DISMINUYE LA RELACION ENTRE LOS DOS, MISMO QUE DEPENDE DEL TIPO DE SUELO, DE LA ESTRATIGRAFIA, DE LA CONSOLIDACION Y DE LOS FLUJOS DE AGUA QUE EXISTAN.

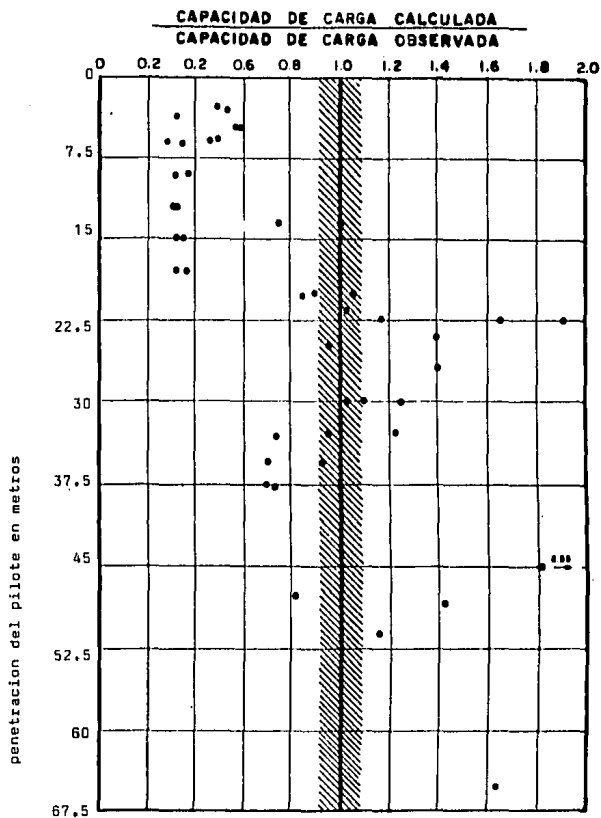
AUN CUANDO LAS PLATAFORMAS SEAN PILOTEADAS ES NECESARIO DETERMINAR LA CAPACIDAD DE CARGA DE LAS CAPAS SUPERIORES PUES EN UN PRINCIPIO LA SUB-ESTRUCTURA SE APOYARA EN ELLAS MIENTRAS ES PILOTEADA.



VII.- COMPARACION DE LA CAPACIDAD DE CARGA OBSERVADA  
Y LA CALCULADA CON EL METODO ALFA  
(CURVA DE TOMLINSON)

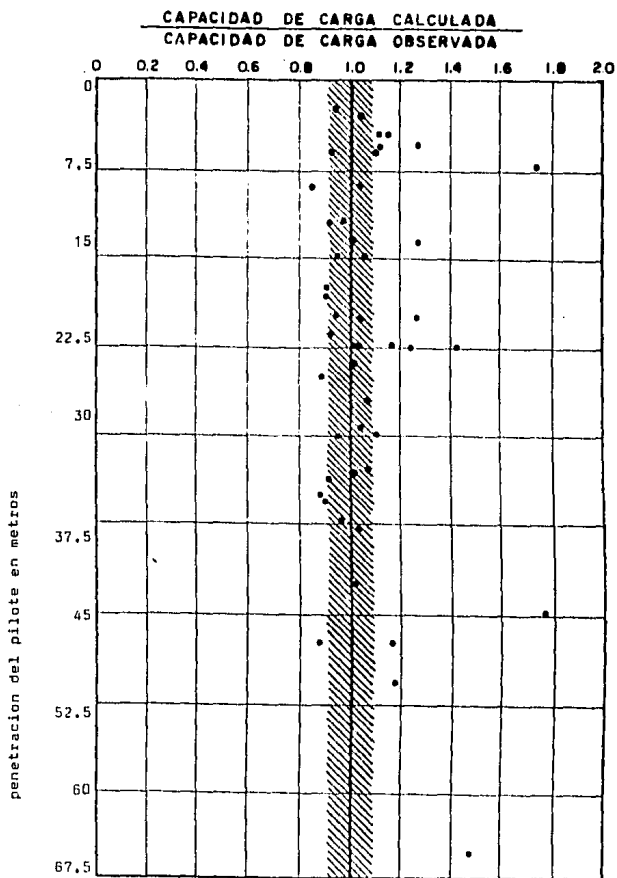


VII.- COMPARACION DE LA CAPACIDAD DE CARGA OBSERVADA  
 Y LA CALCULADA CON EL METODO ALFA  
 (CURVA DE WOODWARD)



VII.- COMPARACION DE LA CAPACIDAD DE CARGA OBSERVADA  
 Y LA CALCULADA CON EL METODO BETA





VII.- COMPARACION DE LA CAPACIDAD DE CARGA OBSERVADA Y LA CALCULADA CON EL METODO LAMDA

DURANTE LA INSTALACION DE UNA PLATAFORMA ES NECESARIO CONTAR CON TODO EL EQUIPO, PUES DE LO CONTRARIO SE REQUERIRIA SUSPENDER EL TRABAJO E IR A TIERRA PARA CONSEGUIRLO, LO QUE OCASIONA UN COSTO MAYOR AL PREVISTO; ASI MISMO ES CONVENIENTE QUE AL TRANSPORTAR LAS DIFERENTES PARTES DE LA PLATAFORMA ESTAS LLEVEN UNA BUENA PREPARACION PARA FACILITAR SU COLOCACION CON LO QUE SE MINIMIZA EL TIEMPO.

UNA VEZ COLOCADA SOBRE EL MAR LA SUB-ESTRUCTURA, SE COMIENZA A PILOTEAR, PARA ESTA MANIOBRA ES NECESARIO CONTAR CON UN BUEN OPERADOR DE GRUA PUES DE LO CONTRARIO SE PUEDEN DAÑAR TANTO LAS PIEZAS COMO LOS EQUIPOS QUE SON GRUA Y MARTILLOS; TAMBIEN ES IMPORTANTE CONTAR CON UNA BUENA SUPERVISION EN LA SOLDADURA TANTO DE TRAMOS DE PILOTE COMO DE PILOTE-ESTRUCTURA PUES DE AHI DEPENDERA QUE EXISTA UNA CONTINUIDAD DE ESFUERZOS Y TRABAJO COMO UN SOLO ELEMENTO.

## BIBLIOGRAFIA

\*ESTUDIOS GEOFISICOS PARA LOCALIZACIONES EXPLORATORIAS DE ONCE CAMPOS, CIA MEXICANA AEROFOTO (1979)

\*DISEÑO Y CONSTRUCCION DE CIMENTACIONES, M. J. TOMLINSON (1971)

\*INGENIERIA DE CIMENTACIONES, RALPH B. PECK & WALTER E. HANSON, THOMAS H. THORNBURN (1974)

\*MECANICA DE SUELOS, LAMBE & WHITMAN

\*OFFSHORE STRUCTURES ENGINEERING IV, FEDERAL UNIVERSITY OF RIO DE JANEIRO (1982)

\*SIMPOSIO INTERNACIONAL DE MEC. DE SUELOS MARINOS, S.M.M.S. TOMOS I Y II (1980)

\*OFFSHORE SOIL MECHANICS, CAMBRIDGE UNIVERSITY ENGINEERING DEPARMENT (1976)

\*MECANICA DE SUELOS, JUAREZ BADILLO & RICO RODRIGUEZ. TOMOS I Y II (1973)

\*DESIGN OF DEEP PENETRATION PILES FOR OCEAN STRUCTURES,  
AMERICAN SOCIETY OF CIVIL ENGINEERING (1974).

\*SEABED RECONNAISSANCE AND OFFSHORE SOIL MECHANICS FOR  
THE INSTALATION OF PETROLEUM STRUCTURES, INSTITUTE  
FRANCAIS DE PETROLE (1979)

\*FOUNDATION ANALISIS AND DESIGN, JOSEPH E. BOWLES  
(1979)

\*TESIS PROFESIONAL, GABRIEL PEDRO VALDES RODRIGUEZ  
(1982)

\*PROCESO DE INSTALACION DE PLATAFORMAS MARINAS,  
PETROLEOS MEXICANOS (1981)

\*EL LIBRO, JORGE E. DE LEON PENAGOS (1983)

\*BREVES CONSIDERACIONES SOBRE LA EXPLORACION GEOFISICA  
DE ALTA RESOLUCION, CIA. MEXICANA AEROFOTO (1983)

\*ESTUDIOS EXPLORATORIOS PARA TUBERIAS, DIVISION DE  
EDUCACION CONTINUA, FACULTAD DE INGENIERIA U.N.A.M.  
(1983)

\*ANALISIS DE TUBERIAS SUBMARINAS, DIVISION DE EDUCACION  
CONTINUA, FACULTAD DE INGENIERIA U.N.A.M. (1983)