

INGENIERIA OCEANICA

del 26 al 30 de Agosto 1974

26	Introducción a la Ingeniería Oceánica	Ing. Mauricio Porraz J.L.	8:00 a 9:00
	Condiciones meteorológicas y predicción del oleaje	Dr. Sergio Serra Castelán	9:00 a 11:00
		Ing. Rolando Springall	11:00 a 12:00 y d 13:00 a 16:00
27	Exploración Geofísica Perforación Marina	Ing. Miguel Salmón Herrera	8:00 a 11:00
		Ing. Antonio Carrillo Miranda	11:00 a 12:00 y
		Ing. Samuel Díaz Guajardo	13:00 a 16:00
28	Recursos Minerales en el mar Intervenciones humanas bajo el agua (Explotación de recursos en aguas profundas)	Ing. Carlos Castillo Tejero	8:00 a 10:00
		Ing. Mauricio Porraz J. L.	10:00 a 12:00
		Ing. Mauricio Porraz	13:00 a 14:00
	Obras marítimas costa afuera	Ing. Luis Perrejón de la Torre	14:00 a 16:00
29	Construcción de monoboyas Ingeniería Pesquera Construcción de plataformas y oleoductos Problemas de contaminación marina El mar como habitat	Ing. Mario de la Gala	8:00 a 9:00
		Ing. Luis Kasuga Ozaka	9:00 a 10:00
		Ing. Felix Cantú Ayala	10:00 a 12:00
		Contralmirante Gilberto Lopez L.	13:00 a 15:00
		Contralmirante Gilberto López L.	15:00 a 16:00
30	Bases para un inventario de recursos oceánicos Aspectos económicos de la ingeniería oceánica Aplicación del derecho del mar a la explotación marina	Contralmirante Doroteo Silva L.	8:00 a 10:00
		Dr. Uwe Frisch	10:00 a 12:00 y
		Lic. José E. Salgado y S.	14:00 a 16:00

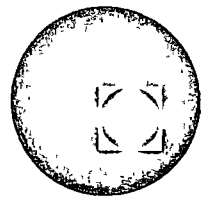
3

3

3



centro de educación continua  
facultad de ingeniería, unam



INGENIERIA OCEANICA

LAS CONDICIONES METEOROLOGICAS EN LA PREDICION  
DE OLAJE

ING. SERGIO SERRA CASTELAN



UNIVERSIDAD NACIONAL  
AVENIDA

INSTITUTO DE GEOFISICA  
TORRE DE CIENCIAS CIUDAD UNIVERSITARIA  
MEXICO 24, D. F. MEXICO

LAS CONDICIONES METEOROLOGICAS EN LA PREDICCION  
DE OLEAJE

Por Sergio Serra Castelán  
Instituto de Geofísica  
U. N. A. M.

La Atmósfera y el Océano interactúan en varias formas, siendo una de las más importantes la transferencia de energía cinética, la cual desde luego genera el oleaje tan importante sobre todo para la navegación marítima y para el diseño de obras portuarias.

Con el fin de diseñar esas obras portuarias se hace un pronóstico en base a los fenómenos observados, de cual será el oleaje que es posible esperar en una obra determinada y desde luego esa predicción también se puede realizar para períodos cortos siempre y cuando se cuente con las técnicas adecuadas.

La superficie de separación entre el océano y la atmósfera constituye una superficie de discontinuidad en la densidad y es sabido que en las superficies de discontinuidad se pueden generar ondas de tipo gravitacional, como respuesta a una perturbación, estas ondas son tratadas con mucho interés y detalle en la Mecánica de Fluidos, en la cual se especifica que también existen otros tipos de olas, como por ejemplo las producidas por la capilaridad, sin embargo, para nuestros propósitos las únicas importantes son las gravitacionales. En estas notas no pretendemos entrar en detalles, pero sí queremos hacer la aclaración de que todos los postulados y fórmulas que aquí se mencionan están debidamente fundamentados y son aplicables. Las ondas gravitacionales se



UNIVERSIDAD NACIONAL  
AUTÓNOMA

# INSTITUTO DE GEOFISICA

TORRE DE CIENCIAS

CIUDAD UNIVERSITARIA

MEXICO 26. D. F. MEXICO

- 2 -

mueven con una velocidad de fase, dada por la siguiente expresión:

$$c = U \pm (g/k \tanh kh)^{\frac{1}{2}} \quad (1)$$

En la cual  $c$  es la velocidad de fase de la onda,  $h$  es la profundidad que le corresponde al océano,  $k$  es el número de onda el cual también se puede expresar como  $\frac{2\pi}{L}$ , donde  $L$  es la longitud de la onda,  $g$  es la aceleración de la gravedad, desde luego  $\tanh$  representa la función conocida como tangente hiperbólica,  $U$  es la velocidad de la corriente marítima.

Cuando  $h$  es menor que la mitad de la longitud de onda se dice que tenemos ondas de agua poco profunda, en cuyo caso la tangente hiperbólica tiende a tener el valor de la función o sea  $kh$  y por lo tanto la ecuación 1 se puede reducir a:

$$c = U \pm \sqrt{gh}$$

Cuando la profundidad es mayor que la mitad de la longitud de onda entonces el agua se considera profunda en cuyo caso la tangente hiperbólica tiende a la unidad y por lo tanto la velocidad estará dada por:

$$c = U \pm \sqrt{\frac{gL}{\pi^2}}$$

Es muy importante poder conocer o por lo menos tener una aproximación de la velocidad con que se están moviendo las olas o mejor dicho se están propagando las olas, sin embargo no existe



UNIVERSIDAD NACIONAL  
AUTÓNOMA

- 3 -

una fórmula para poder encontrar la altura máxima de las olas que se generan, sin embargo es obvio que si el viento es el responsable de la generación del oleaje es muy importante establecer las características de ese viento, sobre todo la dirección, velocidad y persistencia de él ya que en base a ello se podrá delimitar el área de generación y el área de acarreo de las olas o como se le ha llamado área de "Fetch", que es la extensión horizontal de la zona de generación en donde el viento sopla con una dirección más o menos constante y está limitada por barreras naturales, tales como las líneas de costa, frentes meteorológicos, curvatura de las isobaras, divergencia de las isobaras, etc.

En el mar abierto existen ciertas formas de oleaje que muy frecuentemente se confunden, por lo cual daremos la definición de esos oleajes:

Sea: Olas levantadas y afectadas por el viento que las origina.

Swell: Olas que escapan a la influencia del viento que las generó.

Podemos decir que en esencia las olas originadas en la región de interés por el viento predominante en esa región, constituyen el Sea y las olas provenientes de regiones lejanas constituyen el Swell.



UNIVERSIDAD NACIONAL  
AVANZADA

# INSTITUTO DE GEOFISICA

TORRE DE CIENCIAS

MEXICO 20. D. F. MEXICO

CIUDAD UNIVERSITARIA

- 4 -

Existen varias técnicas las cuales serán discutidas en este mismo Curso intensivo para poder determinar la altura del oleaje, todas ellas tienen que partir del conocimiento directo o indirecto de la velocidad, dirección y duración del viento, muchas técnicas se han desarrollado en latitudes extratropicales y parten del concepto de que el viento se puede determinar del conocimiento del campo bórico, inclusive existe una serie de gráficas para que en base al análisis bórico y especialmente a la separación de las isobaras en cartas meteorológicas de superficie pueda ser determinado el viento geostrófico y desde luego suponer que el viento real es una buena aproximación encontrada mediante el viento geostrófico, también existen gráficas en las cuales se puede tomar en cuenta la curvatura de las isobaras y entonces usar la aplicación conocida como viento gradiente, sin embargo sobre todo en latitudes tropicales el viento real forma un ángulo con las isobaras, ese ángulo se puede expresar aproximadamente mediante la siguiente fórmula:

$$\text{Tan}\psi = \frac{\dot{V} - F_s}{V^2 + fV - F_n}$$

En la cual V es la velocidad del viento, el punto arriba de la V indica derivada con respecto al tiempo, la f representa el parámetro de Coriolis el cual es proporcional al seno de latitud, entonces obviamente en el Ecuador sería cero,  $\psi$  representa el ángulo que forma el viento con las isobaras, F representa la fricción en las



# INSTITUTO DE GEOFISICA

TORRE DE CIENCIAS

CIUDAD UNIVERSITARIA

MEXICO D. F. MEXICO

UNIVERSIDAD NACIONAL  
AVANINA

- 5 -

direcciones del flujo y normal al flujo.

Desde luego que existen ocasiones en que debido a la aceleración, al valor de  $f$  y a valores elevados de la fricción, el ángulo puede ser muy grande y en base a los análisis meteorológicos es posible determinar cuál sería el ángulo que el viento está formando con las isobaras.

Desde luego que las técnicas que suponen la validez del viento geostrófico están suponiendo que existe un balance entre el gradiente de la presión y la fuerza de Coriolis es decir suponen la validez de la siguiente fórmula:

$$V = - \frac{1}{f \rho} \frac{\partial p}{\partial n}$$

En donde  $\rho$  = densidad

$p$  = presión barométrica

$n$  = dirección normal al flujo

Y en caso de que las isobaras presenten curvaturas, entonces están suponiendo la validez del viento gradiente el cual está dado por la siguiente fórmula, en la cual  $R$  es el radio de curvatura de las isobaras:

$$V = - \frac{f R}{2} \pm \sqrt{\frac{f^2 R^2}{4}} + \frac{R}{\rho} \frac{\partial p}{\partial r}$$





UNIVERSIDAD NACIONAL  
AUTÓNOMA

INSTITUTO DE GEOFISICA  
TORRE DE CIENCIAS  
CIUDAD UNIVERSITARIA  
MEXICO 20. D. F. MEXICO

- 6 -

$r$  = dirección del radio de curvatura.

En cualquiera de los dos casos se está suponiendo que el viento es paralelo a las isobaras lo cual implica que la tangente del ángulo es cero pero si alguno de los parámetros involucrados en la fórmula de la tangente indica valores distintos de cero, entonces hay que hacer la corrección necesaria, sin embargo creemos que es mucho más útil el poder realizar análisis cinemático es decir análisis de las líneas de flujo y de la velocidad del viento directamente y no recurrir a las aproximaciones mencionadas.

Con objeto de ilustrar los puntos sobresalientes que hemos estado mencionando a continuación se ilustra (Fig. No. 1) un análisis isobárico y también un análisis cinemático (Fig. No. 2.)

Con objeto de poder realizar esos análisis es necesario por lo menos mencionar qué es lo que se busca al realizarlos, en esencia se tiene que usar modelos de fenómenos meteorológicos. Ahora bien los fenómenos meteorológicos se presentan en distintas escalas cada una caracterizada por una longitud típica y una duración también típica, desde luego no mencionaremos aquí todas las escalas meteorológicas sino únicamente mencionaremos aquellas que por su duración e intensidad son importantes en la generación de oleaje y ellas son las siguientes: La primera se conoce como -- escala planetaria y se caracteriza por fenómenos que tienen una -- duración de semanas y una extensión horizontal de miles de kilómetros



UNIVERSIDAD NACIONAL  
AUTÓNOMA

INSTITUTO DE GEOFISICA  
TORRE DE CIENCIAS  
CIUDAD UNIVERSITARIA  
MEXICO D. F. MEXICO

- 7 -

Con respecto a nuestro País podemos mencionar como ejemplos el alta semipermanente del Atlántico ilustrada en la figura No. 3 y las ondas de la tropósfera media.

La siguiente escala sería la sinóptica que se caracteriza por fenómenos que tienen una duración de días y una extensión de cientos de kilómetros para nuestro País los más importantes son los huracanes y los nortes.

Existen otras escalas más pequeñas entre las que se encuentra la mesoescala, la convectiva y otras pero con propósito de predicción de oleaje para diseño de obras oceanográficas las únicas importantes son las dos mencionadas.

En estudios que se han realizado en el Golfo de México aunque los huracanes son importantes las zonas en que se iban a diseñar las obras no son muy afectadas por esos fenómenos y parece ser que el fenómeno más importante está constituido por los nortes, en las figuras No. 4, 5, 6, 7 y 8 se ilustra el desarrollo de un norte típico el cual desde luego se caracteriza por la invasión de aire frío en el Golfo de México.

En el litoral del Pacífico, los huracanes tienen un papel más importante en el diseño de obras portuarias, sobre todo porque se presentan cerca de la costa y tienen trayectorias apro-



# INSTITUTO DE GEOFISICA

TORRE DE CIENCIAS

CIUDAD UNIVERSITARIA

MEXICO D. F. MEXICO

UNIVERSIDAD NACIONAL  
AVENIDA

- 8 -

kimadamente paralelas a la línea de la costa, además de ser más numerosos que los que se presentan en el Golfo de México, estas características se ilustran en la fig. 8. También los nortes intensos llegan a afectar porciones del litoral del Pacífico, - sobre todo la zona del Istmo de Tehuantepec.

También en ocasiones el fetch es producido por viento ocasionado por fenómenos de escala planetaria.

Como ilustración se anexa una tabla en que se resumen las longitudes del fetch para un año, calculadas para la región de Laguna Verde, Ver. En esa tabla se puede notar que el mayor número de eventos y los de mayor intensidad en cuanto a que tienen mayor longitud de fetch se asocian con dirección que tiene componente del norte y esto ocurre en los meses en que los nortes son predominantes.

Aunque no vamos a hablar más de la meteorología en -- general sí es muy conveniente notar que la atmósfera a pesar de que tiene una extensión vertical de varios cientos de kilómetros realmente todos los fenómenos meteorológicos que producen lo que se llama tiempo meteorológico se desarrollan en la capa más baja de la atmósfera conocida como tropósfera la cual tiene una extensión de únicamente aproximadamente diez kilómetros.

Otra cosa muy importante que hay que mencionar es que



# INSTITUTO DE GEOFISICA

TORRE DE CIENCIAS

CIUDAD UNIVERSITARIA

MEXICO 20. D. F. MEXICO

UNIVERSIDAD NACIONAL  
AVANZADA

- 9 -

generalmente los mapas meteorológicos se realizan con fines específicos de pronóstico meteorológico operativo y con fines de -- estudios para diseño es necesario volver a analizarlos más cuidadosamente y sobre todo estudiar tanto la continuidad de los fenómenos como la persistencia de ellos en varios mapas los cuales -- desde luego para fines de predicción de oleaje son necesarios -- únicamente los de superficie, pero con objeto de ver con más detalle el fenómeno que está generando el oleaje es recomendable ver la extensión vertical de esos fenómenos.

En otras pláticas de este curso intensivo se discutirán por otros Profesores las técnicas para llegar a la altura significativa del oleaje, por lo pronto espero que con estas breves notas se haya logrado recalcar la importancia de los fenómenos meteorológicos en las técnicas de predicción de oleaje.

TABLA IIA.

Longitudes y direcciones de fetch, por mes, con relación a Punta Limón, Ver.

Junio de 1972 - Mayo de 1973.

Mi. Nau.	1 - 100										101 - 200										TOTAL	
	NW	NNW	N	NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE	NW	NNW	N	NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE		
1972																						
Jun.	00	04	05	00	01	03	04	00	01	00	00	02	05	03	05	08	07	01	00	00	00	49
Jul.	01	01	02	00	00	00	03	00	00	01	00	02	04	12	08	08	04	02	00	00	00	48
Ago.	00	01	02	04	05	06	01	01	02	00	00	00	02	09	06	02	09	05	02	00	00	58
Sep.	01	00	01	02	00	01	01	01	04	00	00	01	01	06	09	17	09	04	01	00	00	59
Oct.	02	03	02	01	01	00	00	05	00	01	00	03	11	07	14	04	08	08	01	00	00	71
Nov.	02	03	01	05	02	00	01	01	03	01	00	07	13	11	06	08	06	05	02	00	00	77
Dic.	00	02	02	01	01	02	00	00	05	06	00	02	02	09	12	02	02	08	04	00	00	61
1973																						
Ene.	00	02	04	02	01	00	02	01	05	03	00	05	10	05	07	06	06	05	02	00	00	66
Feb.	00	01	01	01	02	02	01	00	00	00	00	04	12	04	06	07	12	04	01	00	00	58
Mar.	02	00	03	01	03	02	02	01	01	02	07	00	02	09	07	15	10	06	01	00	00	74
Abr.	00	02	02	02	04	02	02	01	03	01	01	04	02	02	09	08	11	04	03	00	00	63
May.	00	02	02	01	01	03	02	02	02	03	00	02	07	09	04	11	11	03	04	01	00	70
Suma.	08	21	27	20	22	21	19	13	27	18	08	32	71	86	93	96	95	55	21	01	01	754

Ciudad Universitaria, D. F., septiembre de 1973.

TABLA IIB.

Longitudes y direcciones de fetch, por mes, con relación a Punta Limón, Ver.

Junio de 1972 - Mayo de 1973.

Mi. Nau.	201 - 300										Mayor que 301										TOTAL	
	NW	NNW	N	NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE	NW	NNW	N	NNE	NE	ENE	E	ESE	SE	SSE		
1972																						
Jun.	00	00	02	01	07	08	03	01	00	00	00	00	01	02	06	02	00	00	00	00	00	33
Jul.	00	00	02	02	07	08	06	01	00	00	00	00	01	00	03	03	01	00	00	00	00	34
Ago.	00	00	01	05	06	06	03	00	00	00	00	00	00	01	02	00	02	00	00	00	00	26
Sep.	00	00	00	02	10	09	12	02	00	00	00	00	00	01	04	02	00	00	00	00	00	42
Oct.	00	00	02	09	04	06	05	01	00	00	00	00	00	01	07	09	00	00	00	00	00	44
Nov.	00	01	04	12	00	03	01	01	00	00	00	00	03	01	00	02	00	00	00	00	00	28
Dic.	00	00	02	07	09	08	06	01	00	00	00	00	01	07	04	03	00	00	00	00	00	48
1973																						
Ene.	00	00	11	09	04	05	04	00	00	00	00	00	04	06	01	02	00	00	00	00	00	46
Feb.	00	00	12	06	09	03	02	00	00	00	00	00	06	04	03	02	01	00	00	00	00	48
Mar.	00	01	00	04	08	10	09	01	00	00	00	00	02	03	01	02	03	00	00	00	00	44
Abr.	00	00	02	03	08	07	10	03	00	00	00	00	00	02	07	00	02	00	00	00	00	44
May.	00	00	02	03	02	11	05	04	00	00	00	00	01	02	01	05	03	00	00	00	00	39
Suma.	00	02	40	63	74	84	66	15	00	00	00	00	19	30	39	32	12	00	00	00	00	476

Ciudad Universitaria, D. F., septiembre de 1973.



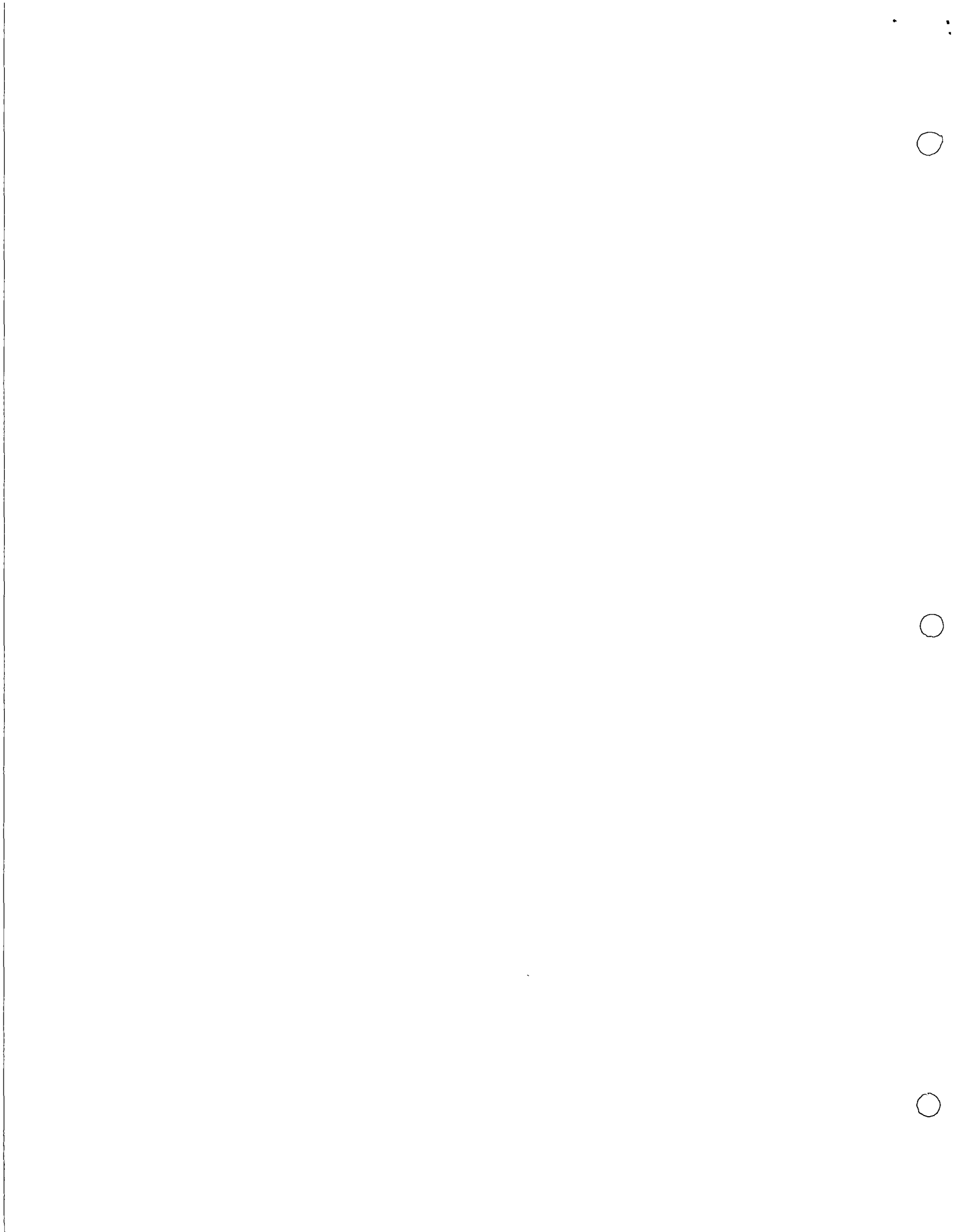
centro de educación continua  
facultad de ingeniería, unam



INGENIERIA OCEANICA

PREDICCIÓN DE OLEAJE

ING. ROLANDO SPRINGALL GALINDO





**CURSO SOBRE**  
**INGENIERIA OCEANICA**

**PREDICION DEL OLEAJE**

**DR. en ING. ROLANDO SPRINGALL GALINDO**

**CENTRO DE EDUCACION CONTINUA**  
**FACULTAD DE INGENIERIA, UNAM**

**Agosto de 1974**

## I N D I C E

- 1            Antecedentes.
- 2            Consideraciones básicas de la teoría lineal del oleaje.
- 3            La compleja naturaleza del oleaje.
- 4            Generación del oleaje en aguas profundas debido al viento.
- 5            Decaimiento del oleaje.
- 6            Bibliografía.

#### 4. OLEAJE GENERADO POR VIENTO \*

(Comprende los incisos 1 a 4 del programa)

##### 4.1 Antecedentes

En base a los capítulos 2 y 3, es posible definir las características de los huracanes que se pueden tener en el área en estudio, así como sus campos de vientos correspondientes. En este capítulo, se analizan los criterios existentes para la obtención del oleaje producido por un huracán, a partir del conocimiento de las relaciones existentes entre las características de su campo de viento y las del oleaje por él generado.

A la fecha, los métodos disponibles para conocer el oleaje generado por un huracán, son los propuestos originalmente por Wilson (1955) y por Bretschneider (1957b). El primero, aplicado por Wilson (1957) para el análisis estadístico del oleaje en el Golfo de México, frente a las costas de Estados Unidos, y el segundo, revisado y ampliado por Bretschneider (1972) para determinar las características del oleaje significante en las costas de Estados Unidos, producidas por los huracanes estándar de proyecto.

Ambos métodos, se basan en el criterio de la ola significante, para la generación del oleaje en aguas profundas, introducido por Svedrup y Munk (1947), revisado y ampliado por Bretschneider (1952, 1958b, 1970).

Previo al planteamiento de los criterios antes mencionados, y con el objeto de conocer las teorías en las cuales se apoyan, en este capítulo se revisan primero, los conceptos básicos de la teoría del oleaje. Posteriormente, se analiza la compleja

---

\* Estas notas corresponden al capítulo 4 del trabajo: R. Springall Galindo "Estudio del oleaje generado por huracanes en el Suroeste del Golfo de México y análisis del mismo". (Por publicarse)

naturaleza de ésta, y la forma de filtrarla para su interpretación, a partir del espectro del oleaje y las distribuciones de probabilidades de sus características. Finalmente, se estudia la generación del oleaje debida al viento, y por último, los criterios para la obtención de éste al paso de un huracán.

## 4.2 Consideraciones Básicas de la Teoría Lineal del Oleaje

### 4.2.1 Oleaje Armónico Simple de Pequeña Amplitud\*

El desplazamiento de la superficie libre del agua, considerando un oleaje armónico simple de pequeña amplitud, puede expresarse como:

$$\eta(x, t) = a \cos (kx - \sigma t) \quad (4.1)$$

donde  $\eta(x, t)$  es la variación de la superficie libre de un oleaje senoidal, función de la posición  $x$  y del tiempo  $t$ ;  $a$  es la amplitud de la ola moviéndose en la dirección positiva del eje  $x$  con velocidad.

$$c = \frac{\sigma}{k} \text{ con } \sigma = \frac{2\pi}{T} \text{ y } k = \frac{2\pi}{L}$$

siendo  $\sigma$  la frecuencia angular,  $T$  el período de la ola,  $k$  el número de la ola y  $L$  su longitud (fig 4.1).

La condición dinámica de la superficie libre, está considerada por la ecuación:

-----

(\*) Para deducciones y discusiones de las ecuaciones, véase p. ej. Kinsman (1965), Cap. 3.

$$\eta = \frac{1}{g} \left. \frac{\partial \varphi}{\partial t} \right]_{z = \eta} \quad (4.2)$$

la cual, se obtiene de la linealidad de la ecuación de Bernoulli, aceptando constantes la presión en la superficie libre, la densidad y la profundidad, y nula la tensión superficial. La función  $\varphi$  es el potencial de velocidades, el cual satisface la ecuación de Laplace al considerar el flujo incompresible e irrotacional, y  $g$  la aceleración de la gravedad.

El potencial de velocidades  $\varphi$  asociado al desplazamiento superficial descrito por la ec(4.1), es

$$\varphi = - C a \frac{\cosh k(z + d)}{\sinh kd} \sin(kx - \sigma t) + Cte \quad (4.3)$$

donde  $d$  es la profundidad del agua, referida al nivel medio de las fluctuaciones de la superficie libre del agua y  $z$  un eje perpendicular a éstas (fig 4.1).

De las ecs (4.2) y (4.3) considerando que  $z = \eta$ , que el oleaje es de pequeña amplitud ( $k \eta \ll 1$ ) y que  $H/d \ll 1$ , donde  $H$  es la altura de la ola igual a dos veces su amplitud, se obtiene:

$$C^2 = \frac{g}{k} \tanh kd \quad (4.4)$$

que define la velocidad de fase o celeridad de la ola.

#### 4.2.2 Aproximaciones para Aguas Profundas y Aguas Bajas

En la teoría del oleaje, los términos usados para designar aguas profundas, aguas intermedias y aguas bajas, están ligados a los

rangos de variación de la relación  $d/L$  (tirante relativo), gobernados por las aproximaciones de las funciones hiperbólicas.

Como  $k = 2\pi/L$ , la ec (4.4) se transforma a

$$C^2 = \frac{g}{k} \tanh 2\pi \frac{d}{L} \quad (4.5)$$

Para aguas profundas  $d/L$  es muy grande, por lo que la ec (4.5) se puede escribir como

$$C^2 = \frac{g}{k} = \frac{g L}{2\pi} \quad (4.6)$$

Si se considera que el período de la ola  $T$ , es independiente de la profundidad del agua, la relación  $C = L/T$  se conserva para cualquier profundidad, y la ec (4.6) se transforma en

$$C = \frac{gT}{2\pi} = \frac{g}{\sigma} \quad (4.7)$$

De las ecs (4.6) y (4.7), se puede conocer la relación existente entre la frecuencia del oleaje y el número de la ola para aguas profundas, la cual es

$$\sigma = (gk)^{\frac{1}{2}} \quad (4.8)$$

Análogamente, para aguas bajas  $d/L$  es pequeña, y la ec (4.5) toma la forma

$$C^2 = \frac{g}{k} 2\pi \frac{d}{L} = g d \quad (4.9)$$

Si se tiene en cuenta las ecs (4.5) y (4.6), para aguas profundas, se considera que  $d \geq L/2$ . Para aguas bajas es usual considerar que  $d \geq L/25$ . De acuerdo con Kinsman (1965), si se considera el grado de aproximación usado al acotar las aguas profundas, similar al definir las aguas bajas, se debe usar  $d = L/200$ ; variación lógica, si se tiene en mente que el acotamiento para definir aguas bajas o aguas profundas, se basa en las aproximaciones de las funciones hiperbólicas y en la longitud de las olas sobre la superficie del agua.

#### 4.2.3 Energía de un Oleaje Senoidal

La energía de una ola, es igual al trabajo necesario para cambiar la superficie horizontal del mar en el perfil de la ola. La energía potencial media en una área unitaria superficial, se puede expresar como:

$$E_p = \frac{1}{L} \int_0^L \frac{1}{2} \rho g \eta^2 dx$$

expresión, que de acuerdo con la ec (4.1), se transforma en

$$E_p = \frac{1}{4} \rho g a^2 = \frac{1}{16} \rho g H^2 \quad (4.10)$$

donde  $g$  es la aceleración de la gravedad,  $H$  la altura de la ola y  $\rho$  la densidad del agua.

La energía cinética media por unidad de área, es igual a la energía potencial media, ya que se está considerando un sistema dinámico conservativo sujeto a pequeñas oscilaciones. Así,

$$E_C = \frac{1}{16} \rho g H^2 \quad (4.11)$$

La energía total media por unidad de área, se obtiene, de acuerdo con las ecs (4.10) y (4.11) como

$$E = E_p + E_c = \frac{1}{8} \rho g H^2 \quad (4.12)$$

#### 4.2.4 Transmisión de la Energía

La transmisión de la energía de un tren de oleaje uniforme, se puede valorar de acuerdo con la ecuación

$$T_e = C_g E \quad (4.13)$$

donde  $T_e$  es la cantidad de transmisión de energía por ancho unitario y  $C_g$  representa la velocidad con la cual es propagada la energía total media  $E$ , la cual se conoce como la velocidad de grupo del oleaje.

La relación existente entre la velocidad de grupo del oleaje  $C_g$  y la velocidad de transmisión de fase de la ola  $C$  es

$$C_g = \frac{1}{2} \left( 1 + \frac{2kd}{\sinh 2kd} \right) C \quad (4.14)$$

la cual, para aguas profundas se aproxima a

$$C_g = 1/2 C \quad (4.15)$$

y para aguas bajas en

$$C_g = C \quad (4.16)$$



### 4.3 La Compleja Naturaleza del Oleaje

#### 4.3.1 El Espectro del Oleaje\*

La solución del oleaje de pequeña amplitud indicada en el inciso anterior, se logra por la linearización, tanto de las ecuaciones diferenciales que gobiernan el movimiento, como de sus condiciones de frontera. Aunque obviamente no se está en contacto con la naturaleza real del oleaje, esta teoría permite, al ser aplicada a un problema lineal, obtener otras soluciones, usando el principio de superposición.

Esta idea se usa, para considerar que el oleaje del océano se puede aproximar a una suma de olas senoidales, con aleatorios números de olas y frecuencias. De acuerdo con esto, el desplazamiento superficial del océano se puede expresar, en tres dimensiones, como

$$\eta(\underline{x}, t) = \iint_{\underline{k}} \int_{\sigma} B(\underline{k}, \sigma) e^{i(\underline{k} \cdot \underline{x} - \sigma t)} d\underline{k} d\sigma \quad (4.17)$$

siendo la integración  $\underline{k}$  sobre todo el espacio de los números de ola ( $\underline{k}$  es el vector de los números de ola) y la integración  $\sigma$  sobre todas las frecuencias.  $\eta(\underline{x}, t)$  es el desplazamiento de la superficie del mar, función de su posición ( $\underline{x}$  es el vector de posición) y tiempo.

$B(\underline{k}, \sigma)$  se conoce como el espectro de amplitudes del oleaje y está relacionado con los desplazamientos, de acuerdo con la transformada generalizada de Fourier, lo cual se expresa como

-----

(\*) Para deducciones y discusiones de las ecuaciones, véase p. ej. Kinsman (1965), Cap. 7.

$$B(\underline{k}, \sigma) = (2\pi)^{-3} \iint_{\underline{x}} \int_t \eta(\underline{x}, t) e^{-i(\underline{k} \cdot \underline{x} - \sigma t)} d\underline{x} dt \quad (4.18)$$

cuya integración es sobre todo el espacio coordenado y a través de todo el tiempo.

Como la superficie del mar  $\eta$ , ec (4.17), se integra sobre todo el espacio de los números de ola y frecuencias, su configuración no se afecta, si  $\underline{x}$  se desplaza  $\underline{r}$  y  $t$  en  $\tau$ . Así, de la ec (4.17), se puede obtener  $\eta(\underline{x} + \underline{r}, t + \tau)$ , cuyo espectro de frecuencia se puede expresar como  $B'(\underline{k}, \sigma')$ . Si se multiplican ambas funciones de desplazamiento y se toma la media, se obtiene la función de covariancia para la superficie del mar, la cual se puede expresar como:

$$Z(\underline{x}, \underline{r}; t, \tau) = \overline{\eta(\underline{x}, t) \eta(\underline{x} + \underline{r}, t + \tau)} \quad (4.19)$$

Si se define como  $\phi(\underline{k}, \sigma; \underline{x}, t)$ , la transformada generalizada de Fourier del producto medio  $B'B$ , de acuerdo con las ecs (4.17) y (4.19), la función de covariancia, ec (4.19), se puede escribir en la forma:

$$Z(\underline{x}, \underline{r}; t, \tau) = \int_{\underline{k}} \int_{\sigma} \phi(\underline{k}, \sigma; \underline{x}, t) e^{i(\underline{k} \cdot \underline{r} - \sigma \tau)} d\underline{k} d\sigma \quad (4.20)$$

cuya inversa es

$$\phi(\underline{k}, \sigma; \underline{x}, t) = (2\pi)^{-3} \int_{\underline{r}} \int_{\tau} Z(\underline{x}, \underline{r}; t, \tau) e^{-i(\underline{k} \cdot \underline{r} - \sigma \tau)} d\underline{r} d\tau \quad (4.21)$$

La función  $\phi$  de las ecs (4.20) y (4.21) es el espectro de potencias en tres dimensiones, de los desplazamientos de la superficie del mar, y es la transformada generalizada de Fourier de la función de covariancia, dependiente de los vectores de posición y número de ola, así como de los escalares tiempo y frecuencia. Si el mar se considera como un proceso aleatorio ya sea estacionario, homogéneo o ambos, algunas de las variables se eliminan

Una de las más interesantes interpretaciones del espectro tridimensional de los desplazamientos de la superficie del mar, es como un espectro de energía potencial. Si se considera  $\underline{r} = 0$  y  $\underline{\tau} = 0$ , la función de covariancia, ec (4.19) se transforma en

$$Z(\underline{x}, 0; \underline{x}, 0) = \overline{\eta(\underline{x}, t) \eta(\underline{x} + 0, t + 0)} = \overline{\eta^2(\underline{x}, t)} \quad (4.22)$$

que es la media, del desplazamiento al cuadrado, de la superficie del mar. Teniendo en cuenta esto, en la ec (4.20), y multiplicándola por  $1/2 \rho g$ , se obtiene

$$\frac{1}{2} \rho g \overline{\eta^2} = \frac{1}{2} \rho g \int_k \int_{\sigma} \phi(\underline{k}, \underline{r}; \underline{x}, t) d\underline{k} d\sigma \quad (4.23)$$

en donde la cantidad de la izquierda es la energía potencial media del campo del oleaje (inciso 4.2.3)

#### 4.3.2 Especificaciones de un Campo de Oleaje

La configuración del oleaje en el mar, varía de manera irregular, tanto en el espacio como en el tiempo, por lo que se considera un proceso aleatorio. Debido a las limitaciones que

se tienen para hacer observaciones de este proceso, para poder utilizar los registros que se obtienen de las observaciones de los desplazamientos de la superficie del mar, se acepta a priori, que éstos son típicos del fenómeno, y que los cálculos estadísticos realizados en ellos, permiten definir una guía de las leyes que gobiernan el oleaje en el mar.

Lo anterior implica aceptar que el proceso es homogéneo, estacionario o ambos. Así, el espectro de oleaje que se puede inferir de las observaciones, está ligado a las limitaciones de éstas. A continuación se indican las formas en que se ha logrado obtener el espectro de oleaje, y las consideraciones que se han hecho en las observaciones.

#### 4.3.2.1 Observaciones Simultáneas en Diferentes Puntos

Si se realizan observaciones simultáneas de los desplazamientos de la superficie del mar, en diferentes puntos espaciales, entonces  $\tau = 0$ ; por otra parte, si se considera que el mar es homogéneo,  $\underline{x} = 0$ . Con estas consideraciones, de las ecs (4.19) y (4.20) se tiene

$$Z(\underline{r};t) = \overline{\eta(\underline{x};t) \eta(\underline{x}+\underline{r};t)} = \int_{\underline{k}} \int_{\sigma} \phi(\underline{k}, \sigma; t) e^{i\underline{k} \cdot \underline{r}} d\underline{k} d\sigma = \int_{\underline{k}} \phi(\underline{k}; t) e^{i\underline{k} \cdot \underline{r}} d\underline{k} \quad (4.24)$$

donde

$$\phi(\underline{k}; t) = \int_{\sigma} \phi(\underline{k}, \sigma; t) d\sigma \quad (4.25)$$

es el espectro del número de la ola en dos dimensiones, y proporciona la contribución de la energía del oleaje, representada por  $\bar{\eta}^2$ , debido a los componentes del oleaje con números de

ola  $\underline{k}$ , independiente de las frecuencias  $\sigma$ , las cuales pueden asociarse con los números de ola.

La inversa de la ec (4.25), se escribe como

$$\phi(\underline{k}, t) = (2\pi)^{-2} \int_{\underline{r}} \frac{e^{-i\underline{k} \cdot \underline{r}}}{\eta(\underline{x}; t) \eta(\underline{x} + \underline{r}; t)} d\underline{r} \quad (4.26)$$

expresión que permite valuar el espectro del número de la ola, a partir del conocimiento de la covariancia de los desplazamientos de la superficie del mar, obtenidos de registros simultáneos en diferentes puntos.

#### 4.3.2.2 Observaciones en un Punto Fijo

Si se hacen observaciones de los desplazamientos de la superficie del mar en un punto fijo,  $r = 0$ ; y si se considera que el proceso es estacionario,  $t = \bar{0}$ . Así, de las ecs (4.19) y (4.20), se tiene

$$Z(\underline{x}; \tau) = \frac{\eta(t; \underline{x}) \eta(t + \tau, \underline{x})}{\eta(t; \underline{x}) \eta(t + \tau, \underline{x})} = \int_{\underline{k}} \int_{\sigma} \phi(\underline{k}, \sigma) e^{-i\sigma\tau} d\underline{k} d\sigma$$

$$Z(\underline{x}; \tau) = \int_{\sigma} \phi(\sigma) e^{i\sigma\tau} d\sigma \quad (4.27)$$

donde

$$\phi(\sigma) = \int_{\underline{k}} \phi(\underline{k}, \sigma) d\underline{k} \quad (4.28)$$

es el espectro de frecuencias en una dimensión, y permite conocer el aporte de energía del oleaje debido a cada frecuencia  $\sigma$ , independiente de los números de ola, los cuales están asociados a cada frecuencia.

La inversa de la ec (4.27) es

$$\phi(\sigma) = (2\pi)^{-1} \int_{-\infty}^{\infty} \overline{\eta(t) \eta(t+\tau)} e^{i\sigma\tau} d\tau \quad (4.29)$$

ecuación que permite determinar el espectro de frecuencias de los desplazamientos de la superficie del mar, en el punto donde se hace el registro.

Al aceptar que el proceso es estacionario, el espectro de frecuencias es simétrico para  $\sigma = 0$ , con lo cual, la ec (4.29) se puede escribir como:

$$\phi(\sigma) = \pi^{-1} \int_0^{\infty} \overline{\eta(t) \eta(t+\tau)} \cos \sigma\tau d\tau \quad (4.30)$$

y su inversa para  $\tau=0$  es

$$\overline{\eta^2} = 2 \int_0^{\infty} \phi(\sigma) d\sigma \quad (4.31)$$

De la ec (4.8) es posible conocer, para un oleaje en aguas profundas de pequeña amplitud, la relación existente entre el espectro de frecuencias y el espectro del número de ola, considerando a este último como un espectro de frecuencias direccionales. Esta relación es

$$\phi(\sigma) = \frac{2\sigma^3}{g^2} \int_0^{2\pi} \phi(k, \alpha) d\alpha \quad (4.32)$$

donde  $k = \sigma^2/g$ , ec (4.8), y el espectro de frecuencias se define como una integral de  $\phi(\underline{k})$ , sobre todas las direcciones de propagación  $\alpha$  con un número de ola de magnitud constante.

#### 4.3.3 La Naturaleza Estadística de la Superficie del Mar

Los desplazamientos superficiales en el océano referidos a un punto dado (subinciso 4.3.2.2), es frecuentemente el resultado de diversas componentes del oleaje, que han sido generadas en diversas regiones y se han propagado al punto de observación. Si se desprecian las interacciones del oleaje, los desplazamientos superficiales en un punto dado, pueden considerarse como la suma de un gran número de incrementos independientes de fase aleatoria, lo que permite aplicar el teorema del límite central y la distribución es usualmente Gaussiana.

Diversos estudios se han realizado para conocer las distribuciones de probabilidades de las características del oleaje, a partir del análisis de registros de observaciones de los desplazamientos superficiales en puntos fijos. Para la interpretación de éstos se han utilizado diferentes métodos, los cuales se ilustran en la fig 4.2.

Las primeras distribuciones de probabilidades de las características del oleaje fueron deducidas por Putz (1952) basadas en un análisis de 25 registros de oleaje, obteniendo para las alturas y períodos de las olas distribuciones tipo Gamma. Al mismo tiempo, Longuet-Higgins (1952), por medio de un análisis matemático de los desplazamientos de la superficie, deduce que las

distribuciones de probabilidad de las alturas del oleaje siguen una distribución tipo Rayleigh, cuando el espectro del oleaje es de una frecuencia de banda estrecha.

Bretschneider (1958a) utilizando del orden de 90 registros puntuales, de los desplazamientos de la superficie del mar, con un promedio de 100 olas cada uno, de siete fuentes diferentes, obtiene que las distribuciones de probabilidades de mejor ajuste de las características del oleaje analizadas, siguen una distribución del tipo Rayleigh.

Cartwright y Longuet-Higgins (1956) considerando un espectro de oleaje de banda ancha, encuentran a partir de un análisis matemático que las alturas de ola siguen una distribución de Gauss; un análisis más detallado realizado por Longuet-Higgins (1963) muestra, que la distribución de probabilidades de mejor ajuste es del tipo Gram-Charlier. Esto, ya había sido observado de un análisis cuidadoso de 40 registros de oleaje realizado por Kinsman (1960).

Los resultados de los estudios antes mencionados, de aplicación en el proceso de la generación del oleaje, se indican a continuación.

#### 4.3.3.1 Distribución de Probabilidades para las Alturas del Oleaje

La distribución de probabilidades de tipo Rayleigh, de las alturas del oleaje, se puede indicar como

$$p(\eta) = \frac{\pi \eta}{2} e^{-\frac{\pi \eta^2}{4}} \quad (4.33)$$



donde en este caso  $\eta = H/\bar{H}$ , siendo  $H$  la altura de la ola y  $\bar{H}$  la altura media. En la Tabla 4.1, se indican los parámetros estadísticos utilizados en el análisis de los datos del oleaje.

La distribución acumulada de las alturas del oleaje, de acuerdo con la ec (4.33) es

$$P(\eta) = 1 - e^{-\frac{\pi \eta^2}{4}} \quad (4.34)$$

En la fig 4.3 se muestra la relación entre la ec (4.34) y los datos analizados por Bretschneider (1958a). En la Tabla 4.2 se indican algunos valores de las alturas del oleaje promedio sobre una altura dada, para diversos valores de probabilidades acumuladas, ec (4.34).

De la Tabla 4.2 se deduce que, la altura de la ola significativa, ampliamente usada en los criterios de predicción y generación del oleaje, por considerarla igual a la altura del oleaje que se reporta de observaciones visuales, y que se define como la altura media o promedio del tercio más alto de todas las olas de un tren, corresponde a  $\eta_p$  para  $P = 0.333$ . Así la altura de la ola significativa es:

$$H_s = H_{33} = 1,598 \bar{H}, \quad (4.35)$$

en relación con la altura promedio del oleaje  $\bar{H}$ .

Por otra parte, Longuet-Higgins (1952), demostró que el valor más probable de la altura de la ola máxima que se puede obtener de un registro de observaciones, es función de su longitud o del número de olas  $N$ , obteniendo la expresión

$$a_{\max} / \bar{a} = (\log N)^{\frac{1}{2}} \quad (4.36)$$

donde  $a_{\max}$  es el valor más probable de la amplitud de la ola máxima. De acuerdo con la notación que se está considerando (Tabla 4.1), la ecuación anterior se transforma a

$$H_{\max} / \bar{H} = (2/\sqrt{\pi}) (\log N)^{\frac{1}{2}} \quad (4.37)$$

donde  $H_{\max}$  es el valor más probable de la altura de la ola máxima, función de la altura media del oleaje  $\bar{H}$  y del número de olas registradas  $N$ . El número de olas  $N$  se puede valorar como la duración del registro entre el período medio del oleaje  $\bar{T}$ . En la Tabla 4.3, se muestran algunos valores de  $H_{\max}/H_s$  y de  $H_{\max}/\bar{H}$  para diversos valores de  $N$ .

#### 4.3.3.2 Distribución de Probabilidades para las Longitudes del Oleaje

Bretschneider (1958a) dedujo que la función de distribución para las longitudes del oleaje, también puede representarse por una distribución tipo Rayleigh, con el mismo grado de aproximación que para las alturas del oleaje. Así,

$$p(\lambda) = \frac{\pi \lambda}{2} e^{-\frac{\pi \lambda^2}{4}} \quad (4.38)$$

donde  $\lambda = L/\bar{L}$ , siendo  $L$  la longitud de la ola y  $\bar{L}$  la longitud media (Tabla 4.1).

#### 4.3.3.3 Distribución de Probabilidades para los Períodos del Oleaje

Teniendo en cuenta la relación existente entre las longitudes y los períodos del oleaje para aguas profundas, ec (4.9), Bretschneider (1958a) estableció a partir de los datos disponibles y la ec (4.38), la siguiente distribución para los períodos del oleaje.

$$p(\tau) = 2.7 \tau^3 e^{-0.675 \tau^4} \quad (4.39)$$

siendo la distribución acumulada

$$P(\tau) = 1 - e^{-0.675 \tau^4} \quad (4.40)$$

En la fig 4.4 se muestra la relación existente entre la ec 4.40 y los datos utilizados para su deducción.

#### 4.4 Generación del Oleaje en Aguas Profundas debido al Viento

La transferencia de energía del viento al oleaje, se realiza por fluctuaciones de presión o por esfuerzos tangenciales. Al respecto, existen actualmente diversas teorías, las cuales son ampliamente discutidas por Wiegel (1970).

La teoría que sirvió de apoyo a los actuales criterios de predicción de la generación del oleaje por viento, fue desarrollada por Sverdrup y Munk (1947), al relacionar las características del campo de viento con las características del oleaje, considerando un viento de velocidad y dirección constantes. Posteriormente, fue revisado y ajustado por Bretschneider (1952), originando el método de predicción del oleaje significativo, referido como el método de Sverdrup-Munk-Bretschneider (SMB).

Pierson, Neumann y James (1955) establecen para efectos de predicción, la forma de obtener el espectro del oleaje asociado -

con un viento dado, originando el método del espectro del oleaje, denominado método de Pierson, Neumann y James (PNJ). Una discusión de los criterios SMB y PNJ, fue hecha por Bretschneider (1957a).

Modificaciones a las relaciones entre las características del campo de viento y las características del oleaje usadas en el método SMB, han sido hechas por Wilson (1955) y por Bretschneider (1957b, 1958b, 1970). Un equilibrio entre el método SMB y el método PNJ, en cuanto a la determinación de las características del oleaje se refiere, es logrado por Wilson (1955), al proponer el método gráfico para la predicción de la generación del oleaje.

Bretschneider (1958b) propone un espectro del oleaje, para olas generadas por viento en aguas profundas, complementando el método de SMB.

#### 4.4.1 Relación entre las Características del Oleaje y las Características del Viento, con Dirección y Velocidad Constantes.

En relación con el método de SMB, las características del oleaje (H,L,T) dependen de las características del viento (U,F,t), de acuerdo con las relaciones

$$\frac{gH}{U^2} = \phi \left( \frac{gF}{U^2}, \frac{gt}{U} \right) \quad (4.41)$$

$$\frac{C}{U} = \frac{gT}{2\pi U} = \psi \left( \frac{gF}{U^2}, \frac{gt}{U} \right) \quad (4.42)$$

donde F es la distancia en la cual el viento actúa sobre el agua, comunmente conocido como el fetch; U la velocidad del viento a la altura del anemómetro (10 m sobre el nivel medio del mar; -

t duración del tiempo que el viento actúa sobre el agua; H la altura de la ola significativa; T el período de la ola significativa; C la celeridad de la ola significativa; g la aceleración de la gravedad.

Las ecuaciones que relacionan los parámetros anteriores, fueron originalmente propuestas por Wilson (1955) y posteriormente revisadas y ajustadas por Bretschneider (1957b, 1958b, 1970). Estas ecuaciones pueden escribirse como:

$$\frac{gH}{U^2} = A_1 \tanh (B_1 \left( \frac{gF}{U^2} \right)^{m_1}) \quad (4.43)$$

$$\frac{gT}{2\pi U} = A_2 \tanh (B_2 \left( \frac{gF}{U^2} \right)^{m_2}) \quad (4.44)$$

donde  $A_1, A_2, B_1, B_2, m_1$  y  $m_2$  son constantes, función de los datos disponibles analizados. En la Tabla 4.4 se proporcionan los valores encontrados en los diversos ajustes realizados.

Estas ecuaciones permiten calcular las características del oleaje significativo en función de las características del campo de viento.

En las ecs (4.43) y (4.44) no interviene la duración del viento t, pues se considera implícito en la longitud del fetch. La duración del viento t se toma en cuenta con la velocidad de grupo del oleaje  $C_g$ . Considerando que  $C_g = dx/dt$  y la ec (4.15) se obtiene:

$$t = \int_0^F \frac{1}{C_g} dx = 2 \int_0^F \frac{1}{C} dx \quad (4.45)$$

Esta ecuación permite calcular:

- a) El tiempo mínimo requerido, para que el oleaje generado por un cierto fetch  $F$  y una velocidad de viento en particular  $U$ , alcance sus características óptimas.
- b) El fetch mínimo para que, el oleaje generado para una velocidad de viento cualesquiera  $U$ , con un cierto tiempo  $t$ , alcance sus características óptimas.

La forma como se usan las ecs (4.43), (4.44) y (4.45), es como sigue:

- a) Para una cierta  $U$  y  $F$  se determina el tiempo mínimo.
- b) Si la duración del viento  $t$  es menor o igual, al tiempo mínimo, las características del oleaje son función de  $t$ , y las ecs (4.43) y (4.44) se utilizan modificando la longitud del fetch, de acuerdo con el valor obtenido de la ec (4.45) al usar la duración del viento  $t$ .
- c) Si la duración del viento  $t$ , es mayor que el tiempo mínimo, las características del oleaje se determinan usando las ecs (4.43) y (4.44), usando la longitud del fetch dato.

En la fig 4.5 se indica la solución a las ecs (4.43) a (4.45) de acuerdo con el último ajuste realizado por Bretschneider (1970). Teniendo en cuenta lo anterior, para usar estas curvas, se entra del lado izquierdo con la velocidad del viento  $U$  para el cual se requiere determinar las características del oleaje, y se ve qué valor se alcanza primero, si la duración del viento  $t$ , o la longitud del fetch  $F$ . El valor que se alcance primero, permite obtener la altura del oleaje significativa y su período correspondiente.

Para el límite superior de los parámetros de generación, las ecs (4.43) y (4.44) se reducen respectivamente a

$$\frac{gH}{U^2} = A_1 \quad (4.46)$$

y

$$\frac{gT}{2\pi U} = A_2 \quad (4.47)$$

siendo  $gF/U^2 = 6 \times 10^5$ .

El límite inferior para la generación del oleaje, correspondiente a grandes velocidades de viento y fetches cortos, se deduce transformando las ecs (4.43) y (4.44) a la forma

$$\frac{gH}{U^2} = A_1 B_1 \left( \frac{gF}{U^2} \right)^{m_1} \quad (4.48)$$

$$\frac{gT}{2\pi U} = A_2 B_2 \left( \frac{gF}{U^2} \right)^{m_2} \quad (4.49)$$

donde  $gF/U^2 = 0.0046$ .

La relación entre las ecs (4.44) y (4.45) se plantea para los límites de generación como

$$C_g = \frac{1}{2} \left( \frac{gT}{2\pi U} \right) \left( \frac{T_{op}}{T} \right) \quad (4.50)$$

donde  $T_{op}$ , es el período óptimo en donde se concentra la máxima energía.  $T_{op}/T$  varía de 1.0 para el límite inferior a 1.027

para el límite superior, con un máximo de 1.0375 para  $gF/U^2$  de 200.

#### 4.4.2 Generación del Oleaje en Aguas Profundas para Vientos de Velocidad y Dirección Variables y Fetches en Movimiento.

Si el campo de viento no es demasiado irregular y el movimiento de la tormenta es lento, el método SMB puede usarse, considerando promedio de las características del campo de viento.

Las técnicas para utilizar el método SMB para las condiciones antes dichas son discutidas por Kaplan (1953) y la fig 4.5 puede usarse, teniendo en cuenta las curvas de "energía constante", que son líneas de igual  $H^2T^2$  ( ó  $H^2L$ ), las cuales permiten va - luar los incrementos de fetch y duración por cambios en la velo - ci - dad del viento, y tener en cuenta las condiciones previas de generación del oleaje.

Suponiendo que se requiere determinar las características del oleaje, para un campo de viento estacionario, con distribución variable a lo largo del fetch, para utilizar la fig 4.5 se hace lo siguiente:

- a) Se divide el fetch en incrementos iguales  $\Delta F$  y se obtiene la velocidad media correspondiente a cada incremento, considerándola como la raíz cuadrada media de los valores de la velocidad del viento en los extremos del incremento del fetch. De esta manera, se tendrán una serie de valores de  $U_i$  para cada  $\Delta F_i$ .
- b) Para el primer incremento del fetch  $F_1$  y la velocidad  $U_1$ , de la fig 4.5, se obtiene las características del oleaje significante.
- c) Para el segundo incremento del fetch  $F_2$ , con velocidad  $U_2$ , se requiere tener en cuenta el campo de oleaje



generado en el paso anterior. Para ello, con las características determinadas, se mueve a lo largo de su curva correspondiente  $H^2T^2$  de  $U_1$  a  $U_2$ , obteniéndose un fetch y una duración equivalente, para la nueva velocidad  $U_2$ . Este fetch equivalente se suma al incremento del fetch, en este caso,  $F_2$ . Con este fetch ajustado y la velocidad  $U_2$ , de la fig 4.5, se obtienen las características del oleaje significativo para estas condiciones.

- d) Se repite el inciso c) hasta terminar de analizar la distribución del viento.

Si el campo de viento tiene una cierta dirección y velocidad de desplazamiento, se debe considerar un incremento en el fetch efectivo, proporcional a

$$1 + k \frac{V_d}{C_g} \quad (4.51)$$

donde  $V_d$  es la velocidad de desplazamiento del campo de viento,  $C_g$  es la velocidad de grupo del oleaje y  $k$  función de la dirección de desplazamiento.

Wilson (1955) introduce el método gráfico para la solución de las ecs (4.43) a (4.45), utilizando las constantes por él obtenidas (Tabla 4.4), permitiendo la aplicación general del método de SMB para cualquier condición de campo de viento.

Para utilizar el método gráfico, se requiere graficar las variables  $H, F, T$  y  $t$  como funciones de unas con otras para diferentes valores de  $U$ , utilizando tres cuadrantes y considerando como ejes de referencia un sistema  $H-t-F-T$ . La aplicación de este criterio se muestra en la fig 4.6 para un campo de viento variable.

Una adaptación del método gráfico para usar un computador digital de alta velocidad fue hecha por Wilson (1962), reemplazando la integración gráfica por una integración numérica.

#### 4.4.3 Espectro del Oleaje Generado por Viento

Los primeros intentos para obtener el espectro del oleaje, en función de las características del campo de viento que lo generan, fue realizado por Neumann (1952) y por Darbyshire (1952).

El espectro del oleaje propuesto por Neumann, basado en una serie de observaciones individuales del oleaje, junto con el modelo matemático de la variación del desplazamiento superficial del océano, como una función de la posición y el tiempo, propuesta por Pierson (1952, 1955), constituyen las bases del método PNJ.

El espectro propuesto por Neumann (1952), que representa una envolvente de los datos analizados, se puede escribir como

$$\frac{H}{T^2} = C_1 e^{-\left(\frac{gT}{2\pi U}\right)^2} \quad (4.52)$$

donde H es la altura de la ola, T el período aparente de la ola (fig 4.2b), U la velocidad del viento y  $C_1$  una constante. Elevando al cuadrado la ec (4.52) y teniendo en cuenta que  $H^2$  es proporcional al área bajo el espectro sobre un intervalo  $d\sigma$ , ec (4.33); para un período de banda  $dT$  se tiene

$$S_H^2(\sigma) d\sigma = C_2 g^2 T^4 e^{-2\left(\frac{gT}{2\pi U}\right)^2} dT$$

donde  $S_H^2(\sigma)$  es el espectro de frecuencias (suma de  $H^2$  como una función de  $\sigma$ ).  $T = \tilde{T}$ , ya que el período de banda es diferencial. Teniendo en cuenta que  $T = 2\pi/\sigma$  y  $dt = -(T^2/2\pi)d\sigma$ , lo cual también se puede escribir como  $dT = -2\pi\sigma^{-2}d\sigma$ , la ecuación para el espectro de frecuencias se transforma a

$$S_H^2(\sigma) = C (2\pi)^5 g^2 \sigma^{-6} e^{-2\left(\frac{gT}{U\sigma}\right)^2} \quad (4.53)$$

donde  $C$  tiene un valor de  $2 \times 10^5 \text{ seg}^{-1}$ . Análogamente, el espectro de períodos  $S_H^2(T)$  (suma de  $H^2$  como una función de  $T$ ), es de la forma

$$S_H^2(T) = C g^2 T^4 e^{-2\left(\frac{gT}{2\pi U}\right)^2} \quad (4.54)$$

A partir de la ec (4.25), de las ecs (4.53) ó (4.54), es posible calcular la energía del oleaje  $E$ , para un rango de frecuencias o de períodos.

El método PNJ utiliza la distribución de las alturas del oleaje propuesta por Longuet-Higgins (1952) (subinciso 4.3.3.1), y se relaciona directamente con los valores de  $E$  de acuerdo con la ecuación

$$H_p = \eta_p \bar{H} = 1.772 \eta_p E^{\frac{1}{2}} \quad (4.55)$$

donde  $H_p$  es la altura del oleaje promedio, del porcentaje de olas más altas que se han presentado,  $\eta_p$  es la relación entre  $H_p$  y la altura del oleaje media  $\bar{H}$ , cuyos valores se muestran

en la Tabla 4.2. De acuerdo con esto, la altura de la ola significativa se calcula como  $H_s = 2.832 E^{1/2}$ .

Bretschneider (1958a) desarrolla un espectro de oleaje teórico a partir del conocimiento de la distribución unida de las alturas y longitudes del oleaje, teniendo en cuenta la distribución de probabilidades de ellas, ecs (4.33) y (4.35). Considerando correlación cero, obtiene para el espectro de frecuencias la expresión

$$S_H^2(\sigma) = \alpha g^2 \sigma^{-5} e^{-0.675 \left( \frac{g}{F_2 U \sigma} \right)^4} \quad (4.56)$$

y para el espectro de períodos

$$S_H^2(T) = \alpha \frac{g^2 T^3}{(2\pi)^4} e^{-0.675 \left( \frac{gT}{2\pi U F_2} \right)^4} \quad (4.57)$$

donde

$$\alpha = 3.437 \frac{F_1^2}{F_2^4}, \quad F_1 = \frac{g\bar{H}}{U^2}, \quad F_2 = \frac{g\bar{T}}{2\pi U} \quad (4.58)$$

En las Tablas 4.5 y 4.6 se muestra una comparación entre las propiedades físicas del espectro propuesto por Neumann, ecs (4.53) y (4.54) y el de Bretschneider, ecs (4.56) y (4.57), obtenidas por Bretschneider (1958a).

De estos resultados se puede ver que el método SMB predice  $H \sim U^2$ , mientras que el método PNJ predice  $H \sim U^{5/2}$ , - -

coincidiendo para  $U$  del orden de 30 nudos. Una discusión al respecto fue realizada por Bretschneider (1957a).

Por otra parte, de las ecs (4.53) y (4.56) se tiene que para altas frecuencias, la energía es proporcional a  $\sigma^{-6}$ , en el caso del espectro de Neumann, y a  $\sigma^{-5}$  para el espectro de Bretschneider. Este último valor es coincidente con el estudio teórico realizado por Phillips (1958) para determinar el rango de equilibrio de los espectros de frecuencia del oleaje generado por viento.

En la última revisión realizada por Bretschneider (1970) al método SMB, ajusta las ecs (4.56) y (4.57) teniendo en cuenta los últimos estudios realizados sobre el espectro, llevados a cabo por Pierson (1964) y por Pierson y Moskowitz (1964). El ajuste lo realiza, considerando que  $\bar{T} = 0.906 T_s$ , donde  $\bar{T}$  es el período del oleaje medio y  $T_s$  el período de la ola significativa.

Substituyendo las ecs (4.58) en la ec (4.56) (Tabla 4.5, renglones f y g), y teniendo en cuenta la relación entre períodos antes indicada, se tienen las siguientes relaciones para el espectro de períodos

$$S(\tau) = 4 \tau^3 e^{-\tau^4} ; \quad \tau = \frac{T}{T_s} ; \quad \int S(\tau) d\tau = 1.0 \quad (4.59)$$

o bien

$$S(T) = \frac{H_s^2}{T_s} S(\tau) ; \quad \int S(T) dT = H_s^2 \quad (4.60)$$

En forma análoga, para el espectro de frecuencias (tabla 4.6, renglones j y k), se tiene

$$S(\nu) = 4 \nu^{-5} e^{-\nu}^{-4}; \quad \nu = \frac{T_s}{T} = ft_s; \quad \int S(\nu) d\nu = 1 \quad (4.61)$$

o bien

$$S(f) = H_s^2 T_s S(\nu); \quad \int S(f) df = H_s^2 \quad (4.62)$$

Estas ecuaciones permiten determinar en forma directa el espectro de períodos o de frecuencias del oleaje, conocidas las características de la ola significativa. Las ecs (4.59) y (4.61) se muestran en la fig 4.7.

#### 4.5 Criterios para Obtener el Oleaje Generado por un Huracán

Los campos de viento sobre el agua, producidos por un huracán (Capítulo 3), implican para una cierta área de generación, variaciones en la velocidad del viento, tanto en magnitud como dirección, así como en el fetch y la duración.

Los criterios existentes para obtener el oleaje debido a un huracán, se basan en el método de SMB, de acuerdo con lo indicado en el subinciso 4.4.2. Las aplicaciones de estas técnicas y los resultados obtenidos se detallan a continuación.

##### 4.5.1 Método Gráfico de Wilson

Utilizando el método gráfico de Wilson (1955) para la solución de las ecs (4.43), (4.44) y (4.45) (subinciso 4.4.2), Wilson (1957) realizó un estudio estadístico del oleaje en el Golfo -

de México, frente a las costas de E.U.A., analizando 23 huracanes. Este estudio permitió comprobar en forma amplia el uso del método gráfico, para analizar los campos de viento debido a huracanes.

#### 4.5.2 Oleaje de Diseño debido a un Huracán

Bretschneider (1957b), usando el método SMB, determina por integración numérica, considerando los campos de viento de 13 huracanes estacionarios, relaciones para estimar los máximos valores del oleaje significativo, a una latitud de 35°N.

A continuación se indica la secuela de cálculo para obtener las relaciones antes indicadas. De las ecs (4.48) y (4.49), teniendo en cuenta los valores de los parámetros correspondiente al ajuste realizado en este estudio (Tabla 4.4, col 3), se tiene que

$$H = 0.0555 (U^2 F)^{\frac{1}{2}} \quad (4.63)$$

$$T = 0.5 (U^2 F)^{\frac{1}{4}} \quad (4.64)$$

Por otra parte, de las ecs (4.45), (4.50) y (4.64), se obtiene

$$\frac{F}{t} = 0.57 (U^2 F)^{\frac{1}{4}} = 1.14 T \quad (4.65)$$

que es la relación entre las características mínimas de F y t. En las ecuaciones anteriores, H es la altura de la ola significativa en pies, T el período de la ola significativa en segundos, U la velocidad del viento en nudos, F la longitud del fetch en millas náuticas, y t la duración del viento en horas.

Para un huracán, el viento es variable tanto en velocidad - como en dirección. Para utilizar las ecuaciones (4.63), (4.64) y (4.65), se puede reemplazar  $U^2F$  por

$$U^2F = \int_{x_1}^{x_2} U_x dx \quad (4.66)$$

expresión que se puede aplicar a lo largo de una línea  $x$  del campo de viento de un huracán, donde se desea conocer el oleaje, siendo  $x_1$  y  $x_2$ , límites arbitrarios que pueden fijarse como la distancia en la cual  $U_x = 15$  nudos;  $U_x$  es la varia - ción de la velocidad del viento sobre el agua, en el eje  $x$ .

De acuerdo con la ec (2.2), propuesta por Reid (1957), la ener - gía cinética de un huracán es proporcional a  $R \Delta p$ ; por otra - parte, la energía del oleaje es proporcional a  $H^2$ , ec (4.55) y por ende a  $U^2F$ , según la ec (4.63). Con esto, el índice de - energía del huracán  $E$ , se puede escribir como

$$E = \int_{x_1}^{x_2} U_x^2 dx = U_r^2 F = (R \Delta p) \quad (4.67)$$

donde

$$U_r^2 = \frac{1}{\Delta x} \int_{x_1}^{x_2} U_x^2 dx \quad (4.68)$$

Con el fin de establecer la ec (4.67), Bretschneider, conside - rando distribuciones de viento en una línea a una distancia  $R$  del centro del huracán, analizó 13 huracanes estacionarios - para una latitud de  $35^\circ N$ , obteniendo que



$$\int_{x_1}^{x_2} U_x^2 dx = 88,000 e^{R \Delta p / 50} \quad (4.69)$$

y

$$U_r^2 = 23 U_R \quad (4.70)$$

donde  $U_R$  es la velocidad del viento a una distancia  $R$  del centro del huracán, siendo  $R$  el radio de máximo viento.

Bretschneider, tomando en cuenta estas ecuaciones, discute los casos de generación del oleaje debido a huracanes estacionarios y en movimiento.

Si se tiene en cuenta la ec (4.66), se sustituye la ec (4.69) en las ecs (4.63) y (4.64), y se considera la ec (4.51) y la ec (4.70), se tiene:

$$H = 16.5 e^{\frac{R \Delta p}{100} \frac{1}{2}} (1 + 0.208 \alpha V_d / U_R) \quad (4.71)$$

$$T = 8.6 e^{\frac{R \Delta p}{200} \frac{1}{2}} (1 + 0.104 \alpha V_d / U_R) \quad (4.72)$$

donde  $H$  es la altura del oleaje significativo en pies,  $T$  es el período del oleaje significativo en segundos,  $R$  el radio de máximo viento en millas náuticas,  $p$  la diferencia entre la presión normal  $p_n$  y el índice de presión central  $p_o$  en pulgadas de mercurio,  $V_d$  es la velocidad de desplazamiento del huracán en nudos y  $\alpha$  el porcentaje efectivo de  $V_d$ , que debe -

agregarse al campo de viento de un huracán estacionario para obtener el campo de viento de un huracán en movimiento.

Si  $V_d$  es igual a la velocidad de grupo del oleaje, se dice - que la tormenta se mueve con velocidad crítica. Teniendo en cuenta las ecs (4.7) y (4.15), se obtiene que

$$V_c = 1.52 T \quad (4.73)$$

donde  $T$  es el período del oleaje significativo y  $V_c$  la velocidad crítica, en nudos.

De las ecs (4.72) y (4.73) se deduce

$$V_c = 13.1 e^{\frac{R \Delta p}{200}} \left( 1 - 1.36 e^{-\frac{R \Delta p}{200}} \right)^{\frac{1}{2}} / U_R \quad (4.74)$$

Así, si  $V_d = V_c$ , de las ecs (4.71) y (4.72) se obtienen los valores críticos de la altura y período del oleaje significativo, siendo éstos los valores máximos posibles.

Para los 13 huracanes tipo analizados para una latitud de  $35^\circ N$ , Bretschneider deduce

- a) La velocidad crítica es 1.9 veces el período del - oleaje significativo para un huracán estacionario.
- b) La altura de la ola significativa crítica es igual a 1.56 veces la altura del oleaje significativo para una tormenta estacionaria.
- c) El período de la ola significativa crítica es igual - 1.25 veces el valor del período de la ola significante para una tormenta estacionaria.

Si  $V_d > V_c$ , se requiere utilizar el método gráfico de Wilson (subinciso 4.5.1).

Bretschneider y Collins (1964) aplicaron este criterio para valuar en una primera aproximación, los valores máximos de las características del oleaje producido por los huracanes de proyecto para la costa Este de Florida. Por otra parte, utilizaron el método SMB, de acuerdo con lo indicado en el inciso 4.4.2, valuando los espectros de oleaje de los huracanes antes mencionados, a fin de definir las características de los oleajes de diseño para el proyecto Mohole.

#### 4.5.3 Campo de Oleaje debido a un Huracán

Bretschneider (1972 a,b), teniendo en cuenta el criterio propuesto en el inciso anterior, obtiene relaciones básicas para deducir las características del oleaje significativo, considerando en forma adimensional los campos de viento debido a huracanes. En este caso, utiliza el último ajuste a las ecs (4.43) y (4.44) del método SMB (Tabla 4.4) y generaliza el criterio para cualquier punto dentro del campo de viento.

Para huracanes estacionarios, considerando un ángulo de deflexión del viento de  $25^\circ$  (inciso 3.4.2), obtiene, del análisis de 51 huracanes que

$$\frac{H_r}{H_R} = \Phi \left( \frac{fR}{U_R}, \frac{r}{R} \right) \quad (4.75)$$

donde  $H_r$  es la altura de la ola significativa, a una distancia  $r$  del centro del huracán,  $H_R$  es la altura máxima de la ola significativa a una distancia  $R$  del centro del huracán, la cual se determina como

$$H_R = K (R \Delta p)^{\frac{1}{2}} \quad (4.76)$$

donde

$$K = \psi (fR/U_R) \quad (4.77)$$

siendo  $f$  el parámetro de Coriolis, ec (3.3),  $U_R$  la velocidad del viento sobre el agua, a una distancia  $R$  del centro del huracán y  $p$  la diferencia entre la presión normal  $p_n$  y el índice de presión central  $p_o$ . Las ecs (4.75) y (4.77) se muestran respectivamente en las figs 4.8 y 4.9.

Para huracanes en movimiento, con velocidad de desplazamiento menor o igual a la velocidad crítica, las características del campo de viento y del campo del oleaje sufren un incremento, cuyas relaciones se pueden escribir, para el cuadrante derecho de un huracán, como

$$\frac{\Delta H}{H_r} = \frac{\Delta F}{F} = \frac{2 \Delta U}{U_r} + \left(\frac{\Delta U}{U_r}\right)^2 \quad (4.78)$$

y

$$\frac{T_r + \Delta T}{U_r + \Delta U} = \frac{T_r}{U_r} \quad (4.79)$$

donde

$$\Delta U = \frac{1}{2} V_d \cos \theta \quad (4.80)$$

siendo  $H_r$ ,  $T_r$ ,  $U_r$  y  $F$  las características para un huracán estacionario y  $\Delta H$ ,  $\Delta T$ ,  $\Delta U$  y  $\Delta F$ , los cambios respectivos debido

al desplazamiento del huracán,  $V_d$  la velocidad de desplazamiento y  $\theta$  el ángulo de posición de  $r$  medido en la dirección contraria al movimiento de las manecillas del reloj, a partir de un eje perpendicular al eje del desplazamiento del huracán.

Este criterio se aplicó a los huracanes estándar de proyecto frente a las costas de E.U.A., obteniendo las características máximas del oleaje característico.

TABLA 4.1 PARAMETROS ESTADISTICOS UTILIZADOS EN EL ANALISIS DE DATOS DE OLEAJE  
 PARA LA OBTENCION DE DISTRIBUCIONES MARGINALES [BRETSCHNEIDER (1958 a)]

CONCEPTO	ALTURA DE LA OLA	LONGITUD DE LA OLA	PERIODO DE LA OLA
Forma Estándar	H	L	T
Media	$\bar{H} = \frac{1}{N} \sum H_i$	$\bar{L} = \frac{1}{N} \sum L_i = \frac{1}{N} \sum T_i^2$	$\bar{T} = \frac{1}{N} \sum T_i$
Forma Normal	$\eta = H / \bar{H}$	$\lambda = L / \bar{L} = T^2 / \bar{T}^2$	$\tau = T / \bar{T}$
Altura Media al Cuadrado	$\bar{H}^2 = \frac{1}{N} \sum H_i^2$	$\bar{L}^2 = \frac{1}{N} \sum L_i^2 = \frac{1}{N} \sum (T_i^2)^2$	$\bar{T}^2 = \frac{1}{N} \sum T_i^2$
	$\bar{\eta}^2 = \bar{H}^2 / (\bar{H})^2$	$\bar{\lambda}^2 = \bar{L}^2 / (\bar{L})^2 = \bar{T}^4 / (\bar{T})^2$	$\bar{\tau}^2 = \bar{T}^2 / (\bar{T})^2$
Desviación Estándar de la Media	$S_H = \left[ \frac{1}{N} \sum (H_i - \bar{H})^2 \right]^{1/2}$	$S_L = \left[ \frac{1}{N} \sum (L_i - \bar{L})^2 \right]^{1/2}$	$S_T = \left[ \frac{1}{N} \sum (T_i - \bar{T})^2 \right]^{1/2}$
	$S_\eta = \sqrt{\bar{\eta}^2 - 1} = \frac{S_H}{\bar{H}}$	$S_\lambda = \sqrt{\bar{\lambda}^2 - 1} = \frac{S_L}{\bar{L}}$	$S_\tau = \sqrt{\bar{\tau}^2 - 1} = \frac{S_T}{\bar{T}}$
Coefficiente de Esviajamiento	$\alpha_{3H} = \frac{1}{N} \sum \left( \frac{H_i - \bar{H}}{S_H} \right)^3$	$\alpha_{3L} = \frac{1}{N} \sum \left( \frac{L_i - \bar{L}}{S_L} \right)^3$	$\alpha_{3H} = \frac{1}{N} \sum \left( \frac{T_i - \bar{T}}{S_T} \right)^3$
Parámetros considerando una distribución tipo Ray Leight	$S_H = 0.523 \bar{H}$	$S_L = 0.523 \bar{L}$	$S_T = 0.280 \bar{T}$
	$\alpha_{3H} = 0.631$	$\alpha_{3L} = 0.631$	$\alpha_{3H} = -0.088$

TABLA 4.2 VALORES DE LAS ALTURAS DEL OLEAJE  
 PROMEDIO SOBRE UNA ALTURA DADA

P	$h_p$
0.01	2.663
0.05	2.242
0.10	2.032
0.20	1.796
0.25	1.713
0.30	1.642
0.333	1.598
0.40	1.521
0.50	1.418
0.60	1.328
0.70	1.244
0.80	1.164
0.90	1.085
1.00	1.000

TABLA 4.3 ALTURAS MAXIMAS MAS PROBABLES

Número de olas N	$\frac{H \text{ máx}}{H_{33}}$	$\frac{H \text{ máx}}{\bar{H}}$
10	1.11	1.78
20	1.25	2.00
50	1.42	2.27
100	1.53	2.45
200	1.64	2.62
500	1.77	2.83
1000	1.86	2.98

TABLA 4.4 VALORES DE LAS CONSTANTES DE LAS ECS 4.43  
Y 4.44 DE ACUERDO CON LOS DIVERSOS  
AJUSTES REALIZADOS.

Constante	Wilson (1955)	Bretschneider (1957 b, 1958 b)	Bretschneider (1970)
$A_1$	0.260	0.283	0.283
$B_1$	0.01	0.0085	0.0125
$m_1$	0.5	0.5	0.42
$A_2$	1.40	1.95	1.2
$B_2$	0.0436	0.047	0.077
$m_2$	0.333	0.25	0.25
$A_1 B_1$	0.0026	0.0024	0.0035
$A_2 B_2$	0.0610	0.0917	0.0924



Tabla 4.5 Propiedades físicas de los espectros de períodos del oleaje generado por viento.

Concepto	Espectro obtenido por Neumann (1952) utilizado en el método de P N J	Espectro obt. por Bretschneider (1958 a) para utilizar con el método de S M B
Espectro de períodos	$S_{H^2}(T) = 2 \times 10^{-5} g^2 T^4 e^{-2 \left( \frac{gT}{2\pi U} \right)^2}$	$S_{H^2}(T) = \frac{\alpha g^2}{(2\pi)^4} T^3 e^{-0.675 \left( \frac{gT}{2\pi U F_2} \right)^4}$ $\alpha = 3.437 \frac{F_1^2}{F_2^2}; F_1 = \frac{g\bar{H}}{U^2}; F_2 = \frac{g\bar{T}}{2\pi U}$
<p>a) Energía El área bajo el espectro es <math>\bar{H}^2</math>. De la ec 4.12 se obtiene la energía</p>	$\bar{H}^2 = 0.00594 \frac{U^5}{g^3}; \bar{H}^2 = \frac{4}{\pi} (\bar{H})^2$	$\bar{H}^2 = \frac{4}{\pi} F_1^2 \frac{U^4}{g^2}; \bar{H}^2 = \frac{4}{\pi} (\bar{H})^2$
<p>b) Oleaje significativo De la Tabla 4.2, <math>H = 1.6 \bar{H}</math></p>	$\frac{gH}{U^2} = 0.216 \left( \frac{U}{g} \right)^{\frac{1}{2}}$	$\frac{gH}{U^2} = 1.6 F_1$
<p>c) Período medio del oleaje <math>\bar{T}</math></p>	$\frac{g\bar{T}}{2\pi U} = 1.064$	$\frac{g\bar{T}}{2\pi U} = F_2$
<p>d) Período óptimo, Top correspondiente a la energía máxima</p>	$\frac{g T_{op}}{2\pi U} = 1.00; \frac{T_{op}}{\bar{T}} = 0.94$	$\frac{g T_{op}}{2\pi U} = 1.027 F_2; \frac{T_{op}}{\bar{T}} = 1.027$

Tabla 4.5 Propiedades físicas de los espectros de períodos del oleaje generado por viento. (Continuación)

Concepto	Espectro obtenido por Neumann (1952) utilizado en el método de P N J.	Espectro obt. por Bretschneider (1958 a) para utilizar con el método de S M B
e) Energía máxima del espectro de períodos	$\left[ S_{H^2}(\tau) \right]_{\text{máx}} = 4.34 \times 10^{-3} \frac{U^4}{g^2}$	$\left[ S_{H^2}(\tau) \right]_{\text{máx}} = 0.279 \frac{F_1^2 U^3}{F_2 g}$
f) Espectro de períodos eliminando la velocidad del viento	$S_{H^2}(\tau) = \left( \frac{64}{9\pi} \right)^3 \frac{\bar{H}^2 \tau^4}{(\bar{\tau})^5} e^{-\frac{64}{9\pi} \left( \frac{\tau}{\bar{\tau}} \right)^2}$	$S_{H^2}(\tau) = 2.7 \bar{H}^2 \frac{\tau^3}{(\bar{\tau})^4} e^{-0.675 \left( \frac{\tau}{\bar{\tau}} \right)^4}$
g) Espectro de períodos considerando la forma normal (tabla 4.1)	$S_{\eta^2}(\tau) = \frac{4}{\pi} \left( \frac{64}{9\pi} \right)^3 \tau^4 e^{-\left( \frac{64}{9\pi} \right) \tau^2}$	$S_{\eta^2}(\tau) = 3.437 \tau^3 e^{-0.675 \tau^4}$

Unidades:

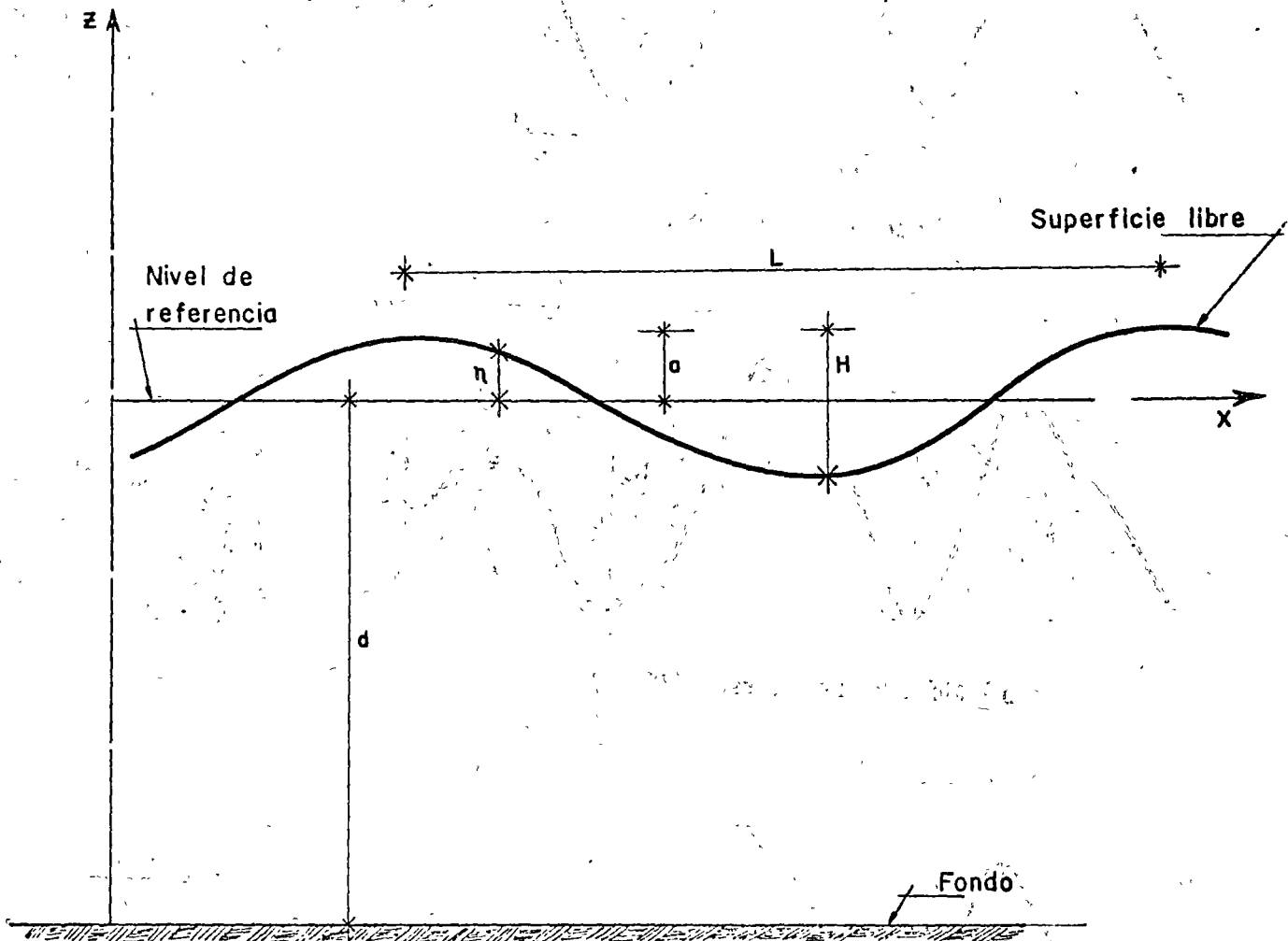
- U en cm/seg
- F en cm
- T en seg
- g=980 cm/seg<sup>2</sup>
- H en cm

Tabla 4.6 Propiedades físicas de los espectros de frecuencias del oleaje generado por viento

Concepto	Espectro obtenido por Neumann (1952) utilizado en el método de P N J	Espectro obt. por Bretschneider (195) para utilizar con el método de S M
Espectro de frecuencias	$S_{H^2}(\nu) = 2 \times 10^{-5} (2\pi)^5 g^2 \nu^{-6} e^{-2 \left(\frac{g}{U\nu}\right)^2}$	$S_{H^2}(\nu) = \alpha g^2 \nu^{-5} e^{-0.675 \left[\frac{g}{U\nu F_2}\right]}$ $\alpha = 3.437 \frac{F_1^2}{F_2^2}; F_1 = \frac{gH}{U^2}; F_2 = \frac{g}{2\pi U^2}$
a) Frecuencia óptima $\nu_{op}$ correspondiente a la energía máxima	$\frac{g}{U \nu_{op}} = \sqrt{\frac{3}{2}} = 1.225$	$\frac{g}{U \nu_{op}} = \sqrt[4]{\frac{5}{2.7}} \quad F_2 = 1.166 \quad F_2$
b) Energía máxima	$S_{H^2}(\nu)_{\text{máx}} = 0.033 \frac{U^6}{g^4}$	$S_{H^2}(\nu)_{\text{máx}} = \frac{2.12 F_1^2 F_2 U^5}{g^3}$
c) Período medio aparente (fig 4.2)	$\frac{g \bar{T}}{2\pi U} = \frac{1}{2} \sqrt{3} = 0.866$	$\frac{g \bar{T}}{2\pi U} = 0.83 F_2$
d) Relación entre los períodos. $\bar{T}$ y $\bar{T}$	$\bar{T} / \bar{T} = 0.82$	$\bar{T} / \bar{T} = 0.83$
e) Relación entre el período para la $\nu_{op}$ [ $T(\nu_{op})$ ] y $\bar{T}$ y $\bar{T}$	$\frac{T(\nu_{op})}{\bar{T}} = 1.15 \quad \frac{T(\nu_{op})}{\bar{T}} = 1.4$	$\frac{T(\nu_{op})}{\bar{T}} = 1.17 \quad \frac{T(\nu_{op})}{\bar{T}} = 1.4$

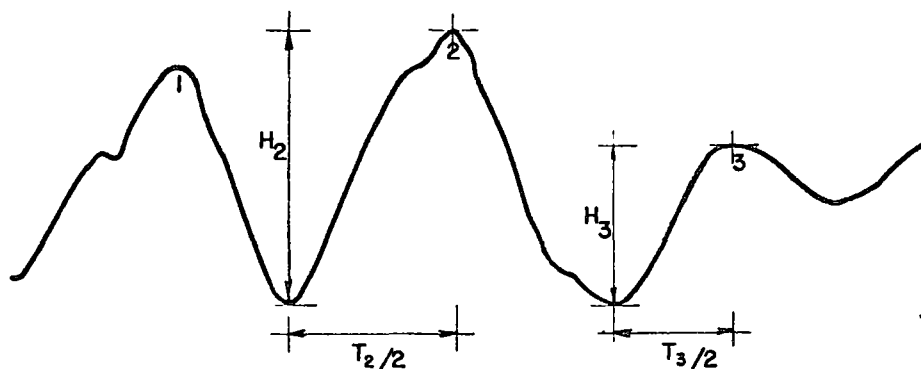
Tabla 4.6 Propiedades físicas de los espectros de frecuencias del oleaje generado por viento. (Continuación)

Concepto	Espectro obtenido por Neumann (1952) utilizado en el método de P N J	Espectro obt. por Bretschneider (1958 a) para utilizar con el método de S M B
f) ancho del espectro $\epsilon$	$\epsilon = 0.815$	$\epsilon = 1 - \frac{\pi}{4} \div \frac{\ln \bar{T}}{T \text{ min} - 0.071}$  Para $\bar{T}/T \text{ min} = 10$ ; $\epsilon = 0.81$
g) Relaciones de alta frecuencia ( $\nu$ grande)	$S_{H^2}(\nu) = 2 \times 10^{-5} (2\pi)^5 g^2 \nu^{-6}$	$S_{H^2}(\nu) = \infty g^2 \nu^{-5}$
h) Frecuencia media	$\frac{U \bar{\nu}}{g} = \sqrt{\frac{32}{9\pi}} = 1.064$	$\frac{U \bar{\nu}}{g} = \frac{1.111}{F_2}$
i) Relación entre las frec. y los períodos medios	$\frac{\bar{\nu} \bar{T}}{2 \pi} = 1.113$	$\frac{\bar{\nu} \bar{T}}{2 \pi} = 1.111$
j) Espectro de frecuencia eliminando la velocidad del viento	$S_{H^2}(\nu) = 2 \left(\frac{9\pi}{16}\right)^2 H^2 \frac{(\bar{\nu})^5}{\nu^6} e^{-\frac{9\pi}{16} \left(\frac{\bar{\nu}}{\nu}\right)^2}$	$S_{H^2}(\nu) = \sqrt{\pi} H^2 \frac{(\bar{\nu})^4}{\nu^5} e^{-\sqrt{\frac{\pi}{16}} \left(\frac{\bar{\nu}}{\nu}\right)^4}$
k) Espectro de frecuencia considerando la frec. relativa $\nu = \bar{\nu}/\bar{\nu}$	$S_{\eta^2}(\nu) = \frac{81\pi}{32} \nu^{-6} e^{-\frac{9\pi}{16} \nu^{-2}}$	$S_{\eta^2}(\nu) = \frac{4}{\sqrt{\pi}} \nu^{-5} e^{-\sqrt{\frac{\pi}{16}} \nu^{-4}}$

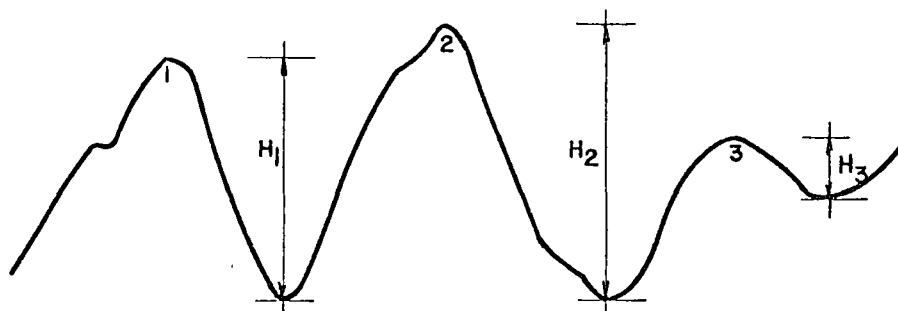
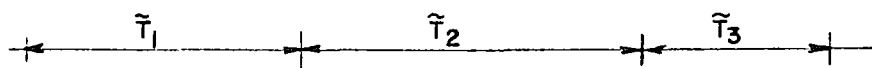


- $h$  = variación de los desplazamientos de la ola  
 $a$  = amplitud de la ola  
 $H$  = altura de la ola ( $H = 2a$ )  
 $L$  = longitud de la ola  
 $T$  = periodo de la ola  
 $C$  = celeridad de la ola ( $C = L / T$ )  
 $d$  = profundidad

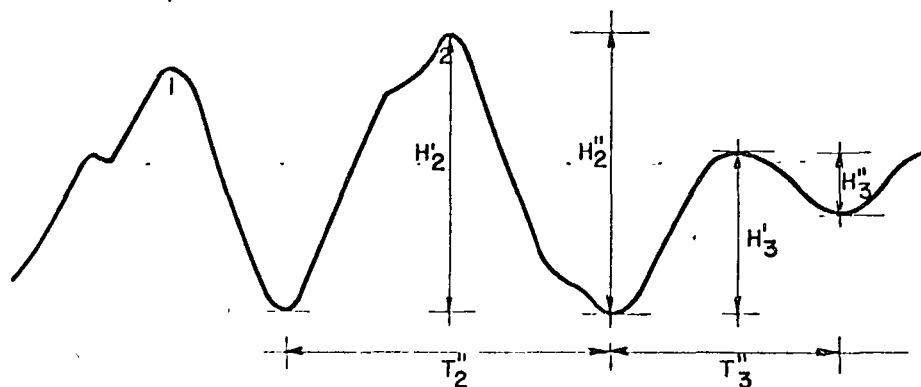
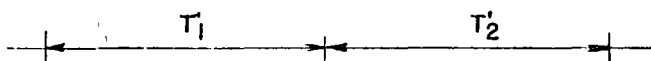
Fig. 4-1 Variación de una ola senoidal para un tiempo fijo



a) Método de Putz (1952)



b) Método de Pierson (1954)



$$T_i = \frac{T_i' + T_i''}{2}$$

$$H_i = \frac{H_i' + H_i''}{2}$$

c) Método cresta a cresta Cuerpos de Ingenieros(1955)

FIG. 4.2 Métodos de análisis de registros de oleaje

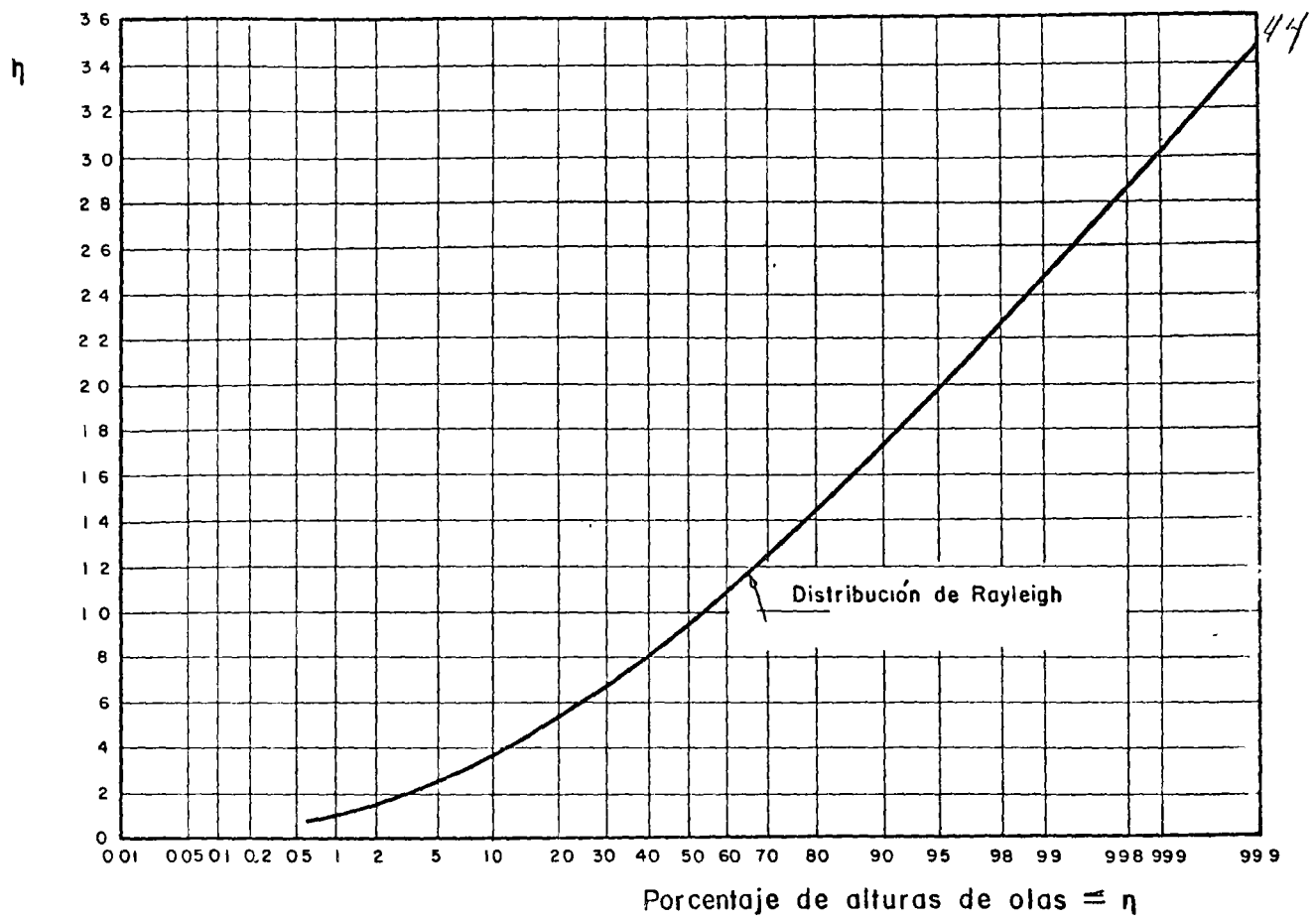


Fig. 4.3 Distribución acumulada para  $\eta = H / \bar{H}$

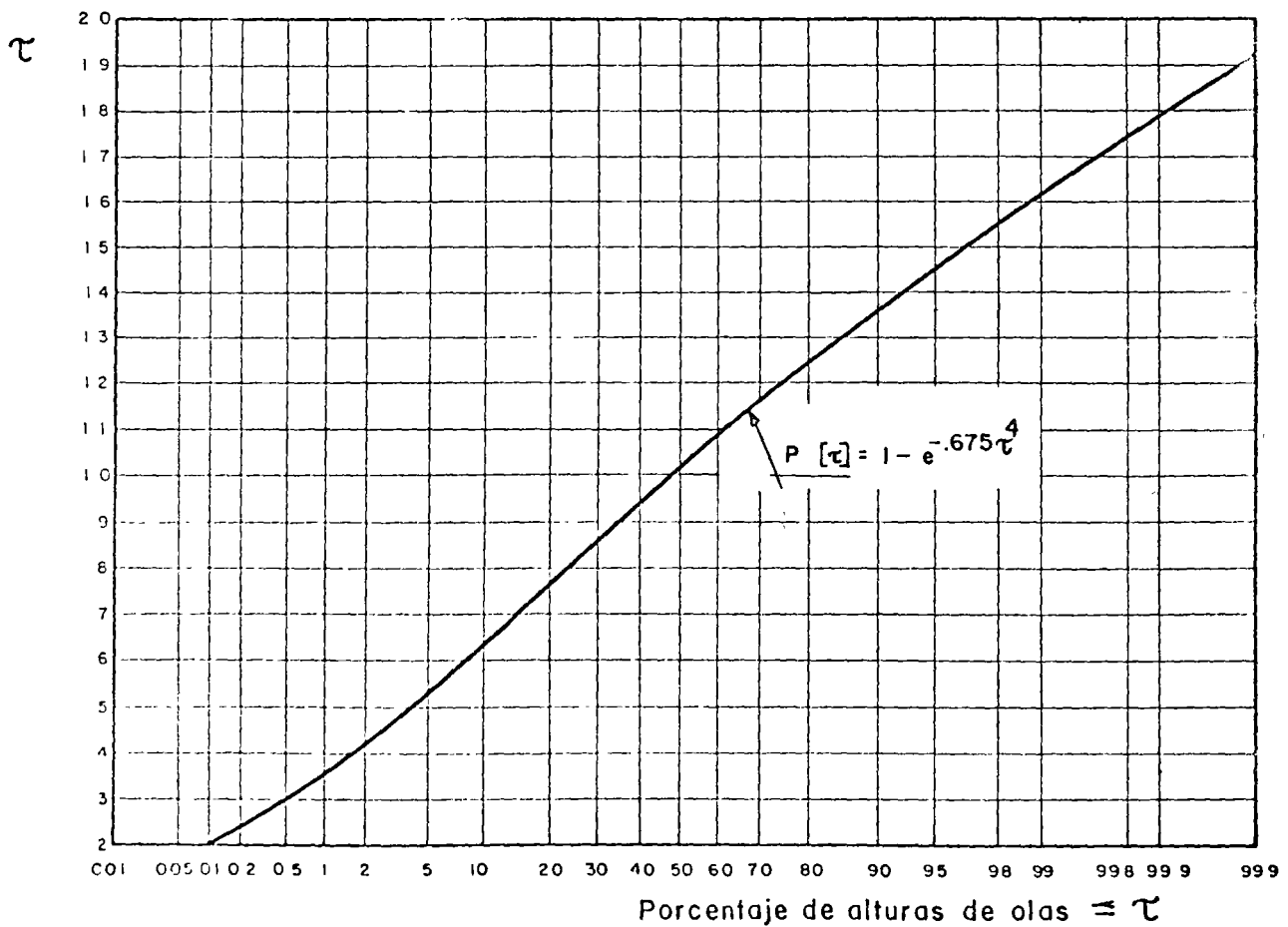
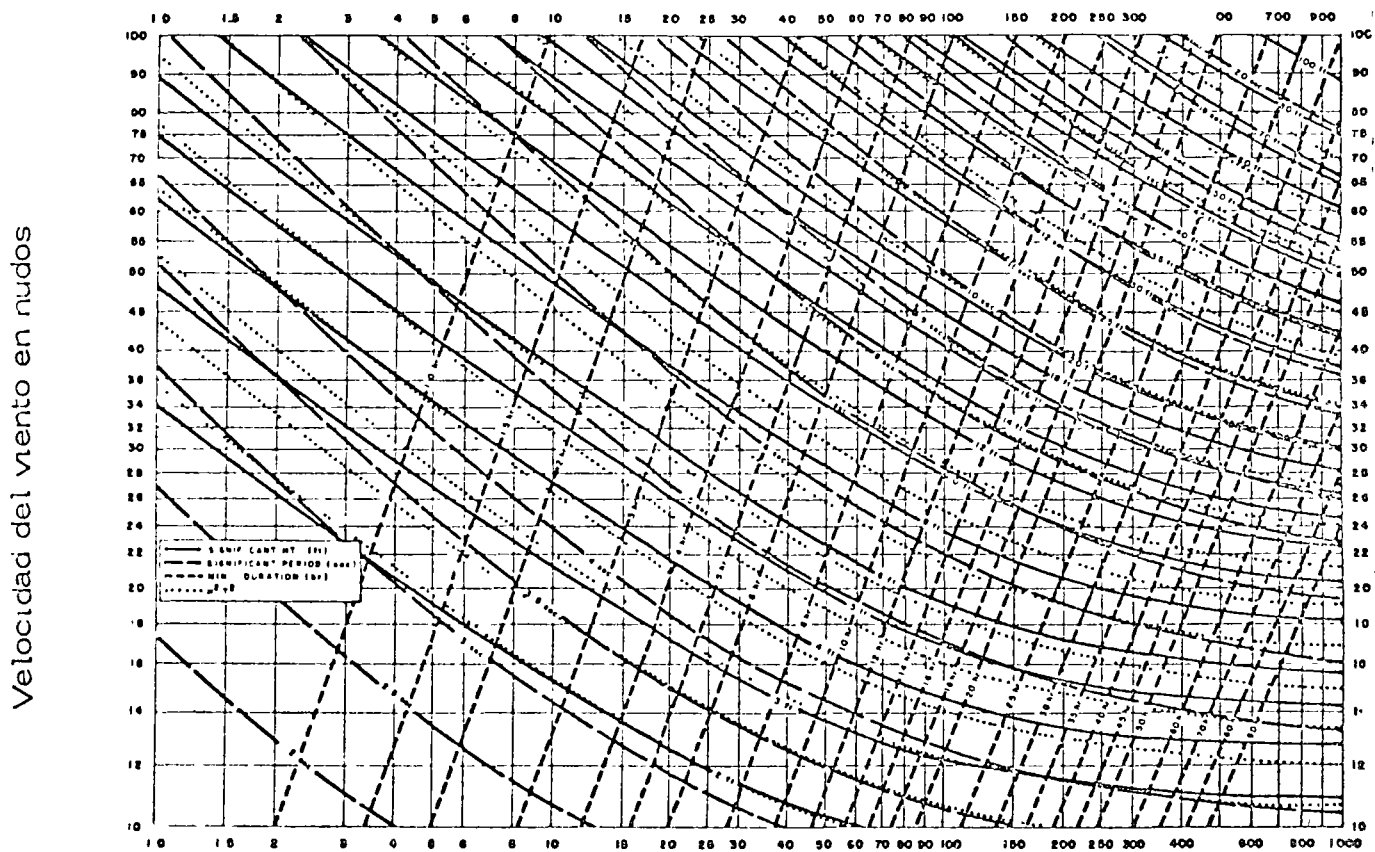


Fig. 4.4 Distribución acumulada  $\tau = T / \bar{T}$



Velocidad del viento en nudos

Longitud del Fetch en millas náuticas

Fig. 4.5 Curvas de predicción para el oleaje en aguas profundas como una función de la velocidad del viento, longitud - del fetch y duración del viento. Bretschneider (1970)



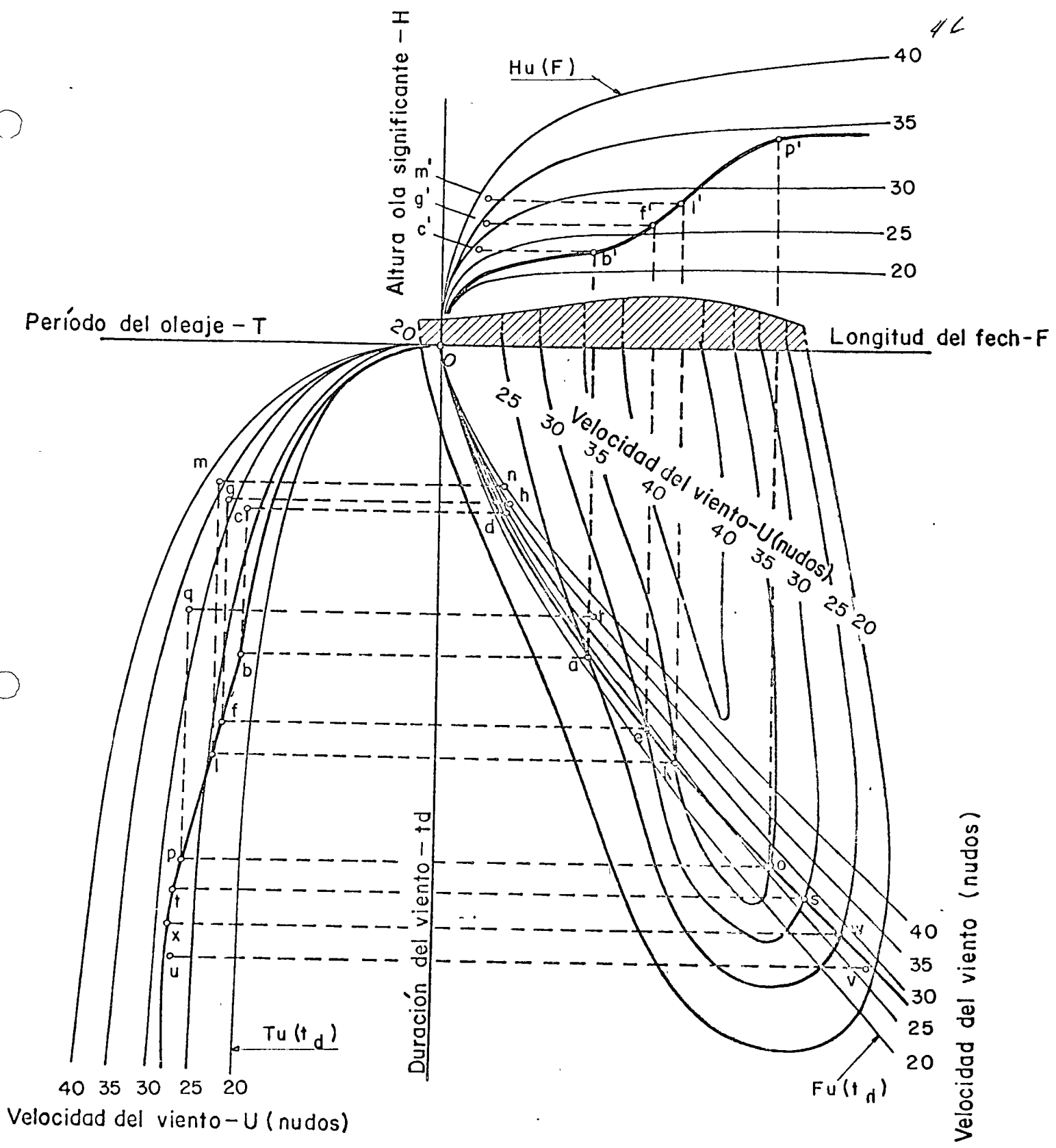
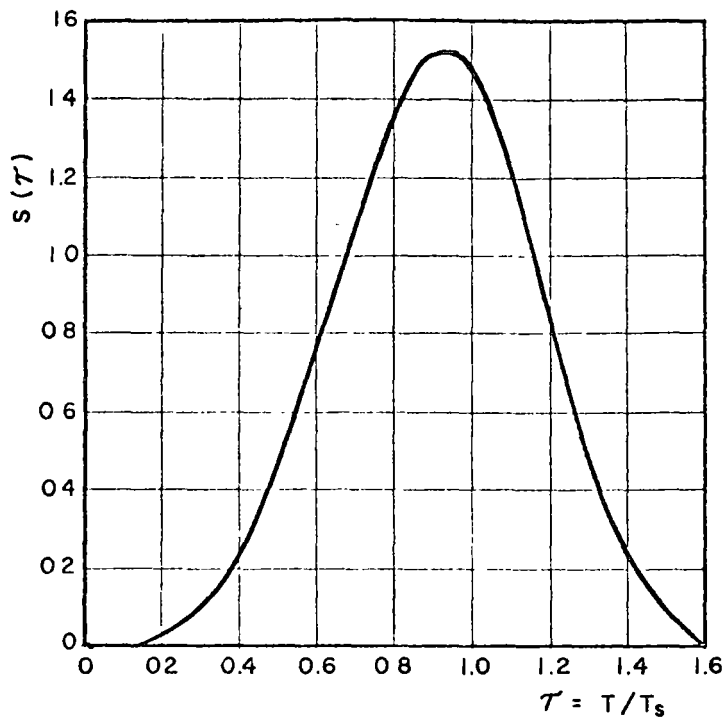
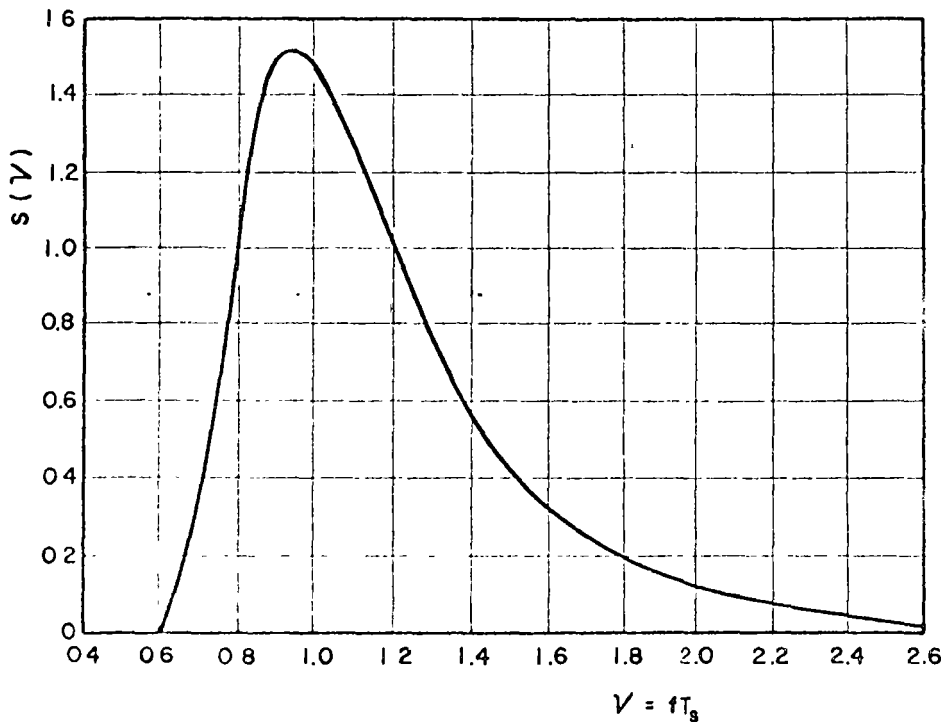


Fig. 4.6 Características del oleaje significativo generado por un campo de viento variable en magnitud y dirección. (Wilson, 1955).



$T = T/T_s$	$S(T)$
0.1000	0.003999
0.2000	0.031948
0.3000	0.107128
0.4000	0.249529
0.5000	0.469705
0.6000	0.758977
0.7000	1.079143
0.8000	1.359698
0.9000	1.513027
0.9306	1.522771
1.0000	1.471517
1.1000	1.231369
1.2000	0.869067
1.3000	0.505251
1.4000	0.235541
1.5000	0.085453
1.6000	0.023347
1.7000	0.004636
1.8000	0.000643
1.9000	0.000060
2.0000	0.000003

a) Espectro de períodos



$V = fT_s$	$S(V)$	$V = fT_s$	$S(V)$
0.5000	0.000014	2.0000	0.117428
0.5500	0.001426	2.1000	0.093033
0.6000	0.022922	2.2000	0.074372
0.6500	0.127218	2.3000	0.059966
0.7000	0.369622	2.4000	0.048743
0.7500	0.714768	2.5000	0.039925
0.8000	1.062475	2.6000	0.032937
0.8500	1.327371	2.7000	0.027357
0.9000	1.475412	2.8000	0.022867
0.9458	1.514709	2.9000	0.019228
1.0000	1.471517	3.0000	0.016249
1.1000	1.254492	3.1000	0.013821
1.2000	0.992465	3.2000	0.011808
1.3000	0.759078	3.3000	0.010135
1.4000	0.573287	3.4000	0.008738
1.5000	0.432335	3.5000	0.007565
1.6000	0.327488	3.6000	0.006576
1.7000	0.249931	3.7000	0.005737
1.8000	0.192456	3.8000	0.005024
1.9000	0.149614	3.9000	0.004414
		4.0000	0.003891

b) Espectro de frecuencias

Fig. 4.7 Espectro del oleaje generado por viento (Bretschneider, 1970)

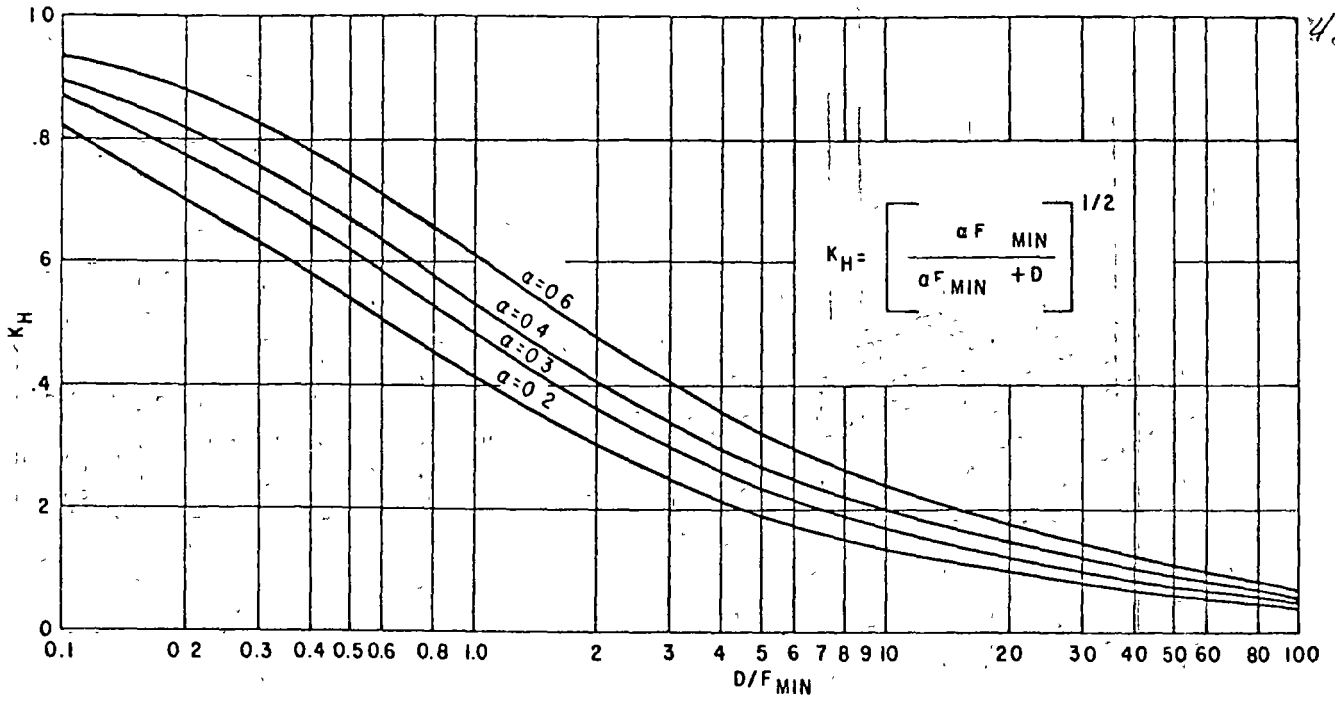


Fig. 8-12—Dimensionless decay relations  $K_H$  vs.  $D/F_{MIN}$ .

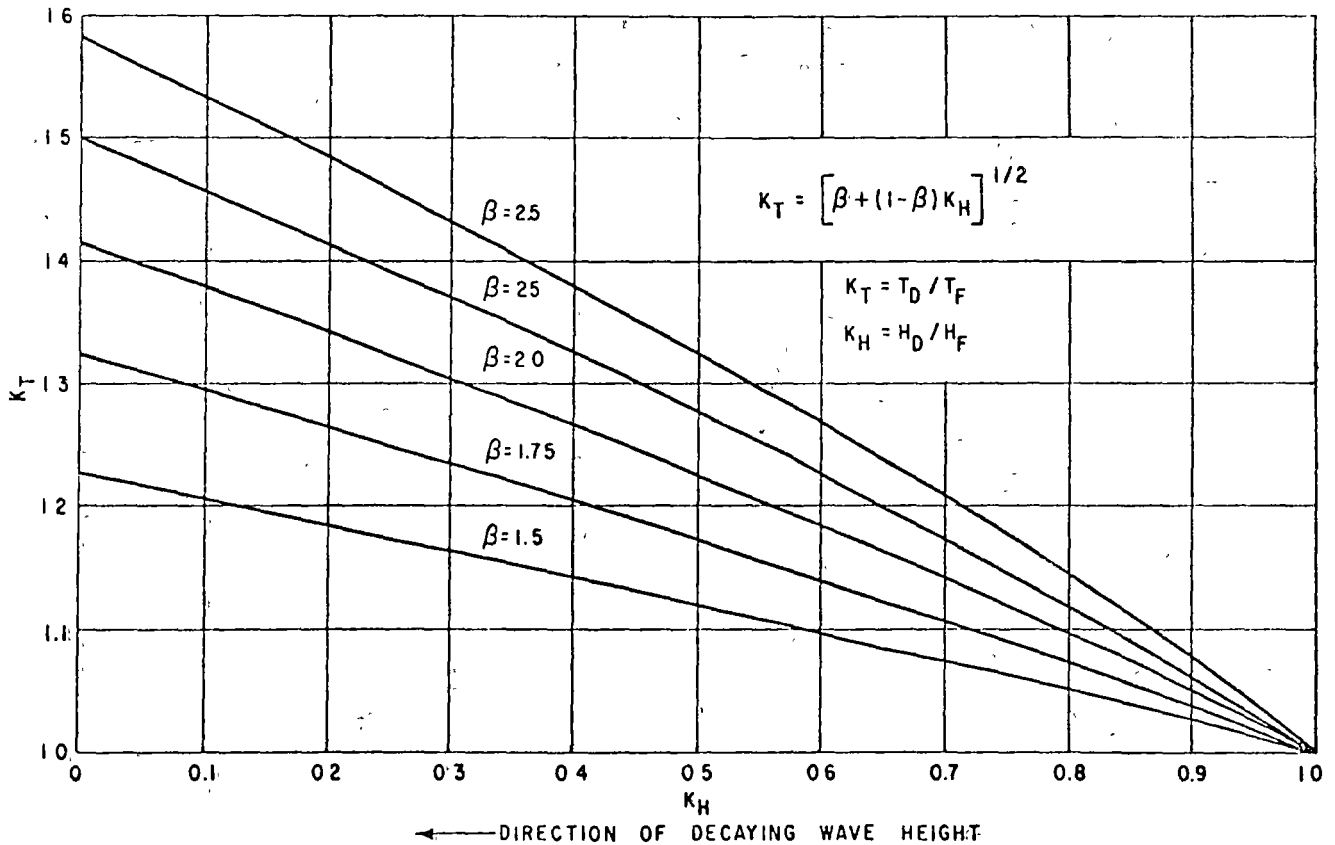


Fig. 8-13—Direction of decaying wave height  $K_T$  versus  $K_H$  for values of  $B$ .

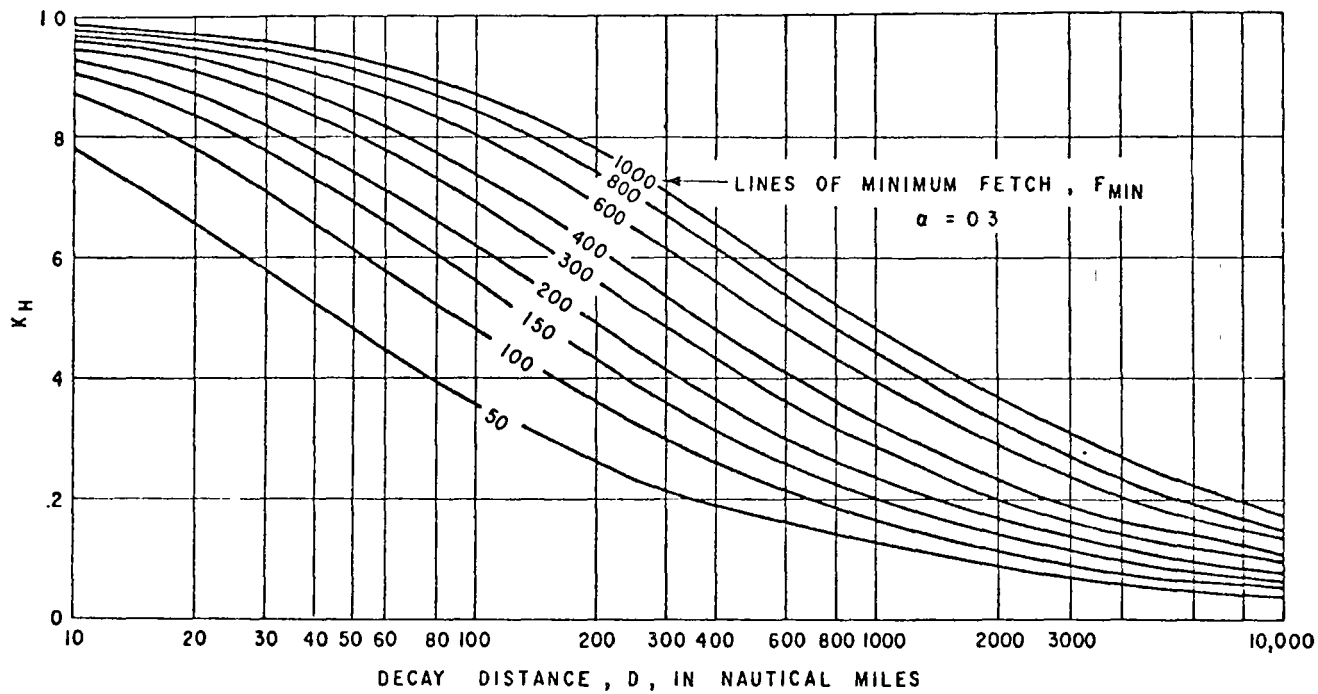


Fig. 8-14—Decay relations  $K_H$  for  $\alpha = 0.3$ .

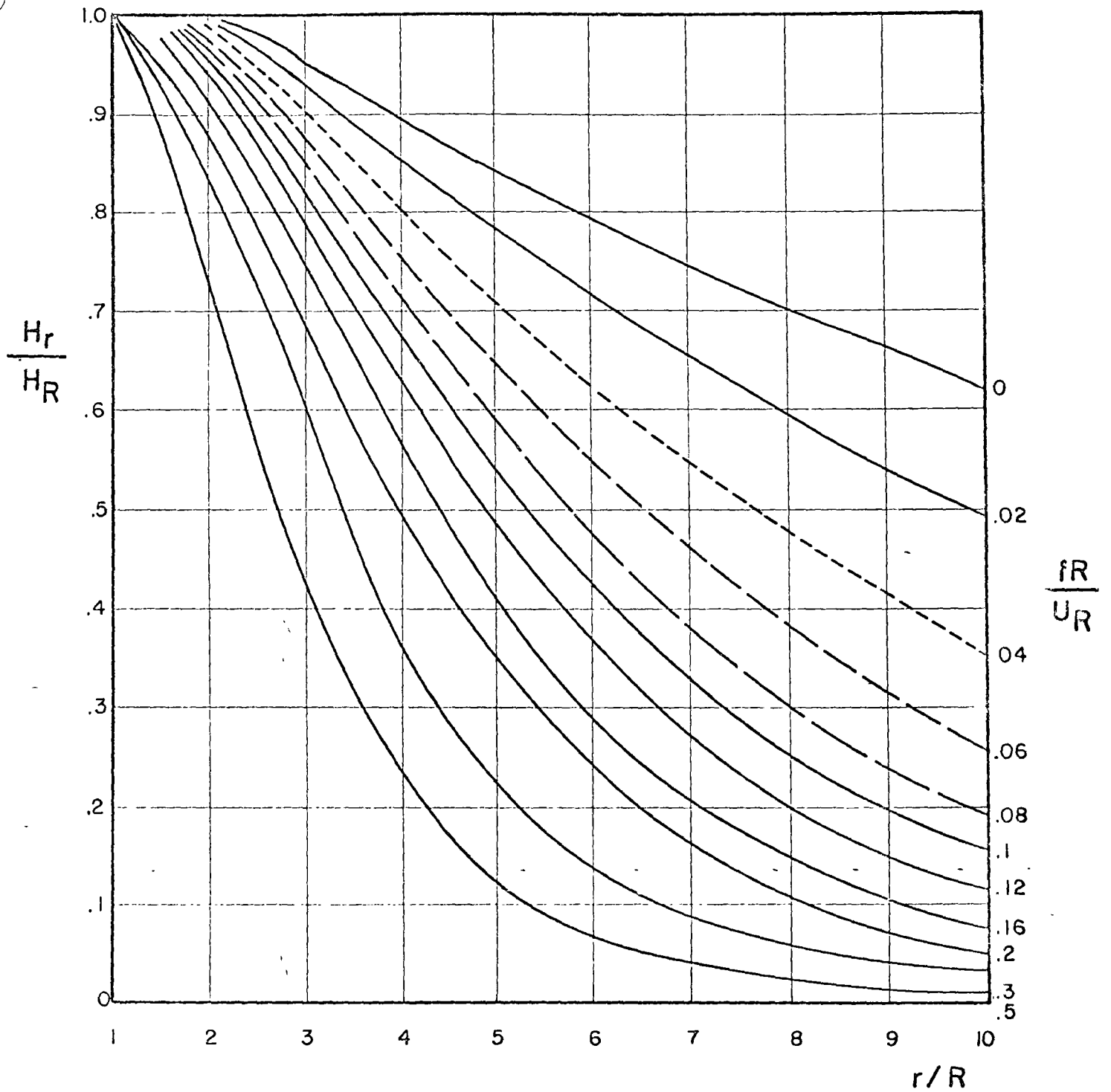


Fig. 4.8. Valores de  $H_r/H_R$  contra  $r/R$ , para diferentes valores de  $fR/U_R$  ( Bretschneider, 1972 )

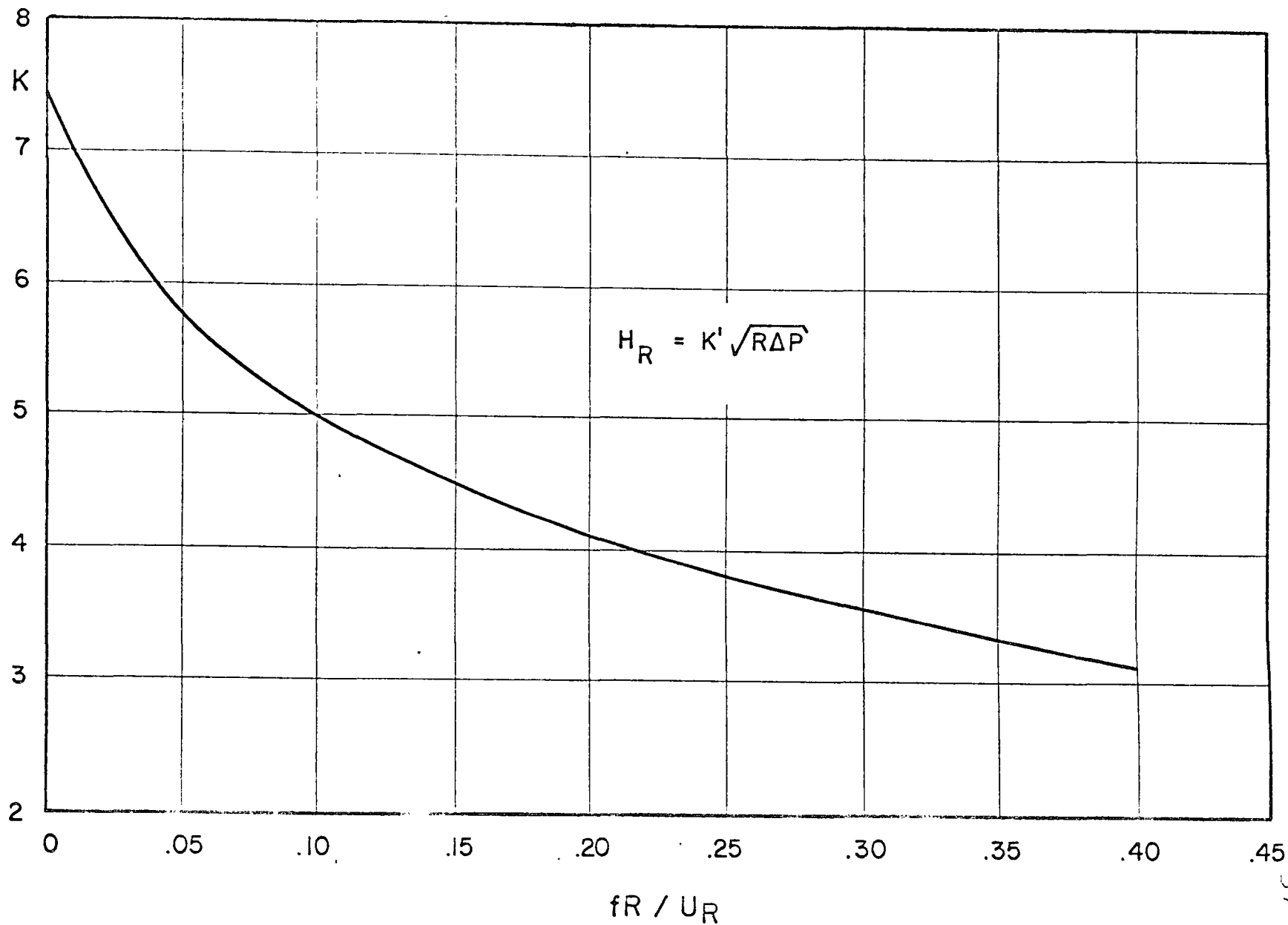
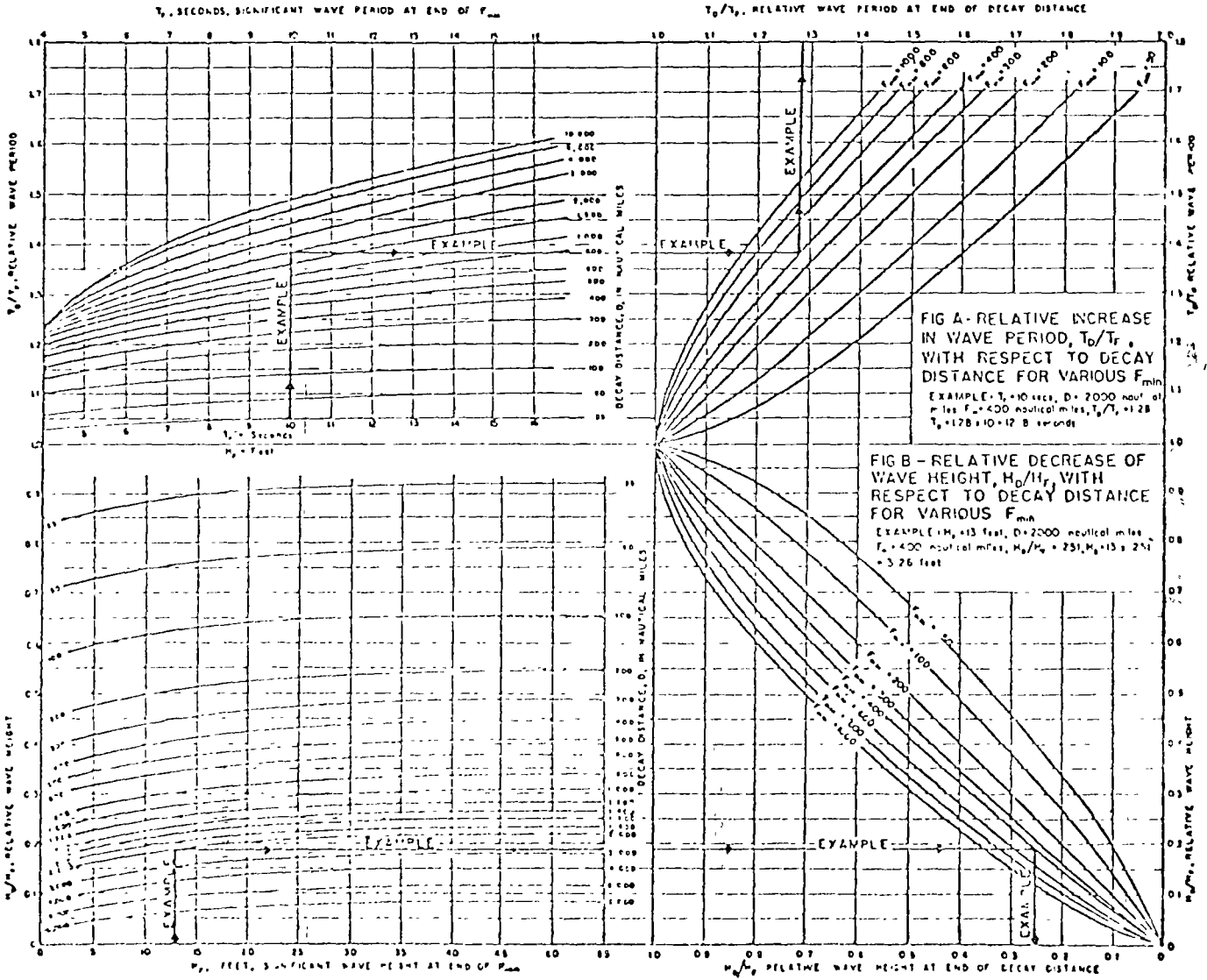
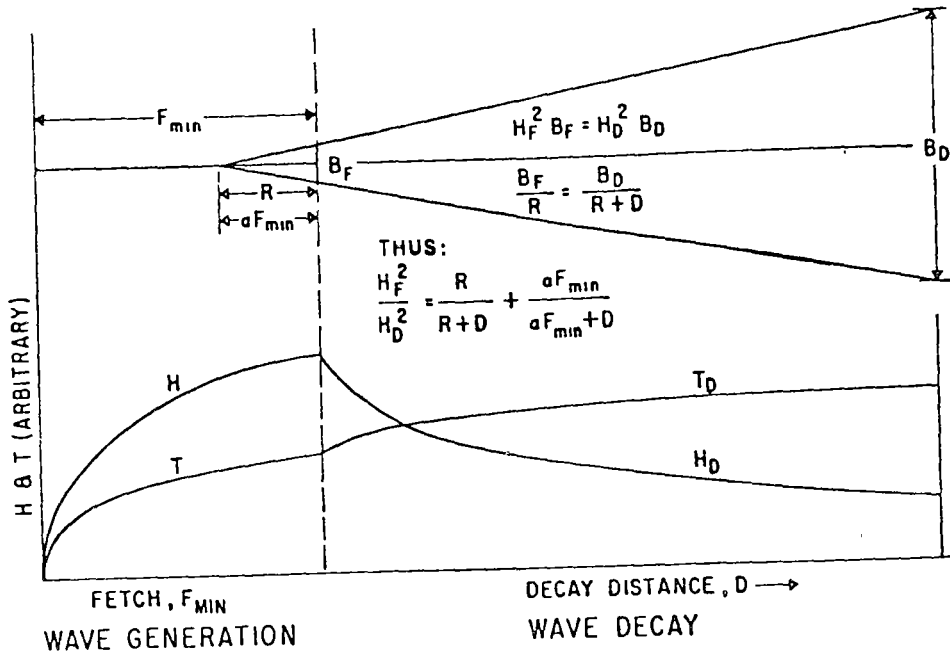


Fig. 4.9 Valores de  $K$  contra  $fR/U_R$  para un ángulo de deflexión del viento de  $25^\circ$  (Breitschneider, 1972)

51



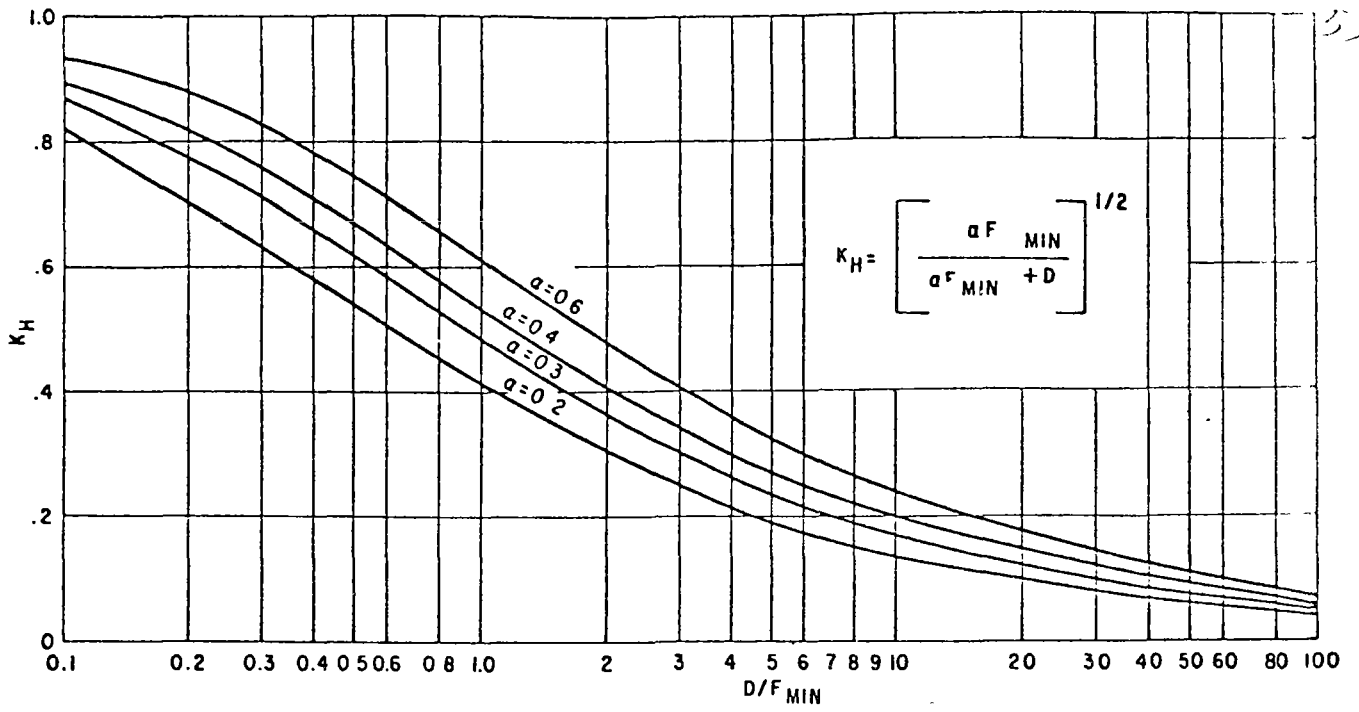


Fig. 8-12—Dimensionless decay relations  $K_H$  vs.  $D/F_{MIN}$ .

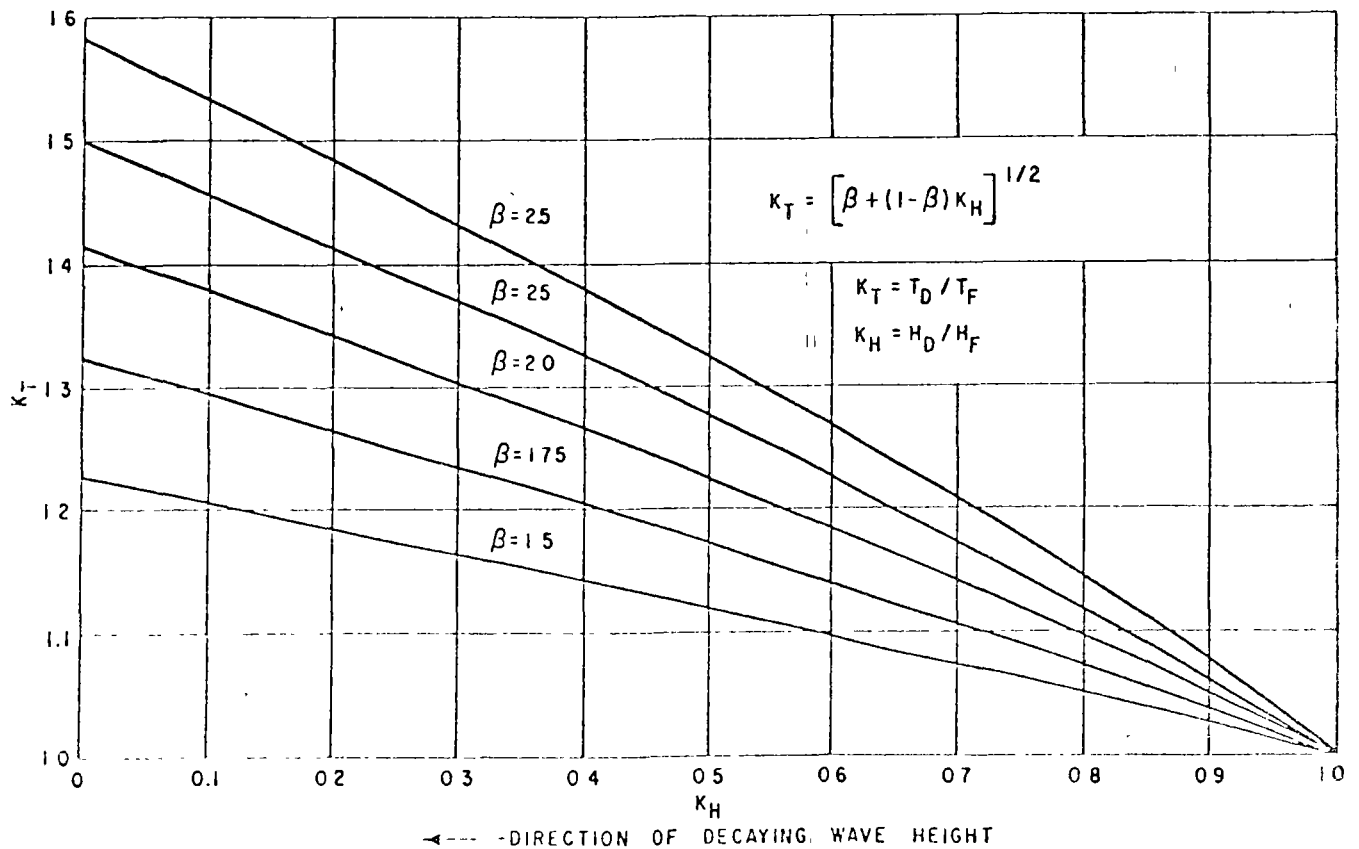


Fig. 8-13—Direction of decaying wave height  $K_T$  versus  $K_H$  for values of  $\beta$ .



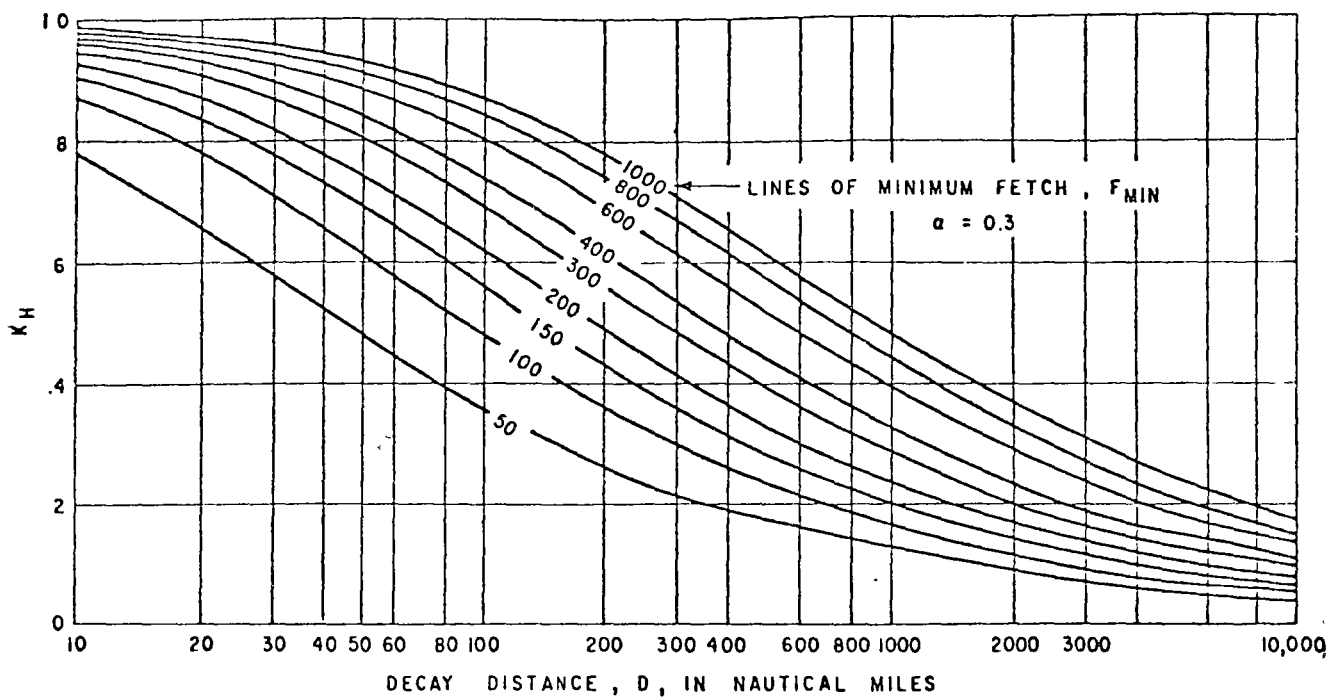


Fig. 8-14—Decay relations  $K_H$  for  $\alpha = 0.3$ .

7. BIBLIOGRAFIA

Benson, M.A. (1965) "Spurious Correlation in Hydraulics and - Hydrology" Journal of the Hydraulics Division ASCE, HY4, Julio 1965, pp 35 - 42.

Bowman, Ch.C. y Hansen, V.E. "Simplification of Dimensional Analysis" Journal of the Engineering Mechanics Division ASCE, EM1, Enero 1959, pp 67 - 73.

Bretschneider, C.L. (1952) "The Generation and Decay of Wind Waves in Deep Water" Trans. Am. Geophy. Un., Vol 33, No. 3 Junio 1952, pp 381-389.

Bretschneider, C.L. (1957 a) "Review of Practical Methods for Observing and Forecasting Ocean Waves by means of Wave Spectra and Statistics" Trans. Am. Geo. Un., Vol 38, No 2, Abril 1957, pp 264-266.

Bretschneider, C.L. (1957 b) "Hurricane Design Wave Practices" Proc. A.S.C.E., Vol 83, No WW2, Mayo 1957, pp 1238,1-33.

Bretschneider, C.L. (1958 a) "Wave variability and Wave Spectra for Wind-Generated Gravity Waves" U.S. Army Corps of Engineers, Beach Erosion Board, Tech. Mem. No. 118, Agosto 1959.

Bretschneider, C.L. (1958 b) "Revisions in Wave Forecasting: Deep and Shallow Water" Proc. VI Conf. on Coastal Engineering, 1958, Cap 3, pp 30-67.

Bretschneider, C.L. (1970) "Revisions in Wave Forecasting" Look Lab Hawaii (a quarterly of the Un. of Hawaii), Vol 1, No 3, Julio 1970, pp 31-34.

Bretschneider, C.L. (1972 a) "A Non-Dimensional Stationary - - Hurricane Wave Model" Proc. 1972 Offshore Tech. Conf., Houston, Texas, Mayo 1972, paper 1517.

Bretschneider, C.L. (1972 b) "Revisions to Hurricane Design Wave Practices" Un. of Hawaii (por publicarse).

Bretschneider, C.L. y J.D. Collins (1964) "Design Sea State - Study-Project Mohole", National Engineering Science Co. Technical Report no SN - 187, 1964.

Cartwright, D.E. y M.S. Longuet-Higgins (1956) "The Statistical Distribution of the maxima of a random function" Proc. Roy. Soc., A 237, 1956, 1909:212-232.

Cry, G.E., H. Haggard y H.S. White (1959) "North Atlantic - Tropical Cyclones" U.S. Weather Bureau, Tech. Paper No 36, 1959.

Darbyshire, J. (1952) "The Generation of Waves by Wind" Proc. Roy. Soc., A 215, 1952, 1122:299-328.

Dunn, G.E., W.R. Davis y P.L. Moore (1956) "Hurricanes of 1955" Monthly Weather Review, Vol 83, No 12, Dic. 1956, pp - 315-326.

Graham, H.E. y D.E. Nunn (1959) "Meteorological Considerations Pertinent to Standard Project Hurricane, Atlantic and Gulf Coast of the United States" Nat. Hurr. Res. Proj. Report No 33, Nov. - 1959.

Holton, J.R. (1972) "An Introduction to Dynamic Meteorology" Academic Press, Nueva York, 1972

Kaplan, K. (1953) "Analysis of Moving Fetches for Wave Forecasting" U.S. Army Corps of Engineers, Beach Erosion Board, Tech. Mem. No 35, Marzo 1953.

Kinsman, B. (1960) "Surface waves at short fetches and low wind speed - a field study" Chesapeake Bay Inst., The Johns Hopkins Univ., Tech. Rep. No 19, 1960.

Kinsman, B. (1965) "Wind Waves; their Generation and Propagation on the Ocean Surface" Engelwood Cliffs, N.J.: Prentice-Hall Inc., 1965.

Longuet-Higgins (1952) "On the Statistical Distribution of the Heights of Sea Waves" Jour. Mar. Res., Vol XI, No 3, 1952, pp 345 - 366.

Longuet-Higgins (1963) "The effect of non-linearities on statistical distributions in the theory of sea waves" Jour. Fluid Mech., Vol 17, 1963, pp 459-480.

Myers, V.A. (1954) "Characteristics of U.S. Hurricanes Pertinent to Levee Design for Lake Okeechobee, Florida" U.S. Weather - - Bureau, Hydrometeorological Report No 32, Marzo 1954.

Neumann, G. (1952) "On Ocean Wave Spectra and a New Method of Forecasting Wind-Generated Sea" U.S. Army Corps of Engineers, Beach Erosion Board, Tech. Mem. No 43, 1952.

Phillips, O.M. (1958) "The equilibrium range in the spectrum of wind-generated waves" Jour. Fluid Mech., Vol 4, No 4 1958, pp 426-434.

Pierson, W.J. (1952) "A unified mathematical theory for the analysis, propagation and refraction of storm generated ocean surface waves" Part I y II, New York Univ. Coll. of Eng. Div., 1952.

Pierson, W.J. (1955) "Wind Generated Gravity Waves" Advances in Geophysics, Academic Press Inc., Nueva York, Vol 2, 1955, - pp 93-178.

Pierson, W.J. (1964) "The Interpretation of Wave Spectrum in Terms of the Wind Profile Instead of the Wind Measured at a - Constant Height" Jour. Geophys Res., Vol 69, No 24, Dic. 1964, pp 5191-5203.

Pierson, W.J. y L. Moskowitz (1964) "A Proposed Spectra Form for Fully Developed Wind Seas Based on the Similarity Theory of S.A. Kitaigoroskii", Jour. Geophys Res., Vol 69, No 24, Dic. 1964, pp 5181-5190.

Pierson, W.J., G. Neumann y R.W. James (1955) "Practical Methods for Observing Forecasting Ocean Waves by means of Wave Spectra and Statistics", U. S. Navy Hydrographic Office, Pub. No. 603, 1955.

Putz, R.R. (1952) "Statistical Distribution for Ocean Waves", Trans. Am. Geo. Un., Vol 33, No 5, 1952, pp 685-692.

Reid, R.O. (1957) "On the classification of Hurricanes by Storm Tide and Wave Energy Indices", Meteorological Monographs, - Vol 2, No 10, Junio 1957, pp 58-66.

Schloemer, R.W. (1954) "Analysis and Synthesis of Hurricane Wind Patterns over Lake Okeechobee, Florida", U.S. Weather Bureau, Hydrometeorological Report No 31, Marzo 1954.

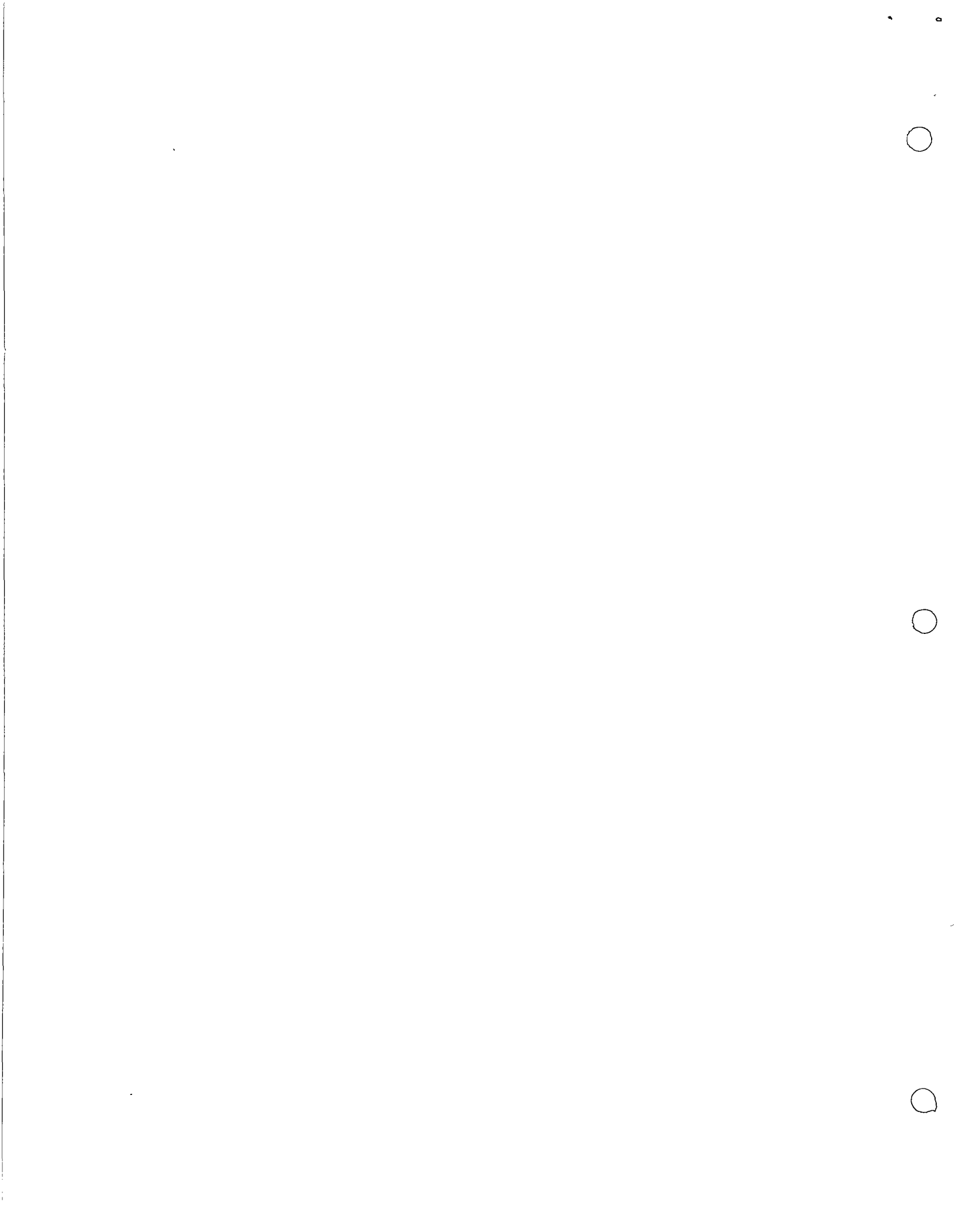
Sverdrup, H.V. y W.H. Munk (1947) "Wind; Sea and Swell; - - Theory of Relations for Forecasting", U.S. Hydrogr. Office, Pub. No 601, 1947.

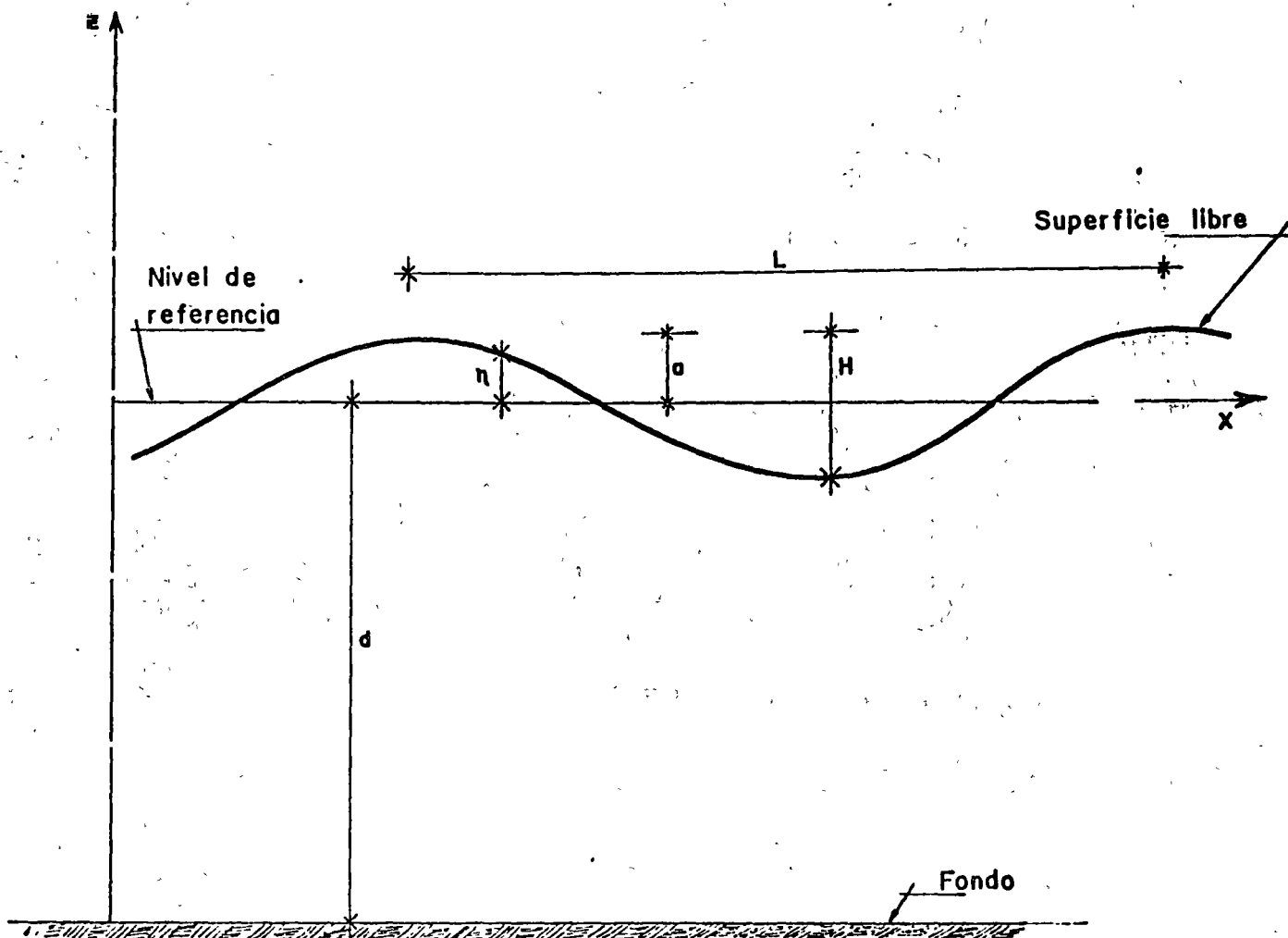
Wiegel, R.L. (1970) "Ocean Dynamics" Hydronautics, Chap III, Academic Press Inc., 1970.

Wilson, B.W. (1955) "Graphical Approach to the Forecasting of Waves in Moving Fetches", U.S. Army Corps of Engineers Beach Erosion Board, Tech. Mem. No 73, Abril 1955.

Wilson, B.W. (1957) "Hurricane Wave Statistics for the Gulf of Mexico" U.S. Army Corps of Engineers, Beach Erosion Board, Tech. Mem. No 98, Junio 1957.

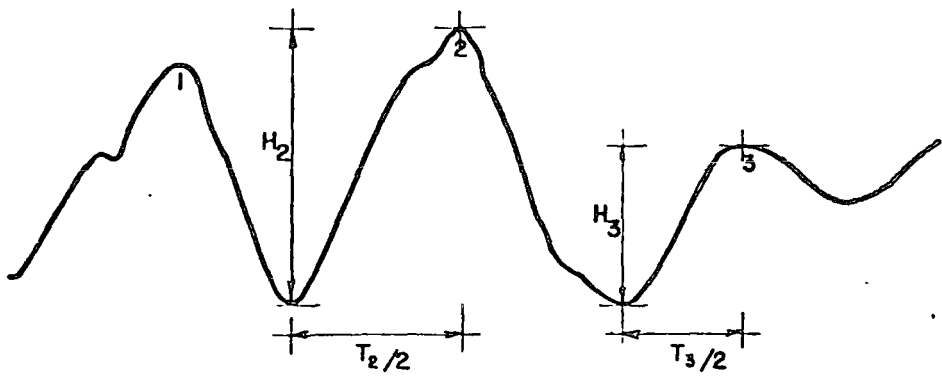
Wilson, B.W. (1961) "Deep Water Generations by Moving Wind Systems", Proc. A.S.C.E., Vol 87, No WW2, Mayo 1961, - - 1821:113-141.



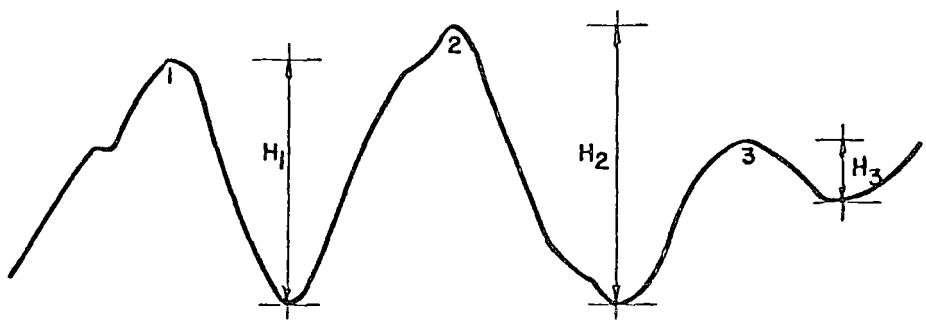
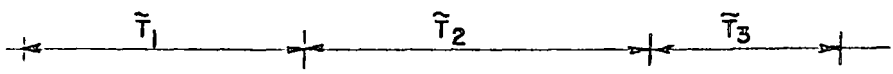


- $h$  = variación de los desplazamientos de la ola
- $a$  = amplitud de la ola
- $H$  = altura de la ola ( $H = 2a$ )
- $L$  = longitud de la ola
- $T$  = período de la ola
- $C$  = celeridad de la ola ( $C = L / T$ )
- $d$  = profundidad

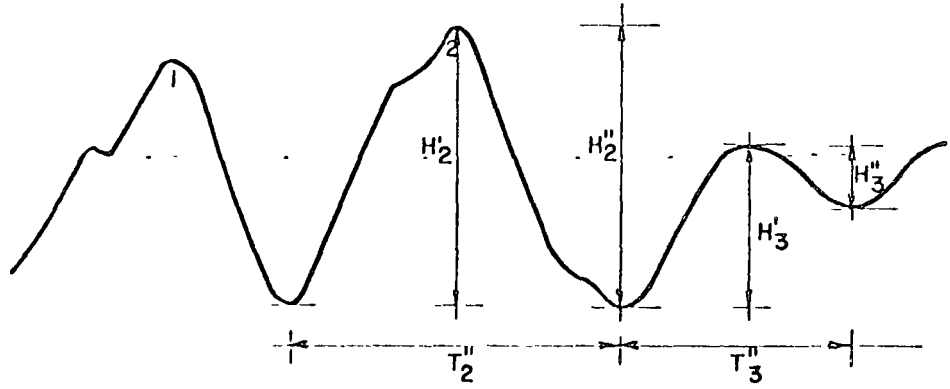
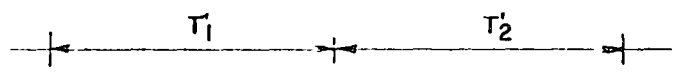
Fig. 4-1 Variación de una ola senoidal para un tiempo fijo



a) Método de Putz (1952)



b) Método de Pierson (1954)



$$T_i = \frac{T_i' + T_i''}{2}$$

$$H_i = \frac{H_i' + H_i''}{2}$$

c) Método cresta a cresta Cuerpos de Ingenieros (1955)

FIG. 4.2 Métodos de análisis de registros de oleaje



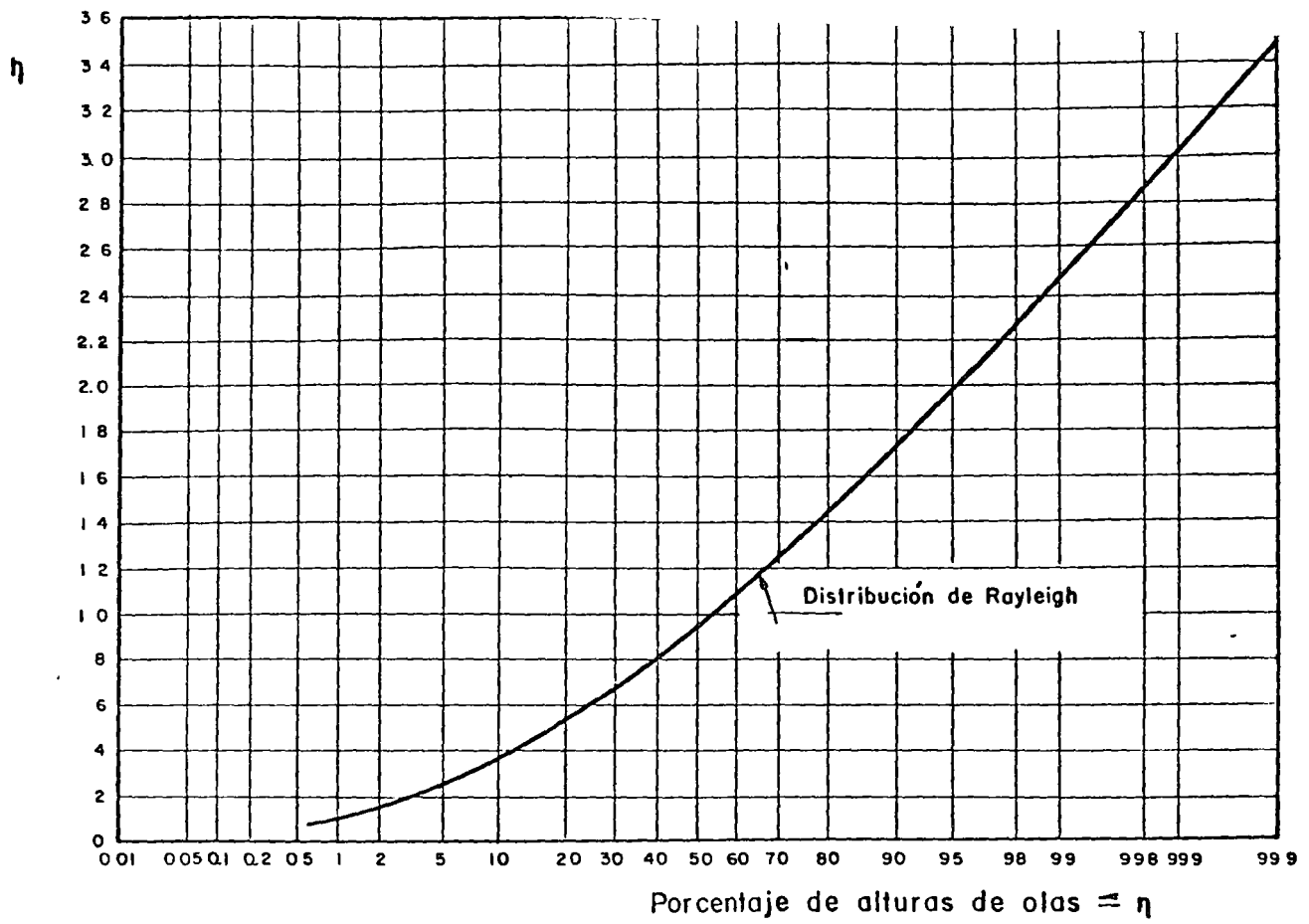


Fig. 4.3 Distribución acumulada para  $\eta = H / \bar{H}$

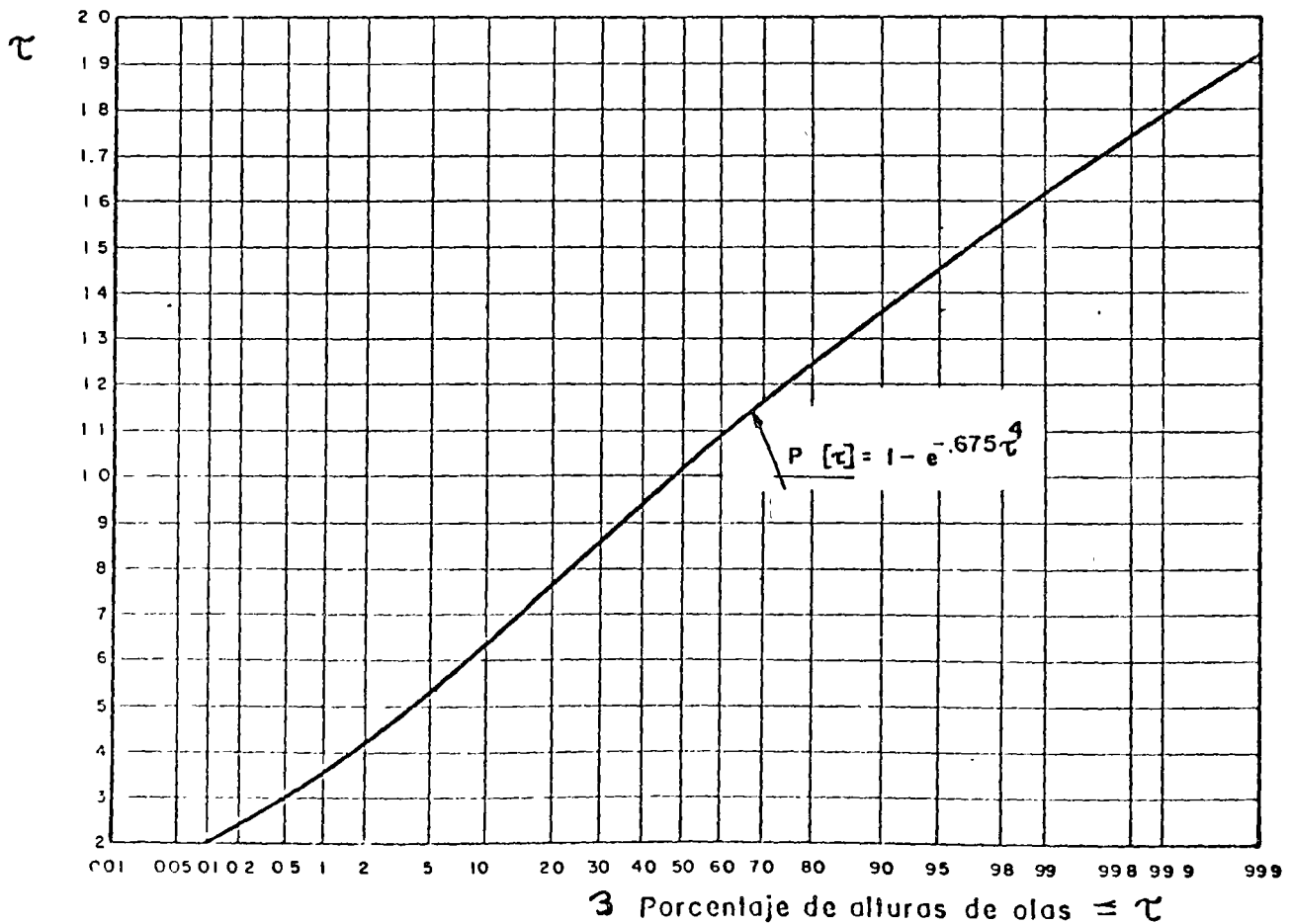
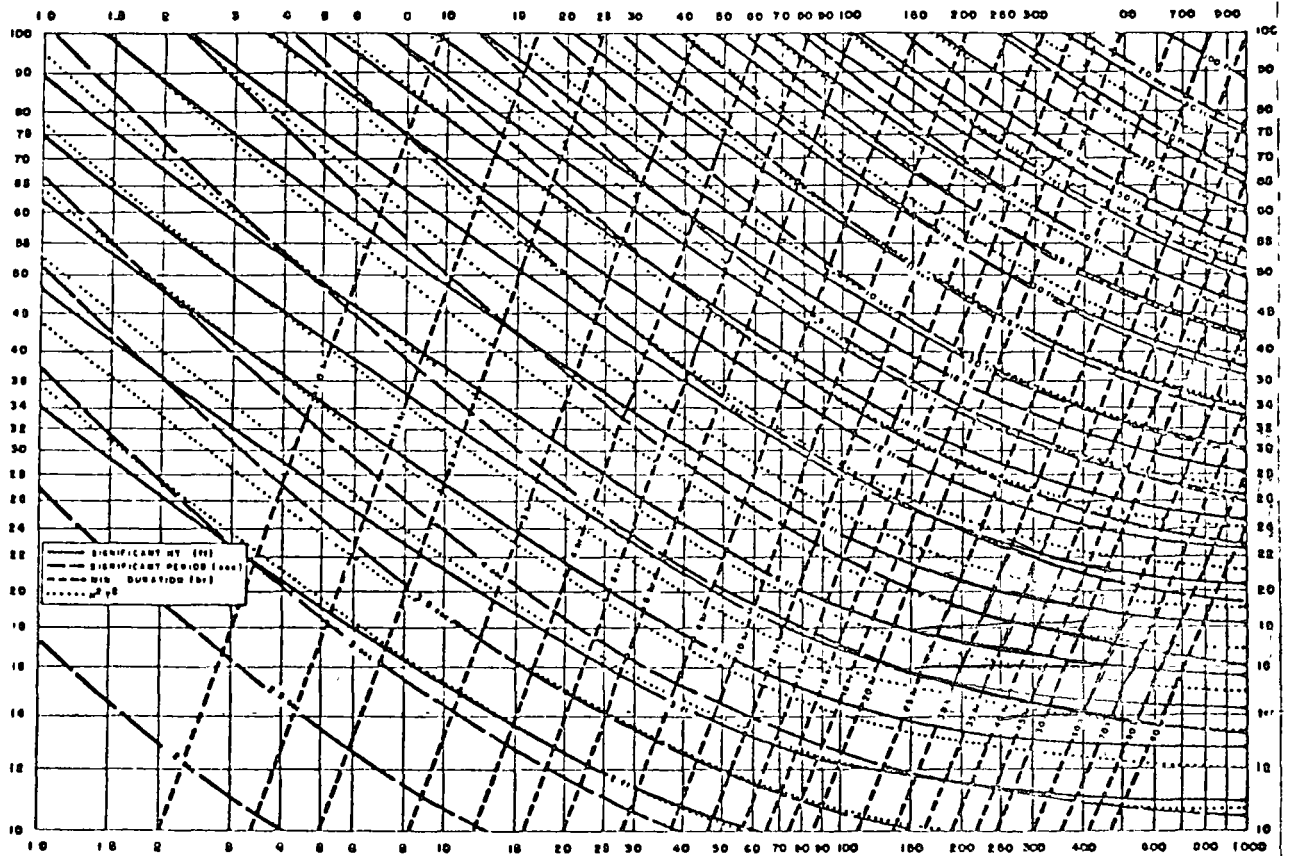


Fig. 4.4 Distribución acumulada  $\tau = T / \bar{T}$

Velocidad del viento en nudos



Longitud del Fetch en millas náuticas

Fig. 4.5 Curvas de predicción para el oleaje en aguas profundas como una función de la velocidad del viento, longitud - del fetch y duración del viento. Bretschneider (1970)

4

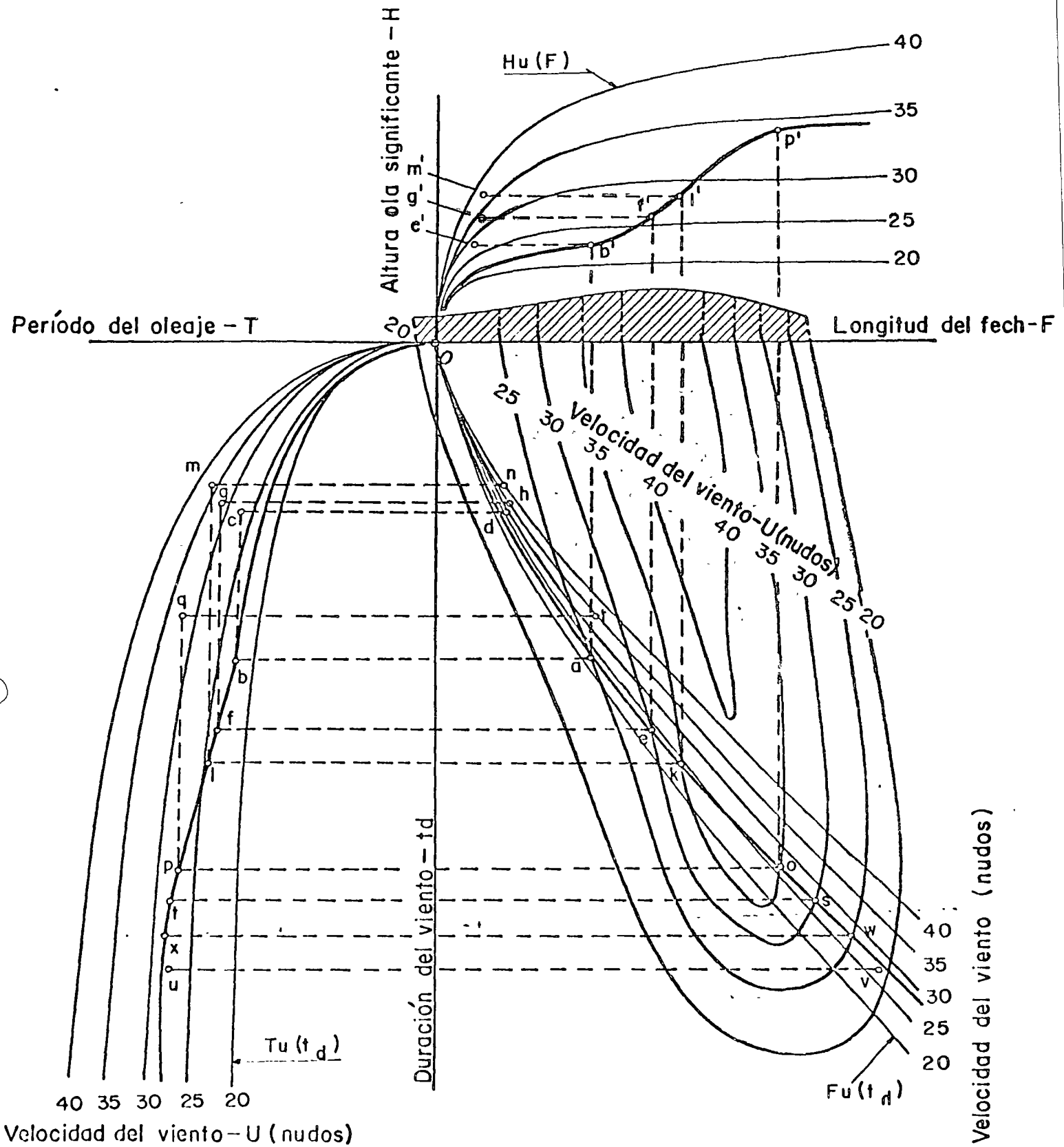
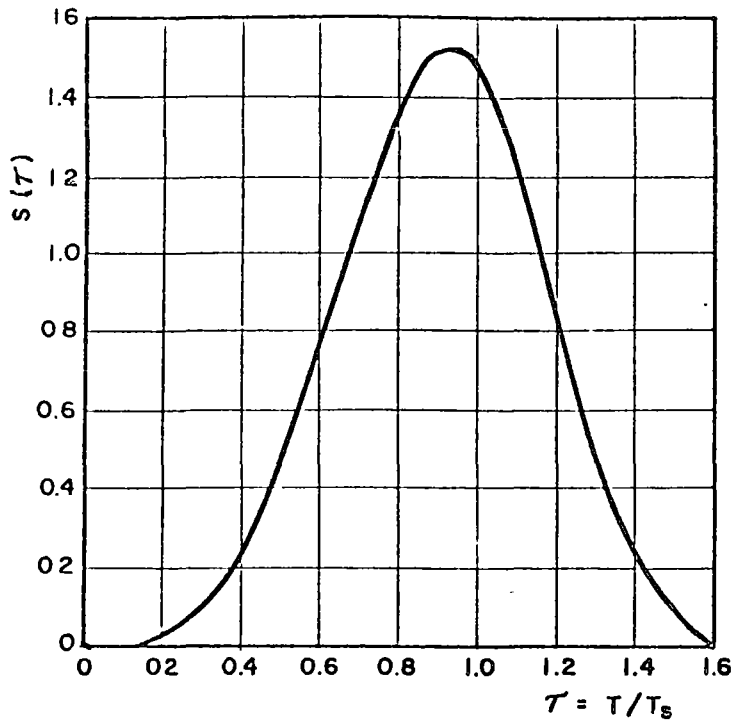
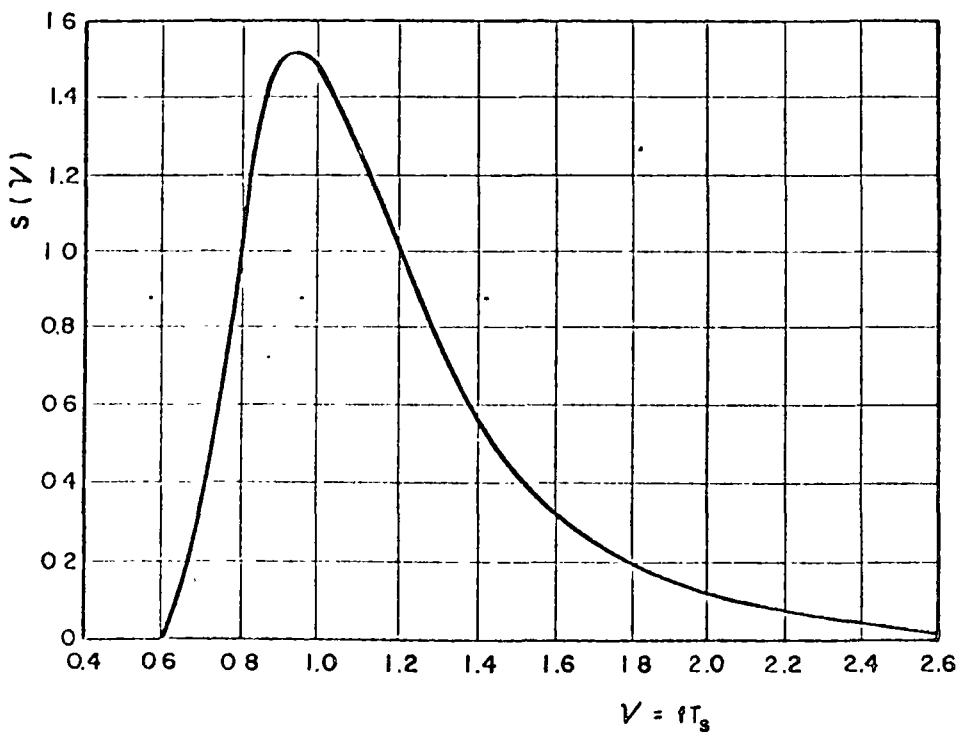


Fig. 4.6 Características del oleaje significativo generado por un campo de viento variable en magnitud y dirección. (Wilson, 1955).



$T = T/T_s$	$S(T)$
0.1000	0.003999
0.2000	0.031948
0.3000	0.107128
0.4000	0.249529
0.5000	0.469765
0.6000	0.758977
0.7000	1.079143
0.8000	1.359698
0.9000	1.513027
0.9306	1.522771
1.0000	1.471517
1.1000	1.231369
1.2000	0.869067
1.3000	0.505251
1.4000	0.235541
1.5000	0.085453
1.6000	0.023347
1.7000	0.004636
1.8000	0.000643
1.9000	0.000060
2.0000	0.000003

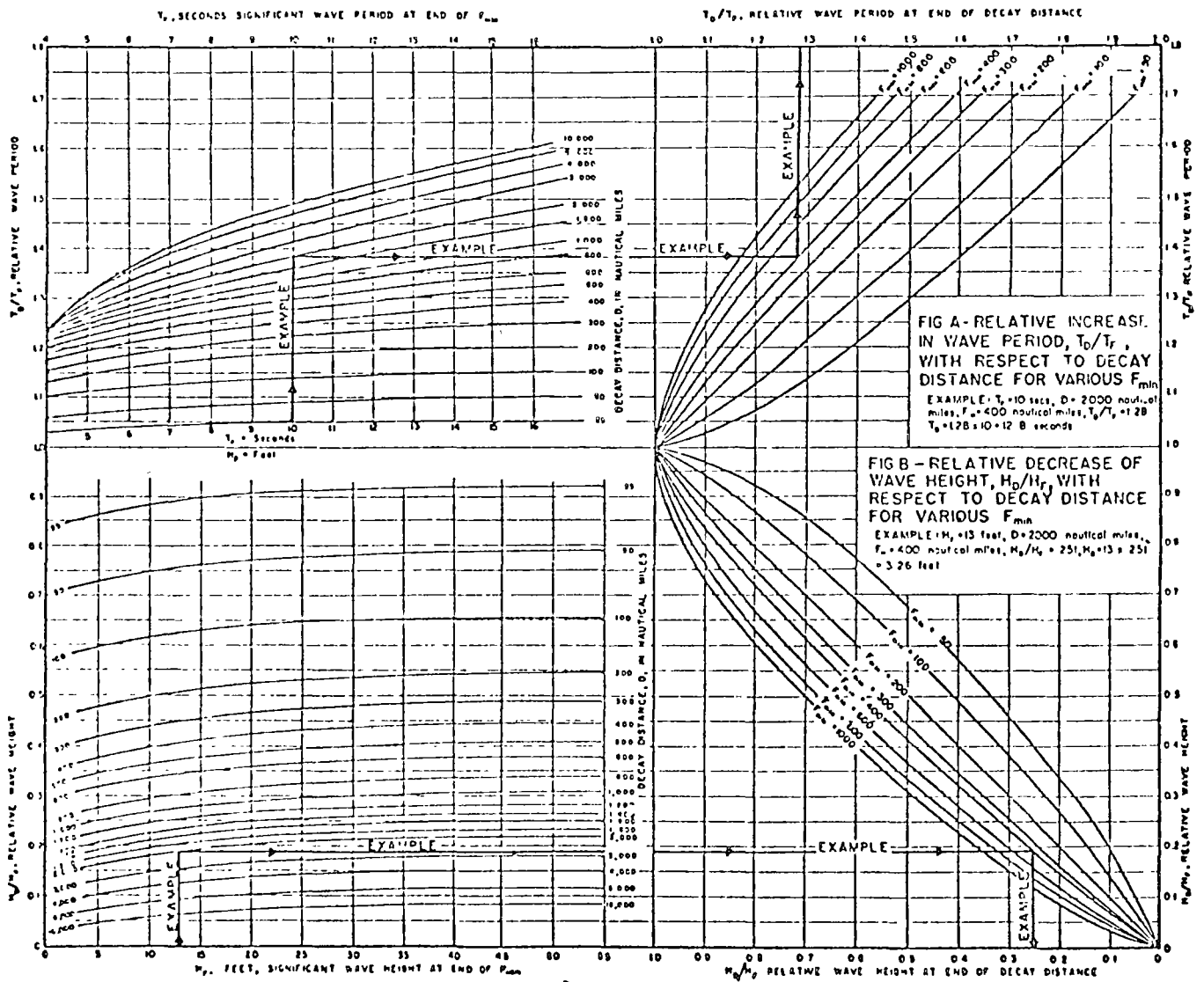
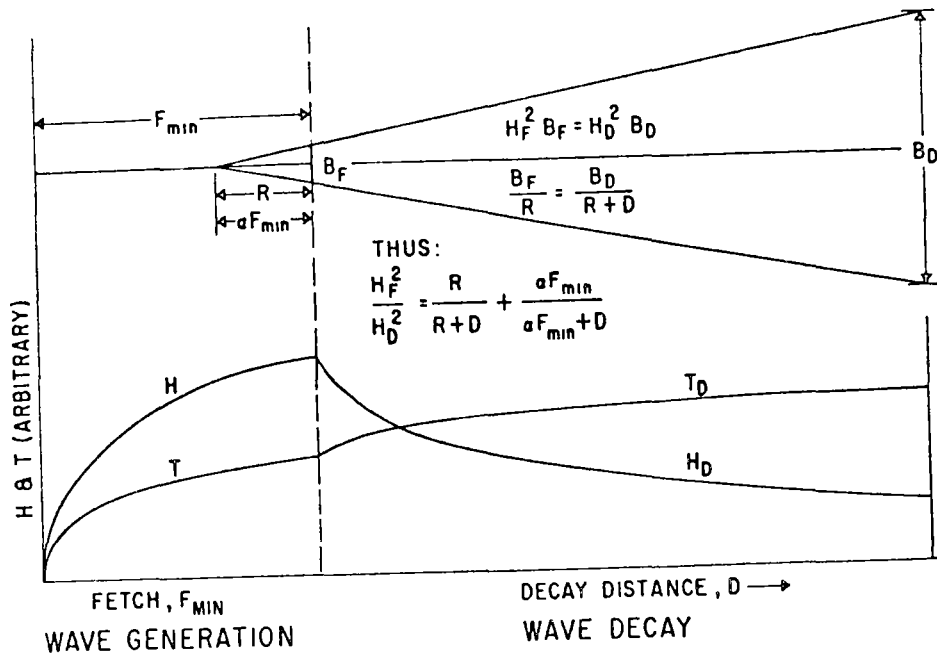
a) Espectro de períodos



$V = fT_s$	$S(V)$	$V = fT_s$	$S(V)$
0.5000	0.000014	2.0000	0.117428
0.5500	0.001426	2.1000	0.093033
0.6000	0.022922	2.2000	0.074372
0.6500	0.127218	2.3000	0.059966
0.7000	0.369622	2.4000	0.048743
0.7500	0.714768	2.5000	0.039925
0.8000	1.062475	2.6000	0.032937
0.8500	1.327371	2.7000	0.027357
0.9000	1.475412	2.8000	0.022867
0.9458	1.514709	2.9000	0.019228
1.0000	1.471517	3.0000	0.016259
1.1000	1.254492	3.1000	0.013821
1.2000	0.992465	3.2000	0.011808
1.3000	0.759078	3.3000	0.010135
1.4000	0.573287	3.4000	0.008738
1.5000	0.432335	3.5000	0.007565
1.6000	0.327488	3.6000	0.006576
1.7000	0.249931	3.7000	0.005737
1.8000	0.192456	3.8000	0.005024
1.9000	0.149614	3.9000	0.004414
		4.0000	0.003891

b) Espectro de frecuencias

Fig.4.7 Espectro del oleaje generado por viento (Bretschneider, 1970)



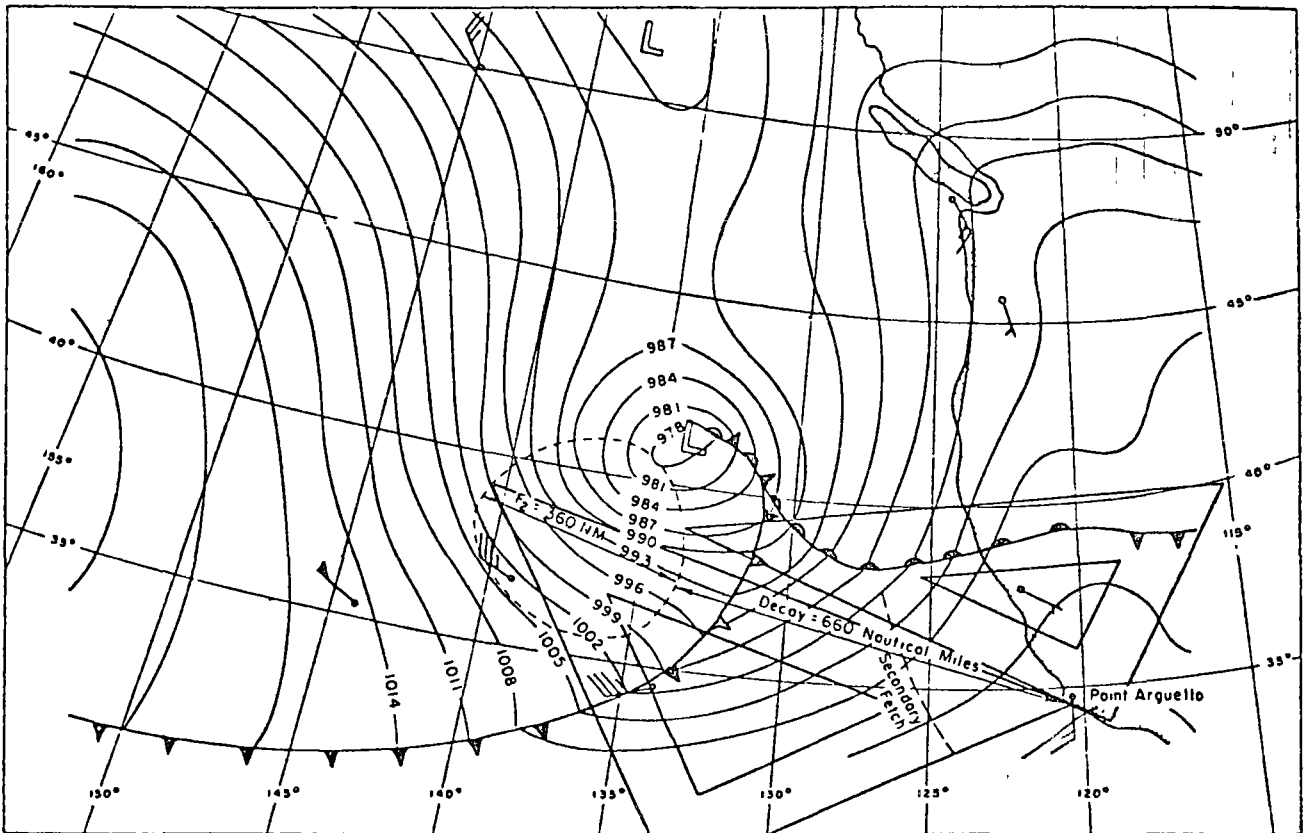


Fig. 8-29—Surface synoptic chart for 1230Z 26 Oct. 1950.

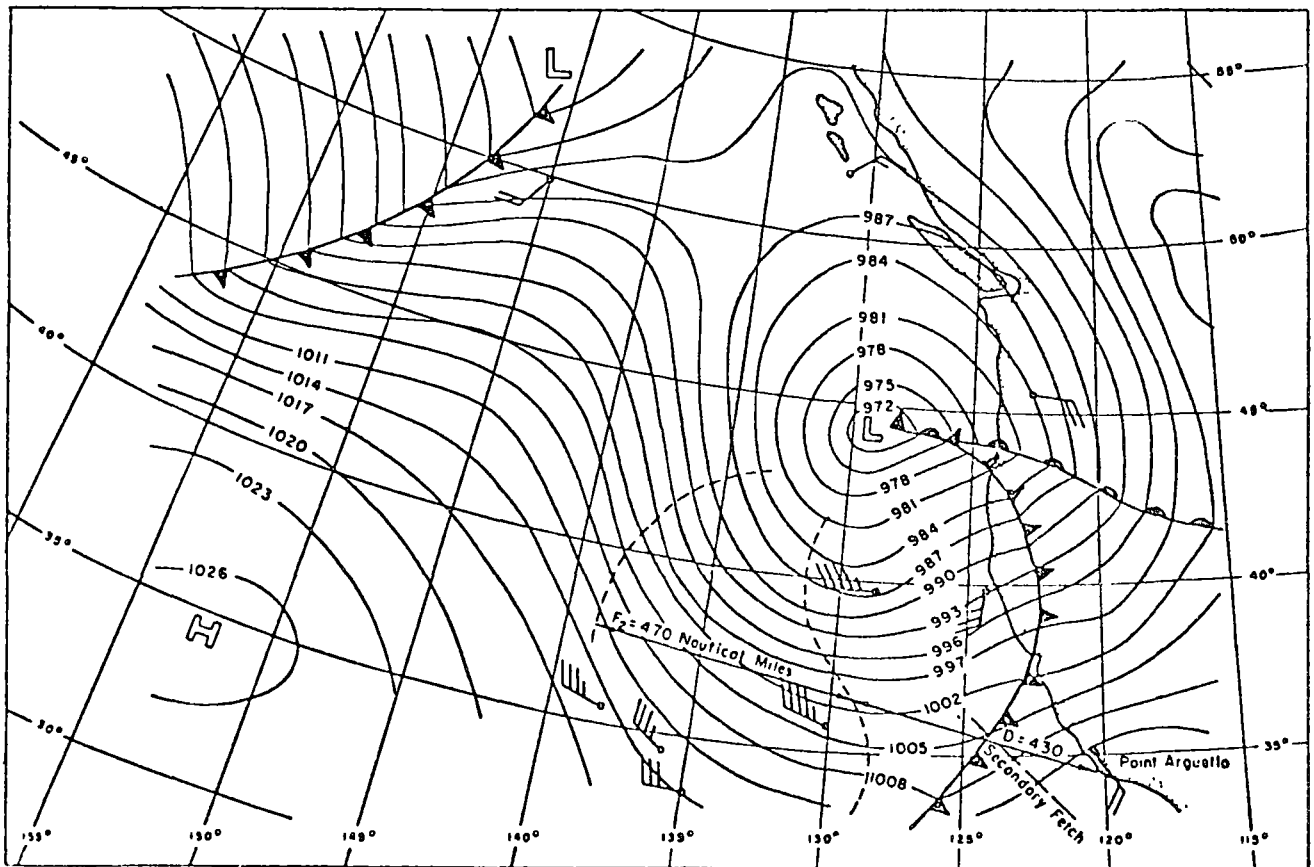


Fig. 8-30—Surface synoptic chart for 0030Z 27 Oct. 1950.

8

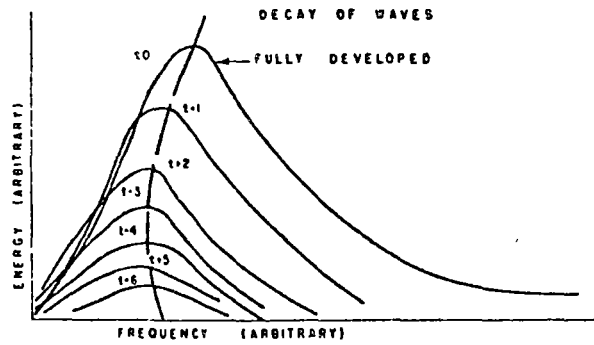
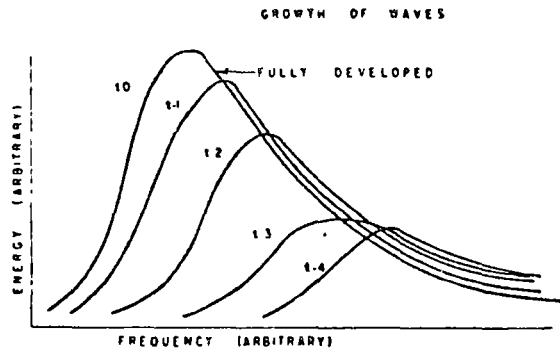


Fig. 8-24—Schematic growth and decay of waves according to Bretschneider. Note: This is for end of the fetch after wind had stopped.

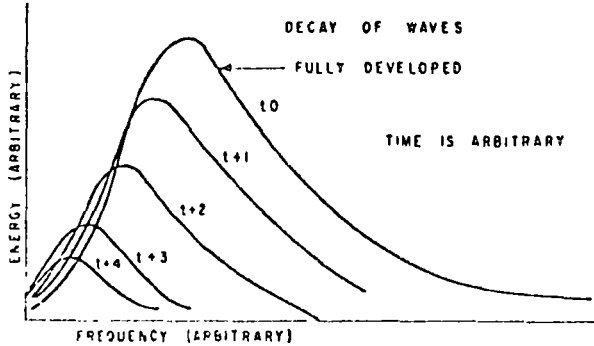
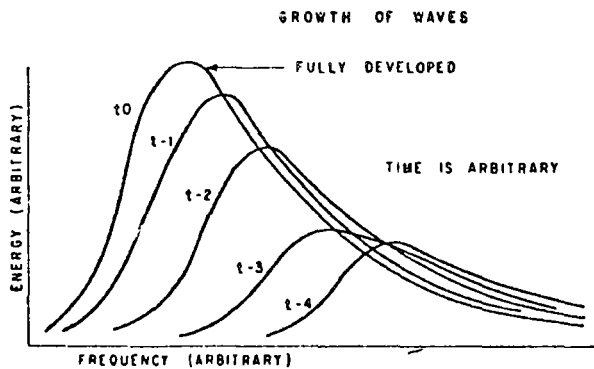


Fig. 8-25—Schematic growth and decay of waves according to Bretschneider.

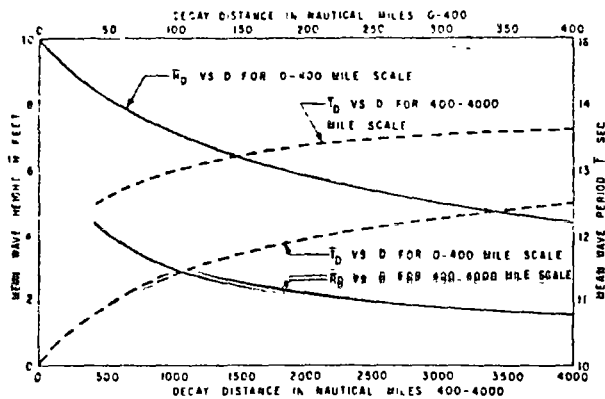


Fig. 8-18—Decay of waves H and T with decay distance.

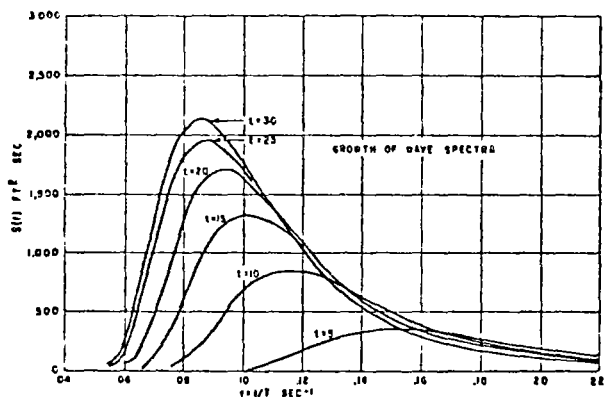


Fig. 8-19—Generation at end of fetch for  $U = 27.5$  knots for  $t = 5$  to 30 hours.

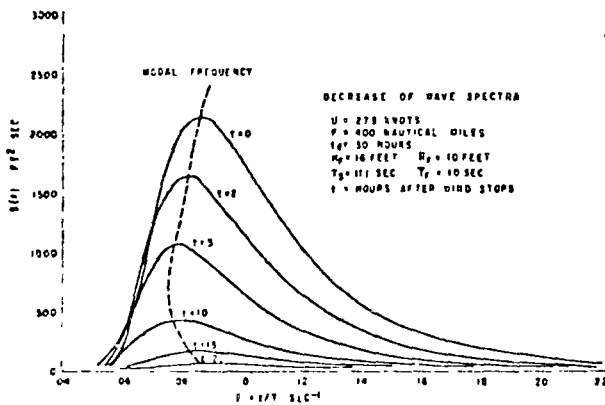


Fig. 8-20—Decay at end of fetch when wind stops.

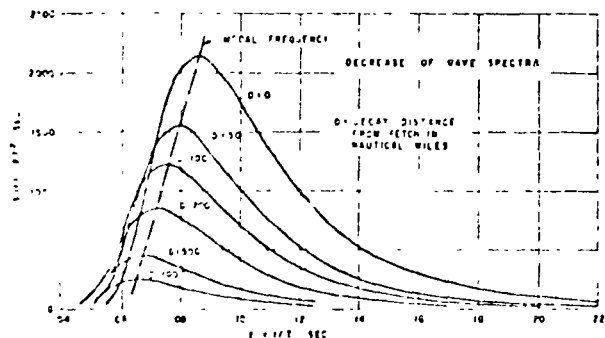


Fig. 8-21—Decay with distance from fetch front for  $H_r = 16.0$  ft,  $T_r = 11.1$  seconds and unlimited time.

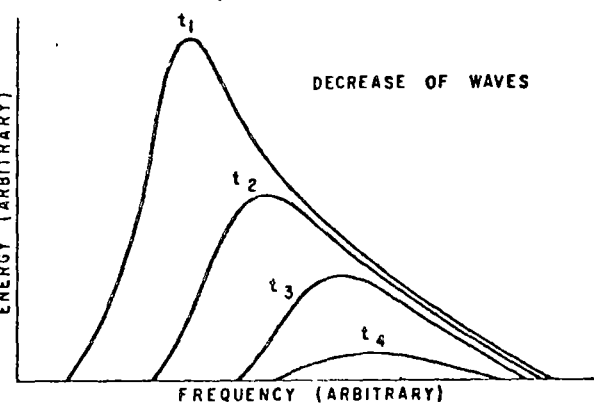
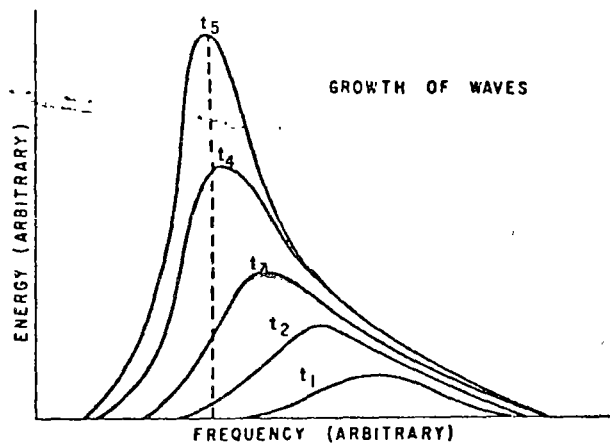


Fig. 8-22—Schematic growth and decay of waves according to Ijima (1957).

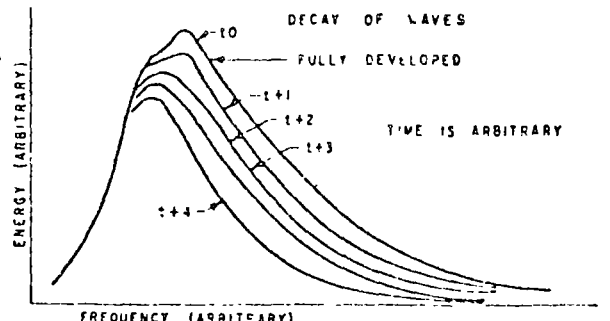
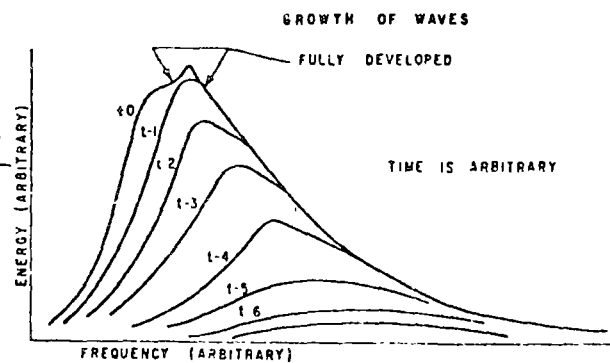


Fig. 8-23—Schematic growth and decay of waves according to Barnett (1958).



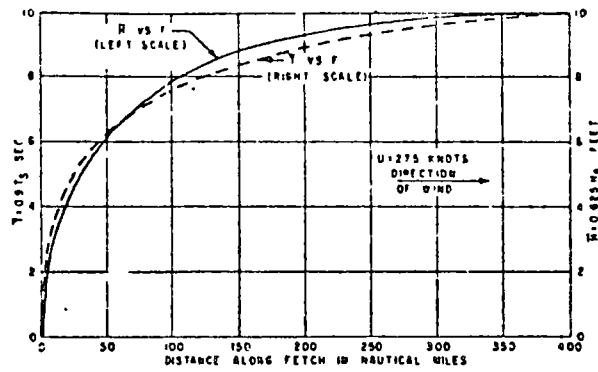


Fig. 8-15—Growth of waves H and T as a function of fetch for  $U = 27.5$  knots.

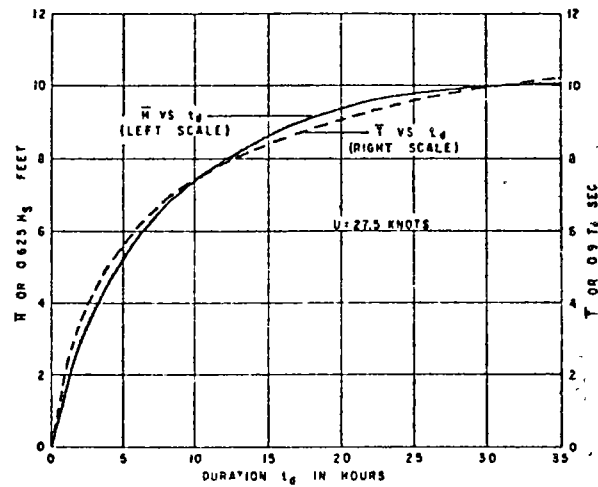


Fig. 8-16—Growth of waves H and T with duration.

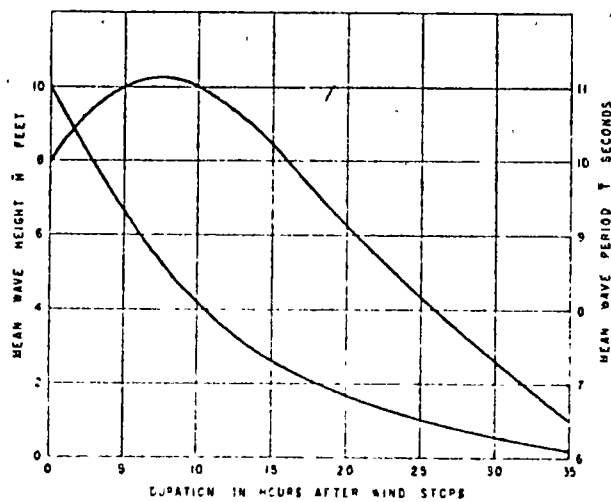


Fig. 8-17—Decay of waves at end of fetch after wind stops for  $U = 27.5$  knots,  $F = 400$  nautical miles,  $t_d = 30$  hours;  $H_s = 16.0$  ft,  $T_s = 11.1$  seconds.

Part 8 D and the Appendix relating to wave decay will be published in the June issue of Ocean Industry.

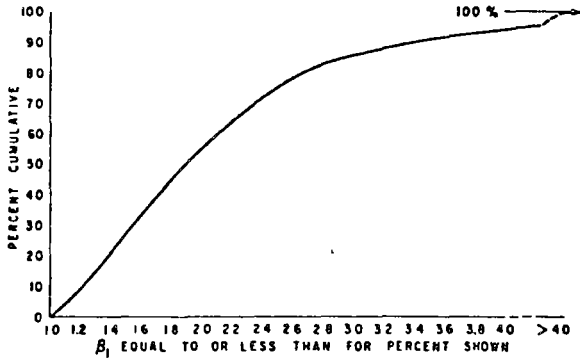
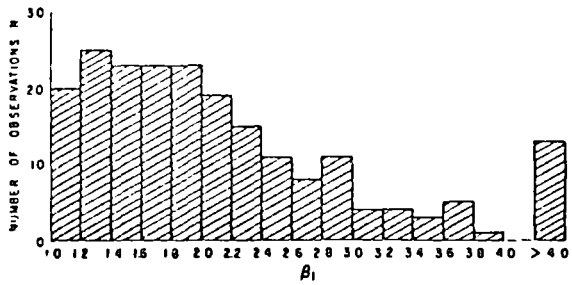


Fig. 8-7—Probability distribution of B<sub>1</sub> based on all data.

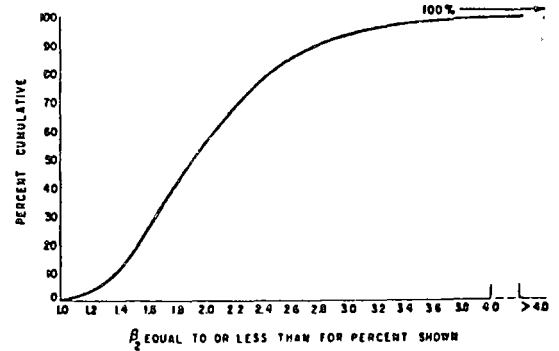
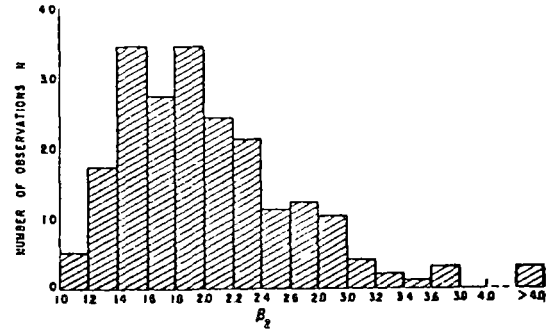


Fig. 8-8—Probability distribution of B<sub>2</sub> based on all data.

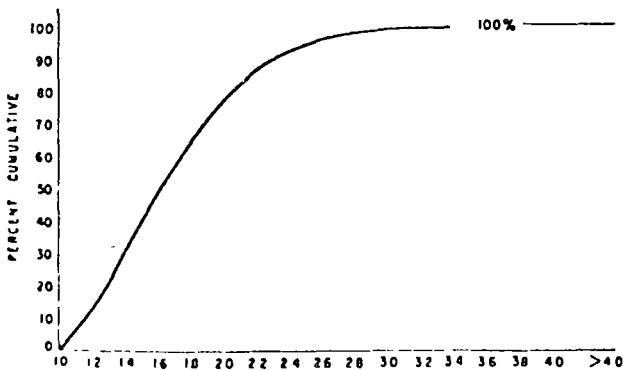
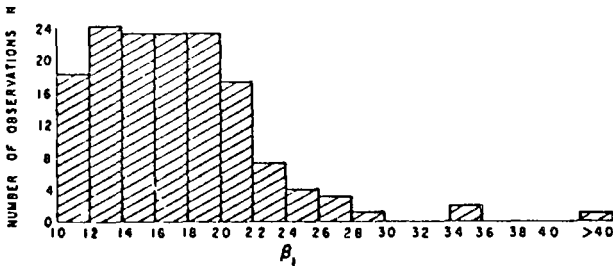


Fig. 8-10—Probability distribution of B<sub>1</sub> for data where  $K_1^2 \geq 2.0$ .

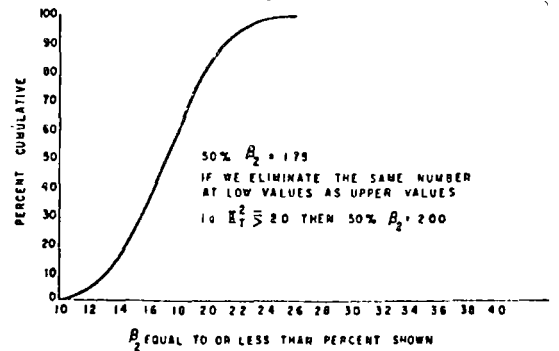
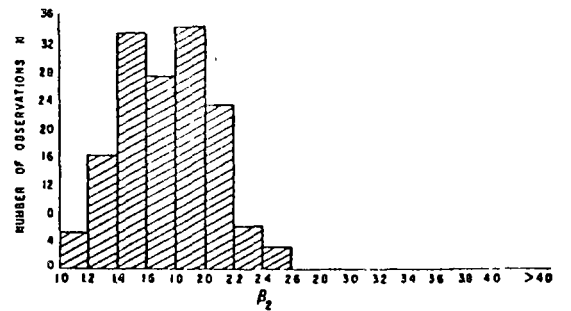


Fig. 8-11—Probability distribution for B<sub>2</sub> for data where  $K_1^2 \geq 2.0$ .

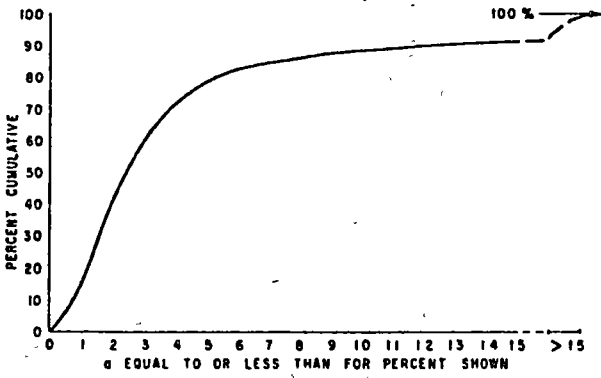
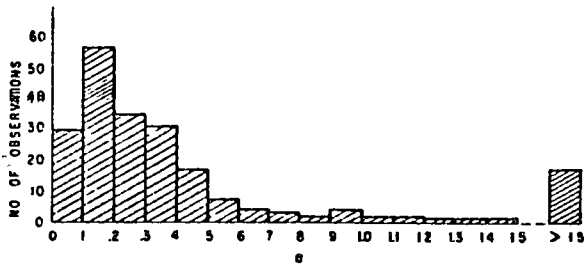


Fig. 8-6—Probability distribution of  $\alpha$  based on all data.

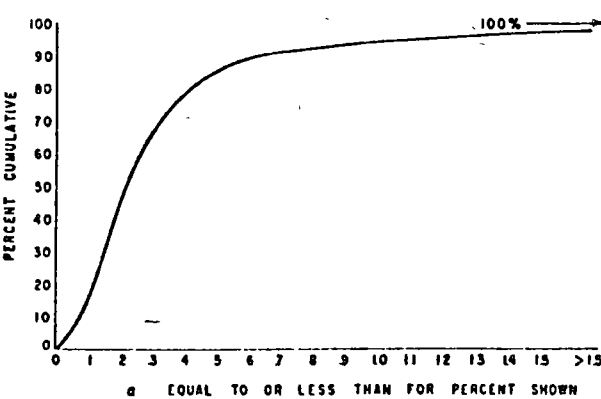
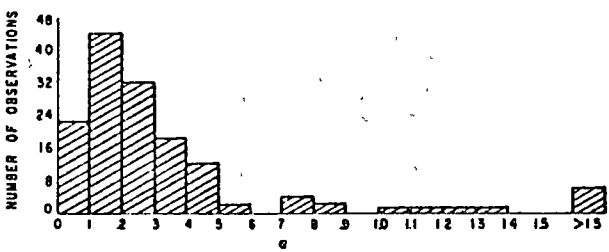
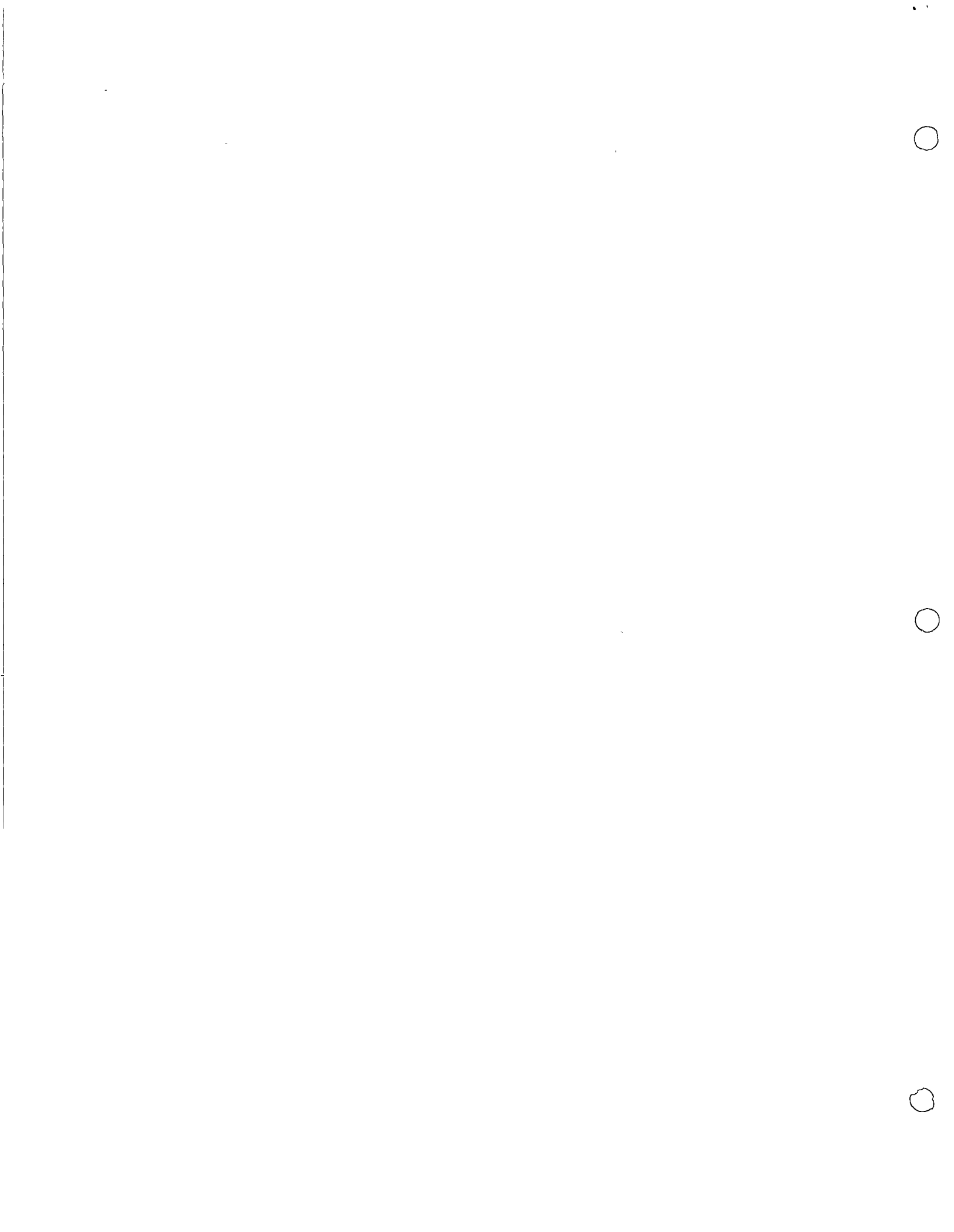


Fig. 8-9—Probability distribution of  $\alpha$  for data where  $K_1^2 = 2.0$ .





centro de educación continua  
facultad de ingeniería, unam



Ingeniería Oceánica

OBRAS MARITIMAS COSTA AFUERA

Ing. Luis Herrejón de la Torre

CENTRO DE EDUCACION CONTINUA.

FACULTAD DE INGENIERIA.

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO.

CURSO DE INGENIERIA OCEANICA.

OBRAS MARITIMAS COSTA AFUERA.

Luis Herrejón de la Torre.

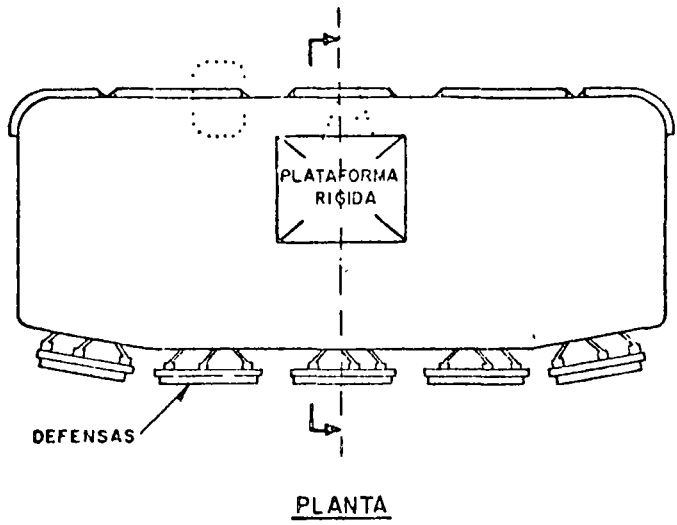
AGOSTO DE 1974.

## MANIOBRAS DE CARGA Y DESCARGA ALEJADAS DE LA COSTA.

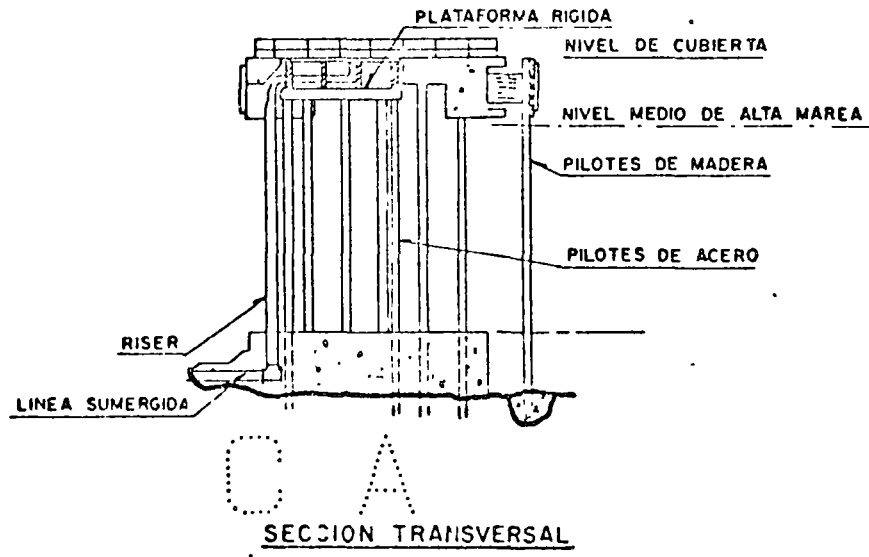
Cuando no se cuenta con muelles o dársenas de maniobras tales que permitan atracar los barcos cerca de la costa, será necesario tener instalaciones alejadas que permitan cargar o descargar los productos -- conducidos con las tuberías adecuadas.

Dentro de estas podemos incluir el duque de alba aislado mostrado en la figura 54, constituido de una plataforma fija protegida con un -- sistema de defensas muy efectivo, cuyas ventajas ya antes mencionamos.

Muy recientemente se ha comenzado a utilizar el tipo de boya de atraque anclada para impedir movimientos en cualquier dirección mostrada en la fig. 56, en sustitución a la operación de lograr la fijación del barco mediante varias anclas y boyas (fig. 55), cargándolo o descargando -- con una tubería que flota y cuyo extremo se indica, haciendo uso de otra boya. Este tipo de boya tiene varias ventajas: su instalación y mantenimiento son muy simples y económicos, permite al barco girar alrededor acomodándose en la posición más conveniente y trabajar en condiciones -- del tiempo imposibles para hacerlo con cualquier otra instalación, puede moverse fácilmente y cambiarse a otro lugar que se considere más conveniente, etc. En la figura 57 se presentan algunos detalles de la boya de atraque IMODCO.



PLANTA



SECCION TRANSVERSAL

Fig. 54



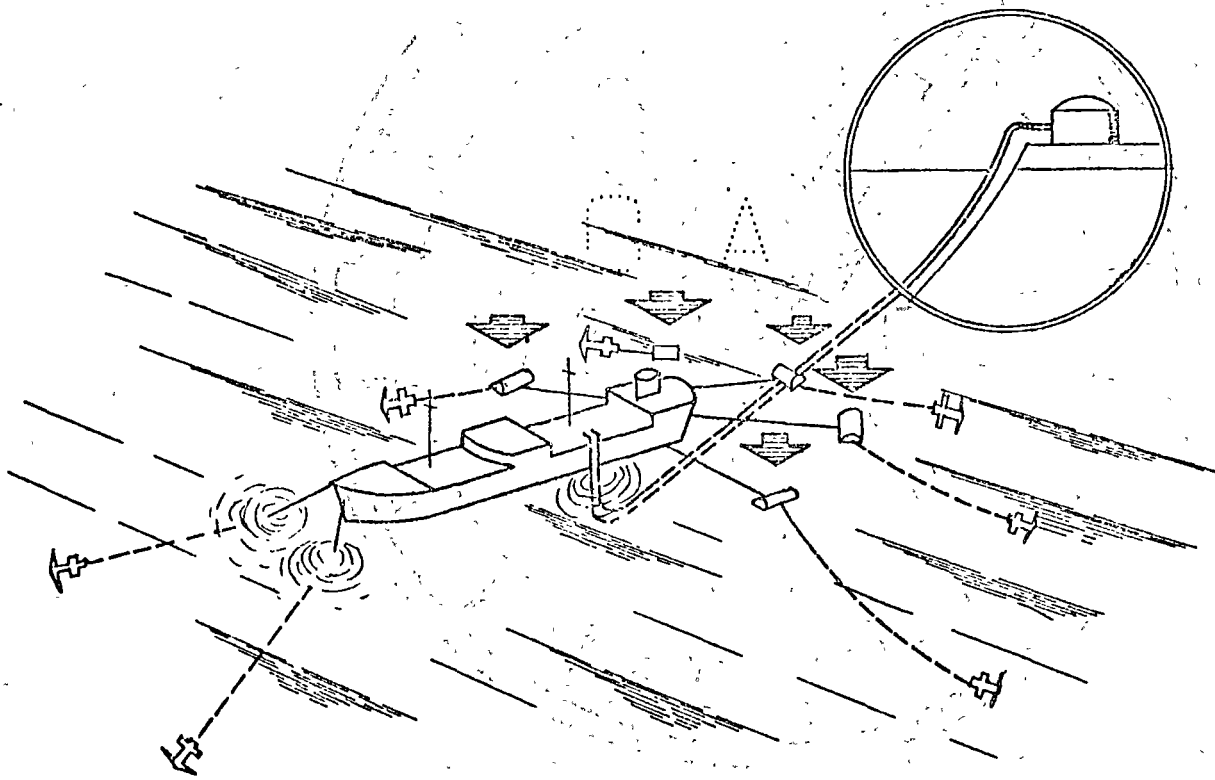


Fig.55

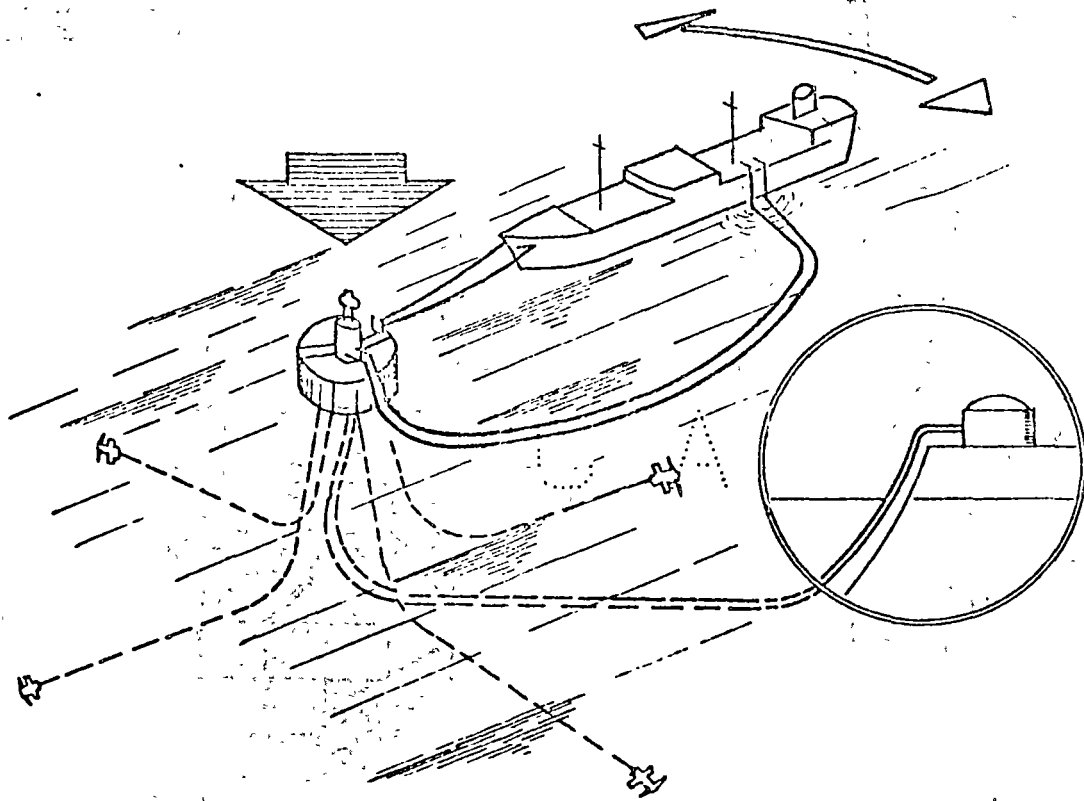


Fig.56

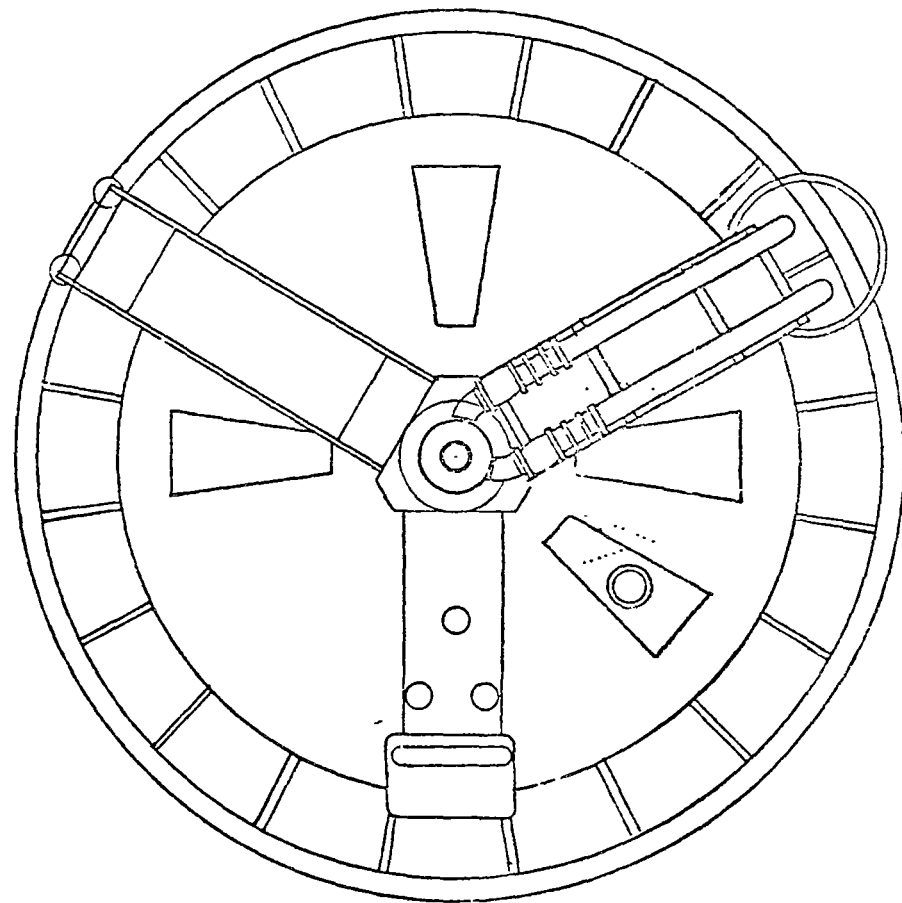
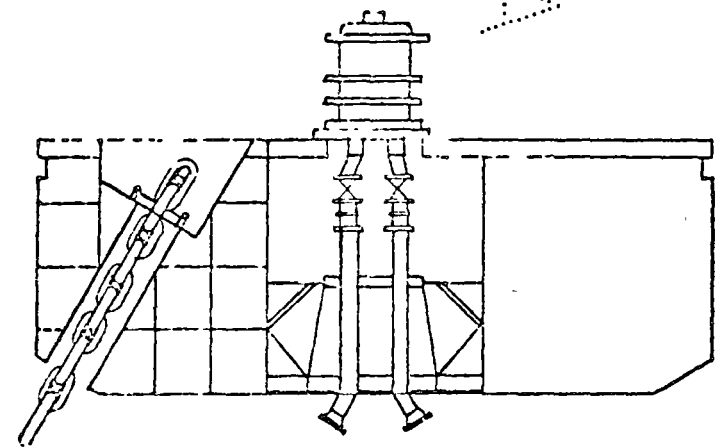
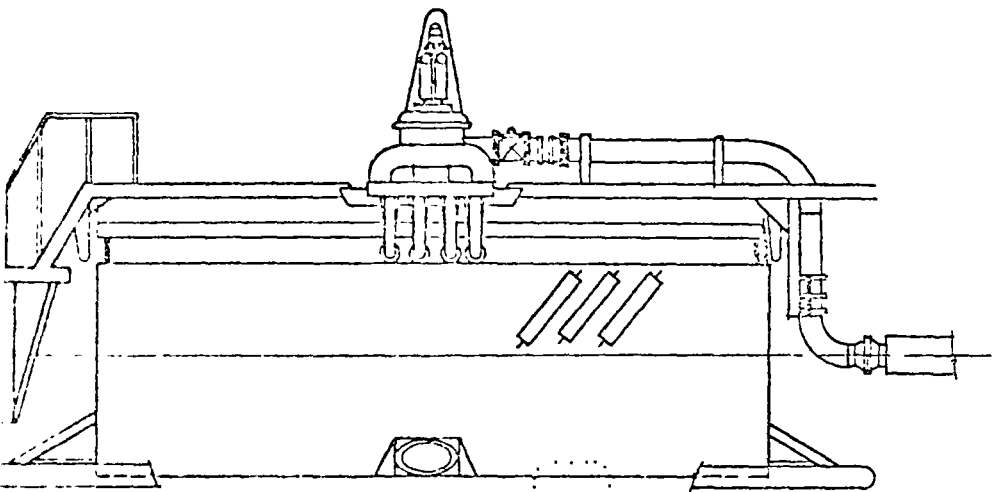


Fig. 57

## LINEAS DE CONDUCCION BAJO EL AGUA

La construcción de plataformas marítimas y de amarraderos en el mar, trae como consecuencia la necesidad de tender tuberías de conducción submarinas de comunicación a tierra.

El cruzamiento de ríos y lagos por líneas de conducción terrestres, trae como consecuencia el tendido de tuberías subfluviales y sublacustres.

Los procedimientos de construcción o tendido son similares en -- ambos casos, dependiendo principalmente del tipo y diámetro de la línea de conducción y de la profundidad de tendido. A continuación mencionaremos algunos de los procedimientos que se han seguido en México:

El procedimiento posiblemente más económico, es colocando flotadores en tal forma que la tubería pueda arrastrarse flotando cerca de la superficie del agua. Dicho procedimiento es más bien aplicable a casos de aguas tranquilas y poco profundas como lo son los cruzamientos de -- ríos. Para grandes diámetros de tubería y aguas profundas es prácticamente imposible seguir este camino.

En ocasiones la tubería se arrastra por el fondo del mar evitando -- en gran parte los efectos de oleaje y corrientes (Fig.61), pero teniéndose el peligro de que las condiciones del terreno impidan en un momento dado el arrastre o produzcan graves daños. En el caso de líneas de corta longitud tendidas cerca de la playa se puede lograr buen éxito no obstante -- que el diámetro sea grande y las condiciones del tiempo severas, si se -- tiene mucho cuidado en emparejar el terreno de la rampa de lanzamiento y en controlar la intensidad del jalón sobre la tubería arrastrada tan solo una distancia igual a su corta longitud.

En otros casos las lingadas previamente construidas se colocan en el fondo, levantándose posteriormente los extremos para soldarse (Fig.62), pero existe el peligro de que al utilizar este procedimiento al tender tuberías de gran diámetro en aguas profundas, se induzcan curvaturas tales que produzcan el pandeo o estrangulamiento en algunas secciones.

Quizás el procedimiento más efectivo para tender tuberías sobre todo si el diámetro es grande (de 12" en adelante), y se tiene aguas muy profundas (de 30m. en adelante), es mediante un chalán de tendido con una rampa de deslizamiento (stinger) que se va desplazando haciendo uso de los winches y las anclas, con lo cual se puede tener un buen control de curvaturas (Fig.63).. Un lanchón especial va suministrando la tubería, que se transporta al chalán de tendido mediante una grúa montada sobre el mismo; y a medida que se va lanzando se lleva a cabo la operación de soldar. En la mayoría de los casos mediante un dispositivo especial se aplica en el chalán tensión a la tubería para disminuir las curvaturas en ésta. La embarcación se debe fijar mediante varias anclas tal y como se indica en la Fig.64.

Los recubrimientos que lleva la tubería son para tres propósitos: 1) protección exterior; 2) protección interior, y 3) lastre. El recubrimiento exterior se usa junto con el sistema de protección catódica para prever corrosión y es en general un material asfáltico igual que el usado para líneas en tierra. El recubrimiento interior se usa generalmente cuando el producto a ser transportado es corrosivo o bien para reducir la rugosidad del tubo. El lastre generalmente consiste de un recubrimiento de concreto para darle a la línea el peso requerido, en tal forma de vencer la flotación más fuerzas de arrastre horizontal y vertical debidas a

corrientes y a la acción de tormentas, y suficientemente ligera para evitar que se hunda en el terreno del fondo. Es bastante frecuente proporcionar el recubrimiento para darle a la línea una densidad relativa neta de 1.3.

Experimentalmente se ha comprobado que los efectos del oleaje se transmiten hasta una profundidad de aproximadamente la mitad de la longitud de la ola. Puesto que la longitud de las olas de huracán alcanzan hasta 300 m., el efecto del oleaje puede actuar en profundidades hasta de 150 m.

Las líneas bajo el agua pueden protegerse contra corrientes y oleaje ya sea enterrándolas en el fondo con un recubrimiento mínimo de terreno de 3 ft., o mediante anclas fijas en el terreno.

Como primer paso para un proyecto de este tipo se deberá hacer un levantamiento topohidrográfico de la zona en que se piensa llevar a cabo el lanzamiento, eligiéndose una localización en tal forma que el terreno de fondo sea lo más regular posible, y de inmediato se obtendrán muestras del terreno en la localización elegida. En cuanto a las mareas, corrientes y oleajes, se podrán obtener mediante mediciones directas en el lugar, datos estadísticos y modelos matemáticos o de laboratorio.

Los esfuerzos debidos a flexión durante la construcción son el factor más importante para diseñar una línea de conducción que funcione bajo el agua.

Tres tipos de fallas pueden presentarse en la línea durante la construcción:

- 1) Pandeo o debilitamiento del tubo
- 2) Desprendimiento del recubrimiento de concreto debido a flexión

### 3) Agrietamiento excesivo del recubrimiento de concreto.

En todos los casos la tercera condición se presenta primero, por lo que puede decirse que si se evita un agrietamiento excesivo del recubrimiento de concreto los otros dos tipos de fallas quedan eliminadas, además es importante para la estabilidad de la línea ya colocada que el contrapeso de concreto permanezca intacto para que el tubo conserve su alineamiento y profundidad de diseño.

Adoptando la convención:

M - Momento flexionante en la sección Kg-cm

$\nabla$  - Esfuerzo en la fibra más alejada, Kg/cm<sup>2</sup>

R - Radio de curvatura, cm.

E - Módulo de elasticidad, Kg/cm<sup>2</sup>

r - Distancia del eje neutro a la fibra más alejado, cm.

I - Momento de inercia de la sección transversal, cm<sup>4</sup>

entonces,

$$\nabla = \frac{M}{I} r \quad \therefore \quad M = \frac{\nabla I}{r}$$

$$\frac{1}{R} = \frac{M}{EI} = \frac{\nabla}{Er}$$

$$\nabla = \frac{Er}{R} < \nabla_{perm.}$$

( 19 )

Es conveniente en cada caso revisar que los esfuerzos no alcancen valores capaces de producir una falla de inestabilidad elástica o estrangulamiento del tubo debido a excesiva curvatura que produzca un esfuerzo mayor que el crítico:

$$\nabla_{cr} = 1.3 \frac{E h}{r \sqrt{3(1-\mu^2)}}$$

( 20 )

3) Agrietamiento excesivo del recubrimiento de concreto.

En todos los casos la tercera condición se presenta primero, por lo que puede decirse que si se evita un agrietamiento excesivo del recubrimiento de concreto los otros dos tipos de fallas quedan eliminadas, además es importante para la estabilidad de la línea ya colocada que el contrapeso de concreto permanezca intacto para que el tubo conserve su alineamiento y profundidad de diseño.

Adoptando la convención:

M - Momento flexionante en la sección Kg-cm

$\sigma$  - Esfuerzo en la fibra más alejada, Kg/cm<sup>2</sup>

R - Radio de curvatura, cm.

E - Módulo de elasticidad, Kg/cm<sup>2</sup>

r - Distancia del eje neutro a la fibra más alejado, cm.

I - Momento de inercia de la sección transversal, cm<sup>4</sup>

entonces,

$$\sigma = \frac{M}{I} r \quad \therefore \quad M = \frac{\sigma I}{r}$$

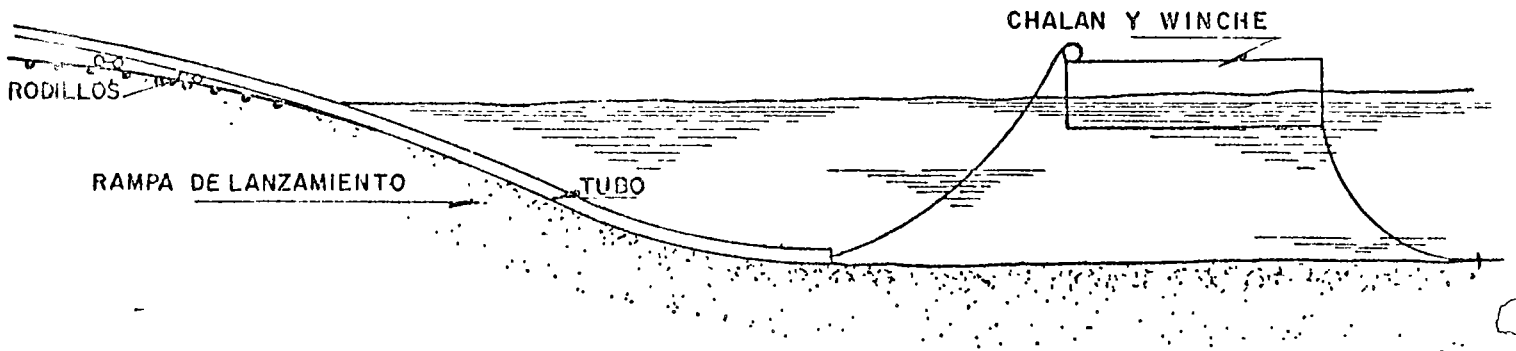
$$\frac{1}{R} = \frac{M}{EI} = \frac{\sigma}{Er}$$

$$\sigma = \frac{Er}{R} < \sigma_{perm.} \quad ( 19 )$$

Es conveniente en cada caso revisar que los esfuerzos no alcancen valores capaces de producir una falla de inestabilidad elástica o estrangulamiento del tubo debido a excesiva curvatura que produzca un esfuerzo mayor que el crítico:

$$\sigma_{cr} = 1.3 \frac{E n}{r \sqrt{3(1-\mu^2)}} \quad ( 20 )$$

C A



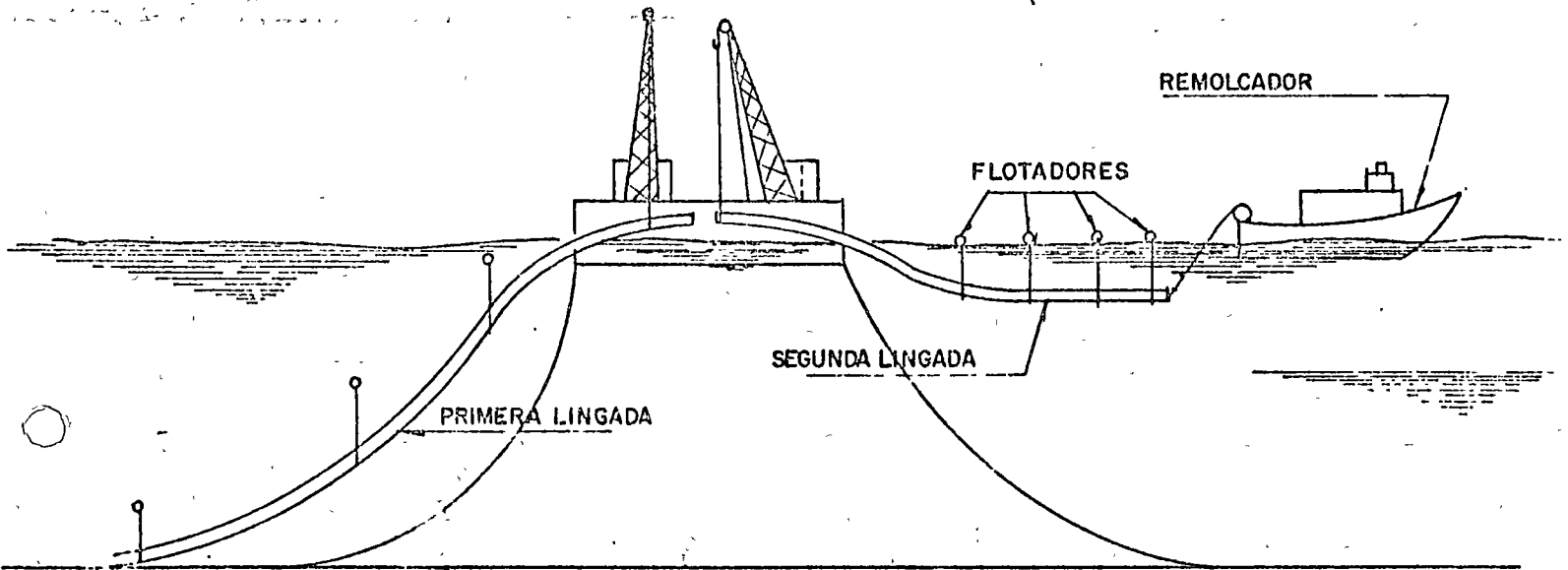
C A

Fig. 61



C A

UNION EN EL CHALAN



C A

Fig. 62

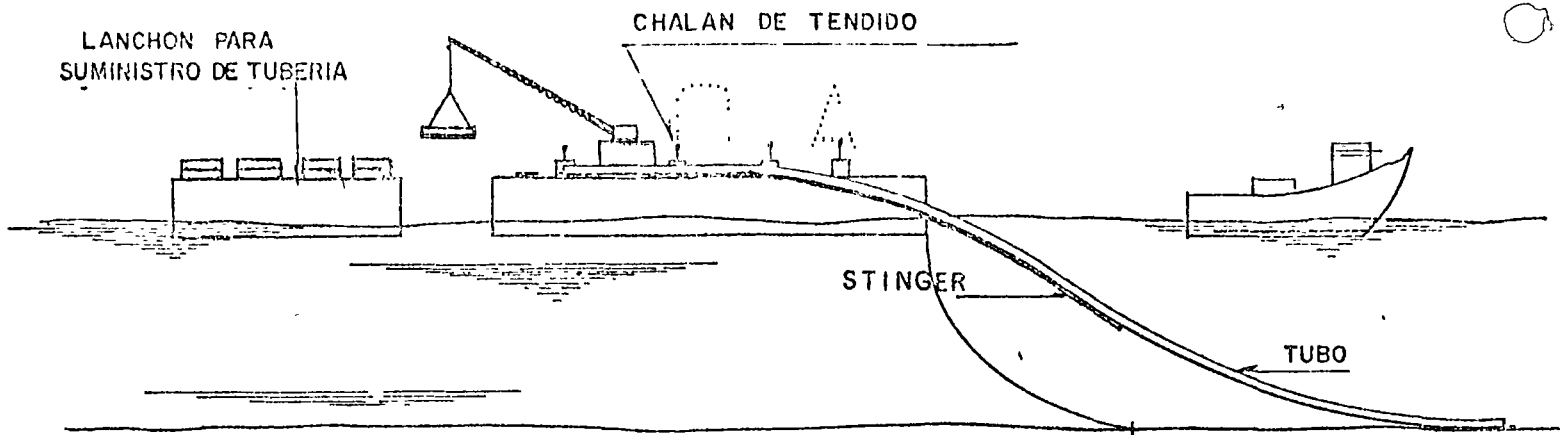


Fig. 63

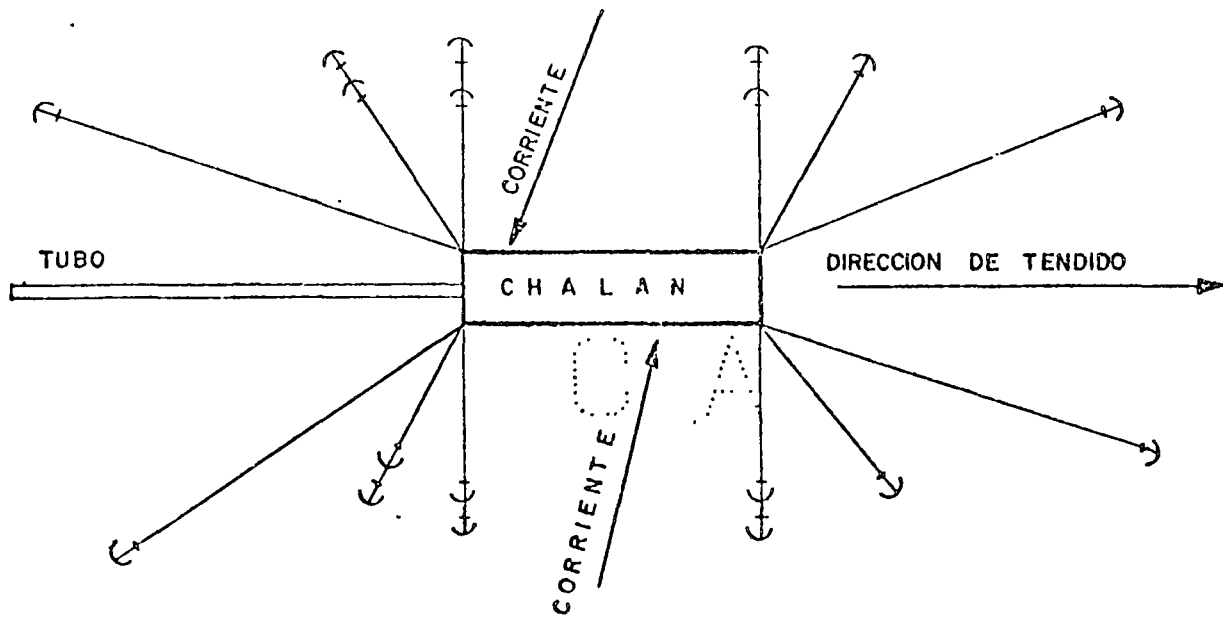


Fig. 64

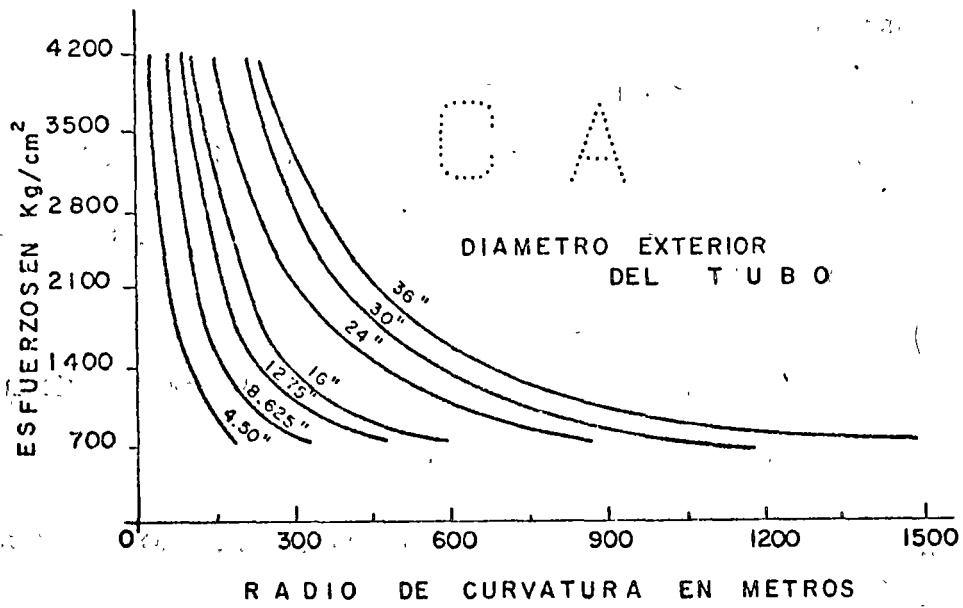


Fig. 65

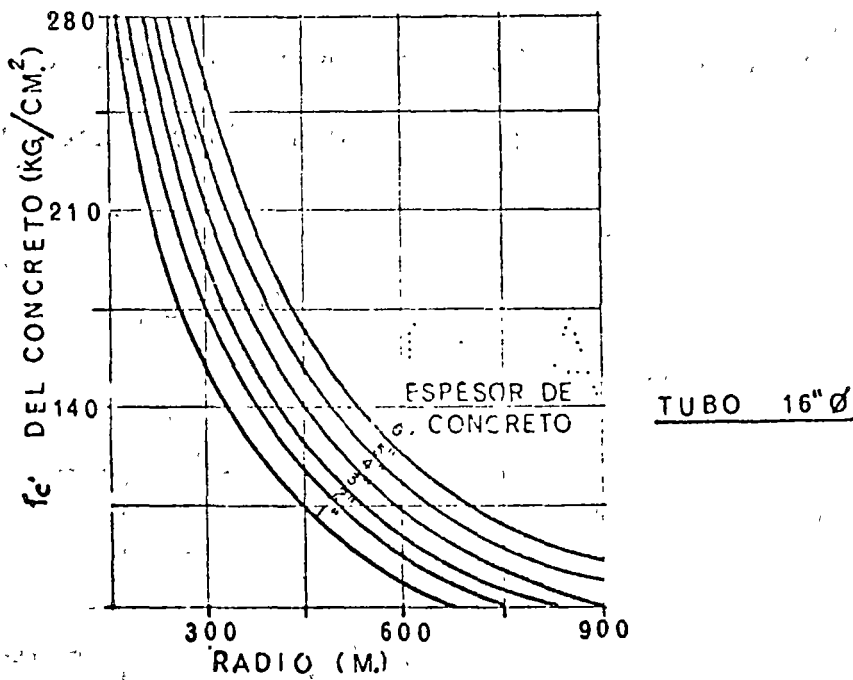


Fig. 66

$h$  = espesor de la pared del tubo, cm

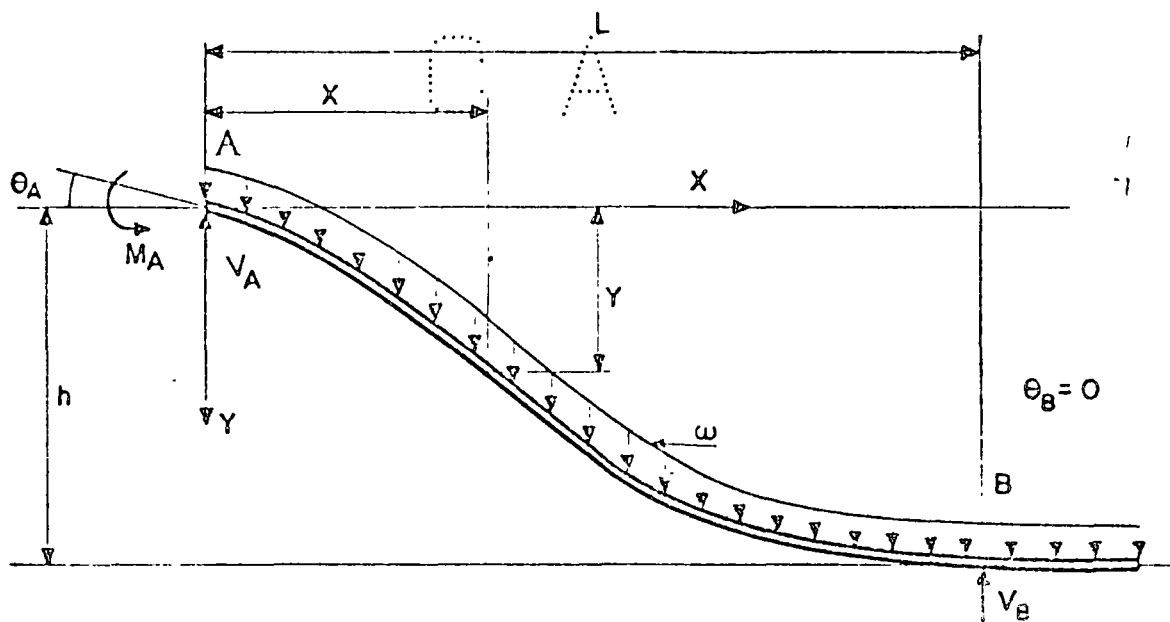
$\mu$  = módulo de Poisson

obtenido de desarrollos teóricos afectando el resultado por el factor 1.3 con base a experiencias sujetando tramos de tubo a cargas axiales y excentricas.

En la figura 65 se presentan para diferentes diámetros de tubo esfuerzos flexionantes en función de radios de curvatura.

Aunque el concreto fluye plásticamente bajo esfuerzos de compresión y prácticamente no tiene resistencia a la flexión; se puede utilizar la misma expresión (19) para obtener esfuerzos en el concreto en función del radio de curvatura; en la figura 66 se presentan gráficas al respecto para un tubo de 16"  $\varnothing$  con espesores de recubrimiento de concreto de 1" a 6".

Durante el tendido de la tubería es muy común que ésta se deforme adoptando una doble curvatura bajo las condiciones indicadas en la figura 67.



Conviniendo que:

$\omega$  - Peso unitario de la línea en Kg/cm.

$h$  - Profundidad del agua en cm.

$L$  - Longitud no apoyada en cm.

$\theta_A$  y  $\theta_B$  - Pendientes en A y B

$M$  - Momento flexionante en la sección en Kg-cm.

$R_A$  - Radio de curvatura en A en cm.

$r$  - Distancia del eje neutro a la fibra más alejada en cm.

$I$  - Momento de inercia de la sección transversal en cm.<sup>4</sup>

$Y_A$  y  $Y_B$  - Reacciones en A y B en Kg.

$X$  - Distancia desde el apoyo izquierdo en cm.

$Y$  - Flecha en cm.

Se puede llevar a cabo un análisis aproximado del problema en la siguiente forma.

$$M = M_A + V_A X - \frac{\omega X^2}{2} \qquad M_A = -\frac{EI}{R_A}$$

$$M = -\frac{EI}{R_A} + V_A X - \frac{\omega X^2}{2}, \quad \text{Si } X = L, \quad M = 0 \quad (21)$$

$$0 = -\frac{EI}{R_A} + V_A L - \frac{\omega L^2}{2}$$

$$V_A = \frac{EI}{R_A L} + \frac{\omega L}{2} \quad (22)$$

Substituyendo en (21)

$$M = -\frac{EI}{R_A} + \left( \frac{EI}{R_A L} + \frac{\omega L}{2} \right) X - \frac{\omega X^2}{2}$$

$$M = \frac{EI}{R_A} \left( \frac{X}{L} - 1 \right) + \frac{\omega X}{2} (L - X) \quad (23)$$

Puesto que

$$\frac{d^2 y}{dx^2} = -\frac{M}{EI} = -\frac{1}{R_A} \left( \frac{X}{L} - 1 \right) - \frac{\omega X}{2EI} (L - X) \quad (24)$$

Integrando respecto a  $x$

$$\theta = \frac{dy}{dx} = -\frac{1}{R_A} \left( \frac{X^2}{2L} - X \right) - \frac{\omega X^2}{12EI} (3L - 2X) + C_1$$

$$\text{Si } X=0, \quad \theta = \theta_A \quad \therefore C_1 = \theta_A$$

$$\theta = -\frac{1}{R_A} \left( \frac{X^2}{2L} - X \right) - \frac{\omega X^2}{12EI} (3L - 2X) + \theta_A \quad (25)$$

$$\text{Si } X=L, \quad \theta = 0$$

$$0 = -\frac{1}{R_A} \left( \frac{L}{2} - L \right) - \frac{\omega L^2}{12EI} (3L - 2L) + \theta_A$$

$$0 = \frac{L}{2R_A} - \frac{\omega L^3}{12EI} + \theta_A$$

$$\theta_A = -\frac{L}{2R_A} + \frac{\omega L^3}{12EI} \quad (26)$$

Integrando nuevamente respecto a  $x$

$$y = -\frac{1}{R_A} \left( \frac{X^3}{6L} - \frac{X^2}{2} \right) - \frac{\omega X^3}{24EI} (2L - X) + \theta_A X + C_2$$

$$\text{Si } X=0, \quad y=0 \quad \therefore C_2 = 0$$

$$y = -\frac{1}{R_A} \left( \frac{X^3}{6L} - \frac{X^2}{2} \right) - \frac{\omega X^3}{24EI} (2L - X) + \theta_A X \quad (27)$$

$$\text{Si } X=L, \quad y=h$$

$$h = -\frac{1}{R_A} \left( \frac{L^2}{6} - \frac{L^2}{2} \right) - \frac{\omega L^3}{24EI} (2L - L) + \theta_A L$$

$$h = \frac{L^2}{3R_A} - \frac{\omega L^4}{24EI} + \theta_A L$$

Sustituyendo el valor de (26)

$$h = \frac{L^2}{3R_A} - \frac{\omega L^4}{24EI} - \frac{L^2}{2R_A} + \frac{\omega L^4}{12EI}$$

$$h = -\frac{L^2}{6R_A} + \frac{\omega L^4}{24EI}$$

$$24EI R_A h = -4EIL^2 + \omega R_A L^4$$

$$L^4 - \frac{4EI}{\omega R_A} L^2 - \frac{24EIh}{\omega} = 0 \quad (28)$$

Resolviendo la ecuación ( 28 ) se puede encontrar el valor de L en función de las características de la tubería, la curvatura en el chalán, la carga unitaria y la profundidad del agua, valor que sustituido en ( 23 ) nos dará el momento flexionante en cualquier sección y en ( 22 ) la reacción del chalán.

Derivando respecto a "x" e igualando a cero

$$\frac{dM}{dx} = \frac{EI}{R_A L} + \frac{\omega L}{2} - \omega x = 0$$

$$x = \frac{L}{2} + \frac{EI}{R_A L \omega}$$

que nos dá el punto en el cual se presenta el momento máximo, el cual se puede obtener sustituyendo en ( 23 )

Si  $M = 0$  tendremos el punto de inflexión resolviendo la ecuación.

$$\frac{\omega}{2} x^2 - \left( \frac{EI}{R_A L} + \frac{\omega L}{2} \right) x + \frac{EI}{R_A} = 0$$

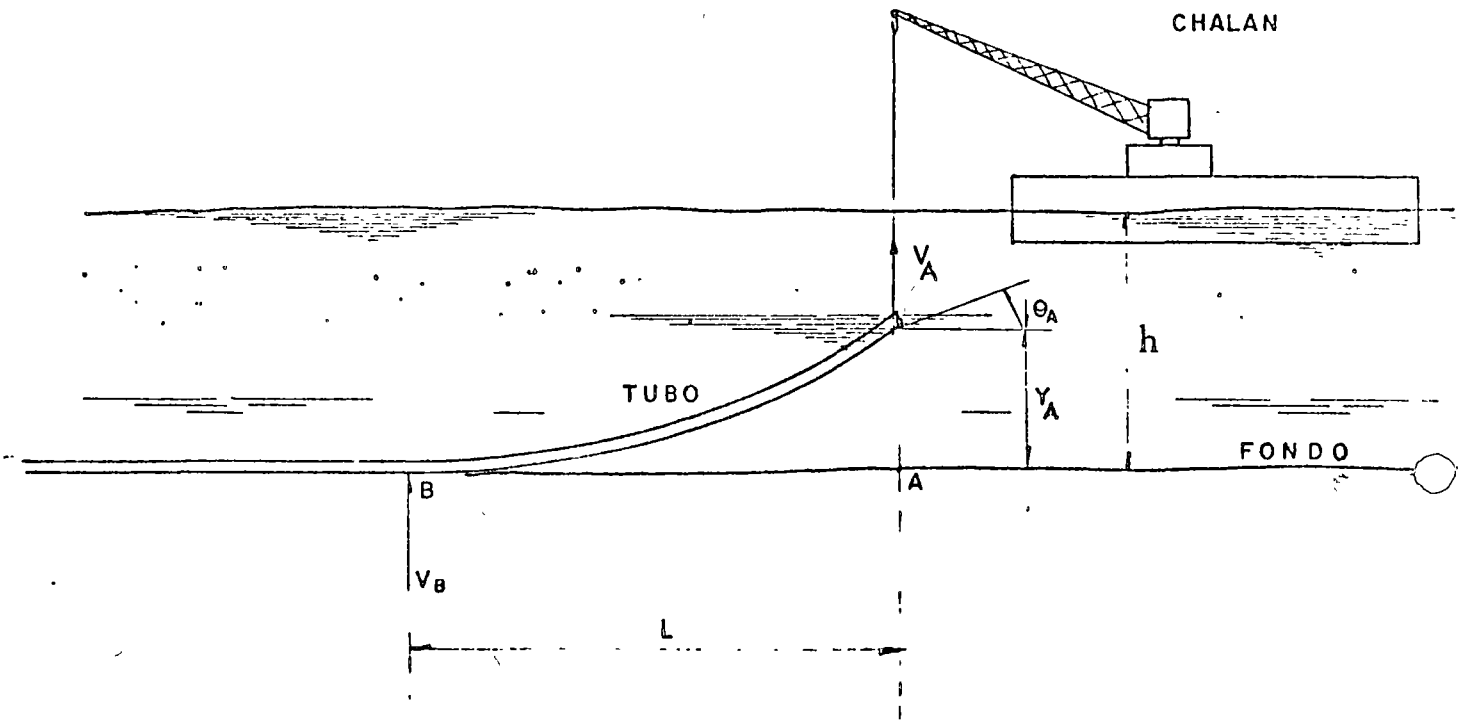
Como un caso particular tenemos la condición de una sola curvatura de la figura 68, la cual se presenta como etapa intermedia antes de llegar a la anterior, pero que también conviene analizar por las fuertes curvaturas que también se presentan. Para dicho caso la curvatura en el extremo A es nula y por lo tanto:

$$V_A = \frac{\omega L}{2} = V_B$$

$$M = \frac{\omega L}{2} x - \frac{\omega x^2}{2} \quad ; \quad M_{MAX} = \frac{\omega L^2}{8}$$

$$L^4 - \frac{24EIh}{\omega} = 0 \quad ; \quad L = \sqrt[4]{\frac{24EIh}{\omega}}$$

C A



C A  
Fig. 68



En ocasiones mediante un dispositivo especial se le aplica una tensión a la tubería, del orden de 5 a 20 toneladas, con el objeto de disminuir curvaturas, en cuyo caso las condiciones son las presentadas en la figura 69.

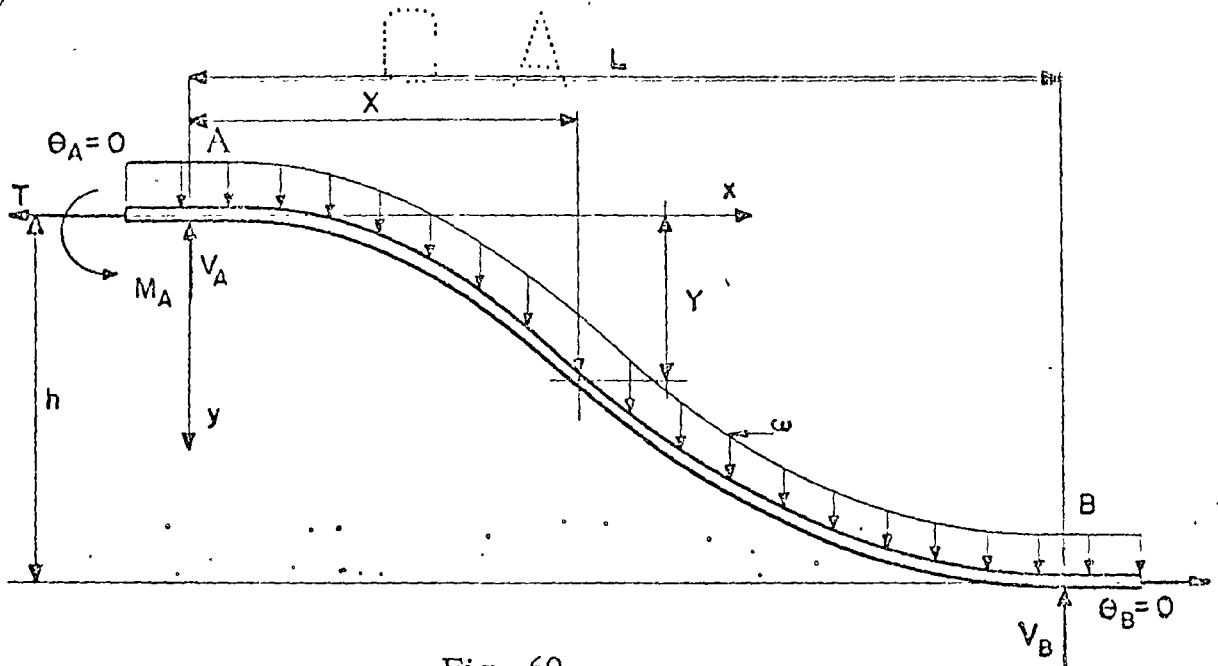


Fig. 69

$$M = -\frac{EI}{R_A} + V_A X - \frac{\omega X^2}{2} - T Y$$

$$\text{Si } X=L, Y=h, M=0$$

$$0 = -\frac{EI}{R_A} + V_A L - \frac{\omega L^2}{2} - T h$$

$$V_A = \frac{EI}{R_A L} + \frac{\omega L}{2} + T \frac{h}{L} \quad (29)$$

$$M = -\frac{EI}{R_A} + \left( \frac{EI}{R_A L} + \frac{\omega L}{2} + T \frac{h}{L} \right) X - \frac{\omega X^2}{2} - T Y \quad (30)$$

Puesto que

$$\frac{d^2 Y}{d X^2} = -\frac{M}{EI} = \frac{1}{R_A} - \left( \frac{1}{R_A L} + \frac{\omega L}{2EI} + \frac{T h}{EIL} \right) X + \frac{\omega}{2EI} X^2 + T Y$$

$$\frac{d^2 Y}{d X^2} - \frac{T Y}{EI} = \frac{\omega}{2EI} X^2 - \left( \frac{1}{R_A L} + \frac{\omega L}{2EI} + \frac{T h}{EIL} \right) X + \frac{1}{R_A}$$

Ecuacion diferencial cuya solución es :

$$Y = C_1 e^{\sqrt{\frac{T}{EI}} X} + C_2 e^{-\sqrt{\frac{T}{EI}} X} - \frac{\omega}{2T} X^2 + \left( \frac{EI}{R_A L T} + \frac{\omega L}{2T} + \frac{h}{L} \right) X - \frac{EI}{R_A T} - \frac{\omega EI}{T^2} \quad (31)$$

Si  $X = 0$ ,  $Y = 0$

$$C_1 + C_2 = \frac{EI}{R_A T} + \frac{\omega EI}{T^2} \quad (32)$$

$$\frac{dY}{dX} = \sqrt{\frac{T}{EI}} C_1 e^{\sqrt{\frac{T}{EI}} X} - \sqrt{\frac{T}{EI}} C_2 e^{-\sqrt{\frac{T}{EI}} X} - \frac{\omega}{T} X + \frac{EI}{R_A L T} + \frac{\omega L}{2T} + \frac{h}{L}$$

Si  $X = 0$ ,  $\frac{dY}{dX} = 0$

$$C_2 - C_1 = \left( \frac{EI}{R_A L T} + \frac{\omega L}{2T} + \frac{h}{L} \right) \sqrt{\frac{EI}{T}} \quad (33)$$

Resolviendo el sistema de ecuaciones (32) y (33)

$$C_1 = \frac{EI}{2R_A T} + \frac{\omega EI}{2T^2} - \frac{(EI)^{3/2}}{2R_A L T^{3/2}} - \frac{\omega L (EI)^{1/2}}{4T^{3/2}} - \frac{h(EI)^{1/2}}{2LT^{1/2}}$$

$$C_2 = \frac{EI}{2R_A T} + \frac{\omega EI}{2T^2} + \frac{(EI)^{3/2}}{2R_A L T^{3/2}} + \frac{\omega L (EI)^{1/2}}{4T^{3/2}} + \frac{h(EI)^{1/2}}{2LT^{1/2}}$$

Tomando en cuenta estos valores y los desarrollados en serie

$$e^{\sqrt{\frac{T}{EI}} X} = 1 + \sqrt{\frac{T}{EI}} X + \frac{T}{2EI} X^2 + \frac{T^{3/2}}{6(EI)^{3/2}} X^3 + \frac{T^2}{24(EI)^2} X^4$$

$$e^{-\sqrt{\frac{T}{EI}} X} = 1 - \sqrt{\frac{T}{EI}} X + \frac{T}{2EI} X^2 - \frac{T^{3/2}}{6(EI)^{3/2}} X^3 + \frac{T^2}{24(EI)^2} X^4$$

Se puede obtener sustituyendo en (31)

$$Y = \left( \frac{T}{24EI R_A} + \frac{\omega}{24EI} \right) X^4 - \left( \frac{1}{6R_A L} - \frac{\omega L}{12EI} - \frac{hT}{6EIL} \right) X^3 + \frac{1}{2R_A} X^2 \quad (34)$$

Puesto que si  $X=L$ ,  $Y=h$

$$\left( \frac{T}{24EI R_A} - \frac{\omega}{24EI} \right) L^4 - \left( \frac{1}{3R_A} - \frac{hT}{6EI} \right) L^2 - h = 0 \quad (35)$$

Derivando (34) respecto a X y tomando en cuenta que si - -  
 $X = L, \frac{dy}{dx} = 0$

$$\frac{1}{R_A} = \frac{\omega L^2 + 6hT^2}{2T^2L^2 + 6EIT} \quad (36)$$

Resolviendo la ecuación (35) se puede encontrar el valor de la L en función de las características de la tubería, la curvatura en el chalán, la carga unitaria, la profundidad del agua y la tensión en el chalán, valor que sustituido en (30) nos dará el momento flexionante en cualquier sección, sustituyendo en (29) nos dará la reacción del chalán y en (34) la curva del eje deformado de la tubería. Es posible también obtener el momento máximo y el punto de inflexión procediendo en la misma forma del caso anterior.

Durante el planteamiento del problema hemos hecho varias simplificaciones que conviene mencionar: En primer lugar <sup>no</sup> integramos a lo largo de la curva del eje del tubo deformado; por otro lado, estamos considerando el problema plano despreciando la torsión producida principalmente por los movimientos del chalán durante el tendido. Prácticamente se ha comprobado que, la aproximación de los resultados obtenidos bajo dichas consideraciones, es suficiente para la determinación del equipo necesario para llevar a cabo las maniobras durante el tendido.

Aplicando un procedimiento de diferencias finitas es posible hacer un análisis más aproximado del problema, tomando en cuenta los efectos torsionantes y la carga que en realidad actúa a lo largo del eje deformado.

En todos los casos resulta de gran ayuda la aplicación del cálculo electrónico puesto que; se puede elaborar un programa que nos dé con bastante rapidez diagramas de momento flexionante y deformación para diferentes condiciones de la línea.

Modelos de laboratorio o mediciones directas en el lugar utilizando medidores de deformación, podrán confirmar la aproximación de los resultados obtenidos aplicando las fórmulas antes presentadas, que con base a las observaciones que se hagan podrán ser afinadas en el futuro.

C A

## PLATAFORMAS MARÍTIMAS

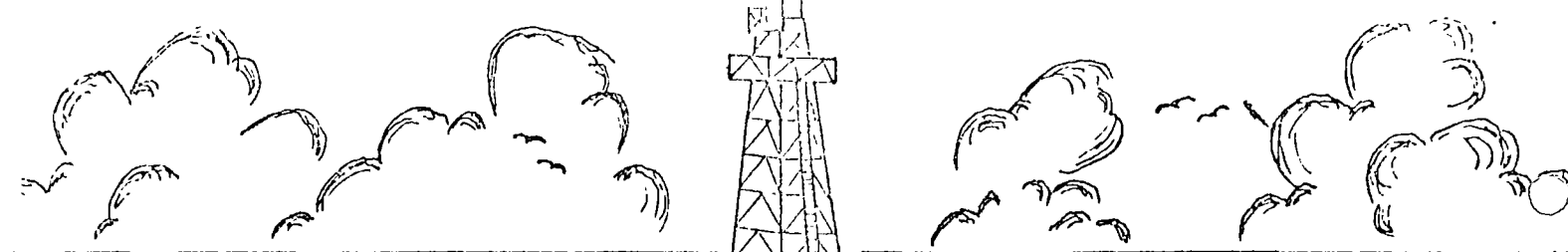
La perforación de pozos petroleros en varios países, incluyendo a México, tiende a seguirse en el mar, por lo que en los últimos años se ha iniciado la construcción de plataformas para dicho propósito.

En la actualidad se construyen plataformas marítimas localizadas en lugares de gran profundidad del fondo marino con un procedimiento muy práctico y bastante estudiado. El equipo utilizado consiste de chalanes, remolcadores y una grúa de gran capacidad. En general se usan cuatro chalanes transportando la subestructura prefabricada, la superestructura también prefabricada, los pilotes y la grúa que son movidos por los remolcadores que a su vez se utilizan durante las maniobras de construcción. Las etapas constructivas son esencialmente las siguientes:

a) Colocación de la subestructura consistente de guías para los pilotes y piezas de contraventeo. b) Hincado de los pilotes. c) Colocación de la superestructura. d) Colocación del equipo que servirá para operar la plataforma.

Como puede observarse en la figura 69 la estructura es a base de secciones tubulares bastante robustas soldadas en forma continua utilizando mano de obra de primera calidad.

Varios tipos de plataformas fijas como la antes presentada se han construido con muy buenos resultados, y se ha experimentado con otros tipos tales como las flotantes y las oscilantes que absorben la energía del oleaje mediante cambios de energía potencial y disipación por fricción, pero su efectividad no ha sido aún confirmada.



EQUIPO DE PERFORACION

SUPRESTRUCTURA

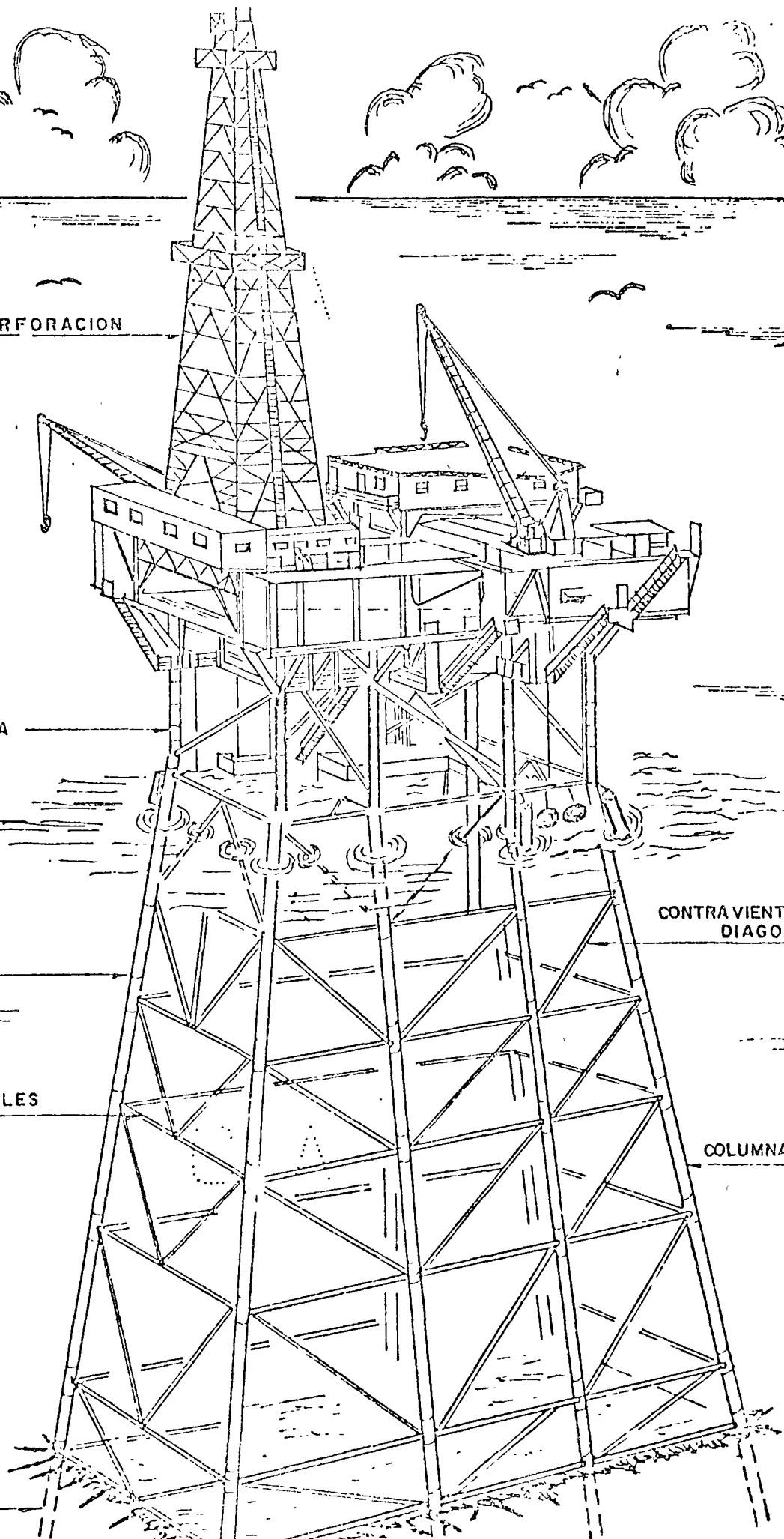
SUBESTRUCTURA

CONTRAVIENTOS HORIZONTALES

CONTRAVIENTOS DIAGONALES

COLUMNAS

PILOTES



El oleaje es determinante en el diseño de las plataformas, por lo cual es necesario poder definir sus características para poder asegurar que la estructura diseñada podrá resistir las condiciones más severas - aún en el caso de tormentas y huracanes. Para ésto se puede proceder a llevar a cabo análisis de registros de oleaje, lo cual es adecuado siempre y cuando los datos con que se cuente sean los obtenidos en un período largo de tiempo y en el sitio preciso donde se instalará la plataforma. - - También se puede hacer una predicción del oleaje ya sea utilizando datos meteorológicos de cartas de tiempo o suponiendo un modelo. Con cualquiera de los métodos descritos se tratará de definir la máxima altura de la ola que se utilizará en el proyecto con una probabilidad de ocurrencia entre 10 y 15 años.

Para definir la altura de la estructura se tomarán en cuenta además del oleaje, la marea astronómica, marea de tormenta y un bordo libre, - generalmente de 1.00 m., con el fin de prever un cierto margen de seguridad a la estructura.

Con base a los desarrollos de Morison, O'Brien y Shaaf para obtener las fuerzas que se ejercen sobre los miembros de una plataforma de perforación, presentaremos algunas fórmulas aplicables en un análisis de este tipo.

Se parte de la expresión de la Hidrodinámica que nos dá la fuerza que un fluido ejerce sobre un cuerpo sumergido en su seno:

$$F = C_M \rho V \frac{\partial u}{\partial t} + 1/2 C_D \rho A |u| u \quad (37)$$

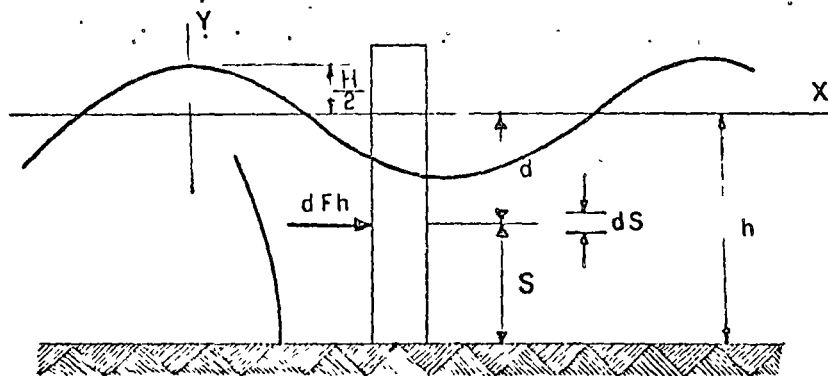
el primer término correspondiendo a la fuerza de inercia del fluido de -- masa  $\rho V$  y aceleración  $\frac{\partial u}{\partial t}$  actuando sobre el cuerpo de volúmen  $V$  ; y el segundo término a la fuerza de arrastre que el fluido con velocidad  $u$ ,

ejerce en el área expuesta  $A$  del cuerpo, al transformarse la carga de velocidad en carga de presión. Los coeficientes  $C_M$  y  $C_D$  corresponden a los efectos de la fricción entre el fluido y el cuerpo.

Para el cálculo de la velocidad  $u$  y la aceleración  $\frac{\partial u}{\partial t}$ , en las expresiones que presentamos a continuación se aplica la teoría lineal de oleaje.

También puede tomarse en cuenta el efecto de las corrientes aplicando la expresión (37) en la forma que se explicó al referirnos a la expresión (9).

Distribución de fuerzas horizontales en las columnas.-



$$dFh = \left( C_M \rho \frac{\pi D^2}{4} \frac{\partial u}{\partial t} + 1/2 C_D \rho D |u| u \right) dS$$

$$\frac{\partial u}{\partial t} = \frac{2\pi^2 H}{T^2} \frac{\cosh [2\pi(Y+d)/L]}{\sinh 2\pi h/L} \sin \theta$$

$$u = \frac{\pi H}{T} \frac{\cosh [2\pi(Y+d)/L]}{\sinh 2\pi h/L} \cos \theta$$

$$Y = \frac{H}{2} \cos \theta$$

$$\theta = 2\pi \left( \frac{X}{L} - \frac{t}{T} \right) = \text{angulo de fase}$$



en donde:

$C_M$  = coeficiente de masa = 2

$C_D$  = coeficiente de arrastre, de 1.2 a 1.6

$\rho$  = densidad del agua de mar

$D$  = diámetro de la columna

$\frac{\partial u}{\partial t}$  = componente horizontal de la aceleración local del fluido.

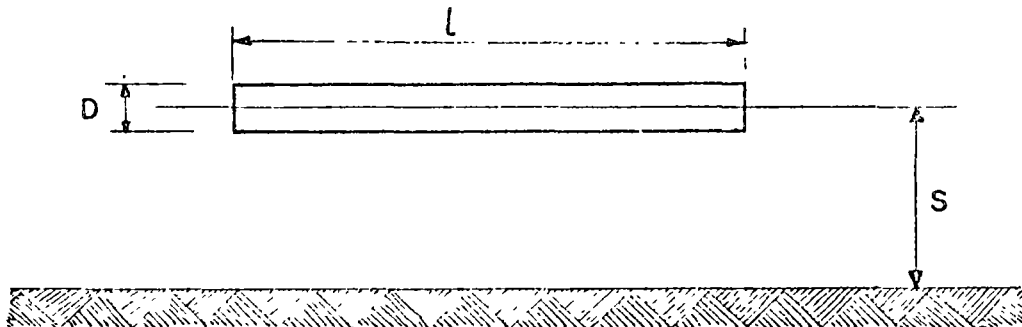
$u$  = componente horizontal de la velocidad de las partículas del agua.

$H$  = altura de la ola

$L$  = longitud del oleaje

$T$  = periodo del oleaje

.. Fuerza horizontal en los contravientos horizontales



$$F_n = \frac{\rho D L}{2} \left( \frac{\pi}{2} D C_M \frac{\partial u}{\partial t} + C_D |u| u \right)$$

$l$  = Longitud del contraviento

$$\frac{\partial u}{\partial t} = \frac{2 \pi^2 H}{T^2} \frac{\cosh [2 \pi (Y + d) / L]}{\sinh 2 \pi h / L} \sin \theta$$

$$u = \frac{\pi H}{T} \frac{\cosh [2 \pi (Y + d) / L]}{\sinh 2 \pi h / L} \cos \theta$$

$$\sin \theta = + \frac{C_M D \pi}{2 C_D H} \frac{\sinh 2 \pi h / L}{\cosh 2 \pi s / L}$$

para la condición más desfavorable

Fuerza vertical total en los contravientos horizontales.-

$$F_v = \frac{\rho D I}{2} \left( \frac{\gamma}{2} D C_M \frac{\partial v}{\partial t} + C_D |v| v \right)$$

$v$  = Velocidad vertical

$$\frac{\partial v}{\partial t} = -\frac{2\pi^2 H}{T^2} \frac{\text{sen } 2\pi S/L}{\text{sen } 2\pi h/L} \cos \theta$$

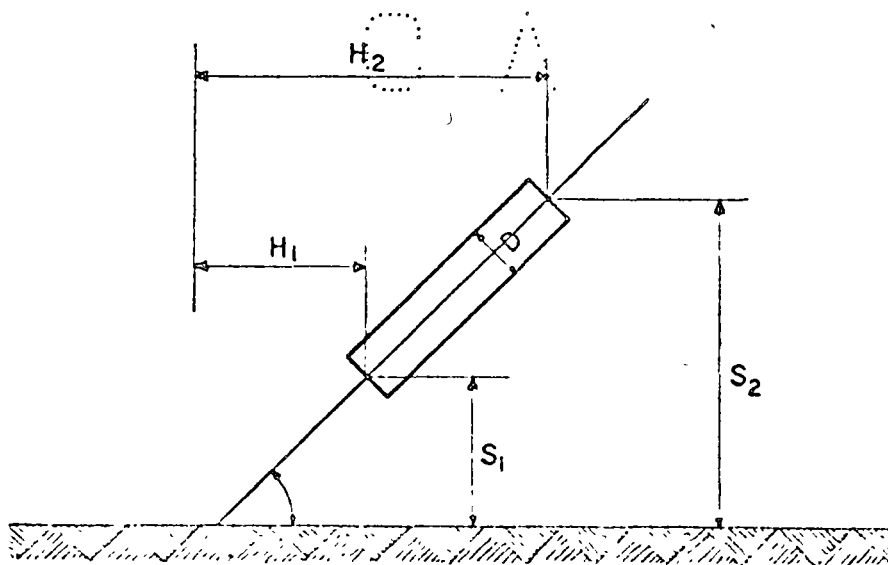
$$v = \frac{\gamma H}{T} \frac{\text{sen } h 2\pi S/L}{\text{sen } \pi h/L} \text{sen } \theta$$

$$\cos \theta = -\frac{C_M D \pi}{2 C_D H} \frac{\text{sen } h 2\pi h/L}{\text{sen } h 2\pi S/L}$$

para la condición más desfavorable

Contravientos diagonales.-

Tendremos como condición más desfavorable al contraviento en un plano vertical perpendicular a la dirección del oleaje.



$$F_h = \frac{\gamma \rho H^2 L}{T^2 \sin \alpha} \left[ \frac{\gamma D}{4H} C_{1A} K_2 \sin \theta + C_D K_1 |\cos \theta| \cos \theta \right]$$

$$K_1 = \frac{\sinh \frac{4\pi S_2}{L} - \sinh \frac{4\pi S_1}{L} + \frac{4\pi S_2}{L} - \frac{4\pi S_1}{L}}{16 \left( \sinh \frac{2\pi h}{L} \right)^2}$$

$$K_2 = \frac{\sinh \left( \frac{2\pi S_2}{L} \right) - \sinh \left( \frac{2\pi S_1}{L} \right)}{\sinh \left( \frac{2\pi h}{L} \right)}$$

$$\sin \theta = + \frac{D C_M K_2}{8 H C_D K_1} \text{ para la condición más desfavorable} \quad \text{ó } \cos \theta = 0$$

$$F_v = \gamma \rho D \frac{H^2 L}{T^2} \left[ - \frac{\gamma D C_M}{4H \sin \alpha} K'_2 \cos \theta + \frac{C_D}{\tan \alpha} K'_1 |\sin \theta| \sin \theta \right]$$

$$K'_1 = \frac{\sinh \left( \frac{4\pi S_2}{L} \right) - \sinh \left( \frac{4\pi S_1}{L} \right) - \frac{4\pi S_2}{L} + \frac{4\pi S_1}{L}}{16 \left( \sinh \frac{2\pi h}{L} \right)^2}$$

$$K'_2 = \frac{\cosh \frac{2\pi S_2}{L} - \cosh \frac{2\pi S_1}{L}}{\sinh \frac{2\pi h}{L}}$$

$$\cos \theta = - \frac{\gamma D C_M}{8 H C_D \cos \alpha} \frac{K'_2}{K'_1} \text{ Para la condición más desfavorable}$$

$$\text{ó } \sin \theta = 0$$

C A

Durante el análisis de una plataforma se tienen que realizar varios tanteos para obtener la condición de carga más desfavorable, no obstante, actualmente es posible disponer de las computadoras electrónicas, y hacer un programa que nos proporcione los esfuerzos en todos los elementos de la estructura tri-dimensional para diferentes condiciones de carga, y llegar en esta forma a la más desfavorable, que determinará el diseño definitivo.

RECOMENDACION PARA LA ELABORACION DE  
ESTUDIOS OCEANOGRAFICOS.

## GENERALIDADES

- I. Un Estudio de este tipo debe proporcionar básicamente, información de los siguientes aspectos:
  - a) Topohidrografía.
  - b) Vientos
  - c) Mareas
  - d) Oleaje
  - e) Corrientes
  - f) Muestreo de los materiales del fondo.
  - g) Levantamiento estratigráfico.
  
- II. Con las conclusiones que se obtengan en los puntos anteriores se elaborarán recomendaciones de:
  - a) Alternativas para solucionar el problema para el cual va a servir el estudio.
  - b) Diseño, en su caso, de la línea submarina tanto para las condiciones de operación como de construcción con el menor riesgo posible.
  
- III. Analizar los costos y aspectos técnicos de la construcción es esencial, aunque sea en forma aproximada, para poder seleccionar la alternativa más conveniente.

## TOPOHIDROGRAFIA

Se deberá obtener un levantamiento general de la zona, de preferencia haciendo sondeos por medios acústicos y trazando curvas de nivel, - puesto que la configuración del fondo normalmente sufre cambios frecuentes en ocasiones muy considerables.

Si lo anterior no puede hacerse, en una forma más aproximada y econó mica se tratarán de aprovechar levantamientos existentes llevados a - cabo por la Gerencia de Exploración, la Secretaría de Marina, The Hydrographic Office of the U.S. Navy, etc.

Para el caso de una línea submarina, se elegirá una localización en que el fondo sea lo más regular posible, siendo necesario levantar el perfil tipo a lo largo del trazo que se elija, así como otros dos perfiles ad yacentes que tan solo confirmarán las características de la franja ele gida, en la cual quedará alojada la tubería y cuya aproximación más - que cuantitativa es cualitativa. Tomando en cuenta que los efectos del oleaje se transmiten hasta una profundidad de aproximadamente la mitad de la longitud de la ola, un criterio para elegir la distancia de los perfi les adyacentes al central es que, esta sea el doble de la máxima profun didad que se tenga.

Para la obtención de los perfiles del fondo se harán sondeos cada deter- minado intervalo de tiempo manteniendo constante la velocidad de la em- barcación al navegar, controlando la posición utilizando la brújula y --

mediante visuales a la plataforma o a balizas colocadas en tierra al navegar en uno y otro sentido. La posición horizontal de la embarcación en el momento de un sondeo puede fijarse mediante la intersección de las visuales de dos tránsitos colocados en tierra. La experiencia ha demostrado conveniente llevar a cabo sondeos a cada 500 m. de distancia horizontal a lo largo del trazo reportando profundidades en metros referidas al nivel de marea baja media en sicigias.

### W I E N T O S

El viento al soplar sobre el océano origina corrientes y oleajes, merced al esfuerzo tangencial que ocasiona sobre la superficie, que junto con las variaciones de presión hace que el agua se mueva. Por otro lado, las instalaciones marítimas reciben la presión del viento que viene a ser una carga básica de diseño.

Por las razones anteriores es necesario contar con registros de viento reinante y de intensidad máxima.

Dichos registros pueden obtenerse de datos estadísticos del lugar o bien recurriendo a las cartas de la Hydrographic Office of the U. S. Navy.

### M A R E A S

Las mareas son importantes no solo por los niveles que alcanzan sino también por las corrientes que originan.

Es costumbre en las obras marítimas de México referir las elevaciones al nivel de marea baja media en sicigias, siendo muy importante conocer la pleamar máxima registrada, la bajamar mínima registrada y el nivel medio del mar.

Estos datos pueden obtenerse de las Tablas de Predicción de Mareas - que publica el Instituto de Geofísica de la Universidad Nacional Autónoma de México.

#### OLEAJE

Un efecto muy importante en la instalación de líneas submarinas en aguas profundas es la condición de la superficie en que se requiere que opere el equipo de tendido, lo cual es también determinante para el diseño de obras marítimas exteriores, incluyendo las plataformas de perforación.

Por esto, se requiere realizar un análisis del oleaje para obtener su altura, longitud, dirección, período y probabilidad de ocurrencia, y poder definir los programas de trabajo con base a las condiciones del mar bajo las cuales pueden trabajar los diferentes tipos de equipo o estructuras. Para un diseño racional se requeriría obtener registros de un año cuando menos, lo cual raras veces es posible.

El procedimiento más común consiste en instalar un ológrafo, el cual mide amplitud y longitud. Esta información junto con las olas observadas y datos estadísticos, proporcionarán las olas de diseño que se utiliza



rán para determinar la forma en que las condiciones superficiales -- afectan las maniobras. De ser posible, es del todo recomendable llevar a cabo un modelo físico o matemático.

La información en cuanto a la dirección del frente de olas y la forma de su ocurrencia es de vital importancia para poder determinar el período en que el equipo puede trabajar. Para diseño se recomienda ele gir una ola con una probabilidad de ocurrencia entre 10 y 15 años.

También en este caso puede recurrirse a la información aproximada que proporcionan las cartas de la Hydrographic Office de la U. S. Navy.

Experimentalmente se ha comprobado que los efectos del oleaje se trans miten hasta una profundidad de aproximadamente la mitad de la longitud de la ola. Puesto que, las longitudes de las olas de huracán alcanzan - hasta 300 m., el efecto del oleaje puede actuar en profundidades hasta de 150 m., lo cual raramente sucede en nuestro país en que la longitud de las olas es del orden de 60 m. en profundidades de 50 m., y tan solo se requiere tener precauciones con la erosión en la playa desde la costa hasta una profundidad de 10 m. aproximadamente. No obstante, en cuanto a lo que respecta al efecto de las condiciones superficiales en la operación del equipo, olas con alturas de 2 m. o mayores ya son signi ficantes en dificultar el trabajo y éstas se presentan con mucha frecuen cia en las costas mexicanas, recomendándose como mejor época para trabajar el período comprendido entre los meses de abril y julio y prác ticamente prohibitivo trabajar entre los meses de noviembre y febrero.

Con base en los principios de la Hidrodinámica y la teoría del oleaje es posible determinar la fuerza sobre un cuerpo sumergido en el mar.

### CORRIENTES

Las corrientes pueden ser producidas por la acción del viento, la variación de mareas y el oleaje, y en ocasiones llegan a ser oscilatorias. Sus efectos en las obras marítimas son determinantes para el proyecto de éstas.

Existen varias maneras de determinar las velocidades de las corrientes y en orden de conveniencia recomendaremos: la colocación de corrientómetros en diferentes localizaciones y profundidades, la aplicación de las expresiones teóricas conocidas y las cartas de la Hydrographic Office of the U.S. Navy.

Con base a los principios de la Hidrodinámica, se puede obtener la fuerza de arrastre de la corriente al actuar sobre una tubería submarina, ya sea durante su tendido o su operación. La socavación en las zonas cercanas a una tubería submarina y el claro máximo que puede soportar entre dos prominencias del fondo están también íntimamente ligados con las corrientes que se presentan. Todo esto determina la protección necesaria que puede ser: a base de lastre, enterrarla en el fondo con un recubrimiento de terreno mínimo de 1.00 m., mediante anclas fijas en el terreno o colocando material grueso en la zona afectada.

## MUESTREO DE LOS MATERIALES DEL FONDO

Para propósitos de diseño es necesario obtener muestras de los materiales del fondo; existen varios tipos de equipo para llevar a cabo este tipo de trabajo hasta profundidades del orden de 400 m. a razón de 50 muestras por día.

La longitud del sondeo depende desde luego del tipo de terreno y será del orden de 3.00 m. para arcilla blanda, 1.00 a 2.00 m. en arena, 50 cm. en arcilla compacta y prácticamente nada en roca.

Para poder determinar la estabilidad del fondo se requiere información de las siguientes propiedades del terreno: resistencia al esfuerzo cortante, densidad natural, densidad del suelo seco, límites de Atterberg, contenido de agua, peso específico, factor de erosión del suelo, densidad líquida de la arena, relación de vacíos, etc.

## LEVANTAMIENTO ESTRATIGRAFICO

En el caso de líneas submarinas, para que el perfil del terreno sea lo más completo posible, es conveniente además del levantamiento topográfico y muestreo del fondo, obtener las densidades de los estratos subyacentes. Esto puede también llevarse a cabo por medios acústicos. Todos estos datos combinados en el perfil tipo nos permitirá reducir al mínimo o eliminar claros que causarían esfuerzos excesivos en la tubería que los cruce.

Para el caso de la cimentación de una obra marítima en general, incluyendo las plataformas, es necesario llevar a cabo varios sondeos distribuidos en tal forma de poder determinar las características del área en estudio y poder trazar perfiles en ejes principales, en los cuales además de describir las características de cada material de los estratos subyacentes, se indique: densidad del suelo sumergido, densidad del suelo saturado, densidad del suelo seco, ángulo de fricción, cohesión, capacidad de carga, resistencia por fricción en el caso de pilotes, curvas de consolidación, etc. En el caso de que se opte por utilizar pilotes, es del todo recomendable llevar a cabo pruebas de carga vertical y horizontal y presentar los resultados de varias de estas distribuidas en tal forma de abarcar toda el área en estudio.

#### PRESENTACION DE RECOMENDACIONES.

En general se presentarán varias alternativas de como solucionar problemas tales como: construir una estructura de operación o protección, evitar azolves, evitar socavaciones, tender una línea submarina, etc. Para el caso de una línea submarina, se presentarán recomendaciones dando resultados numéricos y de preferencia referidos al perfil tipo de los siguientes aspectos:

- a) Tipo de zanja en el caso de que se requiera
- b) Profundidad a la que debe quedar enterrada (tomando en cuenta que el recubrimiento mínimo de terreno debe ser 1.00 m.).

- c) Tipo de anclas en caso de que se requieran.
- d) Protecciones interior, exterior y con lastre.
- e) Espesor y densidad del recubrimiento de concreto para lastre  
(Es bastante frecuente proporcionar dicho recubrimiento para darle a la tubería una densidad relativa del orden de 1.3).
- f) Velocidades de las corrientes
- g) Variación de mareas
- h) Características del oleaje
- i) Características del viento
- j) Materiales del fondo y los estratos subyacentes
- k) Procedimientos constructivos
- l) Esfuerzos máximos durante la operación y el tendido.
- m) Equipo necesario.

Todo esto acompañado en el caso de ser posible, de cálculos y gráficas o tablas en cuanto a:

- a) Fuerzas hidrodinámicas.
- b) Peso específico requerido para la acción de fuerzas hidrodinámicas.
- c) Esfuerzos de flexión debidos a las fuerzas hidrodinámicas y peso propio durante la operación y la construcción.
- d) Estabilidad del terreno
- e) Fallas probables de colapso o inestabilidad elástica.

## COSTOS Y ASPECTOS TECNICOS

Como ya se dijo al principio, los costos de las diferentes alternativas y la capacidad técnica con que se cuente para llevar a cabo los trabajos son definitivos para elegir la solución más conveniente al problema.

## ESTUDIOS ESPECIALES

En lo anterior, nos hemos referido a los estudios que proporcionan la información básica previa a la realización de un proyecto marítimo.

Dicha información será más útil mientras mejores bases tenga, es por ello que los estudios del tipo estadísticos y de investigación son muy valiosos.

Los estudios estadísticos consisten en colocar por un período largo de tiempo, mínimo de un año, aparatos que nos proporcionen continuamente información en cuanto a las condiciones oceanográficas en las zonas en que se piensen construir obras marítimas en el futuro, tal como: velocidad del viento, variación de mareas, corrientes, oleaje, arrastres litorales, socavación, azolve, topohidrografía, etc.

Por lo que respecta a los trabajos de investigación, que de hecho también pueden ser del tipo estadístico, consisten en obtener además de la información en cuanto a condiciones oceanográficas, la correspondiente al comportamiento de la estructura en condiciones reales (modelo a

escala natural) o bien en un modelo físico o matemático. La información que se presentaría en este caso sería: esfuerzos o deformaciones obtenidas con medidores especiales, elementos mecánicos, efectos corrosivos, etc... Se recomienda en este caso la aplicación de los métodos variacionales y la computación electrónica.







centro de educación continua  
facultad de ingeniería, unam



INGENIERIA OCEANICA

Funciones y Atribuciones Oficiales del  
Instituto Nacional de Pesca.

Ing. Luis Kasuga Ozaka



La presente información tiene como finalidad dar a conocer en forma breve al público, en especial al medio pesquero del país, cuáles son las funciones y atribuciones oficiales del Instituto Nacional de Pesca y en qué consisten sus programas de trabajo, a fin de dar orientación y facilidad para el planteamiento de consultas técnicas.

Cualquier información adicional o consultas que se requieran, pueden solicitarse a:

INSTITUTO NACIONAL DE PESCA  
Chiapas 121  
Col. Roma Sur  
México 7, D. F.

Teléfonos:

584-44-96

584-59-83

FUNCIONES DEL INSTITUTO NACIONAL DE PESCA

1. ACTUAR EN ESTRECHA COORDINACION CON LAS DEMAS DIRECCIONES GE  
NERALES DE LA SUBSECRETARIA DE PESCA QUE SON: DE PLANEACION  
Y PROMOCION PESQUERA, DE REGIONES PESQUERAS, DE TECNOLOGIA  
PESQUERA Y DE CAPACITACION Y FOMENTO COOPERATIVO PESQUEROS;  
ASI COMO LA EMPRESA ESTATAL PRODUCTOS PESQUEROS MEXICANOS,  
S. A. DE C.V.
2. COMPLETAR Y MANTENER UN INVENTARIO DE LOS RECURSOS PESQUE-  
ROS NACIONALES DE INTERES ACTUAL O POTENCIAL, SEÑALANDO EN  
CARTAS PESQUERAS SU DISTRIBUCION CON FINES DE PROGRAMACION,  
INFORMACION A LA INDUSTRIA Y ADMINISTRACION PESQUERA.
3. ATENDER CONSULTAS TECNICAS SOBRE LA EXPLOTACION DE LOS RE-  
CURSOS PESQUEROS Y ASESORAR ACERCA DE LA APLICACION DE ME-  
DIDAS PARA SU CONSERVACION, CON BASE EN LOS ESTUDIOS CIENTII  
FICOS RESPECTIVOS.
4. DETERMINAR PARA CADA RECURSO, EXPLOTADO O NO, EL NIVEL OP-  
TIMO DE CAPTURA INDICANDO EN CADA CASO LAS TEMPORADAS Y  
AREAS QUE OPTIMICEN LAS OPERACIONES DE PESCA.
5. SOBRE BASES CIENTIFICAS, INCREMENTAR EL USO DE METODOS MO-

DERNOS DE CULTIVO Y PROPAGACION DE RECURSOS PESQUEROS EN  
EL MEDIO RURAL Y CAMARONES Y OSTRAS EN LAGUNAS LITORALES.

6. ESTUDIAR LA BIOQUIMICA DE LOS PRODUCTOS PESQUEROS; LOS PROCESOS PARA SU CONSERVACION Y MANIPULACION; LAS NORMAS PARA EL CONTROL DE SU CALIDAD; SU DISTRIBUCION Y SU TRANSFORMACION INDUSTRIAL Y COMERCIAL; PRESTAR ASESORIA AL RESPECTO Y PROMOVER EL USO GENERALIZADO DE NUEVOS Y MEJORES PROCESOS TECNOLOGICOS.
7. REALIZAR INVESTIGACIONES SOBRE LOS MEDIOS Y LOS METODOS DE CAPTURAS DE NUEVAS MODALIDADES QUE FACILITEN Y AUMENTEN LA PRODUCCION.
8. INTERVENIR EN LA ELABORACION DE LOS PLANES Y PROGRAMAS DE EDUCACION PESQUERA, PARA PONER EN PRACTICA EN LOS CURSOS REGIONALES DE LA DIRECCION GENERAL DE CAPACITACION Y FOMENTO COOPERATIVO PESQUEROS.
9. DESDE LAS ESTACIONES DE INVESTIGACION PESQUERA EN LOS LITORALES, REALIZAR TRABAJOS DE INVESTIGACION CIENTIFICA Y COLABORAR CON LOS GOBIERNOS FEDERAL Y ESTATAL EN LOS PLANES DE DESARROLLO PESQUERO REGIONAL. ASI MISMO DESARROLLAR ACTIVIDADES DE INFORMACION Y DE ORIENTACION PESQUERA, CON EL OBJETO DE DESPERTAR INTERES EN ESTA ACTIVIDAD Y AYUDAR A MEJORAR SUS PROCEDIMIENTOS.

10. EN COORDINACION CON OTRAS DEPENDENCIAS, TRATAR LOS PROBLEMAS DE CONTAMINACION DE AGUAS DE INTERES PESQUERO, ASI COMO EL ESTABLECIMIENTO DE MEDIDAS NORMATIVAS DEL MANEJO, CONSERVACION Y COMERCIALIZACION DE PRODUCTOS PESQUEROS.

## INSTITUTO NACIONAL DE PESCA

### PROGRAMA CAMARON DEL PACIFICO

Debido a la importancia que este recurso representa para la economía pesquera de nuestro País, el Instituto Nacional de Pesca se aboca a la resolución de los problemas más urgentes de su pesquería, desarrollando un programa que atiende aspectos diversos, tales como conocimiento de la dinámica de poblaciones (sus respectivos parámetros de crecimiento, mortalidad, reproducción y reclutamiento); asesoría a los sectores pesqueros especialmente en épocas de veda sugiriendo las fechas de apertura de la temporada de pesca; estimación de la efectividad de las artes de pesca; etc. Estas indicaciones tienen como finalidad principal orientar al pescador, de tal modo que pueda obtener los mejores rendimientos sin peligro de afectar la abundancia del recurso.

Para cumplir adecuadamente con tales objetivos el Programa Camarón del Pacífico cuenta con personal (Biólogos, Técnicos Pesqueros y Ayudantes) adscritos en las Estaciones de Investigación Pesquera ubicadas en Guaymas, Mazatlán y Salina Cruz, así como un Laboratorio Central en la Ciudad de México. Los estudios que se realizan son en base a muestreos de camarón en alta mar, en lagunas costeras y en plantas congeladoras, los datos así obtenidos se procesan mediante métodos específicos, pudiendo conocerse por ejemplo que en las primeras etapas de su vida el camarón crece en promedio 7 mm por semana (en esteros) dependiendo en forma significativa de la salinidad; también se sabe que la hembra crece más rápido que el macho. Por otro lado se conoce que en las capturas de alta mar domina la especie de camarón café y en esteros el camarón blanco. También se analiza la flota pesquera, sus características, su poder de pesca y aspecto económico, ya que de esta forma se determina la captura por unidad de esfuerzo, que es una medida relativa para conocer la densidad de población, abundancia y rendimiento.

Paralelamente a estos trabajos, se ha logrado en colaboración con las cooperativas, determinar la fecha apropiada para el cierre y apertura de tapos llave en las lagunas costeras, en base a muestreos periódicos realizados en dichas zonas los cuales trajeron como resultado que en el año 1973 se cerraran el día 8 de agosto redundando en gran beneficio de los pescadores ya que al volver a pescar obtienen camarón de talla más grande. En el presente año, durante el mes de mayo se iniciaron los muestreos en alta mar para determinar la época de veda en el litoral del Pacífico.

En Guaymas y Mazatlán se han efectuado trabajos de selectividad de las redes camaroneras, que permiten indicar al pescador cual es la malla de red más conveniente a sus necesidades. Se proporcionó asesoría en lo referente al uso de redes gemelas, que se pretenden utilizar.

Finalmente los resultados obtenidos son publicados en boletines que sirven de información al Sector Pesquero y personas interesadas en este tema.

## INSTITUTO NACIONAL DE PESCA

### PROGRAMA CAMARON DEL GOLFO DE MEXICO

El Programa Camarón del Golfo de México opera con base en las Estaciones de Investigación Pesquera que el Instituto Nacional de Pesca tiene en Tampico, Tamps.; Ciudad del Carmen, Camp.; Campeche, Camp.; Progreso, Yuc. e Isla Mujeres, Q. Roó; así como en la Ciudad de México, donde se encuentra la Jefatura.

El Programa tiene como objetivo fundamental conocer profundamente el recurso camaronero y su pesquería (es decir: dónde se encuentra, en qué cantidad, cómo se encuentra, cómo cambia y cuánto se puede pescar) a fin de poder estar en condiciones de predecir las capturas futuras y recomendar a la industria el régimen de explotación que asegure el máximo rendimiento económico.

Actualmente se tienen en operación dentro de este programa los siguientes proyectos: 1) Análisis bianual del poder de pesca de la flota (para cada puerto camaronero importante); 2) Muestreo y análisis de la captura comercial (para Banco del Contoy, Banco de Campeche y Noroeste del Golfo) y Estudio de la pesquería de camarón blanco en la Laguna de Términos y aguas adyacentes (por su importancia muy especial), estudio y evaluación de la eficiencia de los equipos, métodos y artes de pesca de camarón en el Golfo de México.

Para esto se cuenta con biólogos, técnicos pesqueros y auxiliares técnicos distribuidos convenientemente en los centros de trabajo. El personal de las estaciones de la costa realiza muestreos de la captura comercial en las plantas congeladoras y a bordo de los barcos; reúne información sobre la flota camaronera, su régimen de operación y sus rendimientos e información adicional sobre la industria.

Los datos así obtenidos son semiprocesados en las estaciones y transferidos a la Ciudad de México, donde se afina su procesamiento e integración. Los resultados son publicados en forma de boletines e informes de investigación.



## INSTITUTO NACIONAL DE PESCA

### PROGRAMA ABULON

En el Instituto Nacional de Pesca se ha estructurado un programa con la participación de la Estación de Investigación Pesquera de El Sauzal, B.C. y las cooperativas abuloneras de la región. Se plantea entre sus objetivos el de mantener un nivel óptimo de captura y evitar una posible sobreexplotación. Se requiere conocer la abundancia de las especies en los diferentes campos de pesca, observar la veda durante los meses de reproducción y establecer una talla mínima de captura que proteja a los reproductores.

La zona de pesca es muy amplia y abarca desde Isla Coronado hasta Bahía Magdalena, en la costa occidental de Baja California. Para ordenar su estudio, el área de pesca se ha dividido en 4 zonas:

Zona I Esta primera zona va desde los límites de México con Estados Unidos hasta Punta San Rosalita, en la que operan las Cooperativas Ensenada y Rafael Ortega Cruz.

Zona II Comprende el conjunto de islas formado por Cedros, Benitos y Natividad, operando en ella las Cooperativas Pescadores Nacionales de Abulón, Buzos y Pescadores y Noroeste.

Zona III Desde Punta Malarrimo hasta Punta San Pablo. Cooperativas: Purísima, Emancipación, Tortugas y California San Ignacio.

Zona IV De Punta San Pablo a Punta Abreojos, que cuenta con las Cooperativas Progreso y Abreojos.

Para llevar a cabo el estudio de las 5 especies de abulón, ha sido necesario efectuar muestreos mensuales en los principales bancos de pesca. Estos muestreos consisten en el registro de las longitudes, peso de callo y sexo de los individuos. Se procede a la elaboración y análisis estadístico con el fin de obtener gráficas y cuadros de agrupamiento por tallas, de tal manera que nos indique la composición de la captura. Posteriormente se lleva a cabo el análisis de la población, por medio de modelos matemáticos, que permite calcular la edad a la que se capturan los individuos de las 5 especies, la velocidad de crecimiento, la proporción de individuos adultos que se incorporan a la pesquería en cada ciclo anual y la mortalidad por pesca.

Hasta la fecha se ha logrado un avance considerable en el conocimiento del ciclo de vida de las especies, definir la época de reproducción y recomendar las tallas mínimas de captura, así como establecer las cuotas de captura para cada zona de pesca y de cada especie.

En cuanto a las técnicas de trabajo y dado el gran volumen de información que se recaba a partir de los muestreos realizados en la zona de pesca, se ha hecho indispensable recurrir al auxilio del procesamiento electrónico de los datos, lo que hace posible obtener los resultados en forma inmediata.

## INSTITUTO NACIONAL DE PESCA

### PROGRAMA LANGOSTA DEL PACIFICO

Este recurso natural proporciona actualmente un ingreso bastante alto a nuestro país, por concepto de exportación, dada su buena aceptación en el mercado internacional. Por esta razón, a la industria pesquera le conviene saber con anticipación a sus inversiones qué debe hacer; es decir, conocer si sus actividades le reeditarán beneficio o no.

Actualmente, la biología pesquera ha aumentado mucho sus conocimientos sobre recursos naturales susceptibles a una explotación racional; lo que permite, mediante ciertas normas de explotación, predecir los rendimientos óptimos a menor costo.

Como primer paso indispensable, el biólogo pesquero reúne toda la información posible sobre la biología de la especie que se desea explotar, como: fechas de las "corridas", áreas de desove, tipo de fondos con mayor abundancia de langostas adultas, tipo de alimentación más "apetecida" para utilizarla como carnada, tipo de artes de pesca más efectivas, etc. Se hacen mediciones y pesajes en muestreos estadísticos sistemáticos, los cuales contienen información detallada de las langostas y de su medio ambiente.

En una segunda etapa de trabajo, se procesa la información reunida (lo menos durante un año para que se abarque las cuatro estaciones) y con la ayuda de ciencias tales como la física, la hidroquímica, la oceanología pesquera, la biogeografía, bioestadística, etc., se obtienen resultados que permiten a corto y a largo plazo una explotación racional del recurso, ajustándose lo más posible a pronósticos y cálculos hechos en base a la dinámica de la población que se estudia. Se estima así el crecimiento, las tallas en que desovan las hembras por primera vez, la fecundidad, la mortalidad, etc.

El tercer paso, muy necesario, es cumplir estrictamente la reglamentación de la explotación pesquera y su industrialización, tomando en cuenta los resultados de los estudios biológico-pesqueros, a fin de incrementar la pesca en base a los conocimientos científicos recabados por nuestros especialistas.

Estas son las tareas que sistemáticamente desarrollan dentro del Programa de Langosta del Pacífico, las Estaciones de Investigación Pesquera de Ensenada y La Paz, en Baja California, cuyas investigaciones están avanzadas y sus resultados se encuentran en las publicaciones del Instituto.

## INSTITUTO NACIONAL DE PESCA

### PROGRAMA LANGOSTA DEL CARIBE

El Programa de Langosta del Caribe tiene como base principal de operaciones la Estación de Investigación Pesquera de Isla Mujeres, Q. Roó, donde la pesca de este crustáceo está mejor organizada y se cuenta con mejores condiciones para trabajar, dada la buena disposición de cooperación del medio pesquero. Desde allí se hacen incursiones a lo largo de la costa de todo el Territorio de Quintana Roó, realizando muestreos de langosta del medio natural y de la captura comercial y obteniendo información de la industria y de todas las operaciones de la pesquería.

El objetivo fundamental es el estudio del recurso y su pesquería con el fin de poder asesorar a los sectores público y privado sobre su correcta administración.

Esto implica estudios de las poblaciones de langosta en nuestras aguas y de su reacción al régimen pesquero nuestro; pero también requiere de la cooperación e intercambio de información a nivel internacional, por lo que además se trabaja en ese sentido.

Los datos resultantes de los trabajos de campo son ordenados y semiprocesados en la Estación de Investigación Pesquera de Isla Mujeres y después remitidos a la Ciudad de México, donde se termina su análisis e interpretación.

Actualmente se tienen considerables avances en el desarrollo de este programa de investigación, tanto por lo que se refiere a los estudios de población como a las operaciones de captura, medida del esfuerzo, etc. No obstante por su naturaleza misma, los trabajos deben continuarse por tiempo indefinido para una asesoría constante al medio pesquero. Se ha abarcado con mayor atención el área de Isla Mujeres y sus cercanías y con intensidad un poco menor a otras localidades como Holbox al Norte y Cozumel, Vigía Chico e Ixcalak al Sur, aunque se mantienen magníficas relaciones de cooperación con las seis cooperativas pesqueras del Territorio, con su Federación y con la industria, de tal forma que los trabajos se desarrollan con su activa participación y serán intensificados en toda la región.

## INSTITUTO NACIONAL DE PESCA

### PROGRAMA DE TORTUGAS MARINAS

Está dividido en tres unidades que obedecen a la situación geográfica del recurso y sus diferentes necesidades:

- a) Golfo de México - Enfocado exclusivamente a la restauración de la población de Tortuga Lora. Los trabajos se realizan en la costa de Tamaulipas, en la playa conocida como "Rancho Nuevo", Municipio de Aldama y consisten en transplante de huevos, cuidado de crías y liberación hasta de una semana de edad, marcado de hembras adultas y estudios biológicos de la especie para conocer su crecimiento, mortalidad, migraciones, etc.
- b) Océano Pacífico - Los trabajos de protección se realizan en colaboración con las Sociedades Cooperativas que explotan el recurso, en cada zona, y son esencialmente los anotados en el punto (a). El muestreo de la captura comercial y la información estadística ocupan una parte principal de los estudios, ya que estos se realizan con el interés de afinar la evaluación del recurso y establecer su administración adecuada. Los lugares de protección están en las playas de Mismaloya, Jal., Piedra de Tlacoyunque, Gro., y Playa de la Escobilla, Oax., donde principalmente se reproducen las tortugas: golfina, prieta, y chalupa o laud.
- c) Caribe - El estudio se realiza en la Estación de Investigación Pesquera de Isla Mujeres y consiste principalmente en la protección de las hembras maduras de tortugas blanca y cahuama, las cuales son separadas en corrales especiales hasta que desovan y posteriormente son llevadas al rastro. Se lleva registro del número de nidos, cuidado de crías y sus hábitos alimenticios, así como información estadística de la captura comercial y el esfuerzo pesquero.

El conjunto de la información obtenida se integra y analiza en el laboratorio Central del Instituto Nacional de Pesca y con los resultados se establecen regulaciones para la pesquería, las cuales son variables cada año, de acuerdo a la situación del recurso. Algunos de estos resultados o recomendaciones son publicados en boletines e informes. De estos estudios, se han obtenido: rutas de migración, hábitos alimenticios, velocidad de crecimiento, épocas y áreas de reproducción y fecundidad. Están en proceso: información sobre mortalidad, reclutamiento y esfuerzo de pesca.

## INSTITUTO NACIONAL DE PESCA

### PROGRAMA DE EXPLORACION PESQUERA

El Programa de Exploración Pesquera tiene por objeto investigar los recursos pesquero potenciales y algunos en explotación, tanto pelágicos, como de fondo en el Noroeste del país, principalmente en el Golfo de California y en la costa occidental de la península de Baja California.

Las actividades que desarrolla son:

- a) Prospección en la costa Oeste de Baja California y Golfo de California, mediante cruceros de pesca de periodicidad mensual para determinar la abundancia y distribución de merluza, langostilla, sardina crinuda, sardina monterrey, anchoveta y calamar.
- b) Estudios de Hidrografía y Plancton, simultáneos a las actividades de pesca, para determinar la influencia de los factores físicos y químicos en la abundancia de los recursos y ampliar el conocimiento biológico.
- c) Recopilación de estadísticas de captura, control de las operaciones de la flota pesquera y muestreos de las descargas comerciales para el estudio de la biología y dinámica de las poblaciones de sardina y anchoveta, para administrar las pesquerías.

Para el cumplimiento de los objetivos, el Programa de Exploración Pesquera comprende las siguientes secciones, de acuerdo con las diferentes tareas que engloba el programa:

1. Especies de Fondo y Media Agua
2. Sardina y Anchoveta
3. Plancton
4. Hidrología

Los cruceros de investigación se realizan con los barcos Alejandro de Humboldt y Antonio Alzate, cuya base es el Puerto de Mazatlán. En cada crucero participan 8 técnicos en el primer barco citado y 4 en el Alzate.

El trabajo se desarrolla en el Laboratorio Central y en las Estaciones de Investigación Pesquera de: a) Ensenada, B.C., b) Guaymas, Son., c) Mazatlán, Sin.

## INSTITUTO NACIONAL DE PESCA

### PROGRAMA DE SERVICIOS TECNICOS

Es un sistema interno a través del cual se canaliza la información científica y técnica del Instituto a las autoridades conectadas con la pesca, a dependencias e instituciones de investigación científica, al sector pesquero y al público interesado en esta actividad.

La información es oral mediante la atención directa a las personas consultantes de diversos sectores; o escrita, a través de la correspondencia oficial y de las publicaciones del Instituto, que informan u orientan a nivel científico, técnico y popular.

Un aspecto importante de la actividad de este Programa, es la asesoría a los sectores público y privado mediante opiniones técnicas sobre:

- vedas y cuotas de captura;
- permisos de pesca comercial y científica;
- integración de nuevas organizaciones cooperativas;
- información general sobre los recursos pesqueros;
- otros tópicos de la información pesquera.

Cuenta con una biblioteca especializada, con información de la pesca en todo el mundo, cuyo servicio está abierto no sólo al personal propio del Instituto, sino a disposición de otras instituciones o personas interesadas en la materia.

Las fuentes de información que aseguran la eficiencia de este Programa forman una basta red que involucra:

- Biblioteca especializada, con información mundial
- Archivo técnico, con información nacional propia  
ubicadas en ambos litorales.
- Personal móvil que cubre otras áreas del país
- Veinte programas de investigación que informan continuamente de sus avances en todo el territorio nacional.
- Activa correspondencia con instituciones nacionales y del exterior.

## INSTITUTO NACIONAL DE PESCA .

### PROGRAMA DE PROCESOS INDUSTRIALES

El Programa de Procesos Industriales consiste fundamentalmente en la experimentación en tecnología de los productos pesqueros, con miras a mejorar los actuales procedimientos de transformación y desarrollar técnicas nuevas que los hagan más aprovechables.

La importancia de estos trabajos se comprende claramente al observar que en México el consumo de productos pesqueros es todavía demasiado bajo, lo que en buena medida se debe a que tradicionalmente se expenden en estado "fresco", es decir, sin transformar, lo que suele reflejarse en una calidad baja o al menos dudosa que crea desconfianza del consumidor. A esto se puede añadir que el público con frecuencia conoce sólo unas cuantas especies, que casi siempre no sabe cómo preparar para comer.

Paradójicamente, nuestro país cuenta con una extensa variedad de especies pesqueras comestibles, algunas de ellas con buena demanda potencial en el mercado exterior, pero que desafortunadamente no son bien aprovechadas por desconocimiento de los procesos de transformación industrial.

El Programa de Procesos Industriales demuestra las diversas formas de presentación de los productos pesqueros como salado, ahumado, seco, congelado, enlatado, en harina; así como la elaboración de nuevos derivados o productos como concentrados proteínicos, salchichas, jamones, galletas, pasteles, etc., que los hacen más atractivos, más sanos, más accesibles para nuestro pueblo y más valiosos para el mercado exterior.

Nuestro personal técnico, básicamente ingenieros bioquímicos y técnicos pesqueros, realizan estas labores y cubren, además, tareas de promoción y educación adiestrando a pescadores en técnicas sencillas de conservación y transformación, realizando pruebas y demostraciones de nuevos productos y divulgando en publicaciones las técnicas logradas para hacerlas más accesibles a la industria pesquera.

El Programa de Procesos Industriales se aboca, desde ahora, a resolver los problemas de aprovechamiento industrial que afrontará en un futuro próximo la explotación en gran escala de grandes volúmenes de recursos pesqueros aún no capturados como la langostilla, la merluza y el calamar de la costa occidental de Baja California.

## INSTITUTO NACIONAL DE PESCA

### PROGRAMA CONTROL DE CALIDAD DE PRODUCTOS DE LA PESCA

El consumo de productos del mar, especialmente de pescado es aún muy bajo en México, comparado con otros países, en función de la capacidad potencial de producción de nuestros mares y lagunas costeras y especialmente en función de la necesidad de nuestra población de consumir diariamente más alimentos de alta calidad como lo son los productos mencionados. Diversos programas del Instituto Nacional de Pesca tienen como principal objetivo la conservación y desarrollo de la producción de diversas especies acuáticas de importancia comercial y consumo popular. El programa de Control de Calidad de los Productos de la Pesca tiene la finalidad de hacer llegar esos productos al mercado en buen estado de frescura para protección de su salud y que a la vez les resulten agradables al paladar para que los incluyan en su dieta diariamente. El programa incluye el adiestramiento técnico y orientación económica acerca de la mejor forma de conservar y manipular sus productos para evitar pérdidas en almacenaje y transporte; pero sobre todo, para presentarlos a la venta con la máxima calidad. En esta misma forma se protegerán los productos de exportación como el camarón por ejemplo, ya que los países compradores son más exigentes cada día y en base a esa calidad, se podrán promover en el exterior otras especies de alto valor comercial como el ostión.



## INSTITUTO NACIONAL DE PESCA

### PROGRAMA DE ESTUDIOS SOBRE CONTAMINACION

El Instituto Nacional de Pesca, dada la importancia que tienen los recursos pesqueros en nuestro país y debido a que es tos en algunos casos se han visto seriamente afectados a cau sa de la contaminación, ha organizado un Programa de Estudios de la Contaminación de aguas de interés pesquero, el que cuenta con dos brigadas integradas por personal técnico (Biólogos, Ingenieros, Bioquímicos, Oceanólogos, Ingenieros Civiles) que están siendo equipados con Laboratorios móviles para hacer todas las determinaciones fisico-químicas y bacteriológicas de la calidad del agua, en los lugares donde sean requeridos sus servicios.

Los objetivos principales de este programa son:

- 1.- Elaboración de un catastro general de fuentes de contami nación.
- 2.- Estudio sobre Contaminación por plaguicidas y fertilizan tes en las Lagunas de Ensenada del Pabellón y Bahía de Altata.
- 3.- Conocer los efectos de las descargas de desechos en el medio acuático.
- 4.- Colaborar con dependencias relacionadas con programas de estudio o combate de la contaminación acuática.

La contaminación de las aguas nacionales por desechos industriales, agrícolas y municipales es uno de los problemas a los cuales se les debe de dar pronta solución, para evitar un desequilibrio ecológico en los medios ambientales y por ello es de desear que las dependencias gubernamentales, las industriales, los diversos centros de investigación y público en general, estén conscientes de los problemas que ocasio na la contaminación y ayuden en la medida de sus posibilidades a su abatimiento.

## INSTITUTO NACIONAL DE PESCA

### PROGRAMA DE ESCAMA DEL GOLFO DE MEXICO

El Programa de Escama del Golfo de México descansa en las operaciones del personal técnico del Instituto con base en las Estaciones de Investigación Pesquera, sobre todo de los puertos de Tampico, Tamps.; Veracruz, Ver. y Progreso, Yuc. y cuenta con personal central en la Ciudad de México, que conduce y refuerza las investigaciones de la costa.

Como objetivos fundamentales de este Programa está el reunir el máximo conocimiento de las especies de peces de mayor importancia económica tanto regional como nacional y acerca de sus pesquerías, a fin de estar en condiciones de establecer en cada caso el régimen de explotación más adecuado. Entre estas especies podemos citar a algunas como la sierra, el robalo, el mero y el huachinango, entre las más conocidas tanto por su amplia demanda en el mercado interno como, en algunos casos, por su valor de exportación y la consecuente actividad industrial o comercial que generan.

Además de los recursos de escamas más conocidos, es importante tomar en cuenta, por un lado, a una gran cantidad de especies cuya demanda puede y debe incrementarse y, por otro, iniciar o intensificar las operaciones de captura e industrialización de especies cuya producción es posible aumentar considerablemente por competencia con flotas extranjeras que operan frente a nuestras costas; tal es el caso del atún que pescan japoneses o soviéticos, peces de fondo como el mero que los cubanos capturan en mayor cantidad que nosotros en aguas internacionales frente a Yucatán, multitud de especies de tiburones que abundan en nuestras aguas, así como lachas o sardinas y lisas que constituyen un importante renglón pesquero de la flota norteamericana.

La ejecución del Programa requiere de trabajos de índole diversa, como muestreos de los especímenes capturados, acopio de datos de producción, de la flota, del esfuerzo pesquero, etc., así como la computación e interpretación de esa información para determinar de cada especie su abundancia, su distribución, su época de reproducción, sus cambios ante el régimen de explotación y las medidas más recomendables para la correcta administración de la pesquería. También implica conocer las investigaciones de pesquerías semejantes en otras partes del mundo.

Los resultados de las investigaciones de este Programa son dados a conocer a través de las publicaciones del Instituto.

## INSTITUTO NACIONAL DE PESCA

### PROGRAMA DE OSTRICULTURA DEL GOLFO DE MEXICO

Este programa tiene como base principal de operaciones la Estación de Investigación Pesquera de Tampico, Tamps., donde radica la mayor parte de su personal técnico y desde donde se atiende, de manera continua y sistemática, todo lo referente a biología y cultivo del ostión del estado de Tamaulipas y Norte de Veracruz. Su área de acción se ha ampliado al resto de la costa mexicana del Golfo, mediante comisiones de trabajo (por ahora) y se está en etapa de consolidación con la contratación de nuevo personal con bases de trabajo convenientemente distribuidas.

El objetivo fundamental del programa es introducir y generalizar las técnicas de la ostricultura moderna y la correcta administración del recurso y esto implica una serie de labores de investigación biológica y ecológica, experimentación, extensión y asesoría a grupos de pescadores organizados en sociedades cooperativas. Las realizaciones se reflejan en incrementos de la producción y de la calidad de las ostras, así como en el grado de conservación de las existencias, en relación directa del progreso de los pescadores en su tecnificación.

A través de los años se ha llegado a tener un perfecto conocimiento de las áreas de trabajo y se ha sistematizado la obtención de datos del medio ambiente y del recurso. Así mismo, los trabajos de experimentación han permitido un verdadero perfeccionamiento de las técnicas de fomento y cultivo, con sus variantes para cada localidad, de tal forma que el éxito del programa sólo puede tener como limitantes las variaciones imprevistas o inevitables del medio ambiente, el grado de colaboración de los pescadores (lo que a su vez depende de su grado de organización interna), el personal disponible y facilidades administrativas de operación. Esto último en relación a la atención actual de áreas distantes.

Se atienden de esta forma casi todas las lagunas costeras y ríos con producción ostrícola comercial, con diferente intensidad según su importancia. Se han tenido éxitos notables en el fomento de la producción y en el adiestramiento de los pescadores, así como fracasos o desilusiones ocasionados por conflictos entre ellos mismos; pero el balance es positivo y las perspectivas son promisorias.

## INSTITUTO NACIONAL DE PESCA

### PROGRAMA OSTRICULTURA DEL PACIFICO

Este programa tiene como sede el Campamento Ostrícola de Las Puentes, Sin., que es atendido por personal técnico de la Estación de Investigación Pesquera de Mazatlán.

Su área de acción comprende, por ahora, las ensenadas de Pabellón y Altata de la costa sinaloense; pero se tienen proyectos de ampliación a Nayarit, a Sonora y al área de San Quintín, B. C.

Tiene como objetivos fundamentales:

- a) el estudio del recurso ostrícola, su ambiente y su producción;
- b) la experimentación e introducción de técnicas de repoblación, fomento y cultivo ostrícolas;
- c) la asesoría sobre la correcta administración del recurso; y
- d) el adiestramiento de grupos de pescadores cooperativados en las técnicas señaladas en b).

El programa se justifica plenamente si se toma en cuenta la importancia que tiene la ostricultura para comunidades pesqueras económicamente incapaces de emprender actividades en pesquerías costosas. La ostricultura requiere más mano de obra que inversiones, sus resultados se obtienen a corto plazo y su beneficio económico es sostenible a base de normas sencillas de administración.

El programa atiende, simultáneamente a las técnicas de producción, el particular problema de la acción depredadora del llamado caracolillo, plaga que afecta al recurso y para cuyo exterminio se trabaja sistemáticamente.

Todos los trabajos de campo cuentan con la participación de las cooperativas de pescadores, quienes ayudan en el financiamiento (que administran ellas mismas), en la vigilancia, mantenimiento y control de personal.

## INSTITUTO NACIONAL DE PESCA

### PROGRAMA CULTIVOS DIVERSOS

El Programa de Cultivos Diversos forma parte de una de las etapas principales dentro del aprovechamiento racional de nuestros recursos naturales. Su objetivo principal es estudiar a las especies más importantes y analizar sus posibilidades de cultivo.

Las especies que actualmente se estudian son:

camarón (Penaeus spp.)

cangrejo moro (Menippe mercenaria)

langostino (Macrobrachium spp.)

palometa (Trachinotus spp.)

Se experimenta con diversas técnicas de cultivo y se evalúan sus costos de operación. Además, poco a poco (en la medida de nuestras posibilidades) se incorporarán otras especies que pueden tener igual importancia que las mencionadas.

Los experimentos de este programa se realizan en el Distrito Federal (Laboratorio Central); en la Estación de Investigación Pesquera de Tampico y en la Estación de Investigación Pesquera de Campeche.

El Instituto Nacional de Pesca cuenta con información acerca de diversos aspectos de la biología y cultivo de estos organismos, por lo que cualquier persona o agrupación puede recurrir a nuestras oficinas y consultar con los técnicos correspondientes.

## INSTITUTO NACIONAL DE PESCA

### PROGRAMA PISCICULTURA EXPERIMENTAL

En el Programa Piscicultura Experimental, se estudian técnicas y métodos adecuados para el cultivo de peces de agua dulce con alto valor alimenticio, principalmente tilapia, carpa herbívora, charal, pescado blanco y bagre. La tilapia, por ejemplo, es una de las especies de más fácil adaptación y altos rendimientos.

Se determinan los índices de mortalidad y crecimiento, así como la producción por hectáreas, por año, en estanques con fines de cultivo comercial. Se estudian los problemas que ocasionan las malezas acuáticas, así como la dificultad en la obtención de energía eléctrica, la navegación, la pesca, etc., y se determina el tipo de plantas acuáticas que consumen los peces, en estudio.

También se obtienen experiencias sobre incubación artificial de huevecillos de charal y pescado blanco, mismas que son aprovechadas por los pescadores ribereños para mantener un control de la producción de estas especies. Al mismo tiempo se les instruye en la construcción y colocación de nidos artificiales para desove mediante asesoría técnica en el área correspondiente y a través de folletos sencillos que se les distribuyen.

Se está estudiando la biología y hábitos alimenticios del bagre del Río Balsas con fines de cultivo, ya que por su buena aceptación en el mercado, se requiere incrementar su producción en las áreas en donde existe en forma natural, además de introducirla en embases donde existan condiciones propias para su desarrollo. Una de las prácticas que se seguirán para lograr estos objetivos, es la inducción hormonal para obtención de crías en alto porcentaje, técnica que podrá ser utilizada por las diferentes dependencias interesadas en piscicultura.

Ya que actualmente en México sólo se cultiva la trucha Arco-Iris, especie introducida de Canadá, se piensa en un futuro próximo cultivar la trucha mexicana y determinar la costeabilidad de su cultivo en forma comercial.

Siendo la alimentación de los juveniles uno de los aspectos más importantes del cultivo de peces, se está estudiando el cultivo de micro-crustáceos, como Artemia salina, para asegurar una buena alimentación en las primeras etapas de desarrollo de algunos peces.

## INSTITUTO NACIONAL DE PESCA

### PROGRAMA DE PESCA EXPERIMENTAL DEL PACIFICO

Este programa tiene como residencia actual la Estación de Investigación Pesquera de Mazatlán, Sin., dada la importancia pesquera de ese puerto y en consideración a ser base de operación de los barcos de investigación "Explorador Sardinero", "Antonio Alzate" y "Alejandro de Humboldt", con cuyas actividades tiene íntima relación.

Sus objetivos fundamentales radican en la optimización de la tecnología de captura del Pacífico, mediante el estudio de las condiciones actuales de los equipos, embarcaciones, artes y métodos de pesca y la aplicación de experiencias de diversas partes del mundo, así como de los últimos avances tecnológicos en la materia, adaptados a nuestro medio y con miras a mejorar la eficiencia de los procedimientos de localización y extracción. Esto implica, además, una serie de labores de experimentación, extensión, asesoría técnica, así como adiestramiento de pescadores y estudiantes que así lo soliciten.

Su área de acción comprende Sinaloa, Nayarit y Jalisco, lagunas adyacentes y las zonas de operación de los barcos de investigación, en el Golfo de California y en la costa occidental de la península del mismo nombre.

Su personal está básicamente integrado por técnicos pesqueros y auxiliares, algunos de ellos con basta experiencia o con estudios de especialización en el extranjero.

Entre sus actividades sobresalientes se pueden contar una serie de pruebas sobre la eficiencia y la selectividad de las redes camarónicas, tanto convencionales como de las llamadas "gemelas" que están revolucionando esa pesquería, en coordinación con el Programa de Camarón del Pacífico; pruebas del uso de redes de arrastre de fondo y media agua, así como de cerco, a bordo de los barcos oficiales de investigación; la localización de áreas adecuadas para la instalación de redes fijas (almadrabas) y la construcción de redes experimentales de cerco y para pesca nocturna con luces.

Se pretende ampliar sus actividades a otras áreas del Pacífico y subdividir sus objetivos en relación a las diversas necesidades de pesca: costera artesanal, costera a gran escala y de altura, con sus variantes.

Este Programa mantiene estrecha cooperación técnica con las Universidades de Sinaloa y Nayarit, Distritos de Acuacultura de la S.R.H. así como con todas las escuelas Secundarias Tecnológicas Pesqueras de la zona, en lo que respecta a artes y métodos de pesca.

## INSTITUTO NACIONAL DE PESCA

### PROGRAMA DE PESCA EXPERIMENTAL DEL GOLFO DE MEXICO

Este programa tiene como sede principal el puerto de Veracruz y cuenta con personal fijo de avanzada en Campeche, Camp., lugares desde donde su actividad suele proyectarse a otras localidades.

Su objetivo fundamental es el mejoramiento de los procedimientos de captura actuales en el Golfo de México, a través del conocimiento exhaustivo de la tecnología de captura en uso y su consecuente optimización de acuerdo a nuestras necesidades y nuestras condiciones particulares.

Su cabal cumplimiento requiere una labor de investigación y análisis de la eficiencia de los equipos, embarcaciones, artes y método de pesca en uso; trabajos de experimentación y extensión, así como de orientación y adiestramiento de pescadores y estudiantes que así lo soliciten. Esto implica procurar un amplio conocimiento de la tecnología de captura mundial (mediante el estudio arduo y constante) y, desde luego, una correcta comprensión de las condiciones nacionales, regionales y locales a las cuales debe adaptarse toda innovación tanto en lo biológico, lo tecnológico, como lo socio-económico.

El personal está integrado por técnicos pesqueros con diverso nivel de experiencia, al cual se proporciona eventualmente asesoría de expertos de otros países.

A la actividad de este equipo de gentes se debe la introducción de las redes fijas (almadrabas) en las costas de Veracruz (cuatro) y de Tamaulipas (una), las que han venido a revolucionar un aspecto de la pesca costera con éxito notable. Igualmente se ha trabajado en la experimentación de lanchas optimas para la zona, redes agalleras, anzuelos en serie (cimbras y palangres) para la pesca de peces como pargos, huachinango, atunes y tiburones y en la confección de modelos experimentales de otras artes como redes agalleras, nasas y lanchas.

Sus perspectivas a corto plazo son la ampliación tanto geográfica como en diversidad de técnicas, así como el adiestramiento de pescadores, con el fin de substituir definitivamente una serie de procedimientos e implementos de captura a veces primitivos e ineficientes que siguen aún en uso por ignorancia de otros nuevos.

Este programa lleva una estrecha cooperación técnica con el Centro Nacional de Ciencias y Tecnologías Marinas de Veracruz y las Escuelas Secundarias Tecnológicas Pesqueras del Golfo en un intercambio de experiencias e información en artes y métodos de pesca.

JEFE DEL PROGRAMA: T.P. SIMEON ROMAY LOPEZ  
Hernández y Hernández 1193  
Apartado Postal 486  
Veracruz, Ver.



## INSTITUTO NACIONAL DE PESCA

### PROGRAMA DE PESCA EXPERIMENTAL DE AGUAS INTERIORES

Este programa es de muy reciente creación y tiene, por ahora, como sede la ciudad de México, desde donde su escaso personal se desplaza en comisiones de trabajo a diversas regiones del país, esencialmente a presas y lagunas interiores donde se requiere prestar asesoría técnica en artes y métodos de captura.

Su objetivo fundamental es el adiestramiento de pescadores en las tecnologías de captura más adecuadas, según las características de cada localidad, de los recursos pesqueros y de los recursos económicos del medio.

Esto conlleva de hecho la conversión de campesinos a pescadores en núcleos de población que por vez primera se incorporan a esta actividad económica, con el consiguiente beneficio tanto en sus ingresos y su nivel de vida, como en su régimen de alimentación.

La falta de suficiente personal ha limitado hasta ahora sus actividades, aunque no la efectividad de estas. Se ha trabajado en la confección y la experimentación de redes para la pesca en presas, lo cual ha sido de utilidad en la asesoría a pescadores en la creación de pesquerías nuevas en Temascal, Oax. (presa General Miguel Alemán) y Jalapa del Márquez, Oax. (presa Presidente Benito Juárez) y muy pronto sus labores se ampliarán a Malpaso, Chis., El Infiernillo, Mich., La Boquilla, Chih., Sanalona y Adolfo López Mateos en Culiacán, Sin.

La ampliación de este programa desde todos los puntos de vista está plenamente justificada, pues es precisamente la población del medio rural de nuestro país el más necesitado de una dieta más rica en proteína animal, así como de nuevas actividades que diversifiquen y mejoren su economía.

La siembra de peces en presas, lagunas, bordos, etc. ha cumplido con su función de incrementar los recursos pesqueros de esas masas de agua retenidas artificialmente, adecuándolas para la explotación comercial. Toca a este programa brindar la asesoría en tecnología de captura que esta explotación requiere para iniciarse y mantenerse, en beneficio de la población rural.

## INSTITUTO NACIONAL DE PESCA

### PROGRAMA PESQUERIAS DE AGUAS INTERIORES

Este programa tiene como área de acción las principales represas del país y cumple con el objetivo fundamental de promover la creación de nuevas pesquerías y asesorar en la correcta administración de los recursos.

Previamente, durante varios años, se han realizado siembras que han llegado a constituir poblaciones considerables de peces como la tilapia, la carpa, trucha, lobina, etc. susceptibles de explotación comercial y con demanda segura en el mercado nacional. Esto ha conducido a desarrollar los estudios necesarios y promover la creación de nuevas pesquerías, sobre todo de tilapia, en las siguientes presas:

- 1, Presidente Miguel Alemán en Temascal, Oax.;
- 2, Presidente Benito Juárez, en Jalapa del Márquez, Oax.;
- 3, Nezahualcoyotl, en Mal Paso, Chis.;
- 4, Presidente Manuel Avila Camacho, Valsequillo, Pue.;
- 5, Infiernillo, en Michoacán y
- 6, La boquilla, en Chihuahua.

Esta labor ha beneficiado a numerosas comunidades rurales, en las que se han integrado núcleos de pescadores cuya actividad ha dado vida económica a sus pueblos. En su primer año de explotación (a partir de septiembre de 1972) la Presa Presidente Benito Juárez ha producido 500 toneladas de tilapia; la Miguel Alemán, de Temascal, pesquería creada en septiembre de 1971, produjo en 1973 unas 3,200 toneladas; lo que da una idea de la actividad económica que se genera con estos trabajos.

El Programa está siendo ampliado constantemente y, a corto o largo plazo, servirá para borrar en la mente del pueblo la falsa idea de que los productos pesqueros siempre provienen del mar, cuando en realidad pueden enriquecer su dieta con los peces extraídos en las presas, tal vez mas cerca de su lugar de residencia y a precios más accesibles.



centro de educación continua  
facultad de ingeniería, unam



INGENIERIA OCEANICA

Construcción de Plataformas y Oleoductos  
Submarinos

Ing. Felix Cantú Ayala

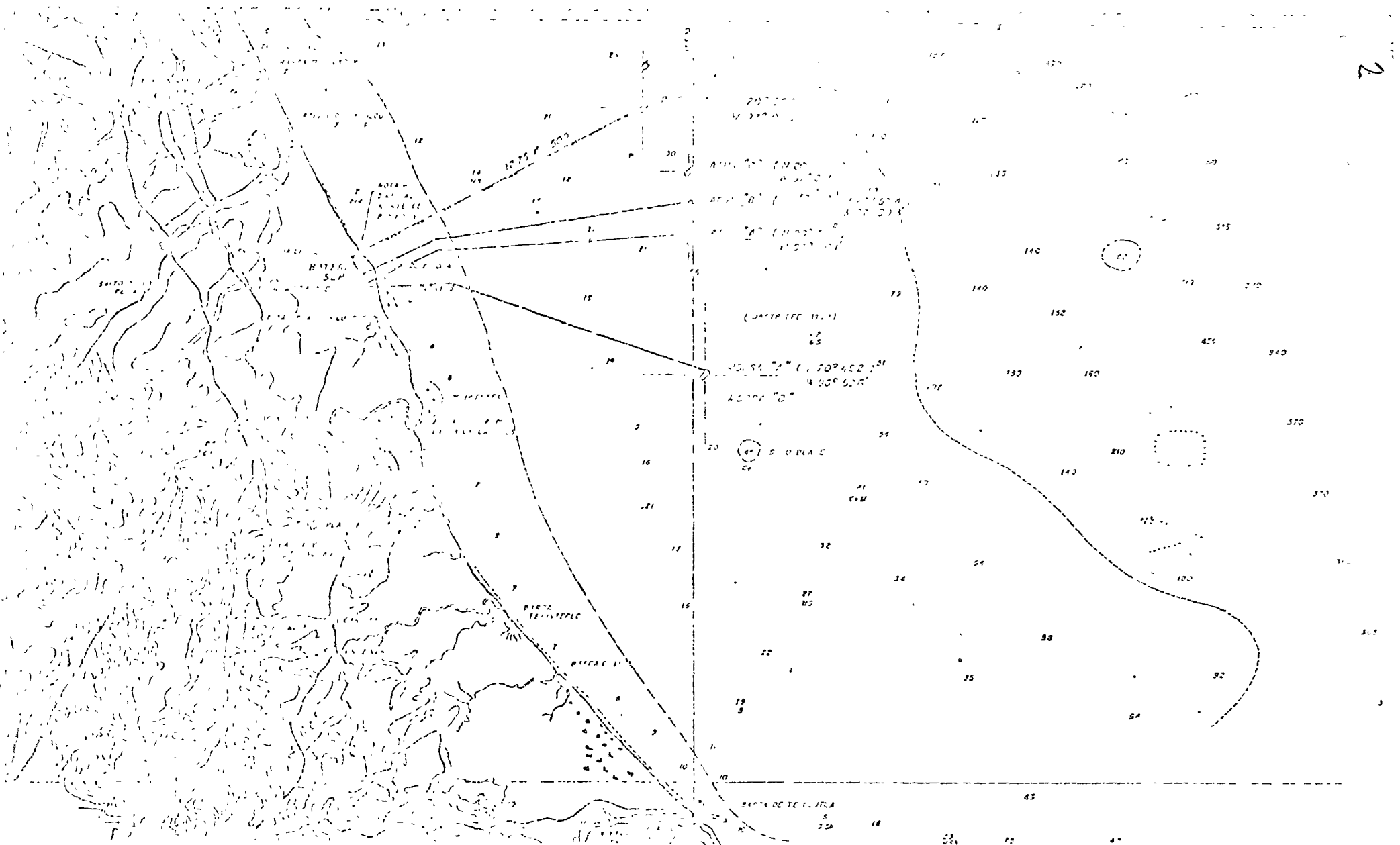


## A. - INTRODUCCION

Dentro de la década pasada, la producción de aceite y gas en áreas sumergidas, ha mostrado un marcado incremento, dando por resultado un crecimiento para los trabajos de fabricación e instalación de plataformas para perforar en el mar y a su vez el tendido de tuberías bajo el agua entre dichas plataformas y la costa con el fin de transportar a tierra la producción de aceite y gas obtenida.

Hasta años recientes las investigaciones para explotar los yacimientos de aceite y gas bajo el agua se reducía a las áreas de la plataforma Continental del Golfo de México, frente a las costas de Louisiana, el Golfo de Arabia, el Golfo Pérsico y unos cuantos de los grandes lagos del mundo, tales como el Lago Maracaibo en Venezuela. La constante necesidad en el mundo de mantener adecuadas reservas, con el fin de hacer frente al aumento de los productos derivados del petróleo, ha obligado a incrementar la investigación de nuevos yacimientos, razón por la cual podemos ver como se desarrollan actualmente las plataformas continentales al Oeste de Africa en el Mar Rojo, las Costas Este y Oeste de los Estados Unidos, en el Mar del Norte frente a las costas de Inglaterra y finalmente en el Golfo de México frente a las costas de Louisiana, Texas, Tampico y Tuxpan. Sin embargo, el área que ha despertado mayor interés en el mundo, por su gran actividad, corresponde al Mar del Norte.

El amplio horizonte en estas costas ha indicado que a medida que avanzan las investigaciones en aguas cada vez más profundas, lógicamente deberán prolongarse los yacimientos, dando por resultado un aumento en el conocimiento sobre las áreas productoras de aceite y gas, así como un continuo desarrollo y perfeccionamiento de las técnicas actuales principalmente por el tendido de líneas submarinas.



<b>PETROLES MEXICANOS</b> GERENCIA DE PROYECTOS Y OPERACIONES		No. de Proyecto No. de Contrato No. de Expediente
D. S. N. PLANIFICACION Y DESARROLLO		No. de Mapa No. de Hoja

## B. - CONDICIONES DE LA Y NEGATIVA DE SUPLIMITA

Para llevar a cabo cualquier trabajo en el mar, ya sea la instalación de una plataforma para perforación, el tendido de una tubería o bien la explotación para perforación en alguna zona, es indispensable contar con un estudio previo de las condiciones meteorológicas y oceanográficas de desfavorables y sus efectos sobre las estructuras o tuberías que se pretenden instalar.

Dividiremos el tipo de estudio para tres condiciones diferentes de trabajos:

a.- PERFORACIÓN.-- Para los trabajos de explotación de un yacimiento es necesario contar con una información del lugar para conocer la profundidad del mar en dicha zona; estudio de corrientes y vientos dominantes con su magnitud y dirección así como frecuencia y períodos con que se presentan; además de esto es muy importante contar con las tablas de valores sobre predicción de mareas para que con base en estos datos poder seguir en la barrena las variaciones en la profundidad y no afectar al equipo de perforación. Durante el período de la perforación exploratoria se van obteniendo muestras de las diferentes capas del subsuelo, para así poder conocer sus características y finalmente estos resultados son de mucha utilidad para determinar previamente en forma teórica la profundidad de hincado de pilotaje, aunque al final la penetración se determina por el rechazo pasático del pilote.

b.- INSTALACION DE PLATAFORMAS Y TENDIDO DE TUBERIAS.-- Antes de efectuar cualquier trabajo relacionado ya sea con la instalación de una plataforma marítima autoconstruida para perforación ó bien el tendido de una tubería submarina, es necesario llevar a cabo los siguientes trabajos de investigación.

b.1.- Batimetría de los perfiles del fondo a lo largo del trazo propuesto, para lo cual se utiliza generalmente un equipo de "Ecosonda Hidrográfica de Precisión", acoplado a un sistema electrónico para el control del posicionamiento de la embarcación en el mar abierto.

En el caso del tendido de una tubería se hacen tres recorridos completos, con el fin de tener en un ancho de aproximadamente 200 metros todas las características del fondo. Al navegar para levantar los perfiles, la embarcación se mantiene a una velocidad constante, el rumbo se controla mediante la brújula de la propia

de visión y visuales directas ya sea a la plataforma ó bien a helices  
colocadas en la costa; posteriormente se pasarán todos estos datos a un  
libro con las observaciones complementarias.

b.2.- **Empujida** se procede al muestreo de los materiales del fondo mari-  
no, mediante la obtención de cilindros; para ello se utiliza un mu-  
cador de caída libre con tubo muestreador cuya longitud será de  
acuerdo con la muestra que se desea obtener. El tubo muestreador  
lleva en su interior un tubo de plástico para extraer las mues-  
tras de tierra y poder preservarla para su análisis de labora-  
torio.

Con las muestras del material obtenido y los resultados del labo-  
ratorio se clasifican los tipos de suelos y se determina su gra-  
do de dureza para relacionar posteriormente donde se desea ente-  
rar la tubería, cuál será el equipo ideal a utilizarse, así co-  
mo su rendimiento probable.

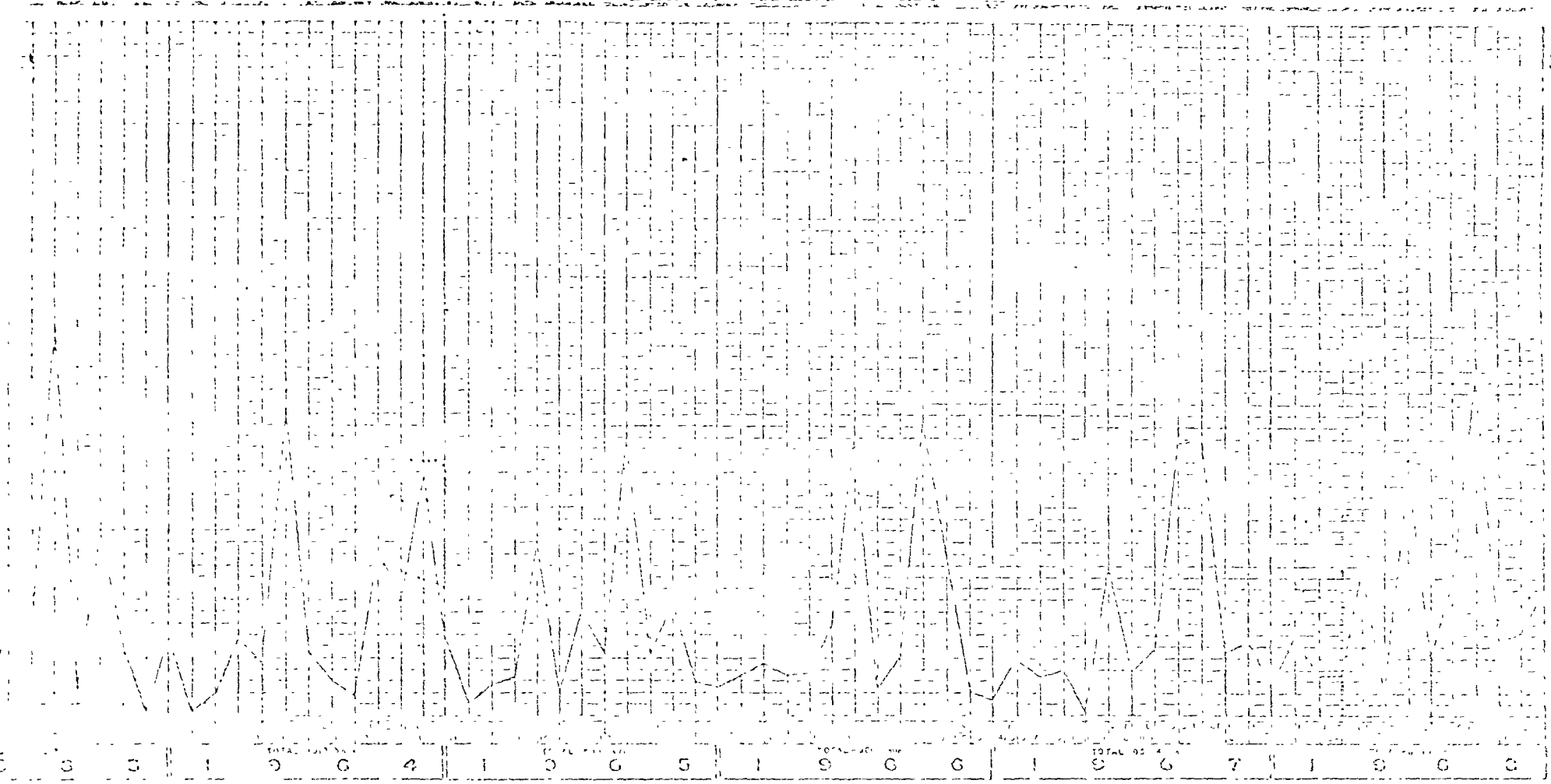
Esta investigación es muy conveniente complementarla con la grá-  
fica obtenida por el "PROFILER", la cual indica la posición de  
la zona de interacción agua-sedimentos, la capa de "lodo fluido"  
el material semiconsolidado, consolidado y cualquier otro cambio  
significativo del suelo marino, en función de la conductividad  
del fondo, los cuales se pueden correlacionar con cambios en el  
tipo y densidad del suelo.

b.3.- **CONDICIONES METEOROLÓGICAS.**- Los fenómenos que es necesario estu-  
diar y que más afectan a los trabajos de construcción son: vien-  
tos, oleajes, mareas, corrientes y huracanes.

b.3.1.- **VIENTOS.**- Se cuenta con informaciones estadísticas recopiladas  
por oficina hidrográfica que cubren cuando menos períodos de  
observación de 10 años.

b.3.2.- **OLEAJES.**- El viento al soplar sobre el océano origina corrientes  
y oleajes, debido al esfuerzo tangencial que ocasiona sobre la  
superficie, que junto con las variaciones de presión sobre dicha  
superficie hace que el agua se mueva en su dirección de incidencia,  
con una velocidad que varía del 2 al 3% de la del viento.  
La magnitud del oleaje es un factor muy importante durante los  
períodos de construcción ya que de esto depende el número de  
horas disponibles para trabajar en el mar.





5.

ESTACION: ... A 435' ...  
 ESTACION: ... A 435' ...  
 ESTACION: ... A 435' ...  
 ESTACION: ... A 435' ...  
 ESTACION: ... A 435' ...

COMIS DEL PLANO PP 13577 CONSTRUCCION Y MANTENIMIENTO DISTRITO POZA RICA, VER

PETROLEOS MEXICANOS  
 GERENCIA DE PROYECTOS Y CONSTRUCCION

PRECIPITACION PLUVIAL  
 g r a f i c a

JUBILO ELATONADO S.M. MEXICO, D.F. NOV 19 6

POZA RICA, VER

14454

Con los datos suministrados de las observaciones de mareas, sus efectos que serían producidos sobre el curso de línea gráfica de oleaje y vientos en forma estacional y anual. De los datos nos de mucha utilidad para determinar las fechas y períodos más convenientes en que es posible realizar los trabajos.

Por lo que el Golfo de México correspondiendo el período del año ideal para trabajar es el de primavera y verano, siendo los meses más propicios los de mayo a agosto.

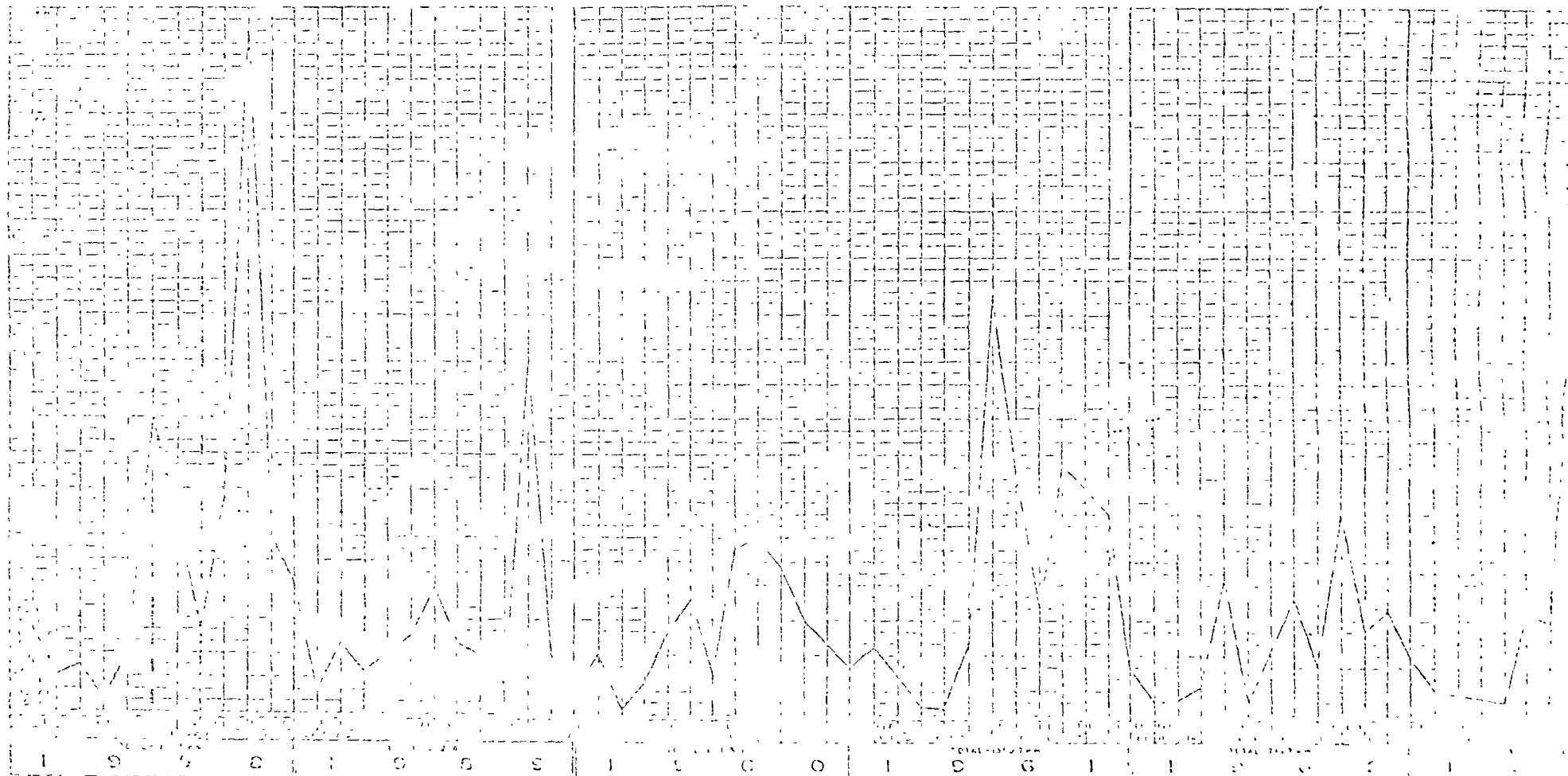
b.3.3.- MAREAS.- Durante el tendido de una línea o la instalación de una plataforma es necesario contar con las Tablas de Predicción de Mareas para conocer los niveles que alcanza y los efectos originados por las corrientes, ya que esto influye en una forma considerable sobre las tuberías ya tendidas en el fondo del mar.

Actualmente el Departamento de Oceanografía del Instituto Geofísico de la Universidad Nacional Autónoma de México, conserva en operación 21 estaciones mareográficas, de las cuales 13 se localizan en el Océano Pacífico y 8 en el Golfo de México. Este Departamento se encarga de la instalación, operación y mantenimiento de las estaciones mareográficas, así como de la interpretación de los mareogramas y la obtención de planos de referencia, medidas de temperatura, salinidad y densidad del agua del mar, en cada una de las estaciones.

Las tablas de predicción de mareas contienen la hora en la que ocurren las pleamareas y bajamareas, así como la altura con relación al plano de referencia. Los pleamareas y los bajamareas pueden ser identificados por la comparación de alturas consecutivas correspondiendo las pleamareas a las de mayor valor y viceversa.

b.3.4.- CORRIENTES.- Para la medición de corrientes superficiales se utiliza generalmente un correntómetro electrónico tipo "COBERTO", capaz de detectar la velocidad y dirección de la corriente en forma simultánea.

También es posible calcular teóricamente las corrientes superficiales inducidas por el viento por medio de la expresión de Ekman; dicha expresión es la siguiente:



I S O S I C O I G I I C I  
 TOTAL 1970-1971 TOTAL 1972-1973  
 TOTAL 1974-1975 TOTAL 1976-1977  
 TOTAL 1978-1979 TOTAL 1980-1981  
 TOTAL 1982-1983 TOTAL 1984-1985  
 TOTAL 1986-1987 TOTAL 1988-1989  
 TOTAL 1990-1991 TOTAL 1992-1993  
 TOTAL 1994-1995 TOTAL 1996-1997  
 TOTAL 1998-1999 TOTAL 2000-2001  
 TOTAL 2002-2003 TOTAL 2004-2005  
 TOTAL 2006-2007 TOTAL 2008-2009  
 TOTAL 2010-2011 TOTAL 2012-2013  
 TOTAL 2014-2015 TOTAL 2016-2017  
 TOTAL 2018-2019 TOTAL 2020-2021  
 TOTAL 2022-2023 TOTAL 2024-2025

6

DT	US	OTRO	FECHA	REVISORES	REV	NUM	DIJOS DE REFERENCIA	APROBADO POR
								DIC 1970-1971
								1972-1973
								1974-1975
								1976-1977
								1978-1979
								1980-1981
								1982-1983
								1984-1985
								1986-1987
								1988-1989
								1990-1991
								1992-1993
								1994-1995
								1996-1997
								1998-1999
								2000-2001
								2002-2003
								2004-2005
								2006-2007
								2008-2009
								2010-2011
								2012-2013
								2014-2015
								2016-2017
								2018-2019
								2020-2021
								2022-2023
								2024-2025

V.P.B.

$$\frac{V}{U} = D^{1/6} \sqrt{\frac{r}{K}} \sec \alpha \quad \tan \alpha = \left( \frac{U t}{D^{1/3}} \sqrt{\frac{K \sin \alpha}{D^{1/3}}} \right)$$

V = Velocidad de la corriente (Pies/Seg.)

U = Velocidad del viento (Pies/Seg.)

D = Profundidad (Pies)

K, K' = Constantes

$\alpha$  = Angulo entre dirección viento y normal a la costa

t = Tiempo de duración (Seg.)

b.3.9.- **HURICANES.**- Las zonas de trabajo se ven afectadas en determinadas épocas del año por movimientos ciclónicos. En terminos generales se ha observado que la frecuencia promedio de presencia de huracanes que en una u otra forma afectan la zona es de un (1) huracán por año. Para determinar los efectos que estos meteoros producen en el Golfo de México se cuenta con la información basada en datos estadísticos y registros de la Oficina Meteorológica de Miami, la cual consigna datos desde 1880; con esta información se ha determinado el porcentaje y frecuencia de distribución en cuanto a dirección de movimiento de ciclones tropicales en el área, para el mismo comprendido entre los meses de Junio a Octubre así como al mismo tiempo el número de ciclones que se han observado directamente en dicha zona.

**HURACANES ESTÁNDAR DE PROYECTO.**- Considerando la gran variabilidad de este tipo de movimiento, el cuerpo de Ingenieros de los Estados Unidos, ha establecido el huracán estándar de proyecto, en analogía con la tormenta estándar de proyecto que se usa para problemas de diseño de drenajes. El índice del huracán estándar de proyecto está basado en el envoltorio de los registros de estos efectos destructivos, con la eliminación de los valores extremos, los valores derivados de él se consideran como un conjunto consistente de datos que permiten establecer un criterio de diseño para condiciones particulares.

La utilización del huracán estándar de proyecto facilita los procesos normales de predicción de carga y presión de que se parte de campos de viento en lugar de huracanes

formaciones isobáricas como sucede en casos normales, lo anterior permite, si la velocidad de desplazamiento del huracán fuese alta, utilizar métodos de predicción dinámicos. El criterio de ensaje del huracán estándar de proyecto es similar en cuanto a predicción de oleaje al seguido cuando se utilizan campos bariicos, por otra parte la selección de dicho huracán está regida por una serie de variables características que dependen principalmente de la zona en la cual se considera el problema, de la distancia del centro del huracán a la zona de vientos máximos y de la velocidad media de desplazamiento.

Con las consideraciones anteriores queda definida totalmente en trayectoria y características el "huracán estándar de proyecto", la siguiente fase es desplazar el meteoro a diversos puntos de su trayectoria con el objeto de producir las condiciones de oleaje más desfavorables tanto para posiciones individuales como etapas sucesivas.

b.3.6.- CONCLUSIONES.- Del examen de los diversos factores analizados podemos establecer conclusiones relativas a los posibles efectos de dichas condiciones sobre los trabajos de construcción; además de determinar la época de trabajo más favorable de acuerdo con las condiciones de oleaje, vientos susceptibles a generar corrientes y conocer si las condiciones del fondo son las ideales para trabajar ó bien considerar las medidas precautorias que es necesario pre-establecer antes de iniciar los trabajos de construcción.

6. PREPARACION DE LA TUBERIA Y SU PROTECCION.

Después de la fabricación de la tubería se transporta a una área cerca de la costa donde se hace por las instalaciones necesarias para protegerla convenientemente contra los efectos externos de la erosión, y enseguida la cubren con concreto para evitar que la tubería flote en el fondo del océano. A continuación se describe la secuencia del procedimiento para llevar a cabo esta fase de construcción.

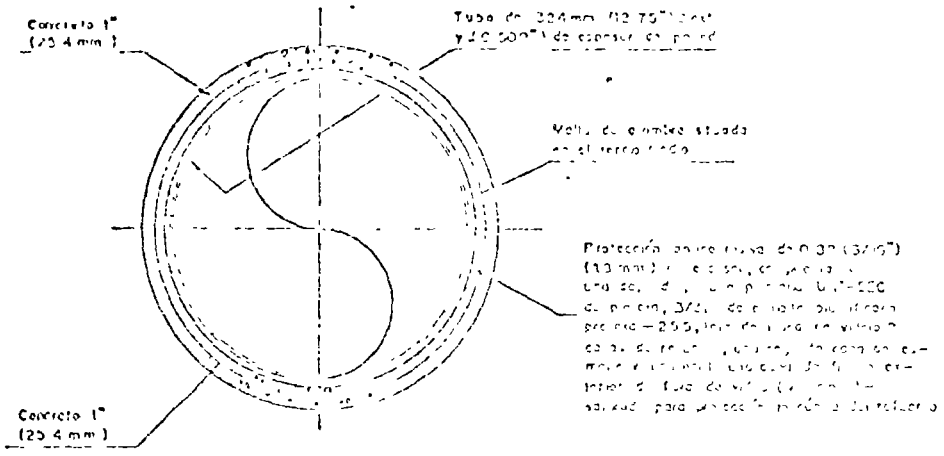
C.1.- LIMPIEZA EXTERIOR. Para la limpieza exterior de la tubería se utilizarán máquinas resqueteadoras automáticas, completando el trabajo con cepillos y paños de mano, donde no haya quedado perfectamente limpio.

C.2.- APLICACION DE LA PINTURA INICIAL. Después de la limpieza se procede a la aplicación de la pintura inicial. Esta pintura deberá extenderse uniformemente, sin dejar puntos sin cubrir ni partes con exceso de pintura o con glóbulos. Se aplicará en forma de película, de modo que cubra aproximadamente 12.7 metros cuadrados (una millonésima de pulgada en el espesor de película húmeda), de superficie de la tubería por litro de pintura. Después de la máquina imprimadora, deberán ser corregidos a mano todos los defectos resultantes de aplicación de la pintura.

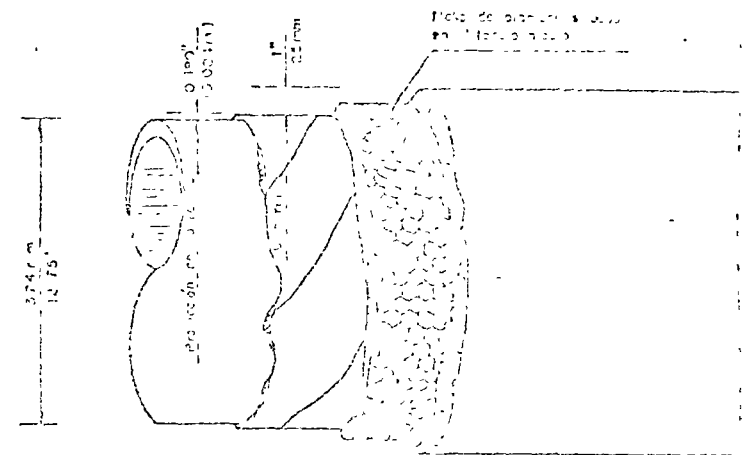
C.3.- APLICACION DEL ESMALTE. Antes de proceder a la aplicación del esmalte, la superficie del tubo pintado, deberá dejarse libre de polvo, tierra o cualquier materia extraña que afecte la adherencia entre el esmalte y el tubo ya pintado. Sobre la pintura de imprimación se aplicará una capa de esmalte a una temperatura que varíe entre los 200 y 250° C. dependiendo de las condiciones del tiempo. La máquina para aplicar deberá estar en buenas condiciones, para evitar que se contamine con aceite, agua, o cualquier materia extraña.

C.4.- FORRO DE VIDRIO Y FIBRA DE VIDRIO. Después de la aplicación del esmalte, la tubería se forra en forma de capulín con tela de fibra de vidrio (vidriofibras). El forrado se hace con una máquina automática, con un ancho mínimo de 6 m. y máximo de 19 m. de modo que quede bien

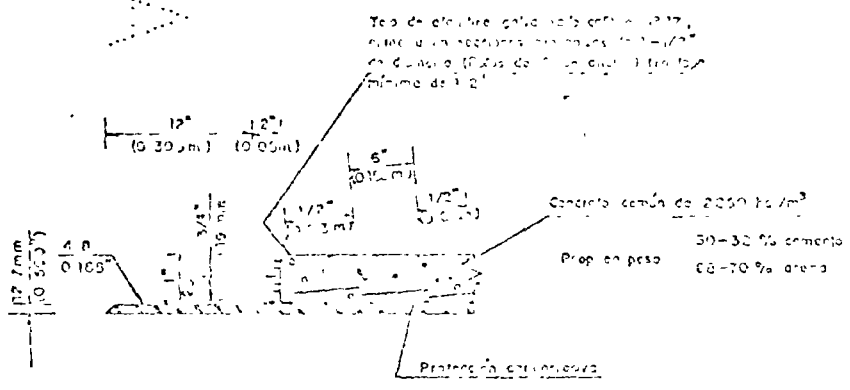
J: A



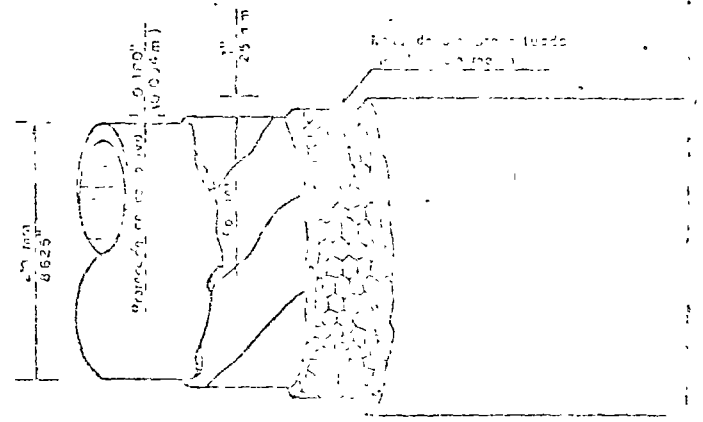
CONTE TRANSVERSAL



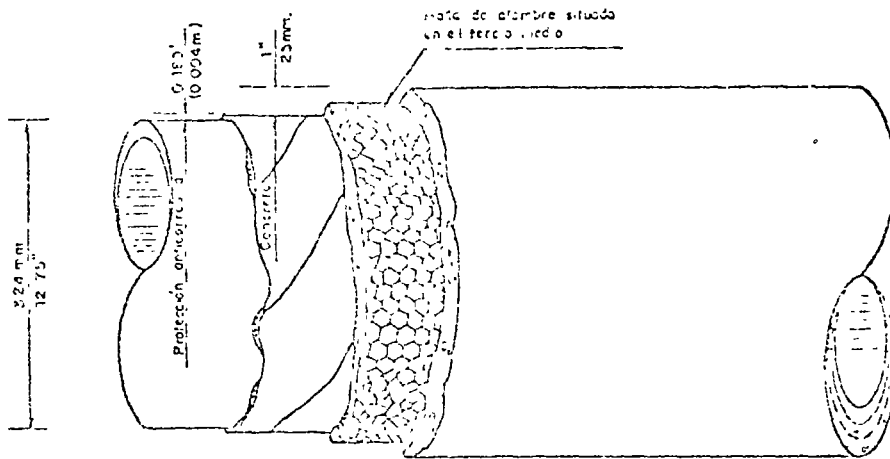
LONGITUDINAL



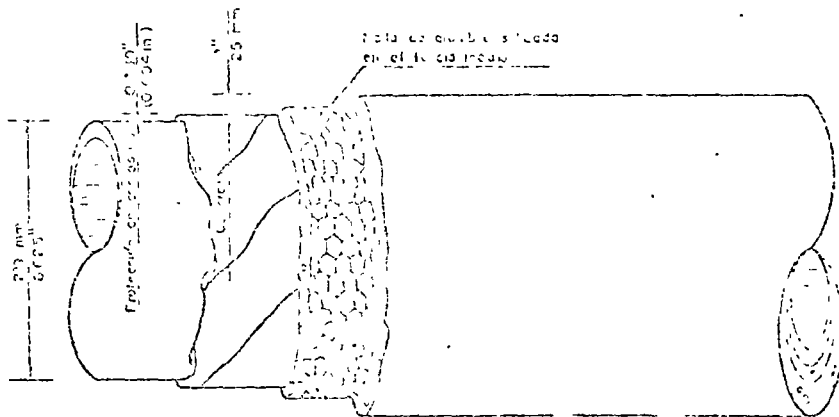
DETALLE RECUERDAMIENTO



LONGITUDINAL



LONGITUDINAL



LONGITUDINAL

12" Ø

Cantidades de material por KM para tubería de 324 mm (12 7/8" diam ext y 12 7 mm (0 500") de esp de pared, en costura API-STD 5L X-Gr Y-42

- 90 Lts Pintura prima UNI-500
- 112 Ton. Esmaile plastificado PINTIKA-2550.1
- 24 Bolsas VORCOLEX (305 mm de ancho)
- 315 Bolsas VORCOFLEX (305 mm de ancho)

6" Ø

Cantidades de material por KM para tubería de 213 mm (8 3/8" diam ext y 12 7 mm (0 500") de esp de pared, en costura API-STD 5LX-Gr X-42

- 60 Lts Pintura prima UNI-500
- 76 Ton. Esmaile plastificado PINTIKA 255 CH
- 24 Bolsas VORCOLEX (223 mm ancho)
- 316 Bolsas VORCOFLEX (223 mm ancho)

NOTA

- 1- Se usará concreto con  $\rho_c$  de 2400 Kg/m<sup>3</sup> (140 Lbs/ft<sup>3</sup>) para un agregado de 130 del líquido desahogado

... (12 7/8")  
 ... UNI-500  
 ... plastificado  
 ... de fibra de vidrio 2  
 ... segunda capa de es-  
 ... de fibra de vidrio ex-  
 ... (VORCOLEX)-  
 ... del refuerzo.

... 12 7/8"  
 ... 12 7/8"  
 ...

... 2400 Kg/m<sup>3</sup>  
 30-32 % cemento  
 Prop en peso 66-70 % arena



que se cubren y continúan en el revestimiento, además de los dos cables de fibra de vidrio llevará una de plástico esférico (Vultrionat), quedando un revestimiento final con un espesor de 3/16".

C.5.- INSPECCION.- Terminado el montaje y la envoltura de la tubería, se procederá a medir el espesor del revestimiento mediante un medidor de profundidad de hoyo. La continuidad del mismo se verificará con un detector eléctrico de fallas, el cual deberá producir un arco que salte un espacio cuando penetre igual al espesor del revestimiento. Se dispondrá de un potencial de 2400 volts por cada treinta pulgadas de espesor (ver dibujo E-2977).

D.- DESCRIPCION DEL EQUIPO.

Para los trabajos de tendido de tubería, es necesario contar con una barcaza, un remolcador para transportar la barcaza y mover las anclas durante el tendido, barcos abastecedores o bien chalancas de carga para transportar los tramos de tubería y equipo de los buques a la barcaza de tendido y una lancha para transportar el personal con capacidad para cincuenta personas mínimo.

A continuación se describen las características principales de cada una de estos equipos:

D.1.- LA BARCA PARA TENDIDO DE TUBERIA.

Tonelaje neto	2546
Tonelaje bruto	3859
Eslora	105 m.
Manga	21 m.
Calado	7 m.
Costo (En dólares)	7'000,000.00 Dls.
(Ver fotografía anexa).	

D.2.- REMOLCADOR.

Tonelaje neto	135
Tonelaje bruto	200
Eslora	33 m
Manga	9 m
Calado	4.5 m
Potencia de rotación (2 unidades)	3500 H.P.

## D.3.- PUNOS AMARRADORES.

Tonelaje neto	131
Tonelaje bruto	195
Longitud	50 m
Ancho	11 m
Calado	7 m
Potencia de motores (2 unidades)	1500 H.P.
Costo (en dólares)	400,000.00 Dls.

(Ver fotografía anexo).

## D.4.- LANCHAS PARA TRANSPORTE DE PERSONAL.

Tonelaje neto	38
Tonelaje bruto	56
Longitud	21 m
Calado	2.5 m
Potencia de motores (2 unidades)	900 H.P.
Costo (en dólares)	150,000.00 Dls.

Se ha observado que los tipos de embarcaciones corresponden a los tipos promedio que se utilizan para estos trabajos.

Las barcasas de tendido que actualmente se utilizan para la instalación de líneas aéreas, son por necesidad grandes unidades de equipo flotante, por lo mismo dichas barcasas tienen el tamaño suficiente y la adaptabilidad requerida para proporcionar una plataforma de trabajo estable, por su diseño especializado puede contener un equivalente a un campamento para construcción y tendido de ductos, y además poder operar en aguas agitadas, las cuales normalmente se encuentran en alta mar. Las características en cuanto a dimensiones ya se indicaron anteriormente. Estas barcasas son impulsadas normalmente por ocho ejes de 5 ton. cada una; tiene una torre centrada sobre un tablero principal son operadas eléctricamente los ocho mecanismos que manejan las anclas. Cada mecanismo tiene un tanque con capacidad de almacenamiento para 915 metros de cable de acero de 38 mm. (1 1/2").

Las barcasas también cuentan con un transportador automático para lanzar la línea y un dispositivo para operar en el instante en el área del Pontón, cuenta con una

con capacidad de 50 toneladas para levantar el tramo de tubería soldada y poderla sacar de la rampa de lanzamiento y bajarla al fondo del mar, además cuenta con dos grúas móviles sobre orugas con capacidad de 150 toneladas cada una, aire acondicionado y alojamiento para 176 trabajadores, de manera que las operaciones puedan desarrollarse durante 24 horas, incluye además bodegas con frigorífico para alimentos refrigerados, planta para potabilizar el agua, cocina y comedores para 75 personas, bodegas, cuarto de máquinas y almacenamiento de tubería con capacidad para hacer posible que la barcaza permanezca en el mar y sea autosuficiente durante períodos considerables de tiempo.

#### E.- PROCEDIMIENTOS PARA TENDIDO DE TUBERIAS.

Los métodos para tendido pueden clasificarse dentro de tres categorías generales:

- a - REMOLQUE POR EL FONDO O TIRÓN
- b - FLOTACION
- c - CARRETE O MANTO DE BOBINA
- d - BARCAZA DE TENDIDO

a.- REMOLQUE EN EL FONDO.— Cuando se utiliza el método de tirón, la tubería se fabrica en tierra, en una o varias secciones según el caso, en seguida se bota al agua mediante rodillos de lanzamiento y se estira por el fondo hasta su posición final ya sea por medio de un malleate fijo sobre una barcaza o bien jalándola con un remolcador adecuado.

El sistema de botado cuenta con una zona en pendiente y rodillos sobre los cuales la tubería se coloca montándola por medio de tractores con pluma lateral equidistantes según el caso. Con frecuencia la tubería debe ser fraccionada debido a lo reducido del área de botadura. Cuando este sea el caso, el tirón debe ser interrumpido por el cambio de anclaje y la soldadura de un tramo con otro.

La longitud del tirón queda limitada por la capacidad del macacate, la tensión permisible del tubo y el peso de la tubería. El peso de la tubería en el agua puede reducirse colocando flotadores pero una boyancia ligeramente negativa expone a la línea al movimiento de corrientes y oleajes.

Este método es utilizado principalmente en cruces de agua limitados (ríos), y tuberías relativamente cortas desde la línea media de mareas en la costa hasta las instalaciones (descargaderos).

b.- FLOTACION.- Para tender una tubería por el método de flotación debe primero soldarse los tubos para formar tramos de cierta longitud en tierra. Los flotadores se colocan para proporcionar boyancia y sección por sección se llevan los tramos a su posición. Una baranca sujeta un extremo del tramo tendido hasta que la siguiente sección llega y se une. Los flotadores son liberados sistemáticamente para bajar la tubería hasta el fondo. Este procedimiento se repite hasta que la línea queda completa.

Una ventaja del método de flotación es que este supera las limitaciones en longitud inherente al método de tirón por el fondo. Por otro lado, es altamente vulnerable en mareas moderadas. La mayor aplicación para el método de flotación es en lagunas, pantanos y en general en aguas protegidas.

c.- CARRETE O MÉTODO DE BOBINA.- Si la tubería no es de gran diámetro y su longitud es relativamente corta, esta puede ser tendida por el método de bobina. El procedimiento consiste en fabricar la tubería en forma continua y de bobina dentro de un carrete de gran diámetro. La línea es tendida simplemente desenbobinándola, mediante el movimiento de la barcaza o cualquier otra embarcación, más o menor en la misma forma que un cable. Debe aplicarse tensión para limitar la catenaria en la tubería durante su tendido, especialmente en aguas profundas. Una tubería tendida por este método puede ser probada e instalada a mayor velocidad.

d. - BARCAZA DEL TENDIDO

La barcaza del tendido es utilizada cuando la tubería está constituida por tubo de gran diametro, de considerable longitud y debe tenderse en mar abierto.

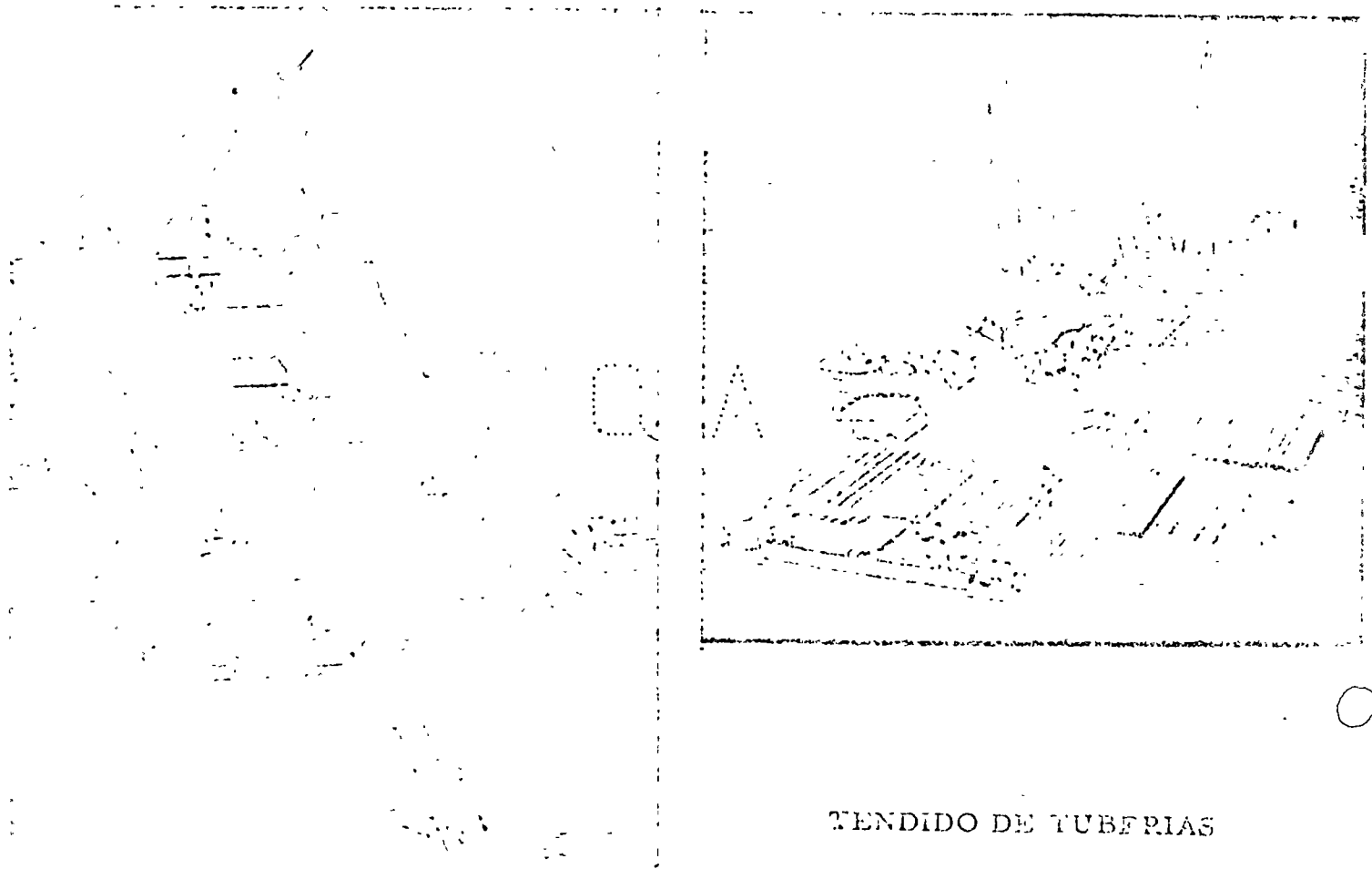
La tubería se transporta de los muelles a la barcaza utilizando barcos abastecedores o chalanes de carga, al llegar a la barcaza se acodera a una banda y utilizando la grúa móvil de 150 toneladas se procede a descargar la tubería del abastecedor y estibarla sobre la cama alimentadora. En el área de estiba se revisan todos los biselos del tubo para ver si no existen laminaciones y en algunos casos en que aparezcan golpes o abolladuras se rebiselará de nuevo.

Las juntas del tubo deben soldarse sobre la barcaza, la cual está equipada con cinco estaciones de soldadura, dispuestas para manejar la tubería, cualquiera que sea la forma de unión; en el interior de la barcaza se dispone como promedio de 25 máquinas de soldar con extensiones de cables a cada una de las diversas estaciones instaladas sobre la cubierta.

El procedimiento para soldar es el siguiente: cada tubo se alinea con el ya instalado por medio de un alineador interior con una potencia tal que en caso de estar ovalada a la tubería, se regrese a su forma circular, se dejará una separación entre los topos de los biselos de 1/16".

Las varillas para soldar siempre serán del tipo y clase adecuada para el trabajo, de acuerdo con la última edición de las normas de la "AMERICAN WELDING SOCIETY" y la "AMERICAN SOCIETY OF TESTING MATERIALS".

Para el caso de una tubería de 12" de diámetro siempre deberán utilizarse dos soldadores que operen simultáneamente en cuadrantes opuestos sol-



TENDIDO DE TUBERIAS

dando siempre de arriba hacia abajo. El primer cordón que se deposita es el de fondo e inmediatamente después, los soldadores de acabado (rellenadores), podrán colocar el segundo cordón sobre el primero, (paso caliente), y después continuar depositando nuevos cordones hasta completar el número requerido. Cada cordón, después del primero, tendrá un espesor máximo de  $1/8''$  y el número de cordones de acabado, será el necesario para lograr un refuerzo arriba de la superficie del tubo, no menor de  $1/32''$ , ni mayor de  $1/16''$ . El ancho de refuerzo deberá ser  $1/8''$  mayor que el ancho entre la parte exterior de los dos biseles.

La calidad de la soldadura siempre es verificada por medio de una unidad de "rayos X" la cual está ubicada en la barcaza entre las estaciones 4 y 5. En caso de existir fallas que se requieran ser reparadas se harán en la estación de soldadura ubicada al final de la rampa de lanzamiento.

Terminada la soldadura y con el visto bueno de la unidad de radiografías se procede a proteger contra la corrosión la junta; en seguida dentro del agua deslizándose sobre el pontón se permite que la línea alcance el fondo del océano sin ningún esfuerzo perjudicial a la misma.

El "pontón" es una rampa articulada a la barcaza la cual se prolonga mediante un ángulo controlado desde ésta casi hasta el fondo del océano. Esto limita la catenaria en la tubería.

Una barcaza de tendido es fijada, mediante varias líneas de anclas. A medida que la barcaza avanza, los remolcadores mueven periódicamente las anclas hacia adelante una a una. La secuencia de estos movimientos está limitada por la velocidad de avance en la soldadura ya que después de haber terminado el fondo y verificar con la estación de parcheo o protección antico-

recibe el cobre cable en las anclas de proa hasta desplazar la barcaza una distancia igual al tramo de tubo que se va a soldar y así sucesivamente hasta completar el tendido de la tubería.

#### ESFUERZOS EN LA TUBERÍA.

El tendido de tuberías submarinas de cualquier diámetro en aguas con profundidad hasta de 30 m. (100') puede considerarse como rutina. En aguas profundas se presentan nuevos problemas. A medida que la profundidad aumenta, el peso propio de la tubería produce esfuerzos de flexión que puede deformar o tallar sin la aplicación de ninguna carga externa. Además aumentan las dificultades para anclar y sostener la barcaza de tendido, a medida que la profundidad aumenta por el efecto de catenaria en las líneas de ancla. Un oleaje moderado normalmente causa movimientos significantes a la barcaza en aguas profundas.

Otro factor aparejado con el tendido en aguas profundas (60 m. o más), es la dificultad en el rendimiento del trabajo bajo el agua a tales profundidades. Los buzos pueden permanecer solamente bajo el agua, durante corto tiempo, a menos que realicen buceo de saturación. El buceo de saturación requiere considerable equipo extra y tiempo, particularmente el tiempo que el buzo pasa en la cámara de descompresión. La descompresión dentro de la cámara puede tomar varios días si los buzos han trabajado en profundidades de aguas mayores de 90 m. (295').

Normalmente la fuerza del oleaje que actúa sobre la tubería y el aguijón es mucho mayor cerca de la superficie del agua que en la profundidad. Esto es una verdad en particular si el oleaje se presenta en cortos períodos. La ola



de longitud corta en períodos de oleaje corto, limita su efecto sobre el sistema de barcaza y tubería. El efecto integrado de este oleaje de corto período, actuando a toda la longitud de la barcaza, puede ser muy próximo o igual a cero.

Por otro lado, las corrientes pueden ser tan significantes a grandes profundidades como lo pueden ser en la superficie, excepto en condiciones de tormenta. No deja de ser sorprendente que las corrientes puedan ser en lo profundo como lo son en la superficie, porque las corrientes normalmente conducidas por el viento se consideran como corrientes controladas dentro del océano, excepto bajo condiciones de tormenta.

Durante cortos períodos, el oleaje con baja amplitud tiene un pequeño efecto sobre las operaciones de tendido. En períodos largos, el oleaje de cierta amplitud puede jugar un papel más importante en la reducción de tales operaciones. Los largos períodos de oleaje son con frecuencia los precursores de tormentas. Puesto que el período de acción del oleaje sobre la tubería resulta crítico, es conveniente colocar instrumentación a bordo para determinar períodos y amplitud sobre la barcaza en movimiento. Con este equipo, el desarrollo de condiciones peligrosas para la operación de tendido, pueden ser anticipadas, antes de que se presente un problema serio.

Cuando se alcanza una profundidad en el agua de 10 m. (30') se conecta a la barcaza un pontón recto convencional para continuar la operación de tendido de tubería, con el pontón soportando el tubo a medida que avanzaba el extremo de popa sobre el fondo del mar. En aguas profundas, la pendiente del fondo aumenta en forma significativa, resultando también un aumento en las dificultades en la operación de tendido. El aumento en la complejidad para las operaciones de tendi

do, se refleja en la disminución del número de metros tendidos diariamente.

A medida que la profundidad del agua aumenta, debe aplicarse tensión sobre la tubería para prevenir un exceso en los esfuerzos flexionantes resultantes al disminuir el radio de curvatura del tubo al llegar a una mayor profundidad.

La tubería de diámetro pequeño puede ser doblada sobre relativamente pequeños radios de curvatura. La tubería de diámetro grande queda mucho más restringida en su radio de curvatura, al no poder desarrollarse dentro de la seguridad sin exceder los niveles de esfuerzos permisibles. La tubería de gran diámetro queda sujeta a problemas más severos a medida que la profundidad del agua aumenta.

Con el fin de aplicar tensión a la tubería, se cuenta en la barcaza con un dispositivo para este fin. El dispositivo (figura 6) tiene diez pares de ruedas con llantas neumáticas, cada par de ruedas es accionado mediante un motor hidráulico.

La tensión que se aplica a la tubería es controlada por la presión hidráulica de los motores. En forma separada, un pistón hidráulico, suministra la fuerza normal requerida para sujetar la tubería entre cada par de neumáticos.

Una limitación de este sistema para aplicar tensión a la tubería es la calidad del revestimiento anticorrosivo y el lastrado para resistir daños causados por las ruedas. Sin embargo, cuando es necesario aplicar alguna tensión adicional durante el tendido del tubo en aguas profundas, siempre hay un daño en el revestimiento. Una segunda limitación al aplicar tensión, es la habilidad

6A

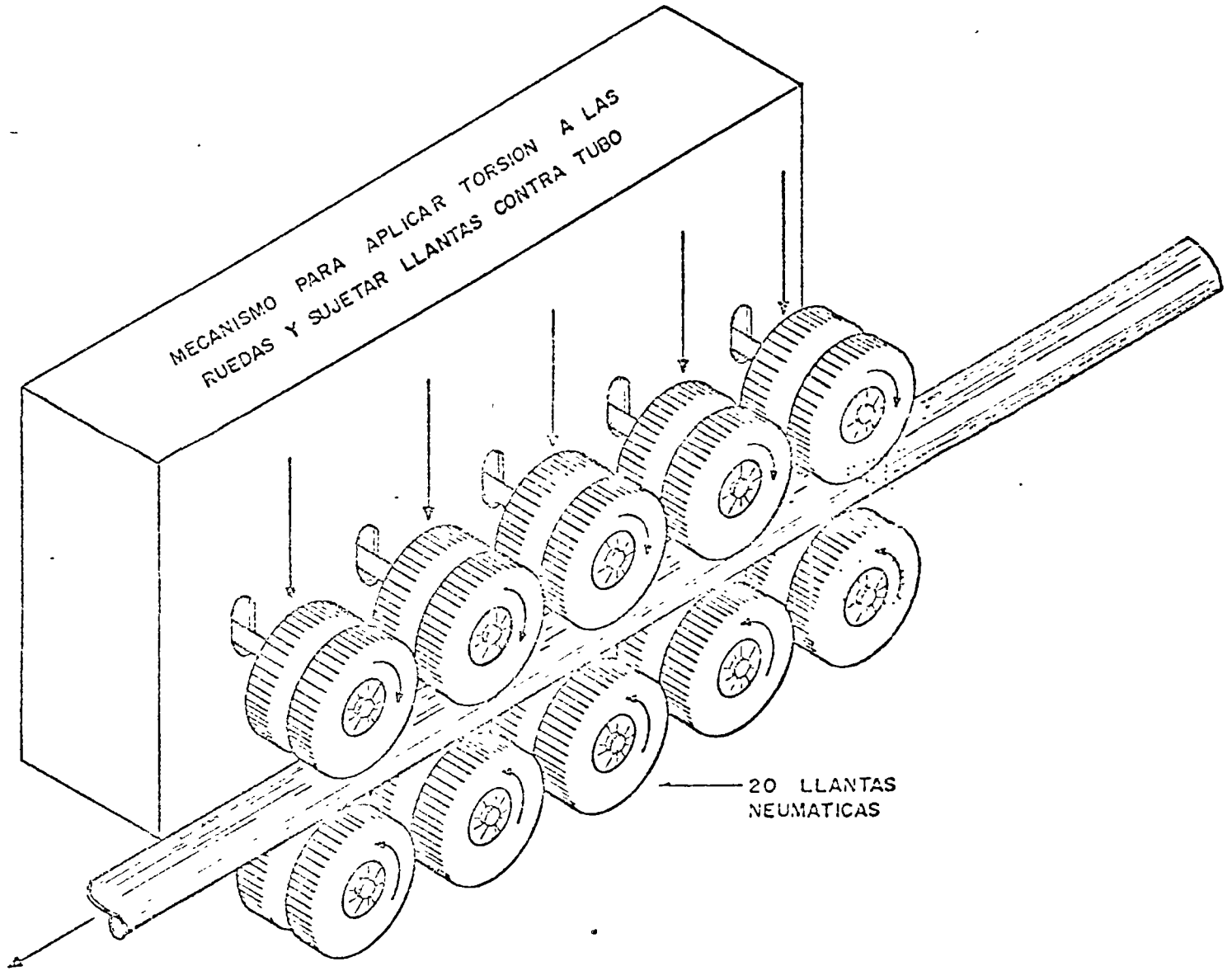


FIG. - 6 - DISPOSITIVO PARA TENSIONAR TUBERIA.

Haciendo uso de un análisis teórico de esfuerzos encontrados durante la construcción, pueden dictarse especificaciones que prevengan daños al tubo.

Los esfuerzos en el tubo durante la construcción de ductos submarinos son más críticos que para la construcción en tierra, debido al gran gasto en tiempo y dinero al reparar cualquier falla. También las condiciones que causan esfuerzos excesivos, cuando se presentan, pueden probablemente prolongar esos períodos de tiempo.

Hay tres tipos de daño a la construcción contra los cuales hay que protegerse:

- \* Pandeo o debilitamiento del tubo transportador.
- \* Descascaramiento del revestimiento de concreto debido al excesivo 'doblez.
- \* Agrietamiento excesivo del revestimiento de concreto.

En todos los casos verificados, la tercera condición es la que ocurre primero, por lo tanto, si el procedimiento de tendido es satisfactorio y se previene el excesivo agrietamiento, los otros tipos de daño quedan eliminados.

La tubería debe siempre ser instalada, en forma tal que los esfuerzos queden dentro del límite cuando ésta quede en su lugar. Es de importancia para la estabilidad de la tubería que el revestimiento de lastre permanezca intacto y así la línea mantendrá su alineamiento y profundidad.

Un concepto generalmente aceptado es que al flexionarse el concreto, éste se agrieta debido a la tensión. Los inspectores deben revisar ocularmente para determinar cuando el agrietamiento es excesivo.

Cálculo Teórico.- El momento flexionante no considerado es la única fuerza con magnitud suficiente que posiblemente dañe al tubo o su revestimiento.

La siguiente ecuación muestra la relación entre momento, radio de curvatura y esfuerzo para miembros elásticos a flexión.

$$M = \frac{SI}{C} = \frac{EI}{R} \quad (1)$$

Despejando a S

$$S = \frac{EI}{R} \quad (2)$$

Si bien el concreto se comporta plásticamente bajo el esfuerzo y próximamente su resistencia es nula a la tensión, las ecuaciones (1) y (2) dan el método para comparar el esfuerzo sobre el revestimiento de concreto. El esfuerzo contra el radio de curvatura se traza para tubería de varios diámetros con revestimiento de concreto desde 2.5 hasta 15 cm. (1"-6") usando una 'E' para concreto =  $3 \times 10^6$ . La figura 1 muestra curvas trazadas para tubo de 40.6 cm. (16") de diámetro exterior.

En experiencias previas con tubería revestida de concreto, un esfuerzo indicado de 2,500 psi sobre el concreto apareció como el máximo dentro de la seguridad.

El radio de curvatura fué tomado de la gráfica preparada como sigue:

66.0 cm. (26")	-	513 m. (1700')
50.8 cm. (20")	-	427 m. (1400')
40.6 cm. (16")	-	305 m. (1000')
30.5 cm. (12")	-	229 m. (750')

Estos radios de curvatura producen un esfuerzo en el acero de aproximadamente 20,000 psi, el cual es considerado como un seguro esfuerzo de trabajo.

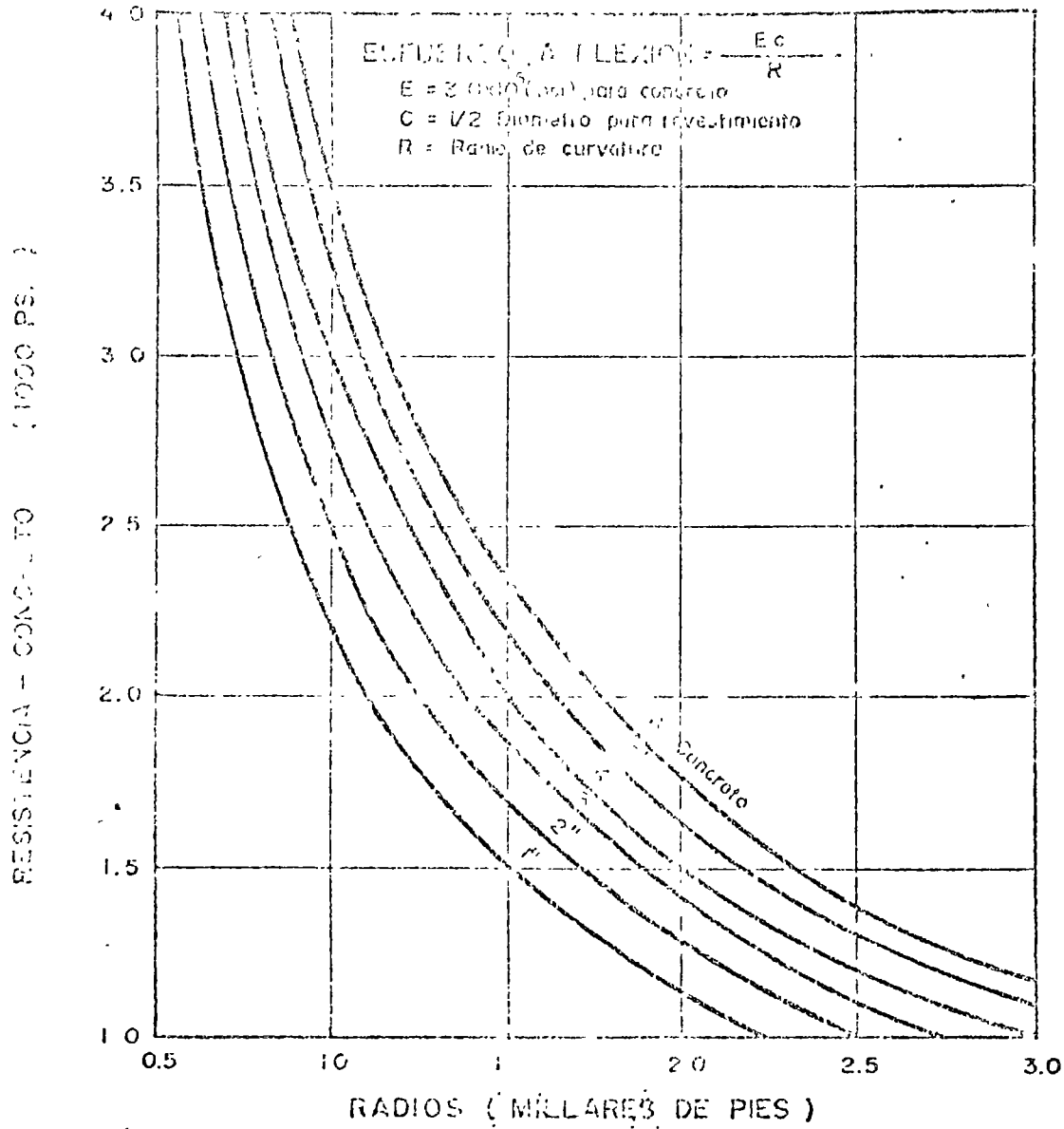


FIGURA 1

El concreto cede plásticamente bajo el esfuerzo, pero prácticamente no tiene resistencia a la tensión. Las curvas se han trazado para el radio mínimo permisible, al cual una tubería revestida de concreto, puede doblarse. Experiencias previas han indicado un esfuerzo máximo de 2.500 psi para el tubo revestido de concreto.

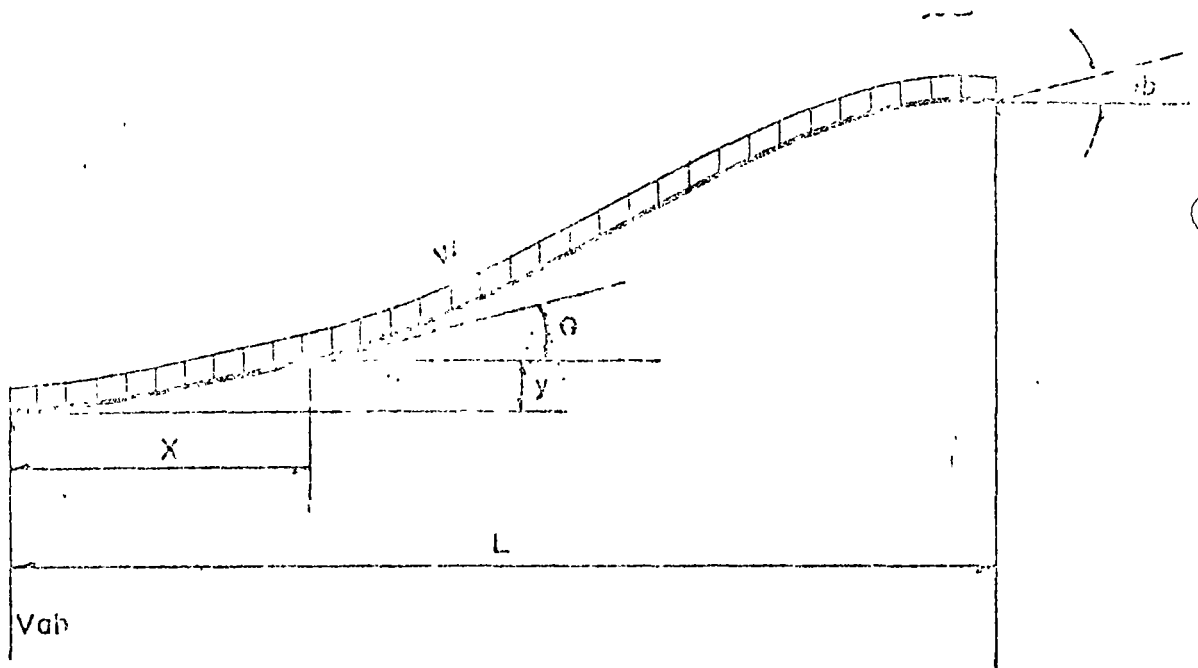


FIGURA 2

El método de boyancia negativa para el lanzamiento de una tubería se ajusta estrechamente a una viga con carga uniformemente repartida, sujeta en el extremo superior y de longitud infinita, el extremo inferior descansa en una superficie o nivel.

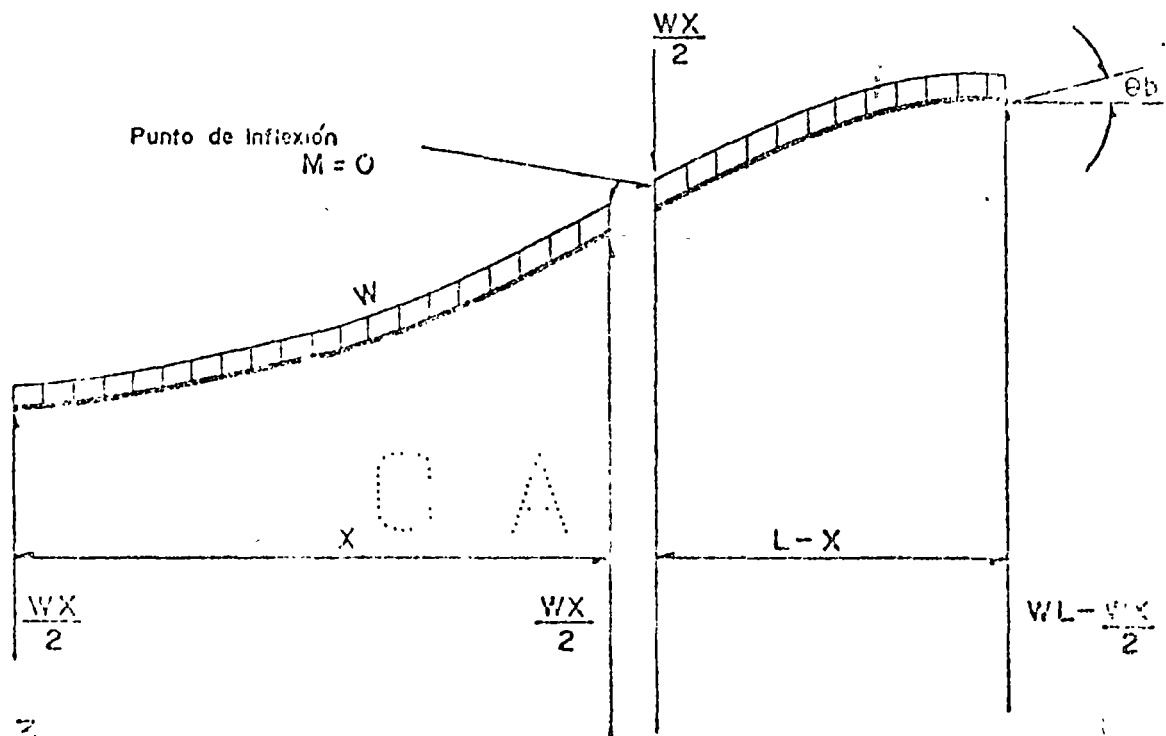


FIGURA 3

La tubería puede considerarse como dos porciones separadas, la cóncava como una viga simplemente apoyada y la convexa como un cantiliver con una carga concentrada en el extremo y una carga uniformemente distribuida. Este diagrama muestra el punto de inflexión.

En este sistema, el radio mínimo de curvatura para varios diámetros de tubo ha sido determinado. Teniendo establecida la relación entre momento, esfuerzos de flexión y radio de curvatura, el análisis de fuerzas sobre el tubo permite determinar el momento presente bajo cualquier condición de carga.

Ecuación Derivada de Momento.— En el análisis de esfuerzos, el método de boyancia negativa se conforma estrechamente a una viga con carga uniforme, sujeta en su extremo superior o infinita en longitud, el extremo inferior descansa sobre una superficie a nivel. El fondo del Golfo de México tiene una pendiente muy suave en un gran número de áreas.

En el punto donde la línea descansa, el momento y la pendiente tienen un valor de cero. La ecuación general para momentos de una viga con carga uniforme es:

$$M = M_a + V_a b X - \frac{wX^2}{2} \quad (3)$$

pero  $M_a = 0$  por lo tanto  $M = V_a b X - \frac{wX^2}{2}$ ,  
(integrando):

$$EI\theta = \frac{V_a b X^2}{2} - \frac{wX^3}{6} + C_1 \quad (4)$$

para  $X = 0$ ,  $\theta = 0$ , por lo tanto  $C_1 = 0$

para  $X = L$ ,  $\theta = \theta_b$ , por lo tanto:

$$EI\theta_b = \frac{V_a b L^2}{2} - \frac{wL^3}{6}$$

(Despejando a  $V_a b$ )

$$V_a b = \frac{2EI\theta_b}{L^2} + \frac{wL}{3} \quad (5)$$



(Vab) es también la reacción en el fondo.

Combinando (3) y (5)

$$M = \frac{2EIG_b X}{L^2} + \frac{wLX}{3} - \frac{wX^2}{2} \quad (6)$$

(Despejando a  $M = Mb$  para  $X = L$ )

$$\begin{aligned} Mb &= \frac{2EIG_b L}{L^2} + \frac{wL^2}{3} - \frac{wL^2}{2} \\ &= \frac{2EIG_b}{L} - \frac{wL^2}{6} \end{aligned} \quad (7)$$

Combinando (4) y (5)

$$EI\theta = \frac{EIG_b X^2}{L^2} + \frac{wLX}{6} - \frac{wX^3}{6} \quad (8)$$

Integrando (8)

$$EIy = \frac{EIG_b X^3}{3L^2} + \frac{wLX^2}{18} - \frac{wX^4}{24} + C_2 \quad (9)$$

para  $X = 0$ ,  $y = 0$ , por lo tanto  $C_2 = 0$

Resolviendo (9) para  $X = vL$   $y = y_b$

$$\begin{aligned} EIy_b &= \frac{EIG_b L}{3} + \frac{wL^4}{18} - \frac{wL^4}{24} \\ &= \frac{EIG_b L}{3} + \frac{wL^4}{72} \end{aligned} \quad (10)$$

También  $(y_b = \frac{\theta_b L}{3} + \frac{wL^4}{72 EI})$

Esfuerzo y Radio de Curvatura Calculados.- Si el ángulo de lanzamiento, la carga sobre la línea y la profundidad del agua son conocidos, el tramo sin apoyo puede ser calculado mediante la ecuación (10). La longitud sin apoyo puede ser substituida en la ecuación (7) para determinar el momento en la cuerda. Con la ecuación (1) el esfuerzo y el radio de curvatura pueden ser calculados por comparación con valores seguros.

Despejando (w) de la (10)

$$\frac{wL}{72EI} = y_b - \frac{\theta_b L}{3} \quad \delta \quad \left( w = \frac{72EIy_b}{L^4} - \frac{24EI\theta_b}{L^3} \right) \quad (11)$$

El valor del radio de curvatura es dado por

$$M = \frac{EI}{R}$$

Combinando (1), (6) y (11)

$M_b$  puede verse que es menor de cero.

$$M_b = \frac{-EI}{R} = \frac{2EI\theta_b}{L} - \frac{L^2}{6} \left( \frac{72EIy_b}{L^4} - \frac{24EI\theta_b}{L^3} \right)$$

$$\frac{-EI}{R} = \frac{2EI\theta_b}{L} - \frac{12EIy_b}{L} + \frac{4EI\theta_b}{L} \quad (12)$$

Multiplicando (12) por  $\frac{R^2}{EI}$

$$-L = 6R\theta_b - 12Ry_b \quad \square \quad \Delta$$

Ordenando términos y completando los cuadros

$$L^2 - 6R\theta_b L + 9R^2\theta_b^2 = 12Ry_b + 9R^2\theta_b^2$$

sacando raíz cuadrada en ambos términos

$$L + 3R\theta_b = (12Ry_b + 9R^2\theta_b^2)^{\frac{1}{2}}$$

$$L = (12Ry_b + 9R^2\theta_b^2)^{\frac{1}{2}} - 3R\theta_b \quad (13)$$

Si el radio de curvatura, el ángulo de lanzamiento y la profundidad del agua son especificados. La ecuación (13) puede ser utilizada para encontrar la longitud sin soportar. Entonces la ecuación (11) puede darnos la carga para hacer que el tubo tenga su forma.

Momento Máximo Determinado. Muy distante, solamente el momento en el extremo superior será considerado, no siendo este el máximo momento.

El punto de inflexión puede ser determinado haciendo  $M = 0$

$$M = \frac{2EI\theta_b X}{L^2} + \frac{wLX}{3} - \frac{wX^2}{2} = 0$$

$$\frac{2EI\theta_b}{L^2} + \frac{wL}{3} - \frac{wX}{2} = 0 \quad (6)$$

Despejando a X

$$\frac{wX}{2} = \frac{2EI\theta_b}{L^2} + \frac{wL}{3}$$

$$X = \frac{4EI\theta_b}{wL^2} + \frac{2L}{3} \quad (14)$$

De donde  $L - X = \frac{L}{3} - \frac{4EI\theta_b}{L^2} = \frac{-2}{wL}$

$$= \left( \frac{3EI\theta_b}{L} - \frac{wL}{6} \right) \quad (15)$$

$$L - X = \frac{-2EI\theta_b}{wL}$$

La tubería puede ser considerada en dos secciones separadas: la curva, como una viga simplemente apoyada y la curva superior como una viga volada.

(cantilever) con una carga concentrada en el extremo y otra uniformemente en toda la (Figura 3).

El momento máximo para la sección de la comba se obtiene así:

$$= \frac{wX^2}{8} = M_0 \quad (16)$$

El momento máximo en la curva superior es

$$\frac{-wX}{2} (L - X) - \frac{w(L-X)^2}{2} = M_b \quad (17)$$

Si ambos momentos son igualados pero con signo opuesto:

$$\frac{wX}{8} = \frac{wX}{2} - \frac{wX^2}{2} + \frac{wL^2}{2} - wLX - \frac{wX^2}{2}$$

$$0 = \frac{wX^2}{8} + \frac{wLX}{2} - \frac{wL^2}{2}$$

$$X^2 + 4LX = 4L^2$$

$$-X^2 + 4LX + 4L^2 = 8L^2$$

$$(X + 2L) = 2\sqrt{2L}$$

$$X = 2(\sqrt{2}-1)L$$

$$L - X = (3 - 2\sqrt{2})L, \quad L - X = (3 - \sqrt{8})L$$

$$L = 0.17157 L \quad (18)$$

Por lo tanto, si  $\frac{2X^2}{wL^2}$  es menor que  $(3 - \sqrt{8})$ , el momento máximo se presenta en la comba y puede ser calculado mediante la ecuación (17)

Otra fórmula muy útil, derivada de las mismas conclusiones, es aquella

que permite conocer la profundidad hasta la cual la tubería puede levantarse con cierta boyancia negativa.

$$Y = \left( \frac{2EI}{WR^2} \right) \Delta \quad (19)$$

(Utilizando las mismas unidades que en las anteriores).

El Tubo, una estructura estáticamente indeterminada. Para el Método de la Zapata de Lanzamiento, las mismas fórmulas dan una buena aproximación, pero el momento de inercia debe ser para toda la estructura. Para el Método de Puntos de Soporte así como para el de Zapata de Lanzamiento, la tubería debe ser considerada como una estructura estáticamente indeterminada.

Cuándo se proponga utilizar el método de puntos de soporte, el diagrama de cargas debe ser integrado gráficamente para determinar su exactitud. Las ecuaciones para verificar o diseñar son:

$$M_a = M_{fa} - \frac{2EI}{L} \left( 2\theta_a + \theta_b - \frac{3v_b}{L} \right) \quad (20)$$

$$M_b = M_{fb} - \frac{2EI}{L} \left( 2\theta_b + \theta_a - \frac{3v_a}{L} \right) \quad (21)$$

$$M = M_{at} + V_{ab} X - \frac{wX^2}{2}$$

Estas ecuaciones pueden utilizarse para la tubería por entero o entre dos soportes cualesquiera.

En el estudio todas las alternativas consideradas han sido analizadas, pero se ha mostrado un particular interés para el método de boyancia negativa. Del análisis al método de la zapata de lanzamiento, parece dar buenos resultados en el estudio de esfuerzos, este método parece ser el más práctico.

Espaciamiento Tipo para Boyancia.- En la figura (4) se ilustra el tendido de una tubería de 32.4 cm. (12.75") de D.E. x 3.7 mm. (0.344") espesor de

con 203 Kg. (4,770 #) de boyas con separación de 13.2 m. (43.3') a centros. La profundidad del agua fue de 16.8 m. (55').

El ángulo de lanzamiento mostrado en el dibujo fué de  $11^{\circ}-30'$  y un radio mínimo de 343 m. (1,124').

Los valores conocidos son:

$$E = 30 \times 10^6 \text{ psi (libras por pulgada cuadrada)}$$

$$l = 253 \text{ pul.}$$

$$w = \frac{43.63}{12} = \frac{1770}{43.3} = 0.396 \text{ #/pul. (libras por pulgada)}$$

$$\theta_b = 0.2007 \text{ Radianes.}$$

$$y_b = 660 \text{ pul.}$$

Resolviendo la ecuación (10) para "L", asumiendo valores hasta "L" en ambos términos, dentro de la tolerancia deseada.

$$y_b = \frac{\theta_b L}{3} + \frac{wl^4}{72EI}$$

Asumiendo:  $L = 3,000''$  en  $\frac{\theta_b L}{3}$  y calculando (L) en otros términos, nos da:

$$L^4 = 646.36 \times 10^{12}$$

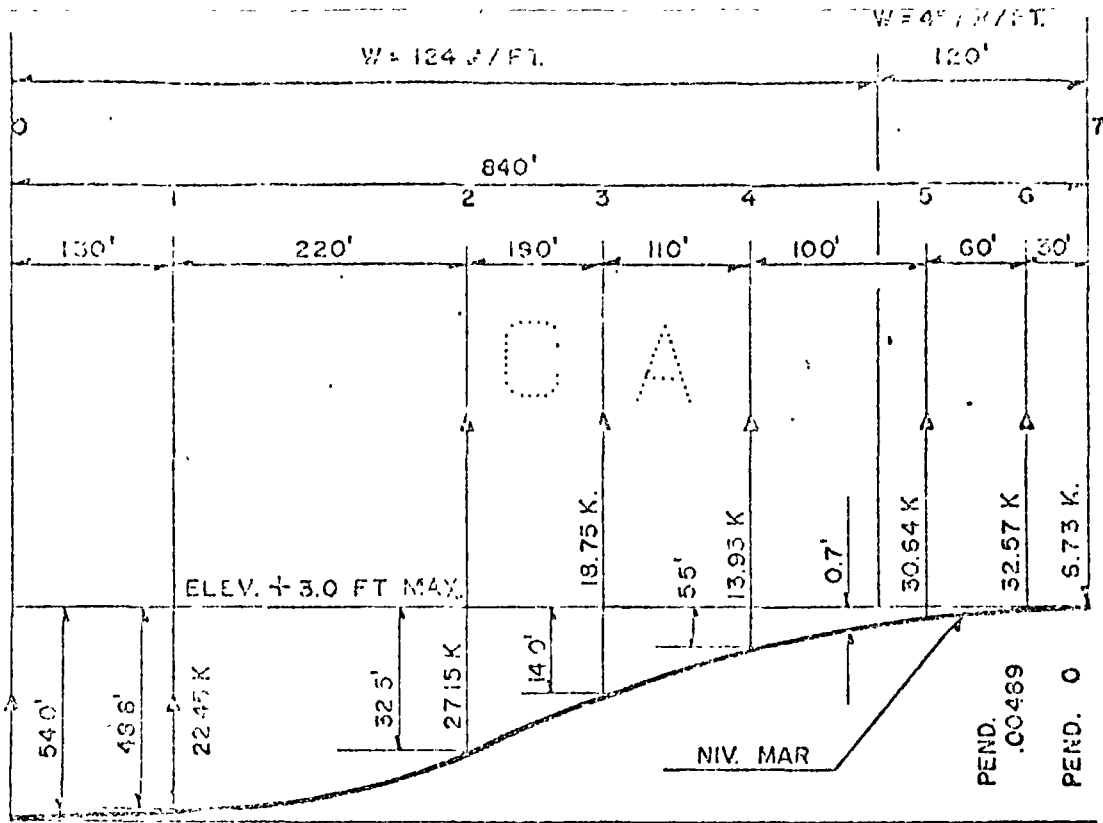
$$L = 5,042 \text{ pul.}$$

Por lo tanto (L) se considera entre 3,000 y 5,042 pul.

Asumiendo:  $L = 4,700 \text{ pul.}$  en el primer término, el otro término nos da:

$$L^4 = 486.31$$

$$L = 4,696 \text{ pul.}$$



5.37 K

NOTA.—

Fuerzas en KIPS  
 Deflexiones vert. aprox.  
 ( Mas o menos 0.5FT.)

### FIGURA 4

Proposición para tendido de tubería de 26 pulg en agua salada a 50 FT. de prof., radio mínimo deseado, 2,040 FT. Los soportes son boyas con cámara de lastre, la deflexión fue determinada, integrando el diagrama graficamente.

C A

## PONTÓN.

El pontón, agujón o stinger, lo podemos definir como un puente que provee apoyo a la tubería durante su recorrido desde el momento en que ésta abandona la barcaza, hasta que reposa en el fondo.

Dentro del Golfo de México, en el área costera, se cuenta con un método aprobado para el tendido de tubería, mediante el empleo del agujón de pontones. Este dispositivo es necesario para soportar y deslizar la tubería desde la popa de la barcaza de tendido hasta el fondo del océano sin sobre-fatigar el tubo. Un pontón trabaja satisfactoriamente en aguas relativamente calmadas. En aguas con fuertes corrientes no puede ser empleado con éxito.

La técnica recomendada consiste en el empleo de un agujón con armadura puente, que se prolonga (en algunos casos) hasta el fondo del mar y se fija mediante articulaciones a la popa de la barcaza. El extremo del agujón se fija a la popa de la barcaza, de tal forma que resista las fuerzas laterales originadas por las corrientes. Tiene diferentes compartimentos para lastrarlo y dar la curvatura requerida según la profundidad.

Ha sido necesario hacer algunas modificaciones en los pontones, tensionando la tubería. Si la tensión aplicada sobre la línea se aumenta, la tubería abandona el contorno del pontón más rápidamente. La reducción en la tensión sobre la línea, permite que el tubo haga contacto sobre el agujón en una mayor longitud. En uno u otro caso, la longitud de la tubería sin soporte, desde el punto de partida del pontón al punto del contacto con el fondo del océano, es una función no lineal del diámetro del tubo, de la profundidad del agua y de la tensión sobre la tubería.



La idea original sobre un agujón curvado rígido, fue fabricado con secciones de tubo rectas soldadas hasta producir una curva de 106.70 m. (350') de radio; con el fin de hacerlo adaptable a una gran variedad de trabajos. Posteriormente el diseño fue cambiado de modo que las secciones rectas, se unieron con juntas hidráulicas ajustables. El radio original de 106.70 metros fue mantenido ajustando las diferentes secciones del agujón.

Se han desarrollado curvas de esfuerzos para varias tensiones y varias profundidades de agua para tuberías de 12" a 18"  $\phi$ . Estas curvas fueron desarrolladas y trazadas usando un sistema de computación IBM-1130. Un ejemplo del tipo de información obtenido mediante estas curvas se muestra en la figura 9. Esta figura muestra la forma de una tubería de 12"  $\phi$  después de abandonar el agujón en aguas con profundidad de 7 - metros (230') y el esfuerzo en esta línea es función de la distancia para una tensión de 4500 kg. (10 000 lbs). El grupo completo de curvas generadas, proporciona una base para determinar los relativos niveles de esfuerzos sobre la línea a medida que las operaciones de tendido avanzan.

Se recomienda ver detenidamente las figuras 1A, y 1 a 9, donde se ilustra en forma esquemática, el pontón y su comportamiento.

O A

O A

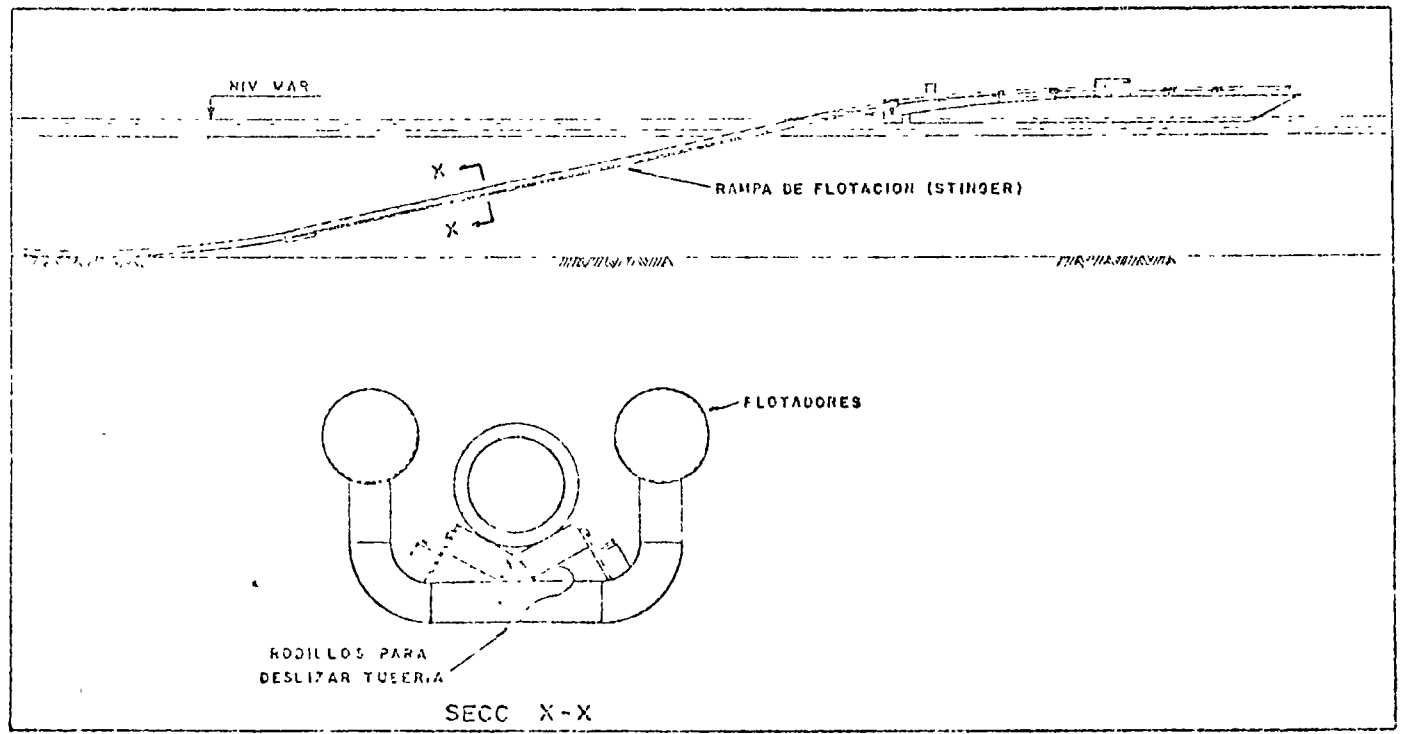


FIGURA 1-A. -- BARRACA CON RAMPA DE FLOTACION (STINGER)

O A

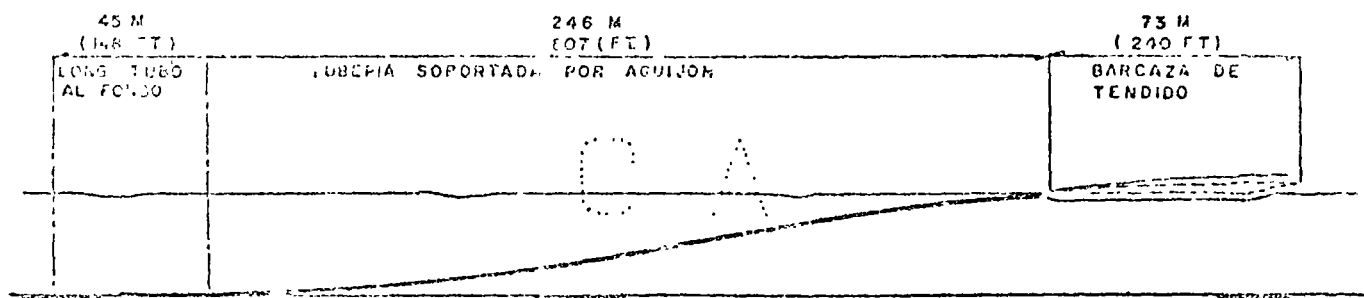


FIGURA 1- Tuberia, Agujon y Barcaza de tendido en 30 m. Prof. de Agua.

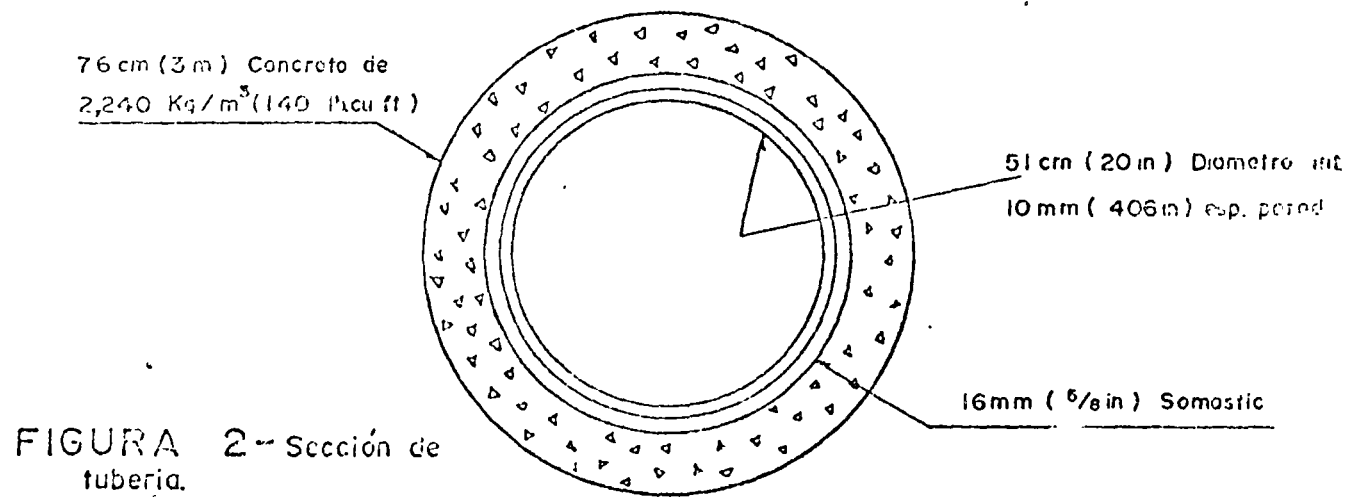
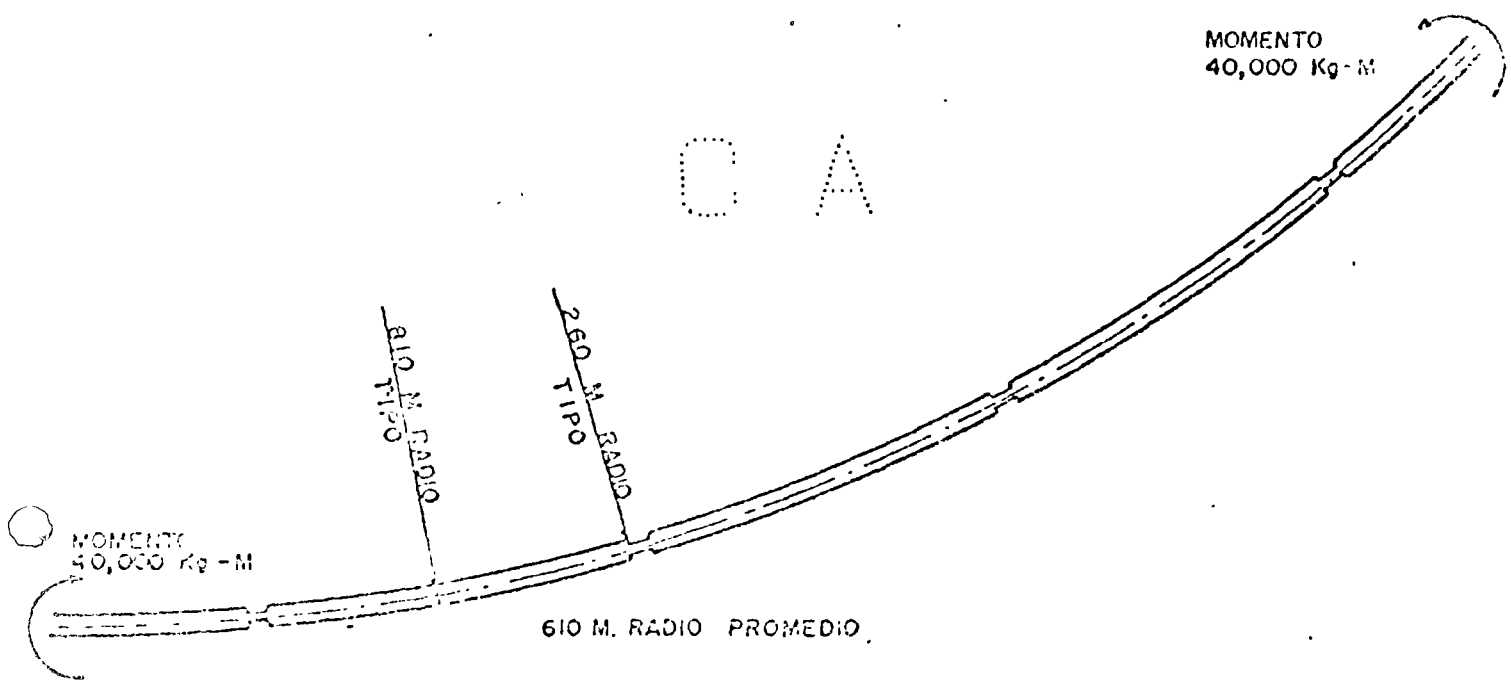


FIGURA 2- Sección de tuberia.



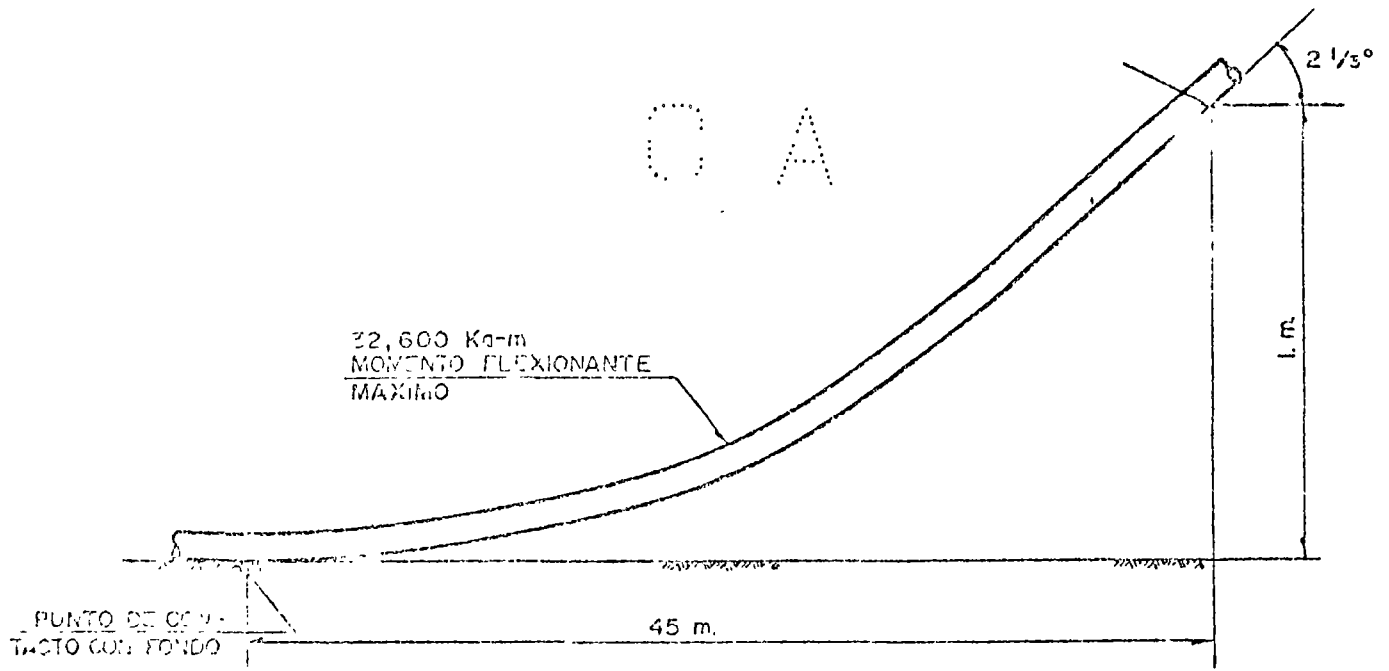


FIGURA 4- Perfil de la Tuberia desde el fondo hasta el extremo del agujón.

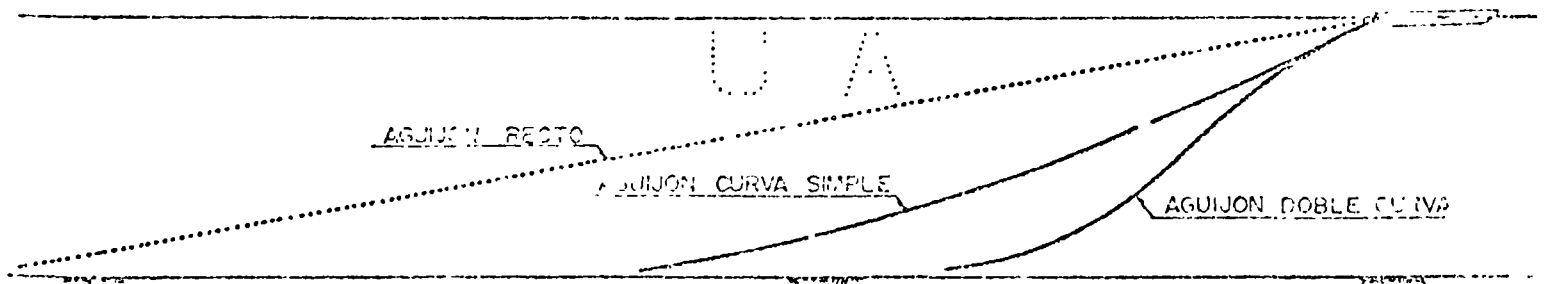


FIGURA 5- Efecto de Curvatura a lo largo del agujón para una profundidad de 30 M. de agua.

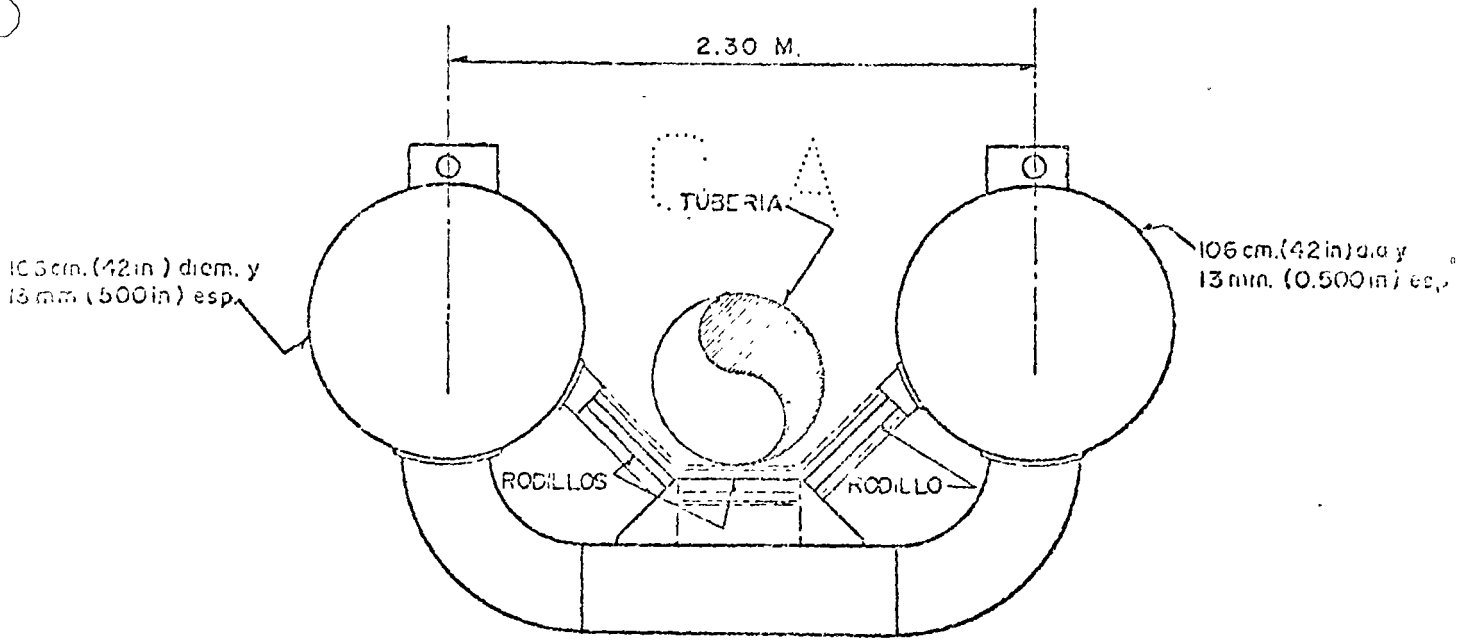


FIGURA 6 -- Sección transversal del agujón.

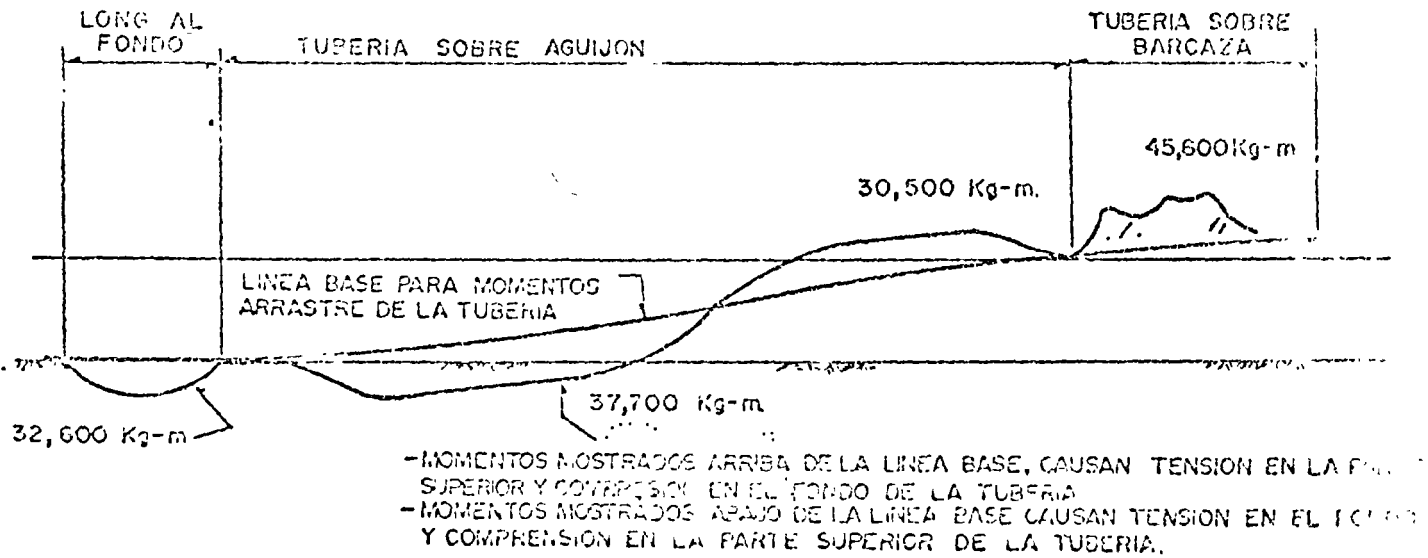


FIGURA 7 -- Diagrama de momentos en la tubería a 30 m. prof. de agua.

FIGURA 8 -- Tubería, Agujón y Barcaza a 8 m. prof. de agua.

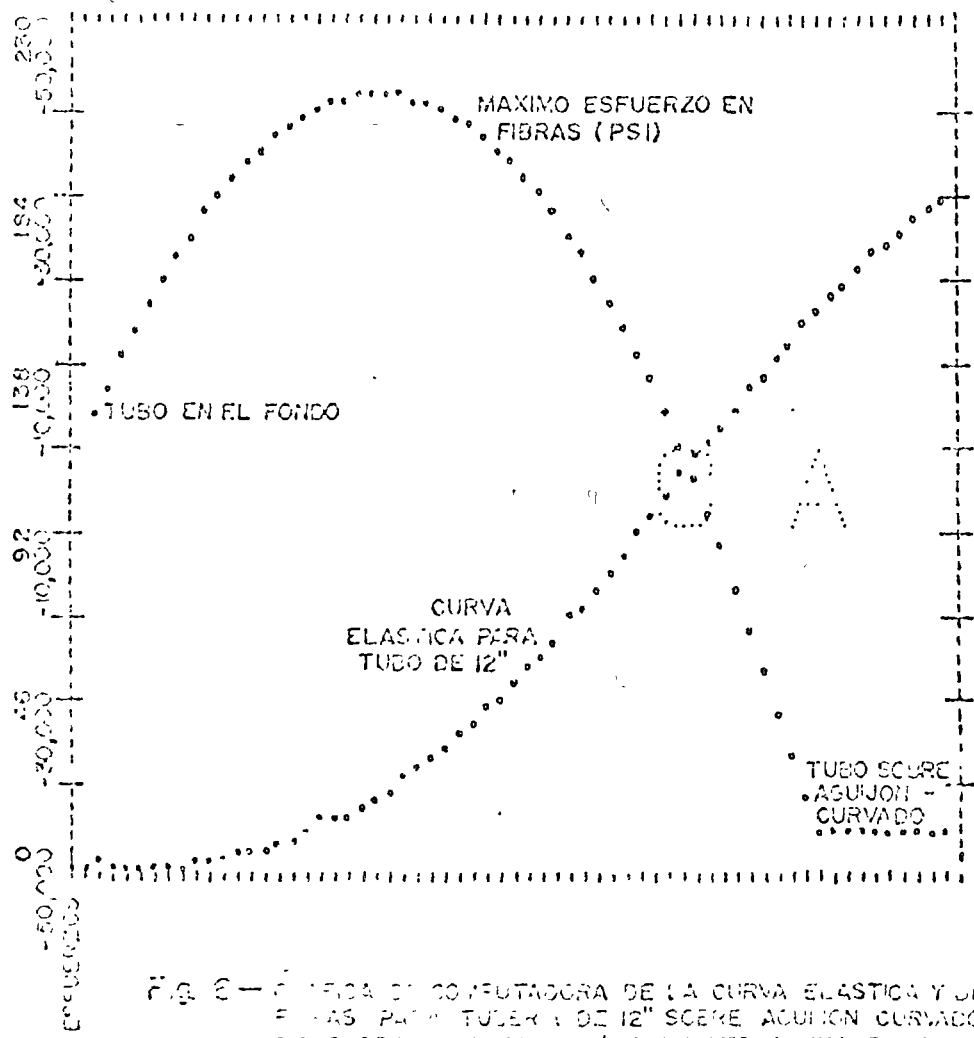
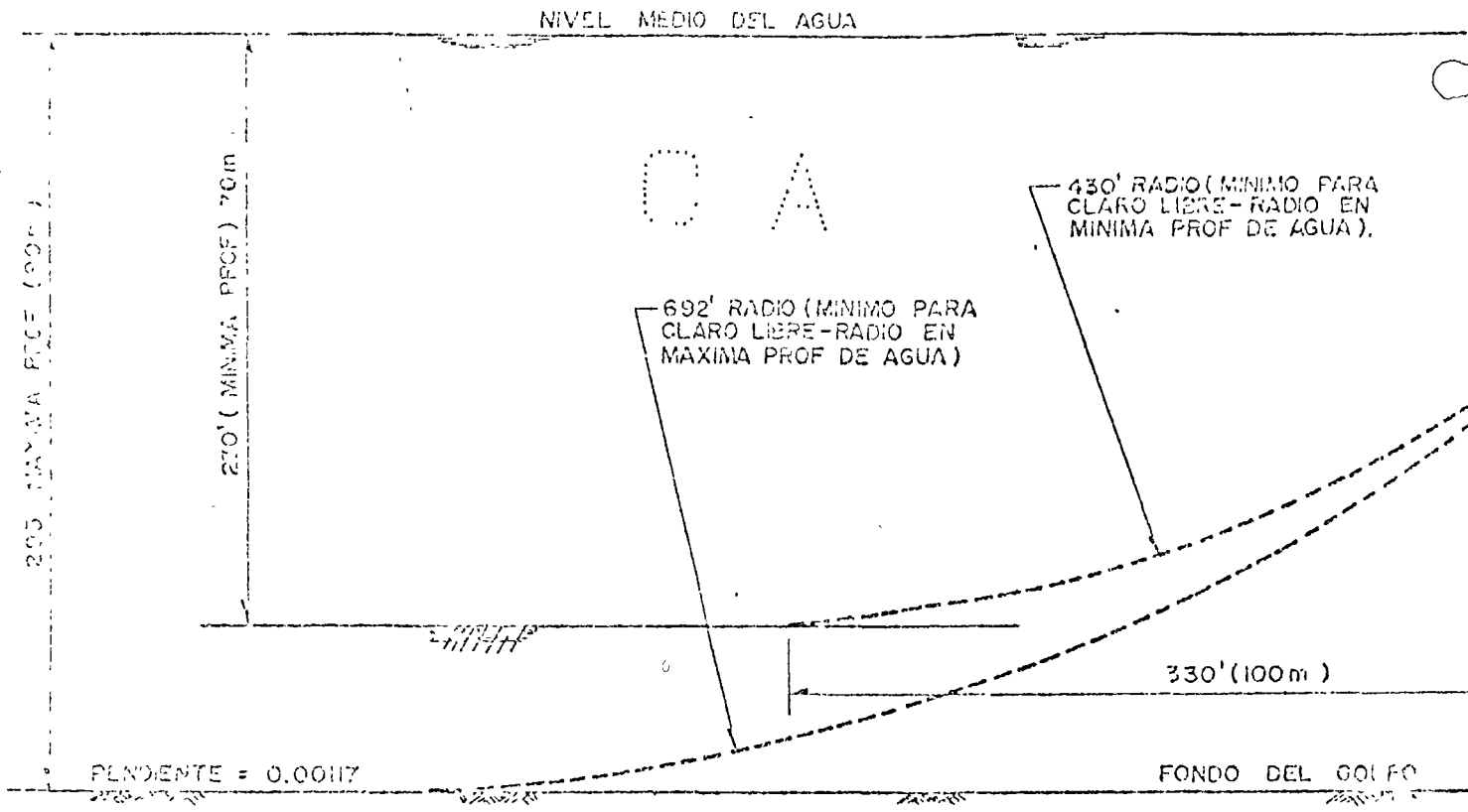


Fig. 2 - Gráfica de computadora de la curva elástica y de máximo esfuerzo en las fibras para tubería de 12" score acujón curvado a 330' de radio en profundidad promedio de 205' y sujeto a una tensión de 10,000 lb

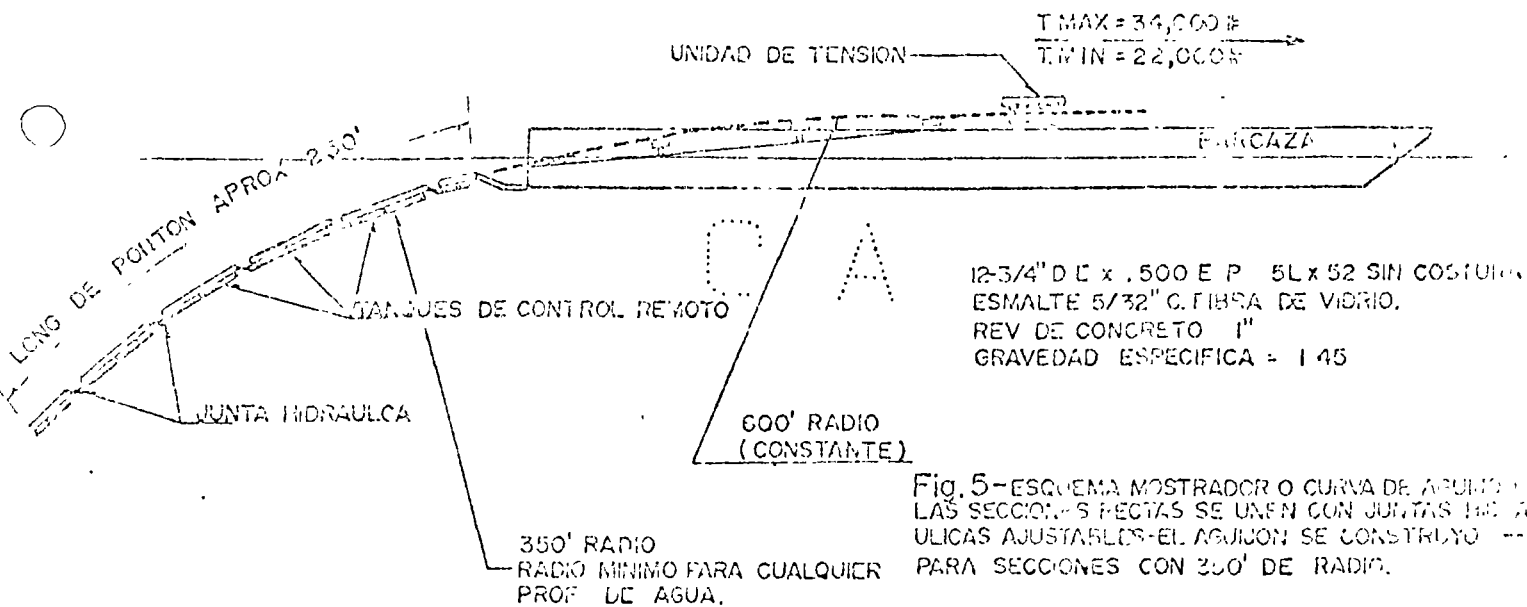
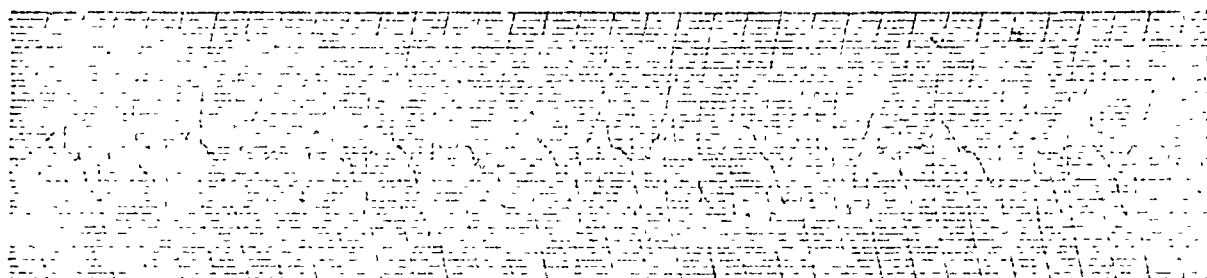


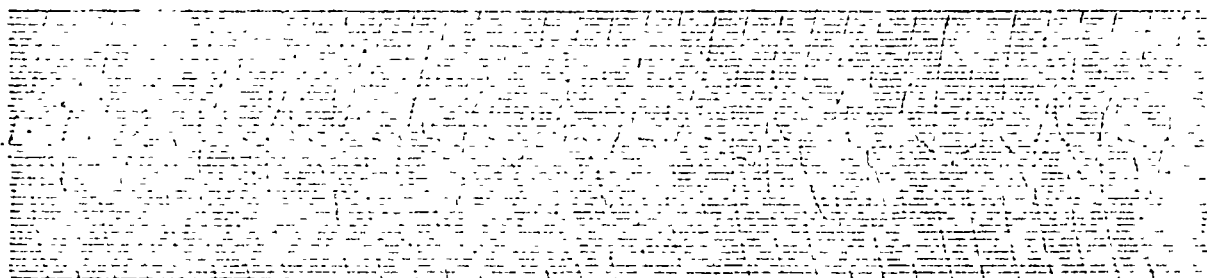
Fig. 5-ESQUEMA MOSTRADOR O CURVA DE AGUJON. LAS SECCIONES RECTAS SE UNEN CON JUNTAS HIDRAULICAS AJUSTABLES-EL AGUJON SE CONSTRUYO PARA SECCIONES CON 350' DE RADIO.



2.0 mm/seg

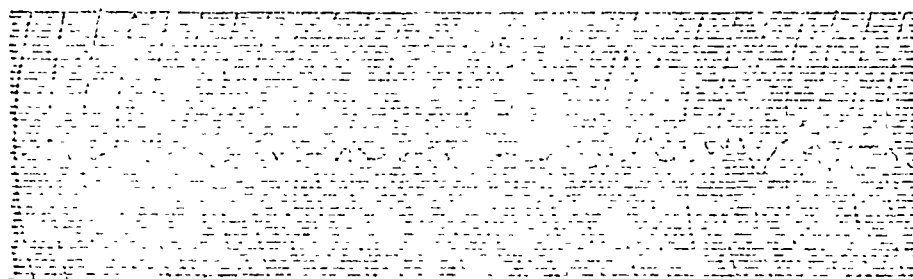
ALZAR E INCLINAR (Z)

0.5 VOLTS/DIV.



20 mm/seg.

DESVIAR Y GUINDAR (Y)



2.0 mm/seg.

OLEAJE (X)

1.0 VOLTS/DIV.

Fig. 7- GEOMETROS FUERON UTILIZADOS PARA DETERMINAR LOS MOVIMIENTOS DE LA BARCAZA Y AYUDAR ASI A LOS INGENIEROS EN MANIOBRAS ANTICIPADAS Y EFECTOS DE OLEAJE. EL REGISTRO MUESTRA OLAS DE 1.0 m. (3').

### INSTALACION DE TUBO ASCENDENTE (RISER)

La instalación de ascendentes en las plataformas de producción, no presenta ningún problema irresoluble en aguas cuya profundidad, sea tal que las técnicas de tendido puedan ser aplicables, pero se requerirá una grúa con capacidad considerable, montada sobre la barcaza de tendido o una barcaza-grúa auxiliar, mas el empleo de buzos para hacer las necesarias mediciones, cortes y asegurar el correcto ajuste de las abrazaderas del tubo ascendente.

Para casos donde se requiera la instalación de un ascendente y tender tubería que se aleje de la plataforma, hace necesario el prefabricar el tubo ascendente y mantenerlo verticalmente, con el auxilio de una barcaza-grúa, mientras se suelda al extremo de la línea, la cual es mantenida bajo la superficie mediante la barcaza de tendido y su pontón, luego se bajan lentamente y en forma simultánea la línea y el tubo ascendente a medida que la barcaza se aleja. Esto, naturalmente requiere de un control muy preciso de los pontones, lo cual es realizado por los buzos, así como una continua coordinación hasta que el ascendente está en el fondo y las abrazaderas sean aseguradas.

En otros casos, es necesario que el tubo ascendente llegue junto a la plataforma. En este caso, se requiere generalmente que la barcaza de tendido, tienda su línea lo más cerca posible a las patas de la plataforma, para que ésta descansa a un costado y sobre el fondo, mediante sus pescantes de descenso y pontón, se hará una medición precisa de la distancia entre el extremo de la tubería y una de las patas de la plataforma. La sección horizontal del tubo ascendente, es posteriormente cortada subiendo la tubería hasta la superficie donde el ascendente es sueldado a la línea y luego bajado nuevamente al fondo, con la



ayuda de la grúa de la barcaza o de la barcaza-grúa auxiliar, sosteniendo el tubo ascendente en posición vertical, a medida que la línea es bajada hasta - dejarla segura sobre el fondo y puestas las abrazaderas.

Ambos métodos, requieren un control muy exacto de la longitud del tubo ascendente y la coordinación de los diferentes equipos, además de señalar que esto no es posible en aguas con profundidad a la cual los buzos que utilizan el equipo de aire convencional no puede funcionar.

Nuevo Método. - Hay un método radicalmente distinto para la instalación de tubo ascendente en aguas profundas, que elimina las desventajas anteriores. Este método consiste en pasar la tubería a través de un tubo preformado en (J), tubo conductor que es construido dentro de la estructura de la plataforma como se muestra en la Figura.

Cuando se instala el ascendente al extremo de la línea suficiente tubería extra debe tenderse, pasando la plataforma para permitir el tirón dentro - del tubo J, aproximadamente 90 m. (300'). Después de que la soldadura ha sido terminada, toda la tubería es bajada al fondo del océano, después un cable es unido al extremo del tubo y pasado a través del tubo J. Mediante remolcadores se hace el tirón del tubo que adopta una forma de (S) en el fondo. En el proceso, el extremo del tubo es introducido un corto tramo dentro del tubo J.

Finalmente la línea es tirada a través del tubo J, mediante el cable atado al extremo de la línea y unido a un malacate sobre la plataforma, el malacate de la barcaza asiste para mover el tubo según se requiera, además de - soportar el peso del tubo y así reducir la fricción sobre el fondo del océano.

ASCENDENTES CONVENCIONALES. - El ascendente convencional consiste en:

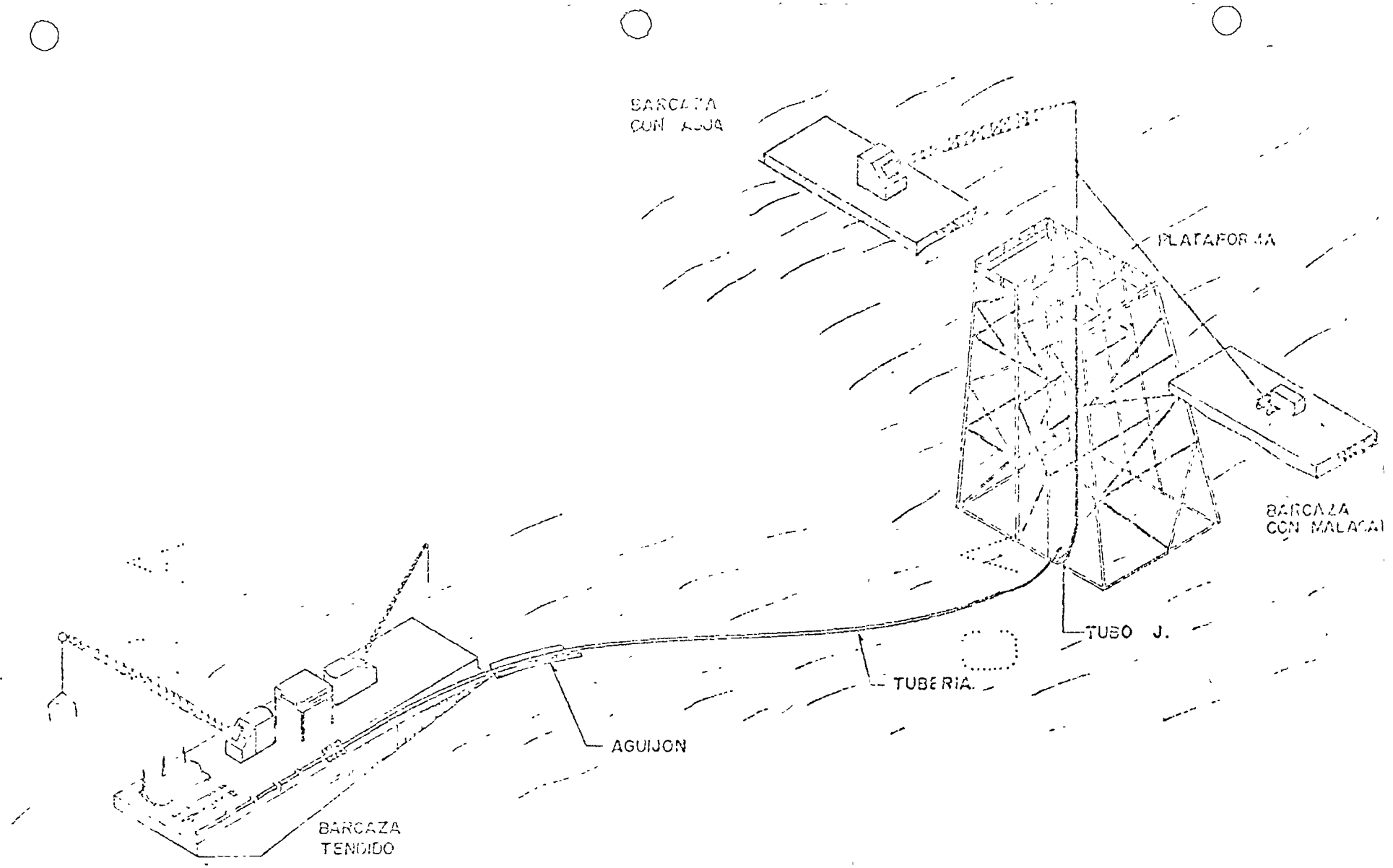


Fig 7 - MODELO DE PLATAFORMA PARA AGUAS PROFUNDAS

un tubo en forma de "L" soldado a la sección tendida sobre el fondo, ejecutándose el ensamble, a un lado de la plataforma mediante una barcaza con grúa. -

La grúa se opera coordinadamente con la barcaza de tendido y el aguijón para bajar la línea y la sección "L" en forma progresiva hacia el fondo, a medida que nuevos tramos se sueldan a la parte vertical del ascendente. A continuación el ascendente es sujetado a una pata de la plataforma mediante abrazaderas colocadas por buzos.

Una modificación relativamente reciente a este método, consiste en una vía o riel II a lo largo de una de las patas de la plataforma, por donde la pieza "L" puede ser guiada. Sin embargo, aún con la vía guía, el talud o pendiente con que usualmente se construyen las patas de las plataformas, causan considerable dificultad al enviar el ascendente (riser) hasta el fondo y que adopte la forma conveniente para permitir la colocación de abrazaderas en los puntos determinados previamente.

No obstante las técnicas de manejo y experiencia en este tipo de maniobras, para que esta operación sea razonablemente económica, se requiere que la profundidad del agua sea mayor de 30 m. (100') y durante los períodos de mar calmado. El problema del manejo y el costo de la asistencia de buzos, aumentan rápidamente con la profundidad del agua.

ZAPATA DE DOBLADO. La figura muestra esquemáticamente los pasos básicos para formar el ascendente. Una zapata para doblado con la curvatura especificada, sirve como punto de apoyo y a la vez limita la curva durante el doblado del tubo en el sitio y a lo largo de una de las patas de la plataforma. En algunas ocasiones, el sistema para manejar la tubería durante la opera-

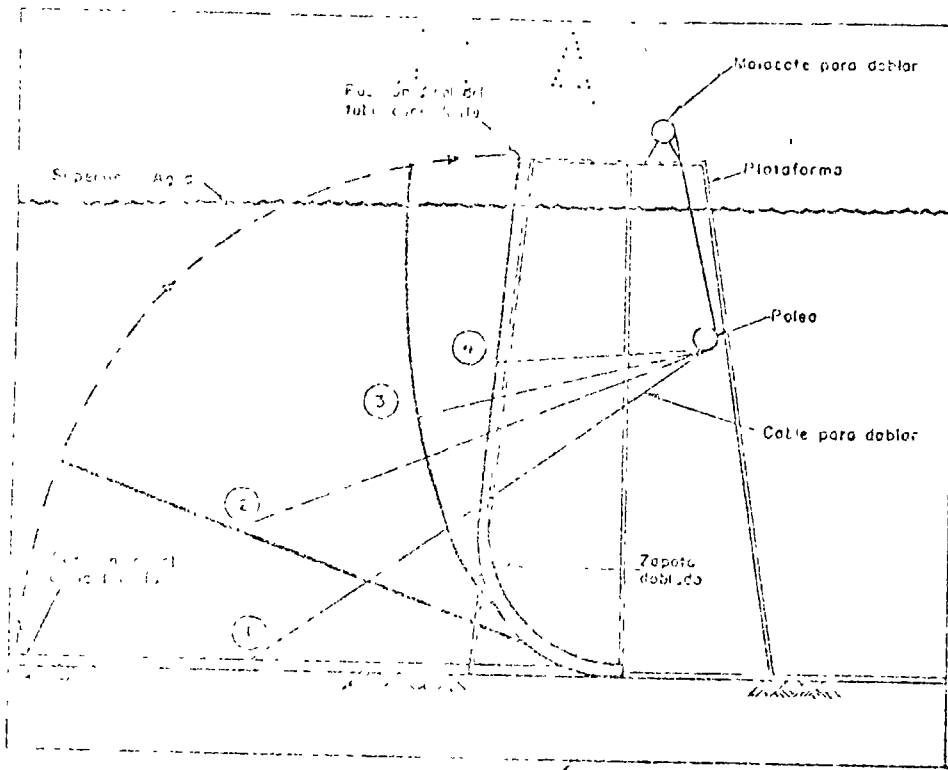


Fig 1 - Mecanismo para tener ascendiendo en sitio

O A

ción del doblado, puede ser justamente tan simple como se muestra en la Figura 1.

En esta situación, un cable para el doblado se fija a la tubería en un punto determinado, y una polea colocada sobre la plataforma, pueden desarrollar con seguridad el momento flexionante requerido para doblar plásticamente el tubo, conforme a la curvatura de la zapata, mientras al mismo tiempo y evitando una instalación permanente se obtiene el tramo vertical del ascendente. En otras situaciones tiene que utilizarse un procedimiento de manejo para la tubería, más elaborado para lograr el doblado del tubo ascendente. El diseñar una particular instalación, no es precisamente difícil, sin embargo esto requiere el conocimiento de las características del tubo y de experiencia con los mecanismos.

CONSIDERACIONES PARA DISEÑO. Las primeras consideraciones para el diseño, comprenden la selección del radio de curvatura del doblado. Generalmente este debe ser el menor posible, a juicio del ingeniero considerando los efectos que resulten de los esfuerzos de flexión (radio de curvatura) sobre:

El tubo y sus materiales de revestimiento.

Aplastamiento u ovalado del tubo en su sección transversal (debido al doblado).

Rigidez límite a la flexión y/o pandeo límite del tubo bajo las cargas de instalación, las cuales incluyen los efectos combinados del momento

una extensión y carga axiales.

Los resultados de una investigación apropiada sobre los efectos de los grandes esfuerzos de flexión en tuberías de acero típicas y en juntas soldadas, indican que no se han presentados efectos adversos a las propiedades del material, como resultado al haberlos sometido a uno de dos ciclos de esfuerzos abajo por lo menos del 2.5 %. En forma similar para pruebas de cables con especificaciones de tubo de acero de 32 cm. (12-3/4"), llevando un revestimiento consistente en 1 cm. (3/8") de Somaclite y 2.5 (1") de concreto reforzado, no se observaron efectos adversos substanciales sobre un sistema de revestimiento cuando el material del tubo fué doblado hasta un esfuerzo del 2%. Durante esta prueba, fueron observadas grietas circunferenciales en el revestimiento de concreto, pero no se consideró como un detrimento al revestimiento de acero, que es la función del concreto.

La Figura 2 muestra la carga-deformación característica de una tubería de 32 cm. x 12 lbs. para el Grado B (12-3/4" x 1/2") en pura flexión. La forma de esta curva es típica para la mayoría de diámetros y grados de tubo usado para ductos subterráneos. Al principio y a medida que una línea va siendo cargada, que la sujeta a flexión, el momento resistente del tubo aumenta linealmente con los incrementos del esfuerzo flexionante. Después de que las fibras extremas del material alcanzan el límite elástico (esfuerzo flexionante entre 0.1% y 0.15%), la pendiente de la curva de momentos decrece rápidamente con el aumento de flexión. Si la flexión continúa, el momento resistente del tubo alcanzará un máximo (pendiente = 0), la cual para el caso particular del tubo descrito en la Figura 2 ocurre con un esfuerzo flexionante de 2.5 %, equivalente a un radio de curvatura de aproximadamente 4.3 m. (14.1'). Durante el proceso de doblado, la sección transversal del tubo puede ovalarse o aplastarse, disminuyendo el diámetro para el plano de doblado. La cantidad de aplastamiento para la mayoría de diámetros y materiales es despreciable para momentos dentro del rango elástico. Sin embargo, a medida que la flexión continúa, el aplastamiento aumenta y la sección transversal puede fallar o deformarse cuando el esfuerzo en las cercanías se aproxima al límite del momento resistente del tubo.

C A

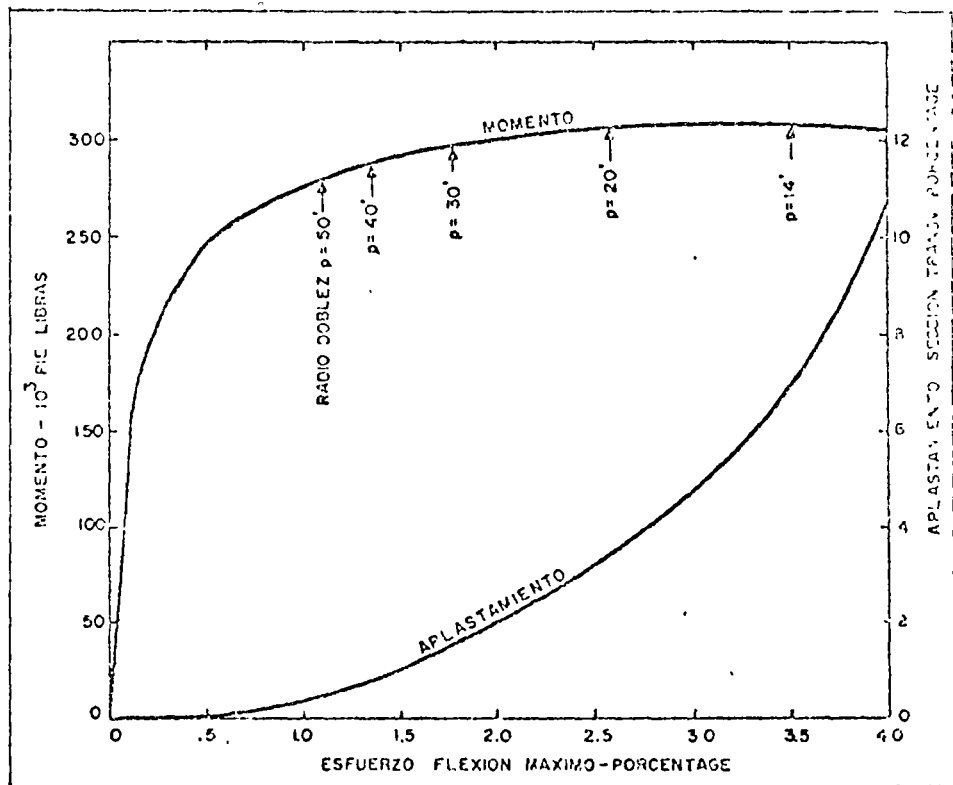


Fig. 2 - Características doblando tubo 12-3/4" D.E. x 1/2" E.P. Grado B.

C A



1. The first part of the document discusses the importance of maintaining accurate records of all transactions. It emphasizes that this is essential for ensuring the integrity of the financial statements and for providing a clear audit trail. The text also mentions that proper record-keeping is necessary for compliance with various regulatory requirements.

2. The second part of the document focuses on the role of internal controls in preventing and detecting errors and fraud. It highlights that a strong internal control system is crucial for the reliability of the financial reporting process. The document outlines several key components of an effective internal control system, including the segregation of duties, the authorization of transactions, and the independent internal verification of records.

3. The third part of the document addresses the importance of regular reconciliations. It explains that reconciling bank statements and other external records with the company's internal records is a vital step in ensuring the accuracy of the financial data. The text provides guidance on how to perform these reconciliations effectively and how to investigate any discrepancies that may arise.



4. The fourth part of the document discusses the importance of maintaining up-to-date and accurate financial records. It stresses that this is not only a legal requirement but also a key factor in making informed business decisions. The text provides practical advice on how to organize and maintain these records, including the use of accounting software and the importance of regular backups.

5. The fifth part of the document concludes by summarizing the key points discussed and reiterating the importance of a proactive approach to financial record-keeping. It encourages the reader to implement the best practices outlined in the document to ensure the long-term success and financial health of their organization.





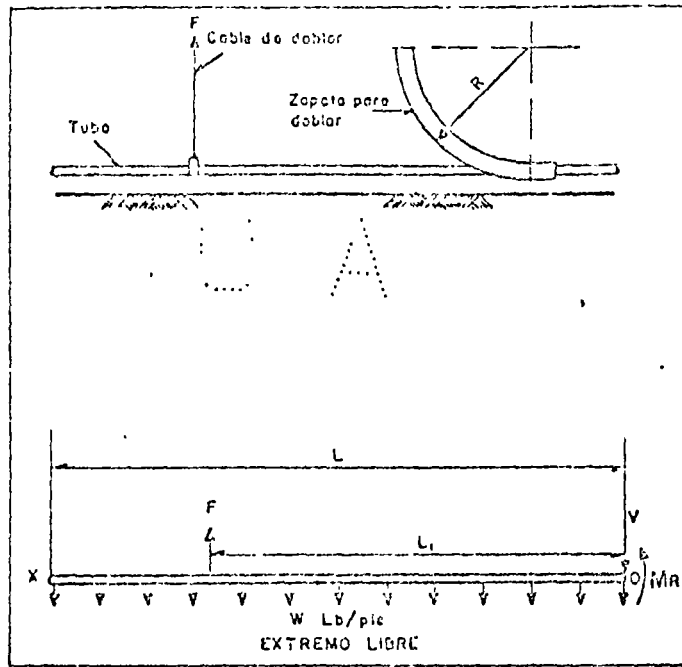


Fig. 3 - Dibujo y Diagrama del extremo libre para un sistema sencillo de manejo de tubería al iniciar su dobléz.

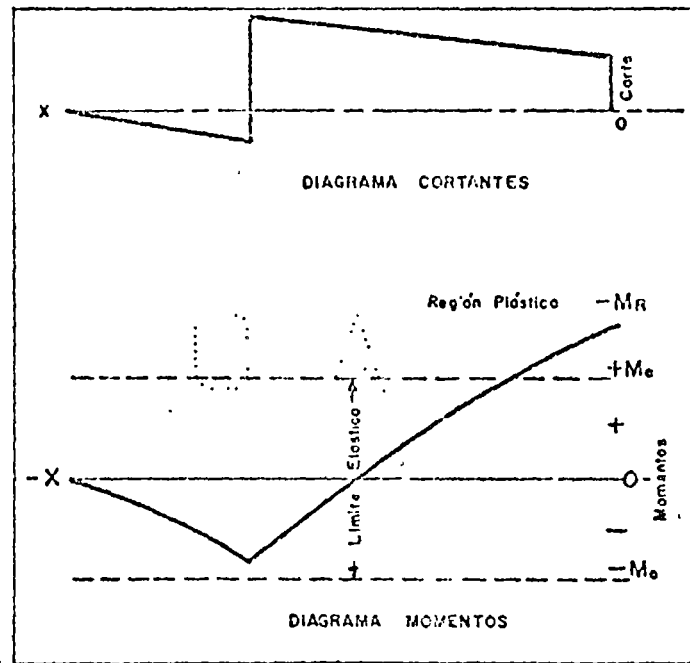


Fig. 4 - Diagrama de Cortantes y momentos para un sistema sencillo de manejo de tubería

una longitud  $L$  de tubo desde el fondo y desarrollar adicionalmente una reacción  $V$  en la zapata de doblado.

Entonces,

$$F - NL = V \quad (1)$$

El momento en el tubo, sobre el punto de tangencia con la zapata debe ser igual a la rigidez del tubo ( $M_x$ ), para una deformación equivalente al radio de la zapata.

Entonces

$$FL_1 = \frac{WL^2}{2} = M_x \quad (2)$$

ó

$$F = \frac{M_x + \frac{WL^2}{2}}{L_1} \quad (3)$$

Para la situación mostrada, el momento será máximo en la zapata y decrecerá hasta cero en el extremo del tubo. Los diagramas para cortantes y momentos se muestran en la Figura 4. El momento  $M_x$ , a una distancia  $X$  desde la zapata de doblado, puede evaluarse por la expresión:

$$M_x = F(L_1 - X) - \frac{W(L_1 - X)^2}{2} \quad (4)$$

El dispositivo de cable para el doblado, no debe quedar demasiado lejos del extremo del tubo pues de otra manera el momento originado por el extremo colgante del mismo, puede exceder al momento elástico y resultar en doblado adicional. Por otro lado, la longitud  $L_1$ , la distancia entre el punto de contacto del tubo con la zapata y el punto de aplicación del cable para el doblado, puede resultar una longitud suficiente de brazo de palanca (momento), de manera que la tensión del cable  $F$  caiga dentro de la fuerza práctica; sin embargo, ser lo suficiente corta para poder desarrollar un

gradiente apreciable de momentos, a lo largo de la longitud del tubo, desde  $X = 0$  hasta  $X = L_1$ . Si la longitud  $L_1$  es demasiado grande, una porción -- apreciable de esa longitud de tubo, quedará sujeta a momentos más allá del límite elástico y originar un doblez permanente en la sección del tubo ascendente (riser); que debe permanecer recta.

Para situaciones donde la longitud  $L$  es grande y el peso unitario  $W$ , -- es también grande con respecto a la rigidez elástica del tubo (tubería poseída de diámetro pequeño en aguas profundas), debe planearse un sistema de manejo (maniobra) más elaborado. En estos casos, es con frecuencia favorable ayudarse con dispositivos de cable adicionales, aplicados próximos al extremo del tubo, para mantener una fuerza de tensión axial durante la operación de doblado. Esta tensión sirve para reducir los momentos en el tubo, entre el punto de aplicación del cable de tensión y  $X > 0$ , además aumentar el momento en  $X = 0$ , lo cual ayuda a desarrollar el momento  $M_r$ , para doblar el tubo sobre la zapata.

**INSTALACION DEL PRIMER ASCENDENTE DOBLADO.**

La primera instalación de un tubo ascendente mediante este procedimiento fué en las costas de Luisiana a 104 m. (340') de profundidad. Esta instalación incluyó doblar una tubería de 30 cm. (12") sobre una zapata con radio de 12.2 m. (40') en la base de una plataforma y abrazarla en su sección vertical a una de las patas de la plataforma. La zapata de doblado y las abrazaderas para la parte vertical fueron instaladas al fabricarse la plataforma. Debido a la extrema profundidad del agua y a la baja rigidez elástica del tubo de 30 cm., se requirió de un sistema de maniobra, perfectamente elaborado para la operación del doblado. Las fuerzas requeridas para doblar la tubería y llevarla a su posición vertical, fueron transmitidas por un cable sencillo, desde una bodega de tendido y dos cables de un malacate de doble tambor, montado sobre el nivel inferior de la plataforma.

Una curva horizontal de 90° en dirección a la tubería, fué requerida -- para alinear plataforma y zapata. La curva fué trazada con un radio de 610 m. (2,000') para reducir la cantidad de tubo, las proximidades a la curva son --

... 915 m. (3,000'), cantidad adicional de tubería sobre la distan-  
cia dada a la plataforma y no obstante este radio fué considerado como  
... para 100 m. (350') de profundidad, la curva horizontal fué rea-  
lizada sin que se experimentara algún problema.

El primer paso consistió en tender la tubería, pasando la plataforma  
y paralela a la zapata, con longitud suficiente para el doblar y alcanzar  
la superficie del agua. Debido a la necesidad de atar varios cables a la  
tubería en puntos definidos con toda precisión, se utilizó un procedimiento  
por medio del cual, la posición final de cualquier punto sobre la tubería  
pudiera determinarse cuando la línea aún se encontrase sobre la barcaca.

Un pequeño cable fué atado a la tubería cuando la barcaca se encuentre  
la aproximadamente a 450 m. (1,500') de la plataforma. A medida que la bar-  
caca se acercaba a la plataforma, se midió con toda precisión la tubería  
instalada en la línea. Después de que el cable fué colocado en el punto so-  
licitado, la línea se apoyó en el fondo del océano, un barco con instrumen-  
tos de medición fué ubicado sobre dicho punto y con la ayuda de un medi-  
dor se determinó el ángulo del cable, la unidad de registro eléctrico de  
barco midió la distancia horizontal desde su posición hasta la plataforma.  
Comparando esta distancia horizontal, con la longitud de tubería en la línea,  
el resultado permitió predecir la posición de cualquier punto sobre la tubería  
con relación a la plataforma, después la tubería se colocó sobre el fon-  
do y a un lado de la plataforma.

#### UTILIZACION DE LA LIBRA.

Una de las etapas más difíciles fué la colocación de la tubería bajo  
la zapata. Se planeó realizarla mediante un cable índice, como se muestra  
en la Figura 5. Este cable fué conectado desde la base de la zapata a la  
parte superior de la estructura. Mientras la barcaca permaneció al lado de  
la plataforma, el cable índice fué pasado bajo la tubería y unido a una brida  
fija en su posición mediante un barco de trabajo. Inconscientemente, el cable  
que unía a este barco, fué recorrido por una línea de ancla y ... del cable

luego se tendió bajo la superficie. Puesto que el cable índice perdió su tensión, la línea se fué al fondo a una considerable distancia de la zepata. Al momento de la lareza de tendido, más allá de la plataforma, el cable de abastecimiento al tubo, fué puesto desde la plataforma y atado a la tubería. Este cable fué conectado a un malacate de dos tambores a través de una polea que hizo sobre una pata de la plataforma en un punto a 32 m. (105') bajo la superficie del agua. Una muy pequeña fuerza fué aplicada sobre el cable para mantenerlo en tensión, a medida que la línea era tendida sobre el fondo.

La tubería fué bajando hasta el fondo mediante un cable sencillo (cable de abastecimiento) atado al extremo de la tubería y mantenido en tensión a medida que la lareza se movía 300 m. (1,000') más allá de la plataforma. Al momento de abastecimiento fué eliminado hasta que el extremo de la tubería descansó en el fondo del océano. Se comenzó a la operación de doblado. Las amarras de las tres abastecedoras inferiores fueron abiertas por bases y la posición de la tubería con relación a la zepata de doblado fué revisada.

La tubería fué succionada a una distancia considerable de la zepata. Después que la boya del cable índice fué localizada por los buzos, el segundo cable del malacate de abastecimiento fué atado a la boya y el cable guía fué pasado por una polea en el base de la plataforma como se muestra en la Figura 6. La parte de la tubería que se prolonga pasando la zepata fué elevada desde el fondo mediante el cable de abastecimiento y la tubería fué arrastrada luego la zepata por medio del cable índice.

La operación fué suspendida de una operación, durante 17 horas debido a las malas condiciones del tiempo. El intento de doblado fué muy crítico, hasta que la barca se hundió pero conservó en su posición sin riesgo de dañar el cable de abastecimiento.

La operación de doblado se inició elevando el cable de abastecimiento de la lareza, hasta que alcanzó una tensión de 6.8 tons. (15,000'). El cable para el doblado fué sostenido desde la plataforma operando elevando entre 450-500 K.G. (1,000' - 1,000') para evitar la formación de burbujas de aire en la lareza.

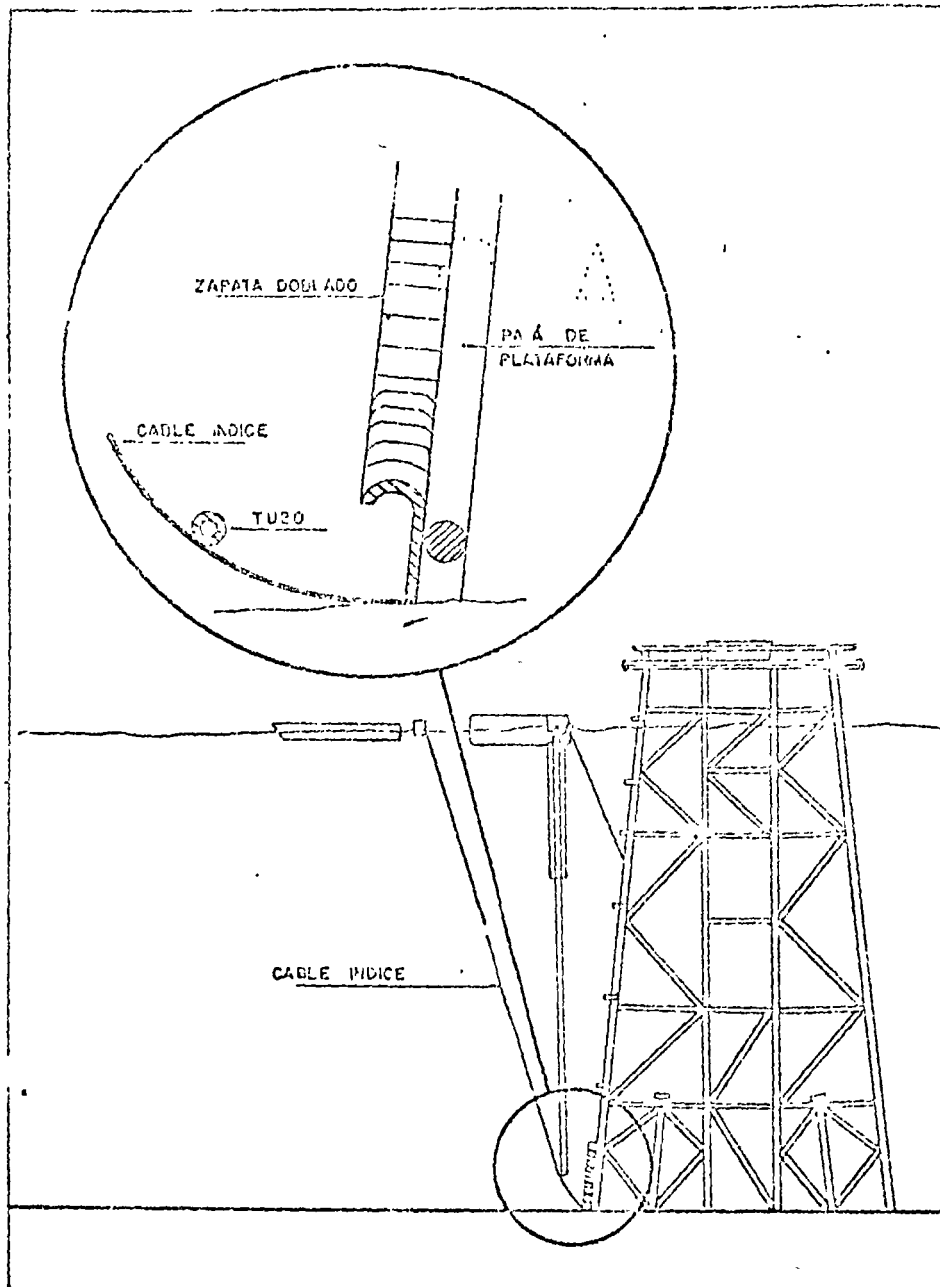


Fig. 5 - Dispositivo para colocar la tubería bajo la zapata de doblado

C A

Se movió lentamente hacia la plataforma y la tensión en el cable de abatimiento se incrementó a un máximo de 16 tons (35,000<sup>lb</sup>). Cuando el extremo de la tubería tocó a la superficie del agua, un cable de tirón fué pasado desde la plataforma y conectado a un cable de estaluga que previamente fué colocado en el extremo de la tubería. El cable de abatimiento fué unido a la tubería en un punto a 13.7 m. (45') del extremo con un amarro posterior hacia el mismo extremo indicado. Esto permitió que el punto de aplicación del cable de abatimiento permaneciera bajo la superficie del agua, mientras el cable era deslizado en la popa de la barcoza, al nivel del agua. Después de que el amarro que sujetó el cable de abatimiento fué soltado, la barcoza continuó su retroceso hacia la plataforma y la tubería quedó sujeta a maniobra para llevarla a la pata de la plataforma.

El único accidente sufrido, ocurrió durante las etapas finales del doblado. Debido a la interrupción de las comunicaciones, fué imposible coordinar el arrollamiento del cable de tirón con el retroceso de la barcoza. Tan pronto como se volvió sobre el cable de abatimiento, originó que su conexión a la tubería fallara. El tubo ascendente se encontraba muy próximo a la vertical cuando esta falla ocurrió y al momento fué parcialmente soportado por el cable de doblado. El extremo superior del ascendente, teniendo solamente un cable atado, osciló lentamente contra el lado de la estructura. Finalmente mediante maniobra, se sujetó a la pata de la plataforma y fué colocado dentro de la abrazadera superior con la ayuda de la grúa de la barcoza. Debido a que el tubo ascendente se salió del plano de doblado, cuando osciló libremente, fué necesario colocar un cable adicional como a 15 m. (50') bajo la superficie para tirar de la tubería y colocarla dentro de las tres siguientes abrazaderas. El cable de doblado fué entonces utilizado para tirar del ascendente y colocarlo dentro de las dos abrazaderas más profundas y los buques fueron enviados para inspeccionar el tubo.

Después que se determinó que el tubo ascendente no había sufrido daños, se hicieron los preparativos para cerrar las abrazaderas.

Los libros de registro hidráulicos que fueron usados para este fin, se operaron adecuadamente y las cuatro abrazaderas superiores tuvieron que apre-

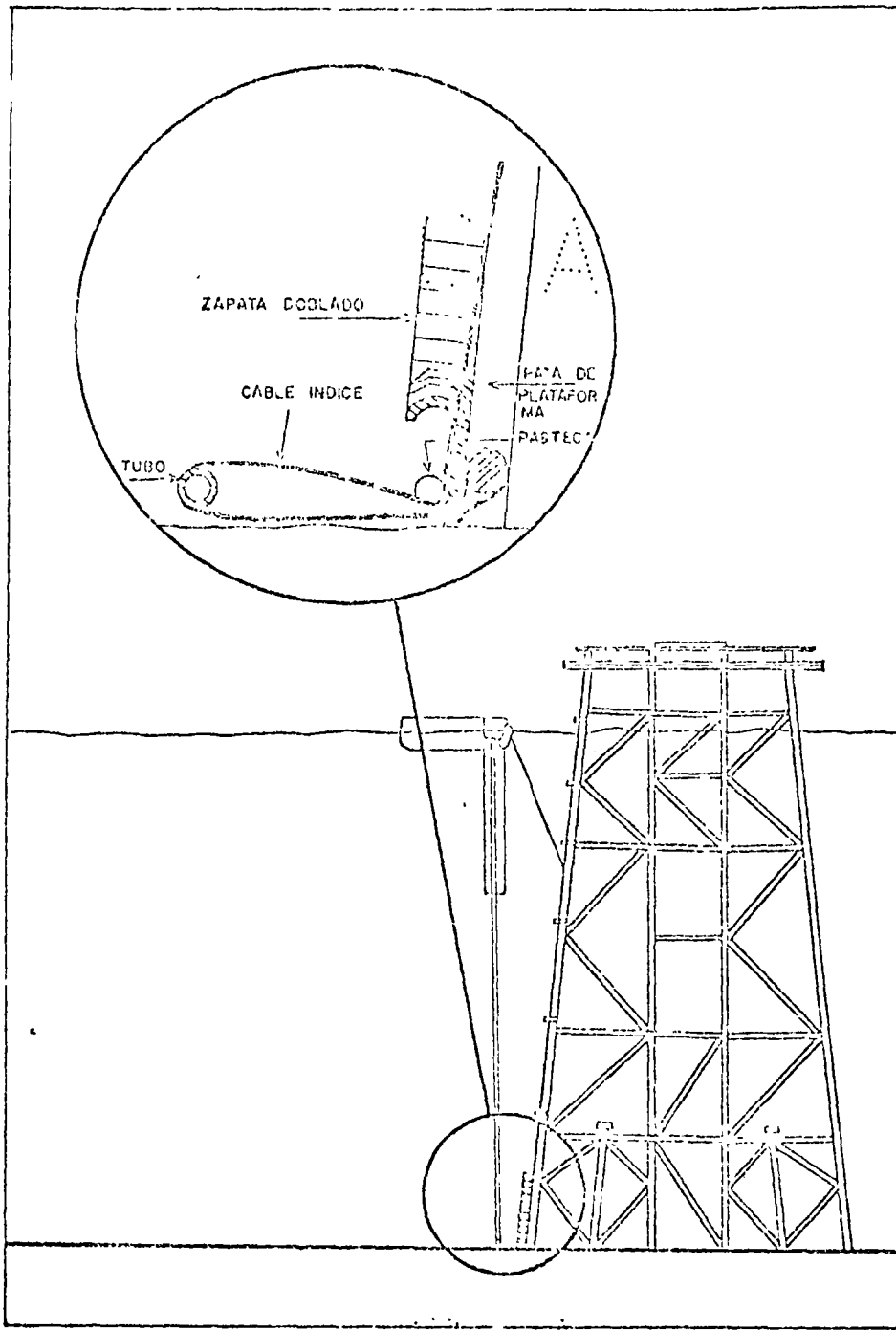


Fig. 6 - Dispositivo emergencia para colocar la tubería bajo la Zapata



terro con llave neumática. Las dos abrazaderas inferiores no fueron apretadas en esta ocasión, porque las llaves neumáticas no funcionaron debido a la extrema profundidad. A los buzos les fue asignada otra embarcación para que continuaran con su trabajo y se decidió retirar la barcana de tendido y posteriormente cuando las llaves hidráulicas fueran reparadas, apretar las abrazaderas inferiores. Debido al mal tiempo y a otra falla de las llaves hidráulicas, se requirió de otros cuatro viajes de la embarcación de trabajo y una considerable pérdida de tiempo para terminar la operación. La tabla 1 da la secuencia cronológica de la instalación de este tubo ascendente.

No obstante haberse encontrado varios problemas durante la instalación de este tubo ascendente mediante la sapata de doblado, probó ser este un método satisfactorio y económico para la instalación de tubos ascendentes de gran diámetro en aguas profundas.

C A

T A B L A 1

REGISTRO CRONOLÓGICO DE EVENTOS MAYORES EN LA INSTALACION DE TUBO ASCENDENTE MEDIANTE ZAPATA DE DOBLADO.

Octubre 24, 1967

- 06:00 - 12:00 Tendido de 366 m. (1,200') de tubería próxima a la plataforma.
- 12:00 - 16:00 Pasar cable índice bajo barcaza. Fijar cable para doblado.
- 16:00 - 20:00 Moverse fuera de la tubería sumergida y tenderla sobre el fondo.
- 20:00 - 22:00 Re-localizar y recuperar el cable índice. Quitar aguijón.
- 22:00 - 24:00 Hacer inspección con buzos para localizar tubería.

Octubre 25, 1967

- 00:00 - 03:00 Remover amarras del aguijón.
- 03:00 - 08:00 Levantar extremo tubería con barcaza y colocarla mediante el cable índice junto a la zapata.
- 08:15 - 19:30 Suspensión de operación por mal tiempo. Olas de 2-3 m. por el costado.
- 19:30 - 24:00 Inspección de buzos con TV para localizar tubería.

Octubre 26, 1967

- 00:00 - 04:00 Estudiar problema para decidir próximo movimiento.
- 04:00 - 10:30 Buscar para instalar polea sobre cable índice y sujetar a plataforma.
- 10:30 - 12:00 Esperar al buzo por fonsarse pequeños senos.
- 12:00 - 12:30 El buzo termina la instalación de la polea sobre el cable índice.
- 12:30 - 15:00 Mover tubería bajo zapata mediante cable índice.
- 15:00 - 16:15 Instalar grúa para cable de abatimiento en parte posterior barcaza.
- 16:15 - 18:30 Levantar tubería hasta superficie con cable de abatimiento.
- 18:30 - 19:00 Fijar cable para tirón en el extremo del tubo.
- 19:00 - 20:00 Remover grúa del cable de abatimiento sobre la parte posterior de la barcaza.
- 20:00 - 22:00 Maniobrar con el extremo del tubo hacia la plataforma, hasta que el cable de abatimiento se rompió.
- 22:00 - 24:00 Recuperación de la tubería con grúa y colocación dentro de la abrazadera superior.

Octubre 27, 1967

- 00:00 - 04:00 Se hace inspección de buzos para determinar la posición y condiciones del tubo ascendente.
- 04:00 - 06:00 Unir cable y tirar del tubo ascendente y colocarlo dentro de 2a., 3a. y 4a. abrazaderas.
- 06:00 - 08:00 Jalar el tubo ascendente hacia 5a. y 6a. abrazaderas, mediante cable de doblado.
- 08:00 - 11:00 Intento de cerrar abrazaderas con llave hidráulica.
- 11:00 - 12:00 Utilizando llave neumática, se cierran la 2a., 3a. y 4a. abrazaderas.
- 12:00 - 16:00 Corte de la punta del tubo ascendente e instalación de brida -- aislante.
- 16:00 - 21:00 Levantar anclas y regreso en remolcador.

C A

## ENTERRADO DE TUBERIA.

El desarrollo de las técnicas para enterrar la tubería después de que ésta ha sido tendida, representa un lento y costoso trabajo. La tubería debe enterrarse para asegurar una mayor protección contra el peligro de huracanes, barcos, remolcadores y barcazas y en general para protegerla contra cualquier fenómeno que suceda en el fondo del mar. La vulnerabilidad a estos peligros aumenta para las tuberías de grandes diámetros.

Los métodos actuales para enterrar tuberías en el mar, emplean dragas de chorro y de chorro y succión, para cortar una trinchera debajo de la tubería, después de que ésta ha sido tendida. Las tuberías de gran diámetro requieren de un gran volumen de dragado para la excavación de las trincheras. Actualmente el enterrado de líneas submarinas tiene un promedio de colchón sobre la parte superior del tubo de 60 a 90 cms. y estos equipos pueden operar hasta en profundidades de 60 metros. Estas capacidades pueden extenderse con pequeñas modificaciones. Ver fig. donde se detalla en forma esquemática un tipo de barcaza para enterrar tuberías diseñada por la Compañía "BROWN AND ROOT". Esta barcaza combina el efecto de corte de chorro de agua con alta presión y una bomba de succión para el dragado. Este dispositivo corta la zanja y la limpia sacando de debajo de la tubería el lodo; la unidad chorro-succión, es operada mediante un patín montado sobre la tubería y remolcado mediante un cable que corre bajo la proa de la barcaza. La barcaza de dragado se mueve sobre las líneas de anclas. Rodillos con llanta de hule sobre y a los lados de la tubería, permiten el desplazamiento de la unidad chorro-succión. Estos rodillos de hule evitan cualquier daño al revestimiento, están montados sobre carros móviles que se apoyan sobre dispositivos sensores los cuales registran

C A

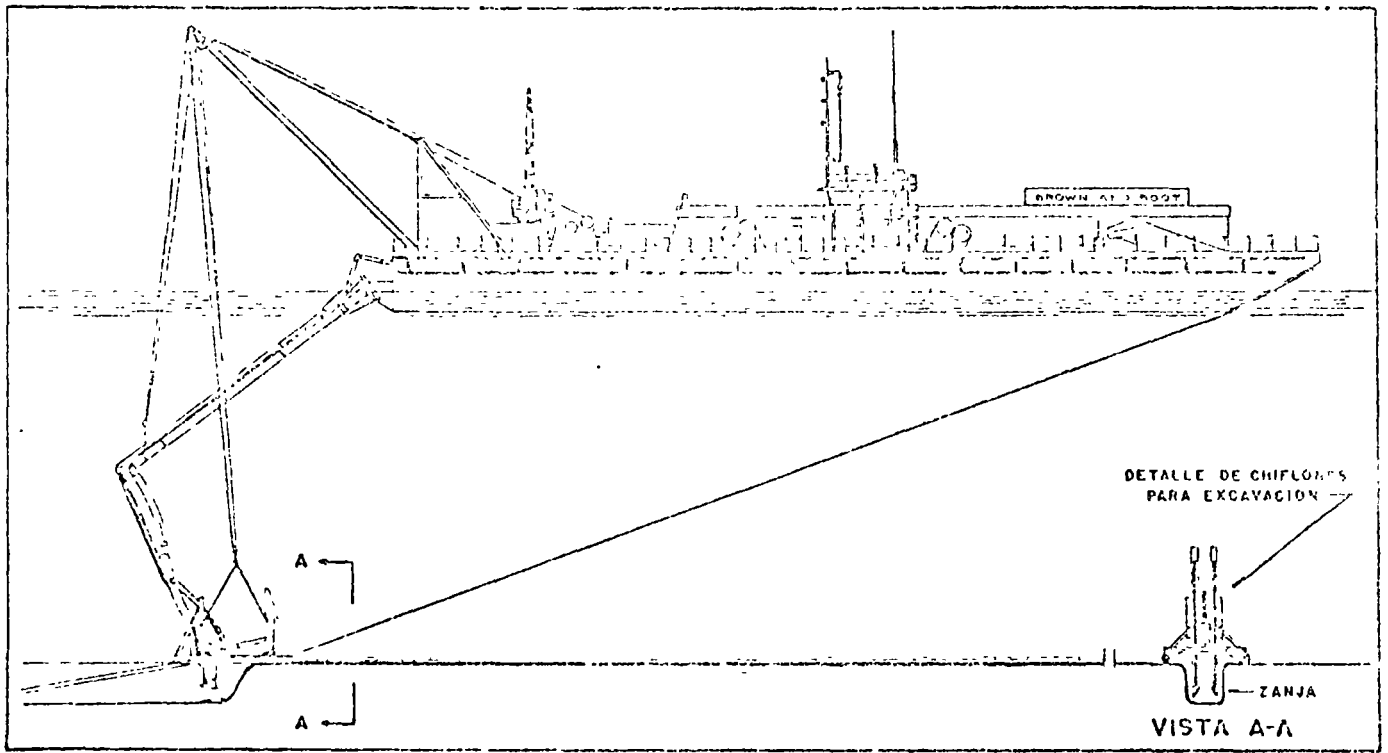


FIGURA 3-A.- DETALLE TIPICO DE BARCAZA CON EQUIPO PARA EXCAVACION EN EL FONDO DEL MAR

U A

presión aplicada contra el tubo durante el remolque del patín. La barcaza es controlada para mantener esa presión bajo 400 libras por pulgada cuadrada.

Previamente las bombas de los chorros deben desarrollar 300#. Se ha encontrado que esta presión no permite cortar zanjas lo suficientemente rápido en el fondo de algunos océanos. En los últimos trabajos de dragado para enterrar tubería, se ha incrementado la presión del chorro a 1000# y se ha requerido una energía en el bombeo de 5400 H.P. Este nuevo equipo de draga para enterrar tubería puede cortar zanjas hasta de 1.20 x 1.80 m. (4'x6') de profundidad a una velocidad de 300 metros por hora en fondos con lodo muy blando y arenas sueltas. En materiales duros, la velocidad de corte se reduce hasta 30 metros por hora. Cabe aclarar que estas unidades no están diseñadas para trabajar en suelos con formaciones de grava ni pequeños cantos rodados de arcilla.

O A

O A

S I S T E M A      P A R A      A N C L A D O  
D E      T U B E R I A S

La reparación a daños en tuberías submarinas es muy costosa y requiere mucho tiempo en mano de obra y equipo. Después de las tormentas, las reparaciones deben terminarse al mismo tiempo, cuando tanto mano de obra como equipo son más solicitados, debido al gran volumen de trabajo en reparaciones. Si se considera la pérdida en producción, estas reparaciones resultan más costosas que la instalación original.

Observaciones y pruebas han indicado la presencia de fuerzas de alzado y dragado, similares en su forma de actuar, a las que se presentan en el ala de un avión durante su vuelo, actuando sobre las tuberías submarinas. - Figura 1. El efecto de las fuerzas que originan el oleaje, la marea, las corrientes y las tormentas, ocasionan en la tubería variaciones de cierto grado que pueden formar oscilaciones excesivas y dañar tanto o incluso destruir al propio tubo como a su revestimiento. El flujo sobre el tubo, en el fondo del océano, origina fuerzas que tienden a levantar la tubería del fondo, cambiando la forma, el factor y el patrón de flujo. Los remolinos cambian la magnitud de las fuerzas y la gravedad empuja la tubería hacia el fondo para repetir el ciclo.

C A

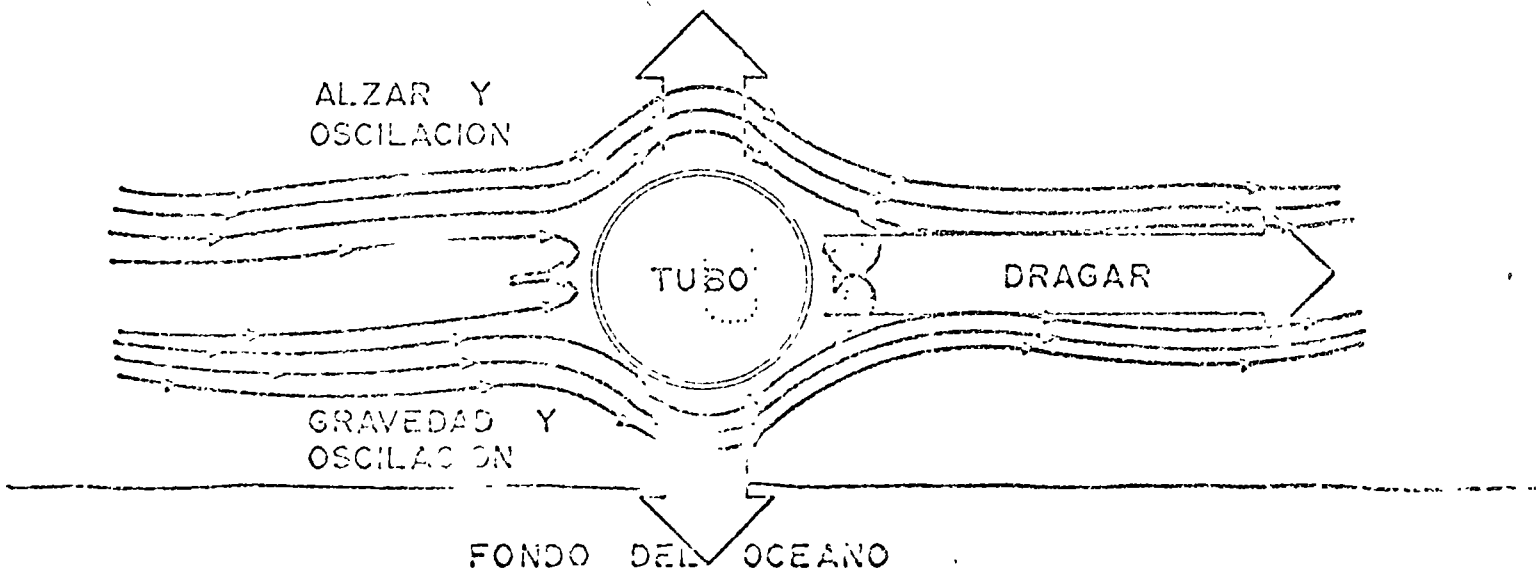
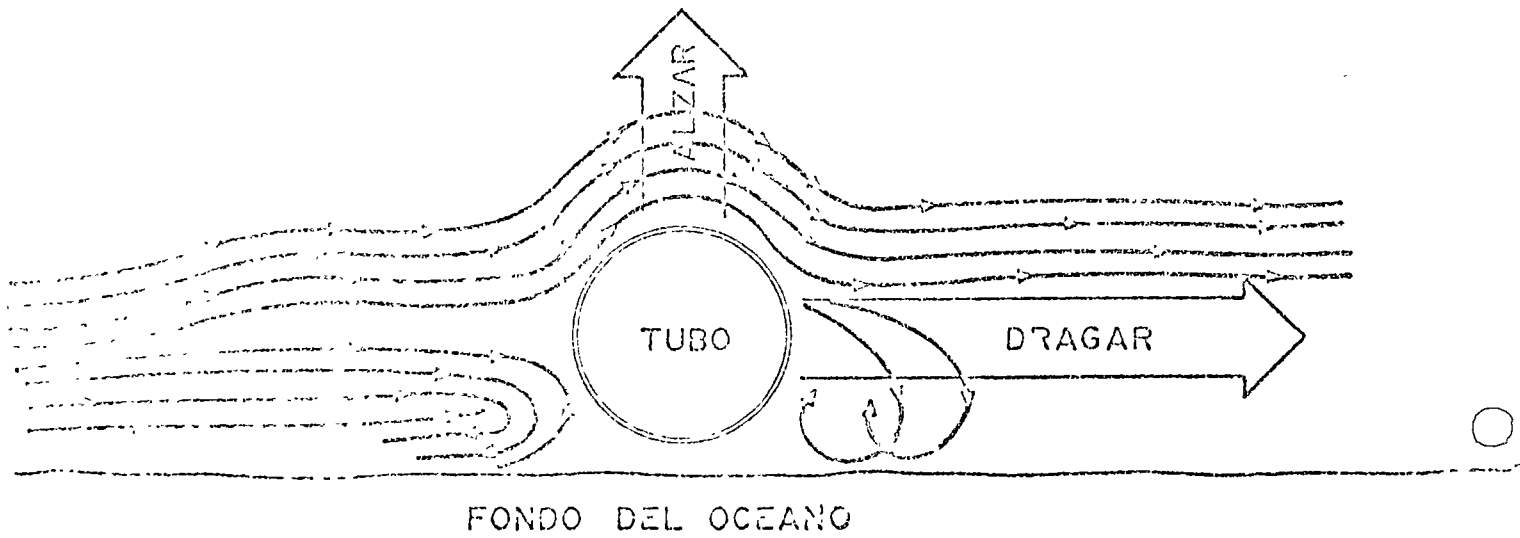


FIGURA 1

Oleaje, Marea y Corrientes. Fuerzas actuando sobre tubo.



Cuando estas oscilaciones llegan a un ritmo crítico sobre la tubería, no es difícil imaginar como en el límite de las fuerzas puede destruirse el tubo. Este es semejante a la vieja historia de los soldados marchando que incrementan el ritmo hasta llegar a destruir el puente.

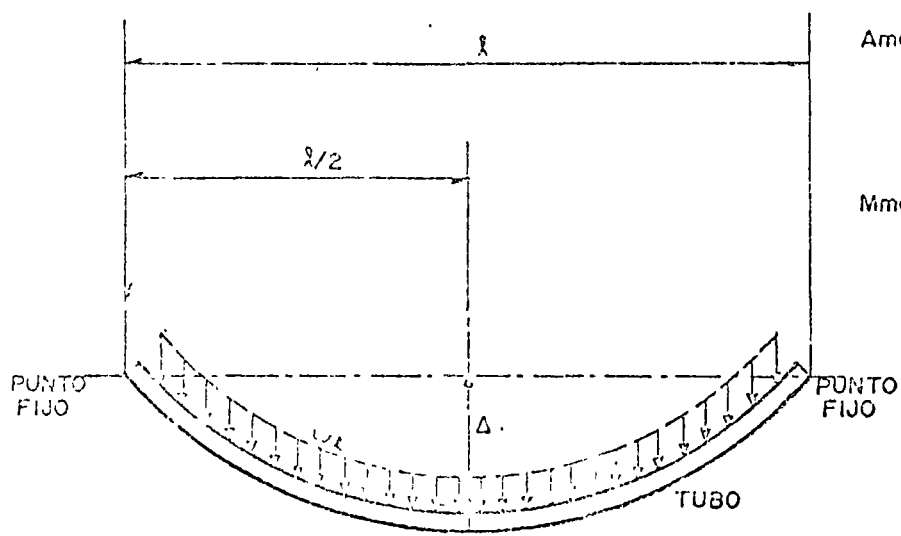
Concedamos la fuerza requerida para dar la misma deflexión a varias longitudes de la misma tubería, sujeta en ambos extremos y la carga uniformemente repartida, que puede ser rápidamente aumentada a medida que la longitud de la viga decrece. Por lo tanto, suponiendo un tramo de tubería de 300 m. de longitud en el fondo del océano, donde su movimiento no es restringido y comparado con un tramo de 30 m. de la misma tubería, sujeta en ambos extremos y cada uno sometido a los mismos esfuerzos por unidad de longitud. No será difícil ver que la deflexión causada por las fuerzas de alzado y dragado, pueden ser críticas, si la distancia entre los apoyos fijos de la viga, es aumentada (Figura 2).

La mayoría de las veces, la resistencia de la viga o la resistencia a la deflexión en tuberías de diámetro pequeño, es mucho menor que en las de gran diámetro. Encontrando que el daño causado por las fuerzas del océano en grandes longitudes irrestrictas de tubería de diámetro pequeño, es aumentado, no obstante lo pequeño de dichas fuerzas.

El sistema de anclaje mecánico, elimina el problema de estos movimientos, fijando la tubería al fondo del océano a intervalos tales, que contrarresten las fuerzas de alzado y dragado (Figura 3). La separación entre piezas de anclaje, también limita la longitud de tubería que actúa como viga simple, acortándola y disminuyendo la deflexión para las mismas fuerzas. La capacidad de sujeción para los anclajes de tornillos, resisten las fuerzas de empuje vertical y horizontal sobre la tubería, transfiriéndolas a través de las varillas de anclaje a las hélices hincadas en el fondo del océano.

Teoría sobre el Anclaje Mecánico.- Cualquier diseño razonable con capacidad de sujeción puede ser desarrollado para un juego de áncoras con su propia combinación de hélices y varillas con la longitud requerida para las condiciones del suelo del fondo. Esto permite al ingeniero encargado del diseño, de-

D A



$$A_{max} = \frac{5 w \lambda^4}{384 E I} \text{ (en el centro)}$$

$$= \frac{5 f \lambda^2}{48 E y}$$

$$M_{max} = \frac{w \lambda^2}{8}$$

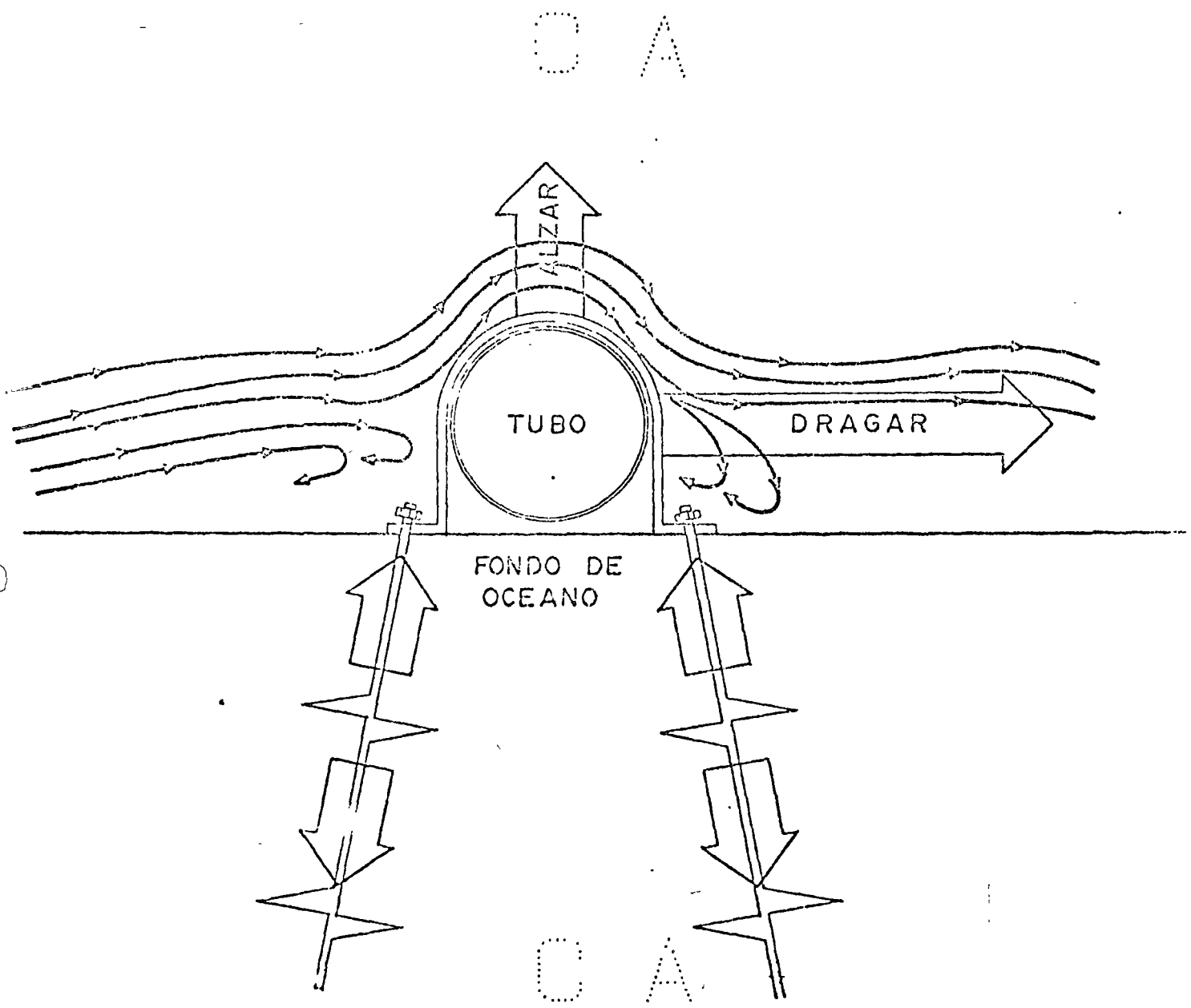
FIGURA 2

Tuberia apoyada hacia el fondo del Oceano

- Δ = Deflexión en Centímetros
- λ = Longitud del tubo en centímetros
- w = Peso de la viga por unidad de long y carga uniformemente repartida
- E = Modulo de elasticidad (Kgs/cm<sup>2</sup>) = 2'039,000 para tubo
- I = Momento de inercia de la viga en (cm<sup>4</sup>).
- f = Esfuerzo unitario Flexion en (Kg/cm<sup>2</sup>).
- Y = Distancia del eje neutro a la fibra extrema en centímetros.
- M<sub>max</sub> = Momento flexionante maximo ( en g m.)

D A





FICURA 3

... sistema económico de anclaje para cualquier fuerza específica que pueda ejercerse sobre la tubería.

Para anclajes en tubería tierra adentro, se han desarrollado probadores de suelos, portátiles, ligeros y que proporcionan datos numéricos cm.-Kg. (pulg.-lb) relacionados a la resistencia del subsuelo bajo la carga. Parte de la capacidad de sujeción de los sistemas de anclaje actuales, pueden desarrollarse a un bajo costo y sin pérdida de tiempo, pozos de investigación al suelo. Después la capacidad de carga se calcula con la información obtenida del probador, mediante la siguiente fórmula:

$$B = \frac{P \times 25}{100}$$

B = Capacidad de Carga en Tons. por metro cuad. (Tons per square foot).  
P = lectura del probador en cm.-kg (inch pounds).

Se puede observar por comparación del perfil típico de suelos obtenido para las pruebas de penetración ASTM y las lecturas del probador, que son muy semejantes al reflejar los estratos duros y blandos del suelo (Figura 4).

La información relativa al subsuelo, obtenida con el probador ha sido muy satisfactoria cuando se emplea en tierra, pero no es un método práctico o económico, para determinar la capacidad de sujeción de anclajes mecánicos en el fondo del océano.

Una evaluación de muchas pruebas de tirón en anclas submarinas en diferentes áreas han ayudado a los análisis de los laboratorios de suelos, que con toda la información disponible han permitido la correlación entre las pruebas de suelos durante los últimos 50 años, con la capacidad de sujeción en el fondo del océano.

La grafica (Figura 5) compara la capacidad de sujeción de las anclas con el movimiento de las anclas en varios sitios del Golfo de México. Nótese que incluso después de que el ancla se mueve, requiere más fuerza para

GOLPE / PIE	PROF.	PRUEBA	DESCRIPCION
13	0 — 0	—	CAPA SUP. SUELO
	—	100	ARCILLA GRIS
	—	150	
	—	225	
10	5 — 5	200	ARCILLA GRIS POCA ARCILLA ROJA
	—	175	
	—	175	
	—	150	
13	10 — 10	125	ARCILLA ROJA POCA ARCILLA GRIS HUELLAS DE ARENA
	—	150	
	—	175	
	—	175	
	—	225	
20	15 — 15	225	ARCILLA ROJA CLARA. HUELLAS DE ARCILLA- GRIS CON ARENA. ROCA LIGERA HU- MEDA.
	—	250	
	—	300	
	—	225	
	20 — 20	—	

FIGURA 4

Perfil tipico de suelos Comparando prueba de penetracion del ASTM y datos tomados del suelo. ( Pruebas ).

PEQUEÑA PRUEBA A JUEGO DE ANCLAJE  
CAPACIDAD DE SUJECION EN KILOS.

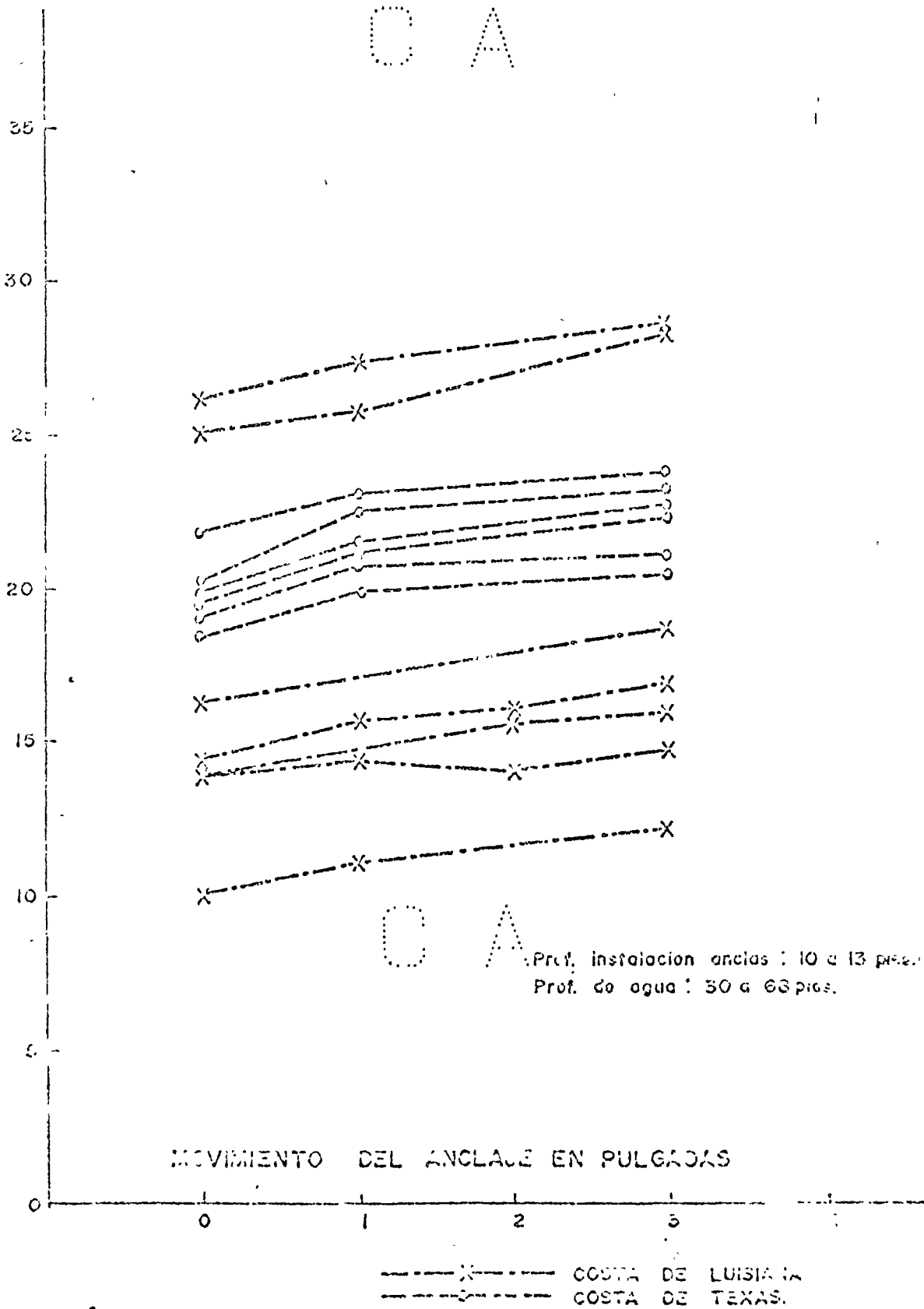


FIGURA 5 Prueba tipo para Anclajes en el Golfo de Mexico.

ra necesaria. Esta pequeña prueba a la capacidad del ancla puede convertirse en capacidad de sujeción para grandes hélices, determinantes para el sistema de anclaje.

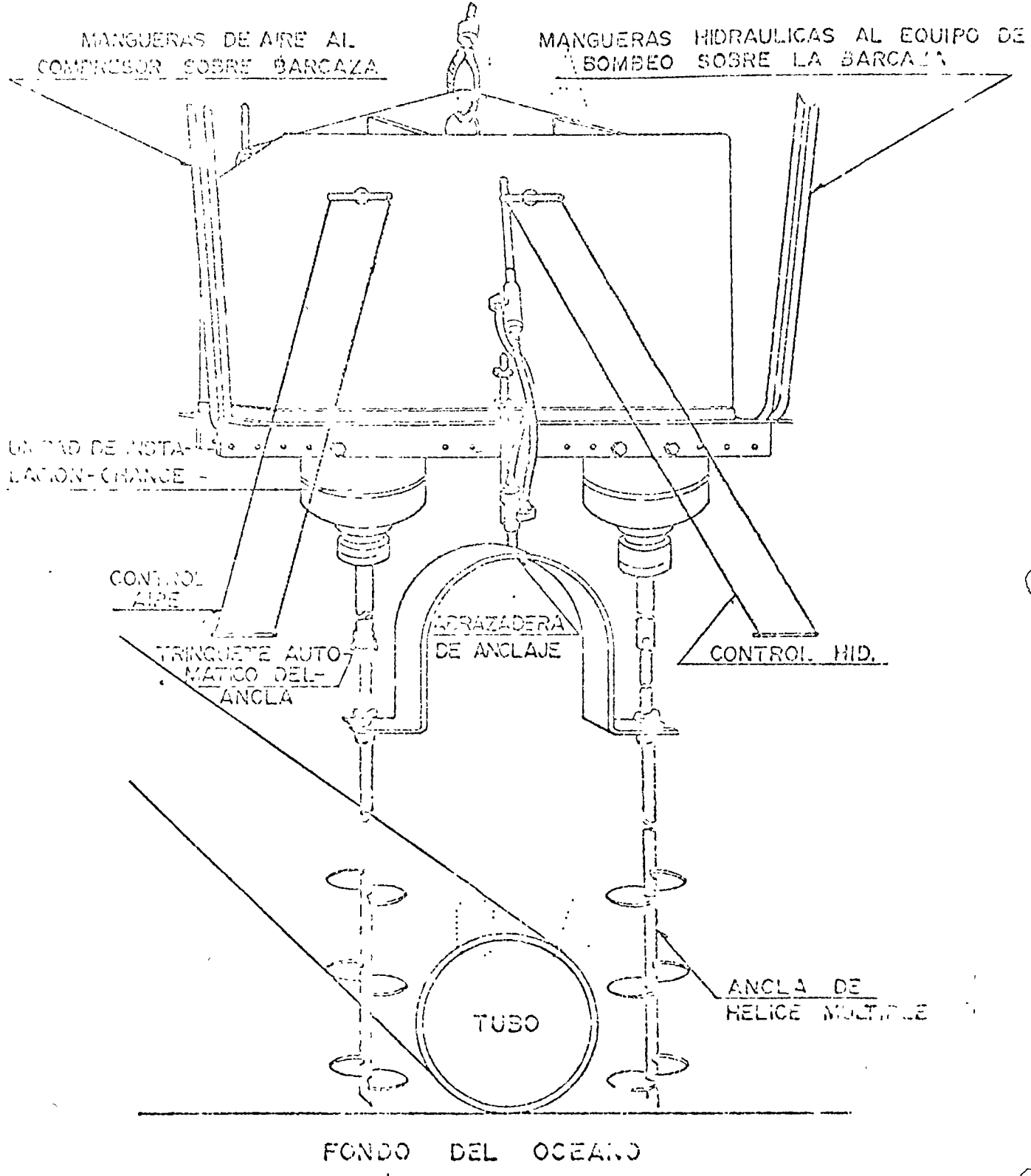
La fuerza de torsión requerida para la instalación, representa una doble comparación para asegurarse que el anclaje tiene la adecuada capacidad de sujeción con base en los diseños estandar.

En los últimos 50 años, numerosas teorías y fórmulas se han desarrollado para calcular la capacidad de sujeción de anclajes mecánicos, pero la mayoría de ellas son limitadas o inadecuadas. La teoría de "Distribución de Presiones", es la más comunmente aceptada hoy en día. Ella asienta que la tierra directamente bajo la hélice del anclaje mecánico, es elástica, hasta que la carga de compresión del suelo alcanza un valor en el cual se vuelve plástica y escurre sobre la hélice. La capacidad de sujeción del ancla depende del suelo directamente sobre la hélice y es independiente de la profundidad de instalación, dentro de ciertos límites.

Una fórmula desarrollada a partir de esta teoría, da por sentado que - la distribución de presiones es uniforme sobre la cara de la hélice y que - la profundidad de instalación excederá cinco veces el diámetro de la hélice. Sin embargo, hay indicaciones de que la distribución de presiones sobre la hélice aumenta a lo largo de la varilla. Bajo estas condiciones el escurrimiento plástico puede ser observado dentro de un arrastre de 15 cm. (6 in) - mínimo. Esto constituye una falla aún cuando el ancla siga manteniendo su capacidad de sujeción.

Sin hacer caso de la teoría o fórmula empleada, el conocimiento práctico y la experiencia en suelos, es necesaria para determinar las constantes - correctas por aplicar a los valores calculados para la capacidad de sujeción de las anclas. Se estima que es posible el anclaje, cuando existe información de los suelos, en el área donde se ha planeado instalar la línea.

# LINEA SOSTEN A BARCAZA



MANGUERAS DE AIRE AL COMPRESOR SOBRE BARCAZA

MANGUERAS HIDRAULICAS AL EQUIPO DE BOMBEO SOBRE LA BARCAZA

UNIDAD DE INSTALACION-CHANCE

CONTROL AIRE

ARRANQUE AUTOMATICO DEL ANCLA

ARRAZADERA DE ANCLAJE

CONTROL HID.

ANCLA DE HELICE MULTIPLE

TUBO

FONDO DEL OCEANO



Incremento en el Diseño y Oportunidad de Construir.- El anclaje de tuberías submarinas ofrece al diseñador de este tipo de líneas, más flexibilidad que en años pasados, debido a las mayores ventajas que ofrece la ingeniería y los sistemas constructivos actuales.

El revestimiento de concreto como lastre puede ser eliminado ó reducido en un volumen tal, que permita una positiva boyancia de la tubería en agua de mar. Esto representa un ahorro substancial en costo de revestimiento, -- con una reducción considerable de peso sobre el agujón. Por ejemplo, una -- reducción de 75 Kg. por metro en peso de revestimiento, puede resultar en -- 4,500 Kg. o 5 tons. menos de peso, para un agujón de 60 metros de longitud. Una reducción de 150 Kg. por metro, representa 9,000 Kg. ó 10 tons. La eliminación de este peso, reduce considerablemente la resistencia de la tubería, durante la operación de tendido y posiblemente permita una reducción en el -- espesor de pared de la tubería, si ese fuera el criterio de diseño.

El ahorro en el costo de dragado con chorro, con frecuencia excede el costo del anclaje y la posibilidad de que la tubería sea descubierta en una fecha -- posterior, queda eliminada. También es posible anclar líneas que hayan sido -- enterradas mediante chorro, dentro de la trinchera, para asegurarse que no se -- rán expulsadas cuando se haga el relleno. Quedando la tubería clavada al pi-- so del océano e impedido su movimiento, facilita su localización para cual-- quier trabajo futuro.

La eliminación de las costosas juntas de concreto y la reducción de su -- peso, hacen más manejable el tendido y el suministro en las barcazas, con un posible ahorro adicional.

La posibilidad de diseñar contra las grandes fuerzas esporadas en la tor -- menta de los 100 años, a solamente un ligero costo adicional en materiales, -- da al ingeniero encargado del diseño, la oportunidad de hacer una completa -- evaluación.

Instalación de las Anclas.- Una pequeña barcaza fué aparejada en 1963 con equipo para trabajar en tierra, con el fin de anclar una tubería de gas de --

en. (14 in) a través de la Balla de Salvacor que fué desalojada por el huracán Orla. Con anclajes para tierra modificados y un buzo, la línea fué anclada al fondo con todo éxito. Resultó una solución práctica para controlar el movimiento, pero el costo fué muy alto y la instalación demasiado difícil, todo esto con relación a la construcción de una tubería submarina regular en agua profundas.

Para asegurar la instalación rápida y económica de anclajes, se ha desarrollado una unidad hidráulica potente para absorber torsión que coloca ambas anclas a la vez. El diseño utiliza tanques de boyancia controlados, con el fin de eliminar soportes desde la barcaza, líneas de abastecimiento y permitir al buzo, una mayor eficiencia con un mínimo de esfuerzo.

Para eliminar movimientos costosos y cargos por ensamble en las diferentes partes del mundo, la unidad de instalación se ha diseñado en forma flexible para utilizar los diferentes tipos de soportes requeridos. Esto permite el uso de una gran variedad de equipo de soporte, que puede obtenerse cerca de los lugares de trabajo y además no se depende de costosos botes o barcas especializadas que tienen que ser transportados de otros lugares.

Lo sencillo de la operación hace fácil el entrenar buzos locales, y mano de obra en general en el lugar del trabajo, sin pérdida de tiempo o períodos costosos de entrenamiento. La unidad que instala el par de anclas es un paquete compacto y fuerte, el supervisor y el buzo principal tienen todo lo necesario para ejecutar cualquier proyecto de anclado.

La unidad de instalación es cargada con un par de anclas, una abrazadera sobre la barca o bote y bajado a un lado. El buzo guía la unidad a su posición sobre la tubería, lo cual es fácil debido al tanque de boyancia que lo mantiene vertical y controla el peso de la unidad dentro del agua. El buzo puede ajustar la boyancia como lo desee para facilitar su manejo.

Los últimos dos más grandes huracanes en el Golfo de México en 1960

daños por \$ 200 millones de dolares en equipo de perforación, producción e - instalaciones de tuberías en las costas de Luisiana.

En estas pérdidas no se ha tomado en consideración el capital que representa la falta de producción y la demora ocasionada por los trabajos de reparación.

Los sistemas de anclaje subacuático previenen daños a las tuberías al fijarlas en el fondo del océano, evitando movimientos.

Es un tanto difícil proporcionar costos generales para el anclaje subacuático, puesto que cada caso es diferente. Sin embargo, incluyendo todas las posibles economías, se puede afirmar que se ha reducido el costo respecto a los pasados métodos y se ha dado protección a las tuberías contra daños físicos y se han evitado pérdidas en la producción.

C A

## FABRICACION E INSTALACION DE PLATAFORMAS MARINAS

Antecedentes.

Exploración: se entiende por exploración petrolera, el conjunto de actividades de campo y de oficina, cuyo objetivo principal, es descubrir nuevos depósitos de hidrocarburo o nuevas extensiones de las ya existentes.

Los volúmenes de petróleo y gas natural que pueden ser extraídos de los yacimientos y cuya existencia está comprobada por la perforación de pozos constituyen las Reservas Probadas.

Exploración Petrolera en México. - México se conoce como país petrolero desde el año de 1901, en el que se encontró la primera producción comercial. Durante el período de 1915 a 1924, fue considerado entre los países productores más importantes del mundo, gracias a las grandes producciones de petróleo del Distrito Ebano-Pánuco y a la vieja Faja de Oro, a la que se le atribuyeron reservas fabulosas.

La exploración petrolera en nuestro País, se inició en forma incipiente a partir de 1900, haciéndose sistemáticamente y con organización a partir de 1942.

En la actualidad, se emplean todas las técnicas exploratorias geológicas y geofísicas de valor reconocido.

Las exploraciones recientes llevadas a cabo en la plataforma continental del Golfo de México, ha revelado la existencia de ricos yacimientos petrolíferos que actualmente están en explotación, pues durante largos períodos ha sido tierra seca o mar profundo y ha recibido sedimento arrastrados por las aguas corrientes de las tierras altas del norte y el oeste. Finalmente hace aproximadamente 60

millones de años, el fondo se hundió bajo el peso de su carga y de esta manera se formó su cuenca actual.

Resumiendo, podemos ver enormes perspectivas que nos presenta la existencia de tales yacimientos submarinos y en consecuencia, la importancia de su correcta utilización para la cual resulta indispensable contar con elementos técnicos adecuados para su racional explotación.

Durante los últimos años la construcción de plataformas en el mar abierto ha tenido un incremento considerable, en la industria petrolera principalmente, ya que el potencial existente para la obtención de petróleo en zonas localizadas bajo el mar es muy grande, se comprenderá la necesidad de contar con ellas y por lo tanto es lógico pensar que dichas estructuras seguirán teniendo una importancia creciente, y su construcción registrará un auge cada vez mayor.

Estas estructuras no se limitan a la explotación de petróleo, sino que además se les ha instalado faros, estaciones de radar, muelles móviles para uso militar y comercial y estaciones oceanográficas.

Tanto los métodos de perforación en mar abierto, como el diseño estructural de las plataformas presentan un estado de cambio continuo, así como un desarrollo constante; todo esto como consecuencia del deseo de conquistar aguas más profundas cada vez.

El primer pozo que se perforó bajo el agua fue en el Lago Caddo, situado a 32 kilómetros al norte de Shreveport, Louisiana; en el año de 1911. La producción de éste era de 450 barriles por día, lo cual puede considerarse como un auspicio del futuro que presentaría la explotación bajo el agua.

En el año de 1925, la Creole Petroleum Corporation, hizo el primer

atento de explotación de petróleo en aguas relativamente bajas (4.80 Mts.) en el Lago Maracaibo, Venezuela. Sin embargo, estas estructuras no tuvieron una larga duración, en virtud de que los pilotes eran de madera y fueron atacados por el "Toredo".

Como puede observarse, las primeras plataformas se construyeron en aguas bajas, pero en años más recientes y en el mismo Lago Maracaibo, se han construido plataformas en donde las profundidades llegan hasta los 35 Mts.

En el Golfo de México y en el Océano Pacífico, los Estados Unidos han construido varias plataformas en las que sus profundidades varían entre 15 y 120 metros. Es importante hacer notar que los problemas que se presentan en mar abierto son mucho más difíciles que en un lago, ya que el oleaje presenta condiciones más desfavorables para el primer caso que para el segundo.

En México la perforación de pozos petroleros tiende a seguirse en el mar sobre la prolongación de la "Faja de Oro", por lo que en los últimos años se ha iniciado la construcción de plataformas para dicho propósito.

O A

## ESPECIFICACIONES REQUERIDAS PARA DISEÑO Y CONSTRUCCION.

El dueño debe fijar las especificaciones correspondientes al diseño y construcción de plataformas según sean sus necesidades, apegándose a las de la localidad y sancionadas por las autoridades competentes. Se mencionan a continuación las especificaciones de diseño y construcción más utilizadas.

API-R. P. 2A Especificaciones generales para planeación, diseño y construcción de plataformas marinas fijas.

### ACERO ESTRUCTURAL

Todo el acero de forma estructural rolado en caliente y placas, deberá estar de acuerdo con una de las siguientes especificaciones a menos que el diseñador indique otra cosa:

1. - ~~Acero estructural para barcos ASTM A131~~
2. - Acero estructural ASTM A36
3. - Acero estructural alta resistencia de baja aleación manganeso-vanadio ASTM- A441
4. - Acero estructural alta resistencia baja aleación columbian-vanadio, calidad ASTM-A-572, Grados 42 y 50.

### TUBERIA DE ACERO ESTRUCTURAL.

Toda la tubería para estructura deberá estar de acuerdo con alguna de las especificaciones siguientes a menos que el diseñador la indique de otra manera.

1. - Tubería API Std 5L Gr. B.
2. - Tubería de acero sin costura para soldar, ASTM- A53 Grado B.

- 3. - Tubería de acero al carbón sin costura para servicio de alta -  
temperatura. ASTM 106 Grado B.
- 4. - Tubería de acero soldada por arco eléctrico ASTM- A 139 Gr. B.
- 5. - Tubería de acero soldada por resistencia eléctrica ASTM- A 135  
Grado B
- 6. - Tubería de acero soldada con arco metálico para servicio de -  
transmisión alta presión ASTM- A 381 Grado Y35.

SOLDADURA.

Toda la aplicación de soldadura, procedimientos para soldar, califi-  
cación de soldadores, operadores, pautadores y equipo, inspección y prue-  
bas, serán conforme a los requisitos del AWS D2. Para puentes soldados de -  
carreteras y vías férreas. Todos los electrodos usados en la soldadura debe-  
rán cubrir los requisitos establecidos por el AWS A5.1, ASTM-A-233 última  
edición.

MADERA:

Toda la madera que se emplee en las estructuras deberá ser de pino  
amarillo desecado de grado estructural, cepillado como lo requiera el pro-  
yecto y aquella que queda en forma permanente deberá estar tratada a base de  
cloruro de cinc cromatado de acuerdo con lo estipulado en las especificaciones  
del ASTM- D-1760 última edición.

CORROSION.

Para efectos de protección anticorrosiva, la plataforma se divide en  
3 zonas.

- 1. - Zona de oleaje se considera entre los límites de 6 piés arriba de  
la marea lunar alta y 4 piés abajo de la marea lunar baja.



2. - Zona atmosférica es el área que está encima de la zona de oleaje

3. - Zona sumergida en el área que está abajo de la zona de oleaje.

La protección de la zona de oleaje se hace generalmente adicionando acero extra más del requerido por resistencia o con revestimiento metálico no corrosivo.

En la zona atmosférica se han desarrollado y probado satisfactoriamente varios métodos de pintura, galvanizado y preparación de la superficie entre ellos:

Limpieza con chorro de arena a metal blanco con anclaje de 1.5 milésimas de pulgada.

Aplicación de inorgánico de zinc autocurante o postcurado con espesor de 2.5 a 3.00 milésimas de pulgada, posteriormente se aplica, ya sea acabado epóxico catalizado o enlace de vinil epóxico catalizado y finalmente acabado de vinil acrílico.

Para la zona sumergida debe usarse uno de los dos métodos siguientes para protegerla.

1. - Protección catódica a base de ánodos de sacrificio.

2. - Protección catódica con corriente aplicada.

#### SEGURIDAD.

Con el fin de proteger contra daños tanto al personal que labora en la operación de la plataforma como en su construcción y evitar al máximo las colisiones de barcos y embarcaciones, deben seguirse todas las reglamentaciones de seguridad correspondientes que emite el gobierno y especificaciones respectivas.

#### FABRICACION.

#### ARMADO.

ificación del AISC para diseño, fabricación y erección de acero estructural  
para edificios, a no ser que se especifique otra cosa.

U A

C A

Criterio Seguido en el Diseño de las Plataformas que se Construyen para Petróleos Mexicanos.

- 1.- Número de columnas que forman la subestructura ocho (8), cuyo diámetro interior es de  $43 \frac{3}{4}$ " y espesor variable entre  $5 \frac{5}{8}$ " y 1".
- 2.- Número de pilotes ocho (8), cuyo diámetro exterior es de 42" y espesores variables entre  $3 \frac{3}{4}$ " y 2".
- 3.- Número de cubiertas dos (2), una destinada a contener los equipos de perforación, unidad habitacional y helipuerto; y otra destinada a las instalaciones de producción.
- 4.- Entre las cubiertas de perforación y producción existe una altura mínima de 4.28 Mts.
- 5.- La cubierta y el sistema soporte de la torre de perforación permite la perforación de 12 pozos, por medio de doce conductores de 30" de diámetro exterior y 1" de espesor.
- 6.- Ampliando lo señalado en el punto 3 se especifica la construcción de un múltiple de producción, trampa de envío de esferas e interconexión de los tubos de producción (Riser's).
- 7.- Para el diseño de las cubiertas de producción y perforación se considerarán las siguientes, valores de cargas vivas.
  - a).- 6,250 Kgs/M<sup>2</sup>., en el área de la cubierta de perforación correspondiente a los tanques.
  - b).- 2,500 Kgs/M<sup>2</sup>., en el área correspondiente a la perforación de pozos.
  - c).- 5,000 Kgs/M<sup>2</sup>., en el resto de la cubierta de perforación.
  - d).- 1,500 Kgs/M<sup>2</sup>., en la cubierta de producción .
- 8.- Los pilotes se diseñan para una penetración de 73.20 Mts. (240 pies) pero se considera la posibilidad de que esta penetración puede llegar a 100.69 Mts. (330 pies). Para lo cual se requieren extensiones que en un momento dado pueden utilizarse.  
Estos pilotes se diseñan con un factor de seguridad de 1.7, tanto en compresión como en tensión.
- 9.- Especificaciones de material.  
El material que se usa en la fabricación de las plataformas estará de acuerdo con las siguientes normas.

ASTV. A.-36.- Para placas y perfiles de acero.

ASTM A.-53.- Grado B.- Para tuberías has de 20" de diámetro exterior. Se usará siempre grado estructural.

API-5L Grado B.- Para tuberías de conducción de fluidos.

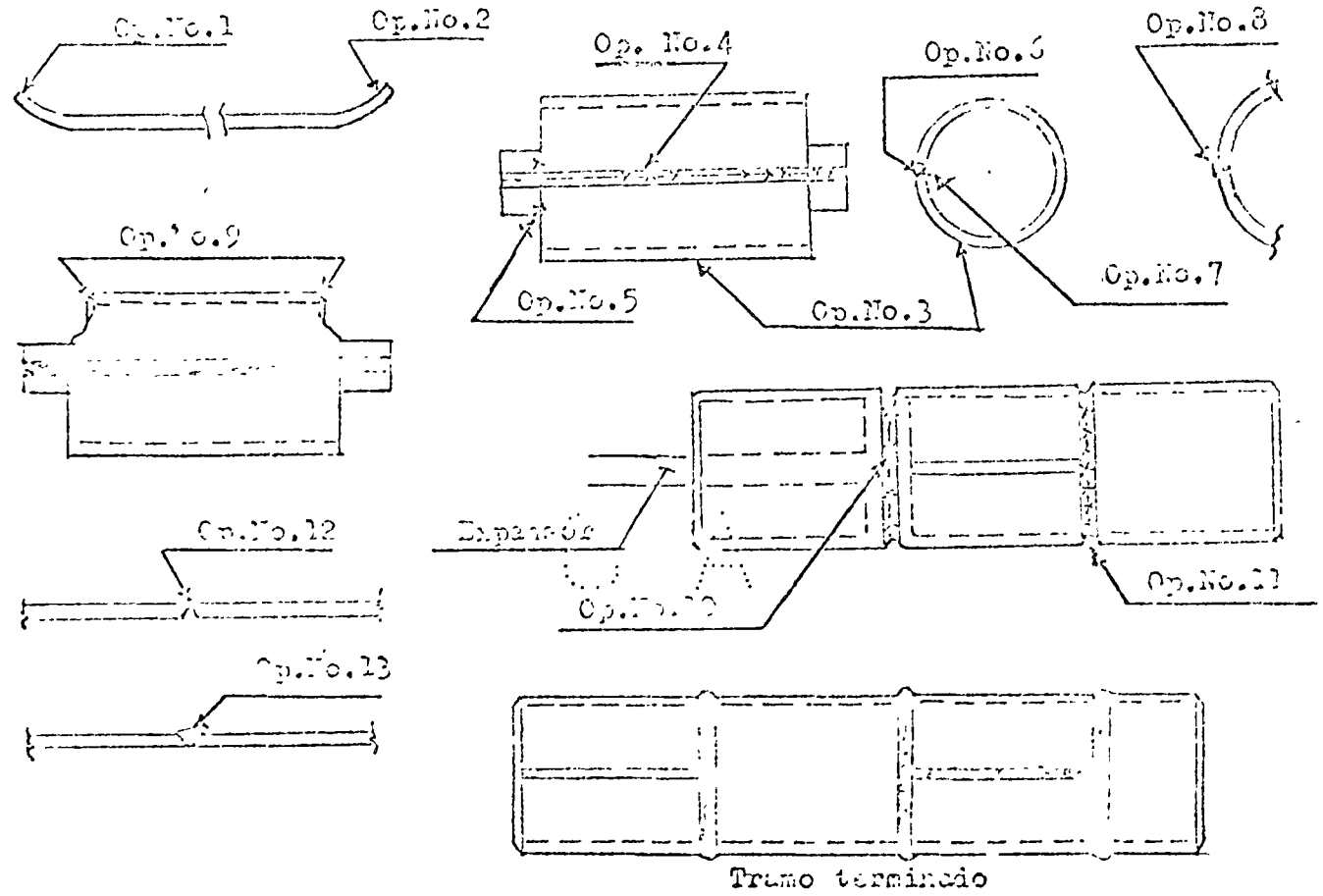
ASTM A-252 Grado 2.- Para tuberías de diámetro mayor a 20", pilotes y conductor.  
Estas serán roladas con placa A-36

Esta tubería podrá ser de primera calidad (Mill Prime) o de la calidad designada como grado estructural con excepción de la que específicamente esta destinada a la conducción de fluidos.

Fabricación.- Para fines de fabricación la estructura se divide en dos partes que son: Subestructura y Superestructura.

Subestructura.- Los elementos estructurales que interviene en su fabricación son de sección tubular cuyos diámetros y espesores varían entre 25/8" a 45 3/4 y 3/8 a 1". La fabricación de la tubería se hace en planta de acuerdo con lo requerido por el proyecto y limitada su longitud por transportación.

Para la serie de fabricación de tubo (con costura longitudinal), de diámetros grandes, se sigue el orden de operaciones de trabajo: Ver tabla No.1 y figuras.



Operación No.	Descripción de la Operación.	Mesa ó Area de trabajo.	Equipo principal ó herramienta usada.
1	Corte y biselado	Mesa de corte	2 Cabezales con sopletes de corte.
2	Doblar	Area de prensa.	Prensa dobladora.
3	Rolado	Area de rolado.	Roladora
4	Puntear	Area de rolado.	Equipo manual de gas inerte.
5	Soldar placas de continuidad.	Mesa uno	Equipo manual de gas inerte.
6	Depositar primer cordón exterior longitudinal.	Mesa uno	Equipo manual de gas inerte.
7	Depositar cordón interior longitudinal.	Mesa dos	Equipo automático de arco sumergido.
8	Terminar cordón exterior longitudinal.	Mesa tres	Equipo automático de arco sumergido.
9	Biselar extremos de cuello.	Mesa cuatro	2 cabezales con sopletes de corte.
10	Amarrar tramos (hasta 10' de longitud)	Mesa cinco	Expansor y equipo manual de gas inerte.
11	Depositar primer cordón exterior circular.	Mesa cinco	Equipo automático de gas inerte.
12	Depositar cordones interiores circunferenciales.	Mesa seis	Equipo automático de arco sumergido.
13	Terminar cordones exteriores circunferenciales.	Mesa siete	3 Equipo automático de arco sumergido.
14	Cortar dimensiones y marcar.	Mesa ocho	Cinta métrica y creyón.
15	Inspeccionar soldadura.	Area de Insp.	Equipo de ultrasonido ó Rayos X.

La subestructura esta formada por cuatro arcos unidos entre si por contravientos (horizontales y verticales).

Los arcos estan formados cada uno de ellos por dos camisas ó columnas, cuya función principal es hacer posible el hincado de los pilotes, de los que hablaremos más tarde.

La función de los contravientos (horizontales y diagonales), es la de rigidizar la estructura contra las fuerzas horizontales producidas por el oleaje.

Las cerradas estan formadas por piezas de sección tubular cuyos diámetros (exteriores), y espesores varian (de acuerdo con el proyecto) entre 45" a 45 3/4" y 5/8" a 1". Las de mayor espesor quedarán localizadas en los "nudos" y las de menor entre éstos.

En el campo reciben estas piezas, generalmente en longitudes de 10' y 20'.

Para armar las juntas a tope en campo, se colocan las piezas a unir sobre tramos de vías de ferrocarril previamente nivelados posteriormente el operario y sus ayudantes proceden hacer el armado valiéndose de una serie de herramientas y equipo como son: sierras, cascadas, punzores, tueras, moxas, martillos, cincelos, gases hidráulicos, plomada, escuadras, niveles, raquina de soldar (para el puntado), esmeril, equipo de corte para afinar los biseles y una grúa de 35 Ton. de capacidad.

Una vez que se tiene bien alineada y nivelada la junta se procede a hacer el puntado de soldadura. Posteriormente sigue la limpieza y resaca de las áreas dañadas durante el armado, y finalmente el soldado de la junta.

Soldadura.- El trabajo de soldadura se hace por los procedimientos: Manual de arco metálico (arco eléctrico con electrodo metálico con sumillo) protegido y automático de arco surcado.

Métodos de soldadura en campo.

Los métodos utilizados son los:

- 1) Manual.
- 2) Manual y automático.

Método Manual - Consiste de los siguientes casos:

- 1.- Bases con (un cordón) electrodo E-6010 de 3/16", de espesor por la parte externa.
- 2.- Base sellante (un cordón) con electrodo E-6010 de 3/16" de espesor.

- 3.- Bellido (en la zona de cordones externo del exterior del tubo), con electrodos E-7018 de  $1/8"$  y de  $5/32"$ , de espesor.
- 4.- Vista (en cordón), con electrodos E-7018 de  $5/32"$ , de espesor.
- 5.- Variado por la parte interna del tubo con Arco-Aire, utilizando electrodos de  $1/4"$  de diámetro.
- 6.- Alrededor se depositan dos cordones de fondo por la parte interna con electrodos E-7018 de  $5/32"$  de espesor.

Los pasos 5 y 6 son con el objeto de evitar la falta de penetración que se presenta en este tipo de soldadura.

Método Manual y Automático -

Detalle de los siguientes pasos:

1 y 2) Igual al método manual.

3 y 4) Bellido y vista con máquina automática, el número de cordones depende del espesor del tubo a soldar.

5 y 6) Igual al método manual.

O A



El promedio de juntas de campo por camisa es de 15 actualmente.

Esto se reducirá cuando en planta se fabrique tuberia de mayor longitud, como actualmente se esta haciendo en la fabricacion de nuevas plataformas.

La longitud total de cada una de las camisas es variable y depende de la profundidad del nivel medio del mar del lugar en donde se instale la plataforma.

Por ejemplo para una profundidad de 156' (47.55 Mts.), la longitud de cada uno de ellas será de 180' (54.86 Mts.).

Una vez teniendo armadas y soldadas se procede a formar los marcos de la subestructura.

Previamente se han habilitado los contravientos ó riostras (horizontales y diagonales), de los marcos. Estas piezas cuyas secciones son tubulares también y de diámetros y espesores entre 12 3/4" a 20" y 3/8" a 1/2", respectivamente, se reciben en campo en longitudes de 30' a 40' pies. Se procede a unir estas piezas para lograr la longitud requerida por el diseño, estas uniones o juntas son del tipo llamado a tope.

A continuación se procede a localizar el área más conveniente para el armado de los marcos ya que este se efectúa en un plano horizontal y la localización de estas deberá ser la más ventajosa para su erección, de lo cual hablare en más adelante.

Para el armado de los marcos se colocan las camisas sobre apoyos (pequeñas estructuras hechas con canal ligero de 12 pulgadas), nivelados y con la separación que deberán tener éstas conforme el proyecto. Una vez terminada esta etapa se procede a la presentación de los contravientos ó riostras, se les afianza los bisoiles a éstas piezas y se procede a nivelar perfectamente las piezas, posteriormente se puntúan las uniones ó juntas entre camisas y riostras.

Durante toda esta etapa de armado se requieren herramientas y equipo como son; Montacargas, gatos hidráulicos, tractor pluma, niveles, máquina de soldar, equipo de corte, los grúas de 45 Ton. c/u.

Una vez que se tiene armado el marco se procede a soldar las juntas perpendiculares y diagonales entre camisas y riostras.

La soldadura de estas juntas se realiza con el método de arco eléctrico con electrodo recubierto. En el cordón de fondo se usa el electrodo E-6010, y en los siguientes el E-7018.

Toda la soldadura es inspeccionada con Rayos X y ultrasonido, las juntas a tope y longitudinales se inspeccionan con Rayos X y las uniones (entre casisas y muestrias), que por su geometría no sea posible radiografiar la soldadura se utiliza el ultrasonido para su inspección.

Las normas aplicadas para la calificación de equipo, procedimientos y soldadores son las del AWS D 12.0 (Normas para puentes soldados para cañerías y Ferrocarril), en su última edición.

Durante la etapa de armado de los marcos se hace también la fabricación del Sistema de Inundación de las casisas.

Sistema de Inundación.- Este, está compuesto por: bastagos, manivelas, guías para los bastagos, válvulas de compuerta de  $3/4"$   $\phi$ , válvulas macho de  $4"$   $\phi$ , bridas especiales, tapas de neopreno especiales y placas para los extremos superiores.

A cada una de las casisas se le sueldan las guías para los bastagos que están hechos con tubería de  $3"$   $\phi$  est., (especializadas a lo largo de toda la casisa, posteriormente se coloca el bastago, el cual consiste en un tubo de  $2"$   $\phi$  est., que va unido en su extremo inferior a una válvula macho de  $4"$   $\phi$ , en el extremo superior se le adapta una manivela también de sección tubular de  $2"$   $\phi$  est.

La manivela y el bastago servirán para accionar la válvula durante la erección de la subestructura en el mar.

Las bridas de fabricación especial de  $3 3/4"$   $\phi$ , (interior), se sueldan en el extremo inferior de cada una de las casisas, posteriormente se coloca la tapa de neopreno especial, y se procede a colocar la brida completa.

Las válvulas de compuerta de  $3/4"$   $\phi$ , van localizadas en los extremos superiores de las casisas, la función de estas es de controlar la salida del aire durante la erección de la subestructura en el mar.

En los extremos superiores de las casisas se sueldan placas circulares, cuya función es la de sellar las casisas únicamente.

Antes de la erección de los marcos se instala también la Cuna de Lanzamiento.

La función de ésta es facilitar las operaciones de control de la subestructura al chald. a transporte (entre los patios de fabricación y el lugar de instalación de la plataforma), y el lanzamiento ó de salida al mar.

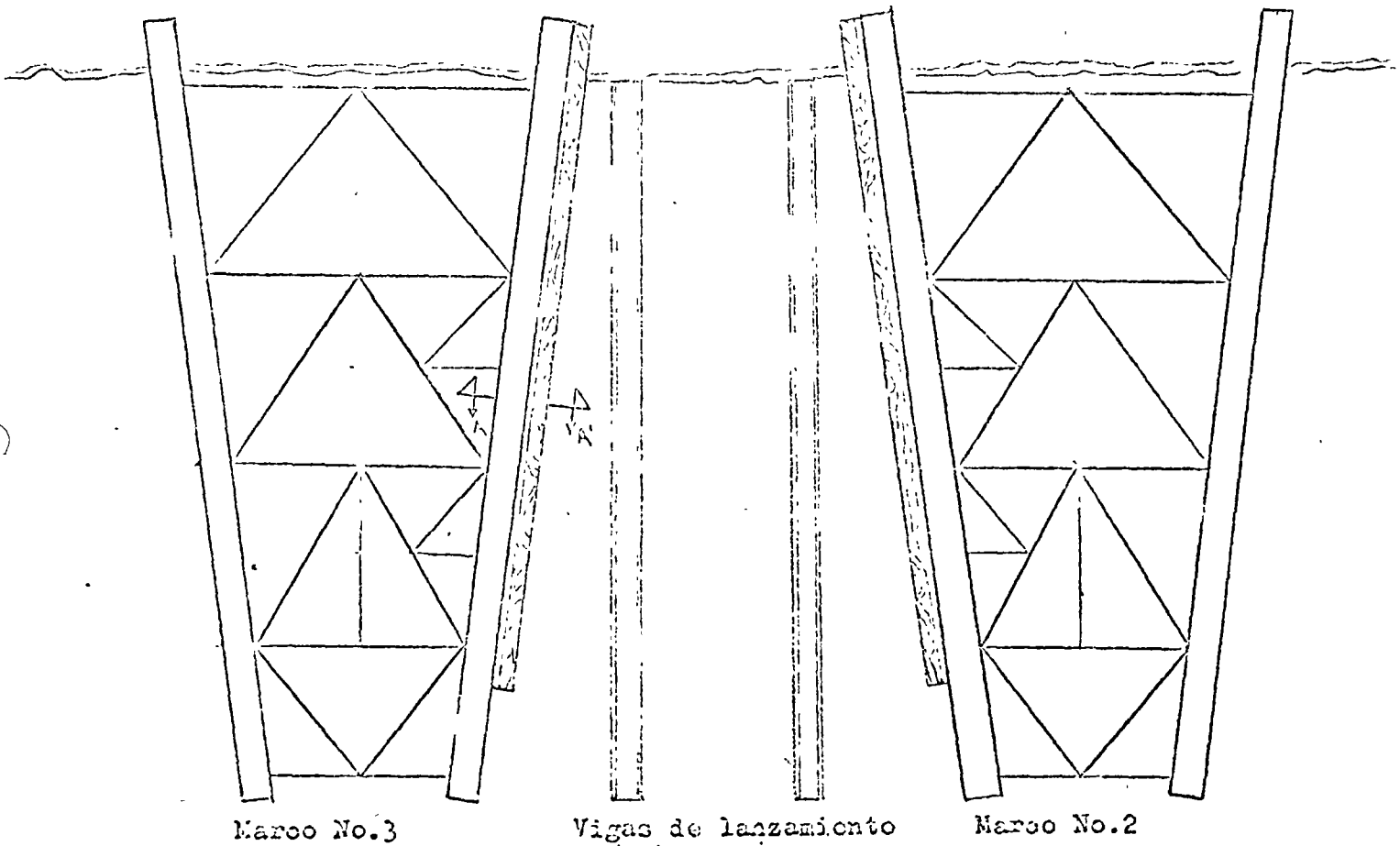
Se da el nombre de Cuna de Lanzamiento al sistema formado por canales (de fabricación especial) y raíles, este queda colocado entre las columnas de los marcos centrales (las cuales llamarémos Cajas de Soporte).

Los canales se sueldan a las columnas y la madera se une a estas por medio de pequeñas placas rectangulares, que van soldadas al canal y atornilladas a la madera.

La longitud de la cuna de lanzamiento es variable, por ejemplo para una longitud de columnas de 160', esta es de 153'.

C A

RIO



Marco No.3

Vigas de lanzamiento

Marco No.2

C A

col. "2A"

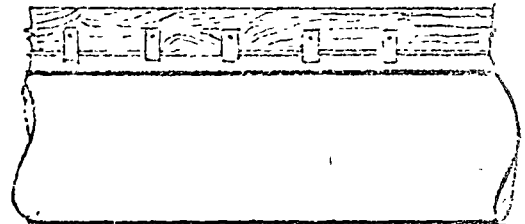
Placa

tornillo

madera

canal

soldadura



Sección 1-1

Detalle de la cuna de lanzamiento

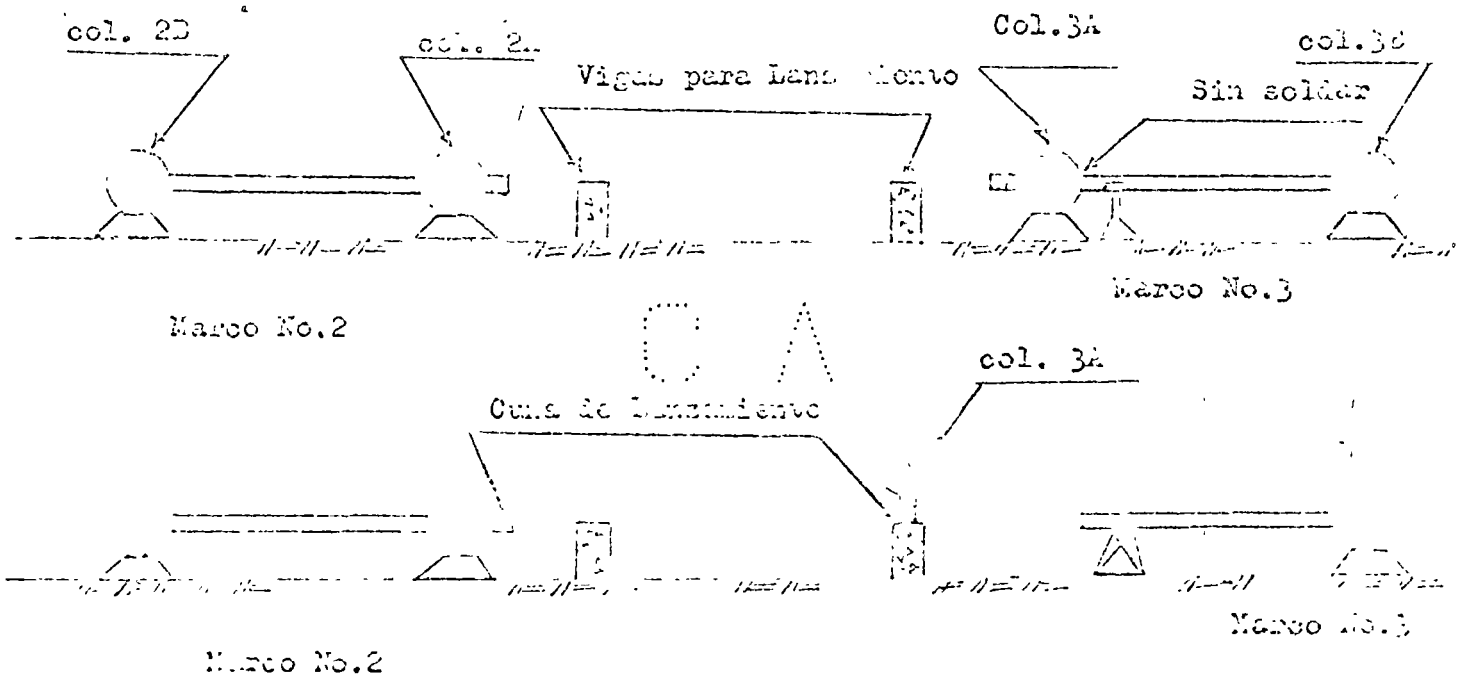
Terminada la instalación del Sistema de Inundación y la Cuna de Lanzamiento, así como el armado y soldado de los marcos se procede a la erección de estos, enumerándose los marcos del 1 al 4.

La etapa de erección de marcos comprende las siguientes operaciones:

- a) Montaje de la columna "3A", sobre una de las vigas de concreto especialmente proyectadas para la carga de la subestructura al chalfi de transporte.

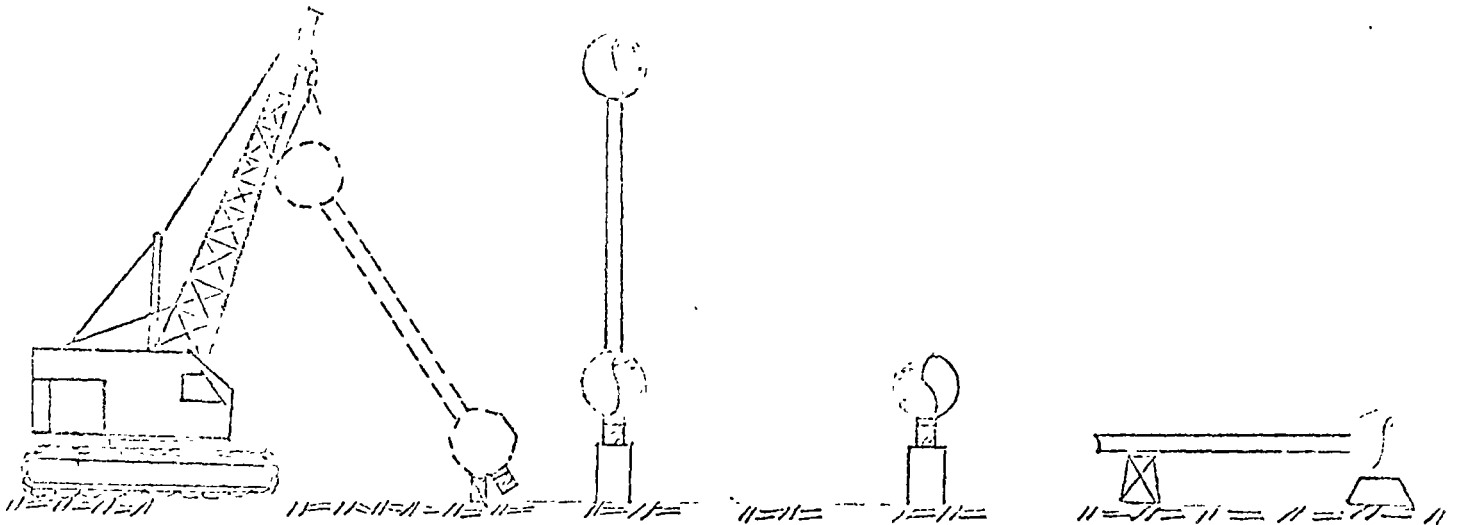
Debemos señalar que esta columna no ha sido soldada a las piezas de armostriamiento (horizontales y diagonales), del marco a la que pertenece esto con el objeto de facilitar la etapa de erección de los marcos.

En las partes superiores de las vigas van forradas con placa de acero. Y esta se impregna de grasa para facilitar el deslizamiento

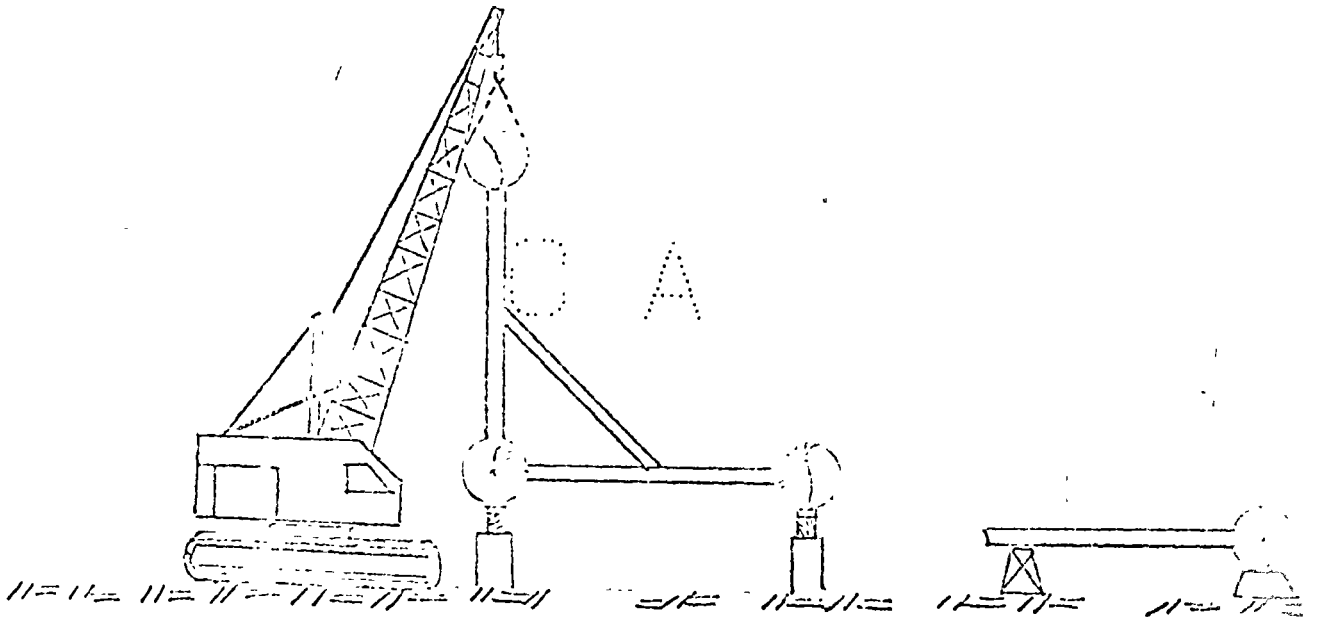


Una vez que se tiene la columna sobre la viga se procede a su alineado y nivelación.

- b) Erección y montaje del marco No.2 sobre la otra viga de concreto. Se alinea y se nivela este marco.

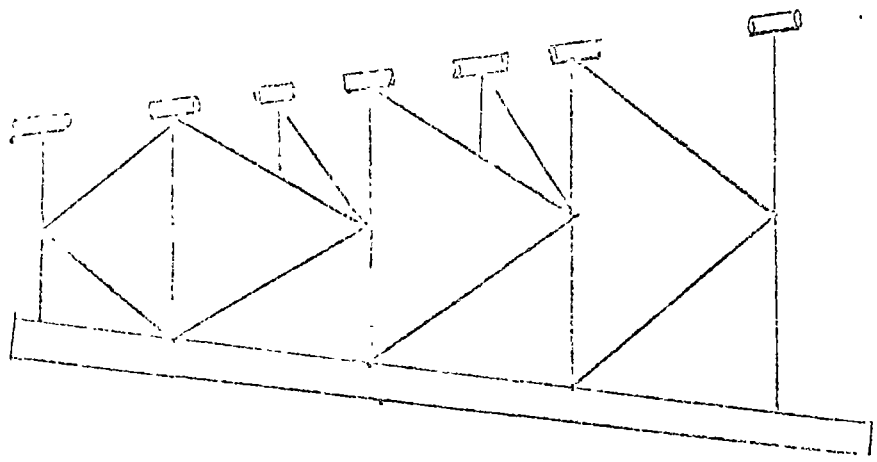


- c) Presión, puntado y soldado de las riostras (horizontales y diagonales), entre el marco No.2 y la columna "3a".



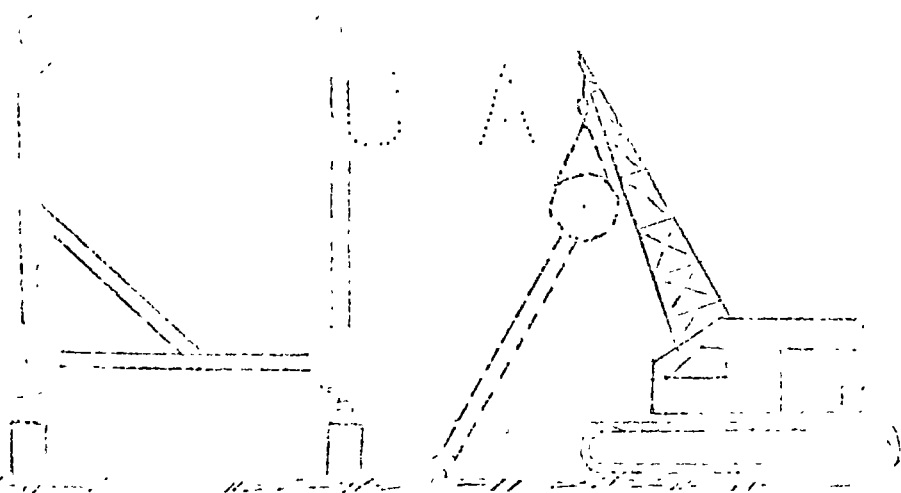
d) Erection y montaje de la estructura que formara el marco No.3, sobre la columna "3A".

3 A



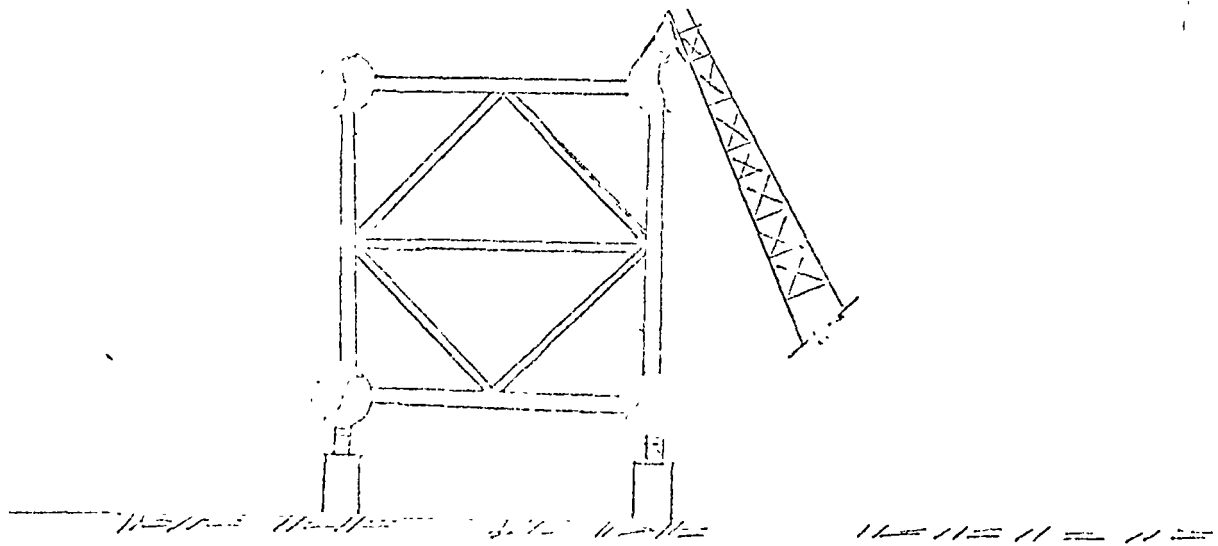
Se alinea y se nivela, continuando con el puntuado y soldado de las uniones entre la columna "3A", y el armostamiento del marco a que pertenece ésta.

Para evitar que se deformen las riostras durante la erección, la estructura se le puntúa con carretes de sección tubular en los nudos formados por las riostras y en los extremos de las mismas.

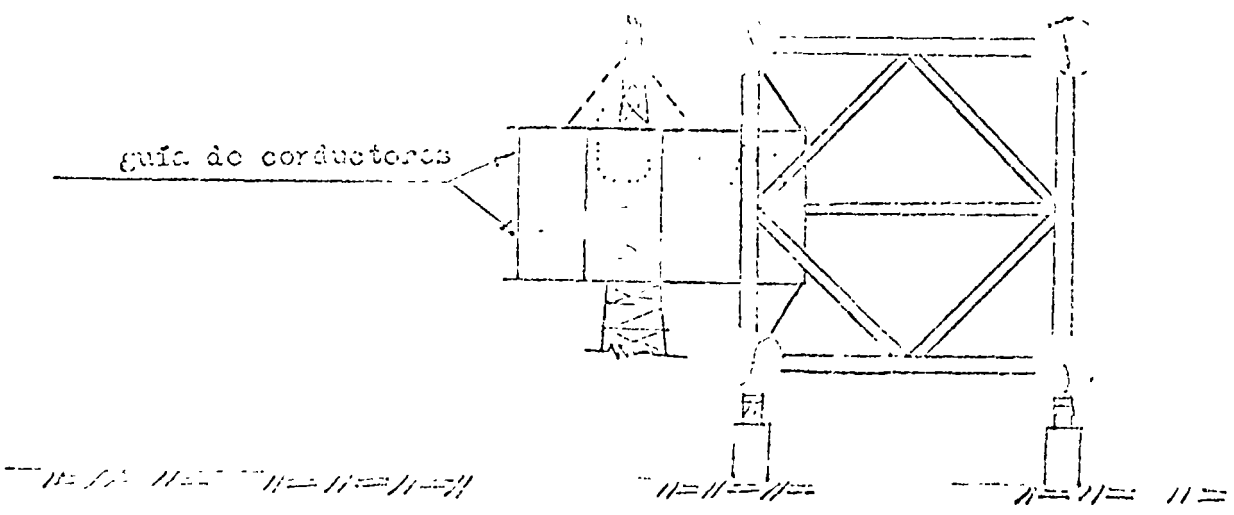


Estos canales se quitan una vez que esta erigida la estructura, antes de que sea apoyada sobre la columna en cuestión "3A".

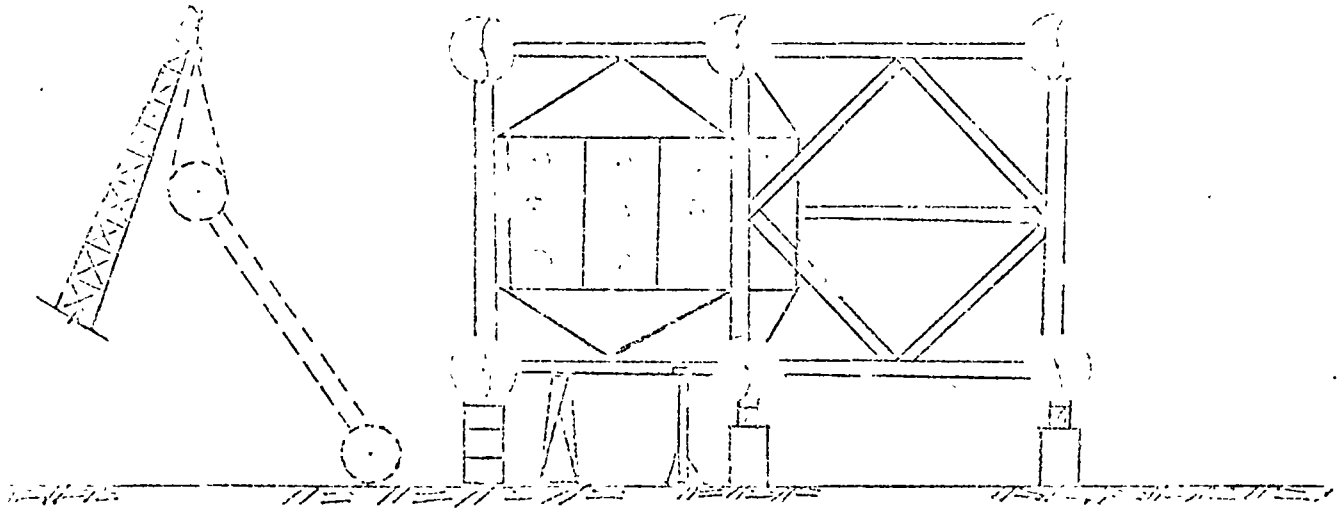
- e) Presentación, puntado y soldado de las riostras (horizontales y diagonales), entre marcos 2 y 3.



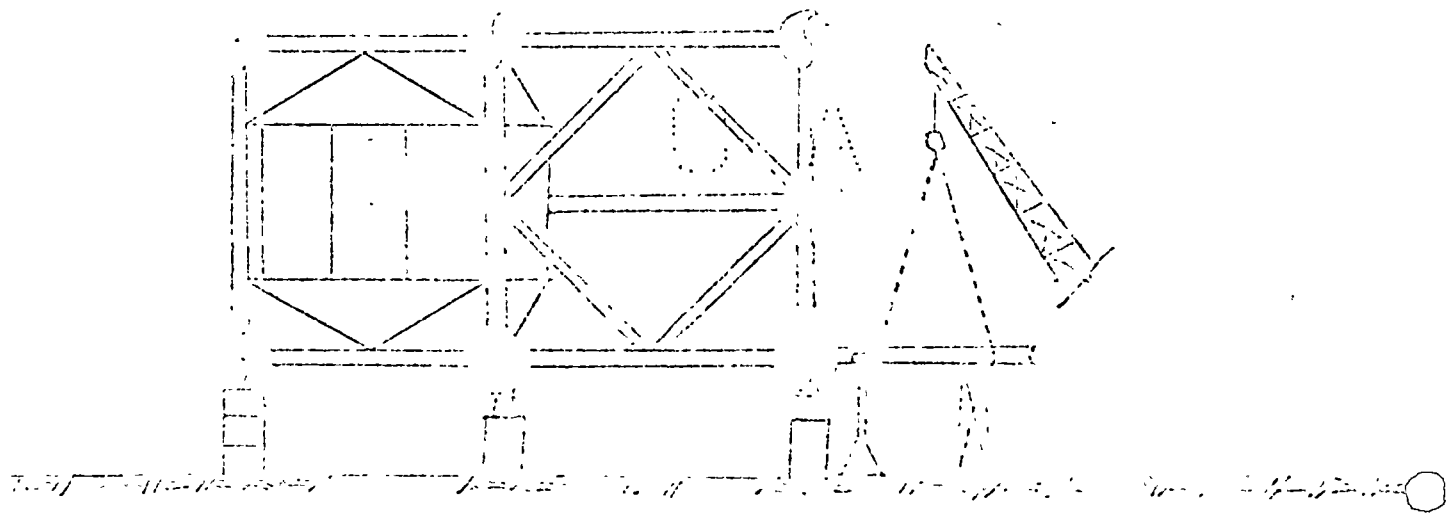
- f) Montaje de las guías de conductores. La función de estas estructuras es como su nombre lo indica, la de guiar los tubos conductores (12 piezas de 30"Ø x 1" de esp.), en el hincado de estas, durante la instalación de la Plataforma. El número de estas estructuras es cuatro y quedan localizadas en diferentes niveles.



- b) Erección y montaje del marco No. 4, este marco al igual que el No. 4 quedan apoyados sobre soportes provisionales. Se alinea y se nivela. Procediendo a soldar todos y cada una de las uniones entre marcos (1 y 2), y riestras correspondientes, así también se sueldan las guías de conductores.



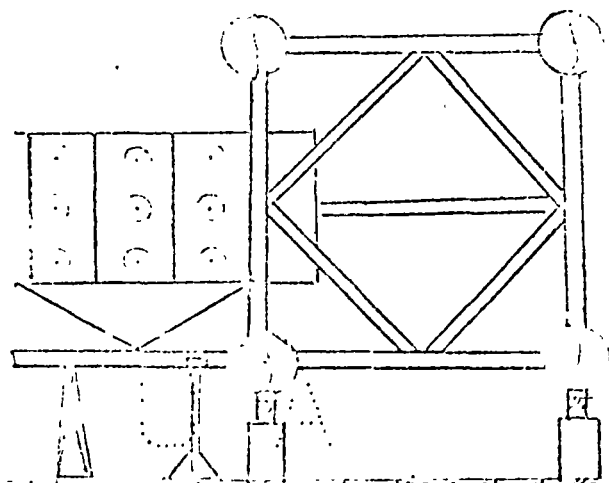
- i) Presentación y puntado de las riestras entre marcos 3 y 4, (marco No. 4 sin erigir todavía).



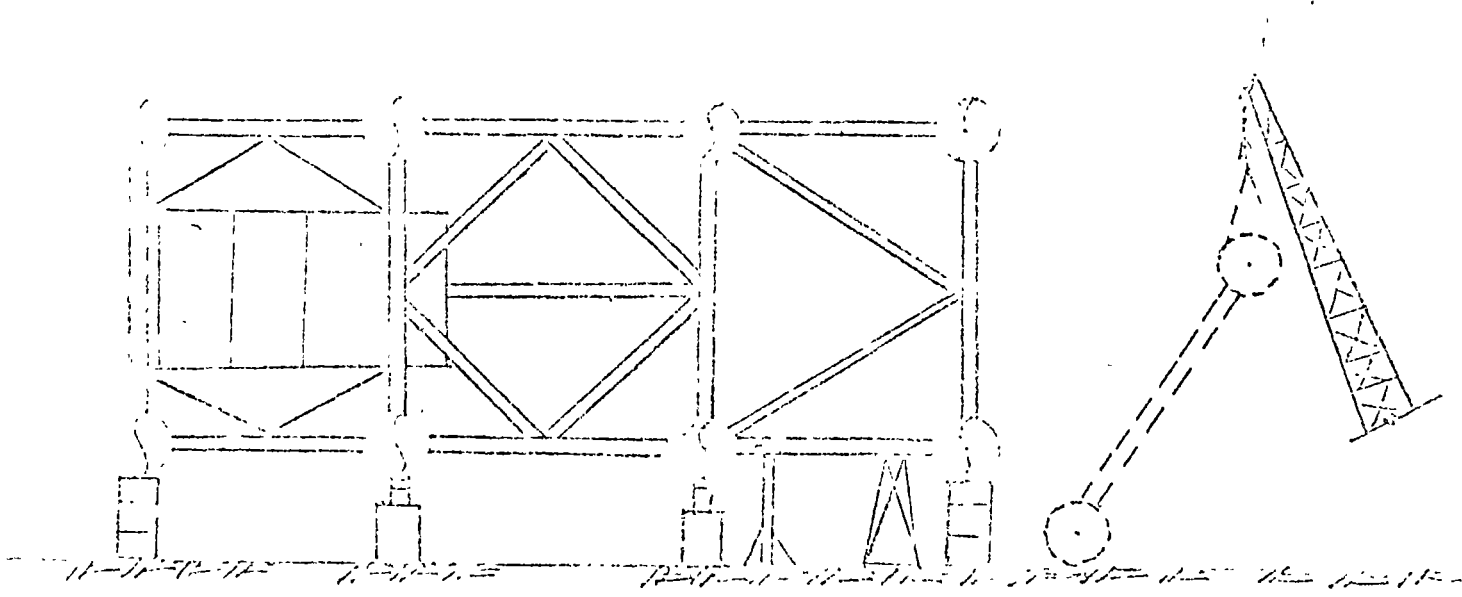


La fabricación de estas estructuras es previa ó paralela a la de los marcos.

- g) Presentación y puntado de las muestras entre marcos 2 y 1 (marco No.1 sin cregar todavía).



j) Ereción y montaje del marco No. 4. Se alinea y se nivela. Procediendo a soldar todas y cada una de las uniones entre marcos (3 y 4), y riostras correspondientes.

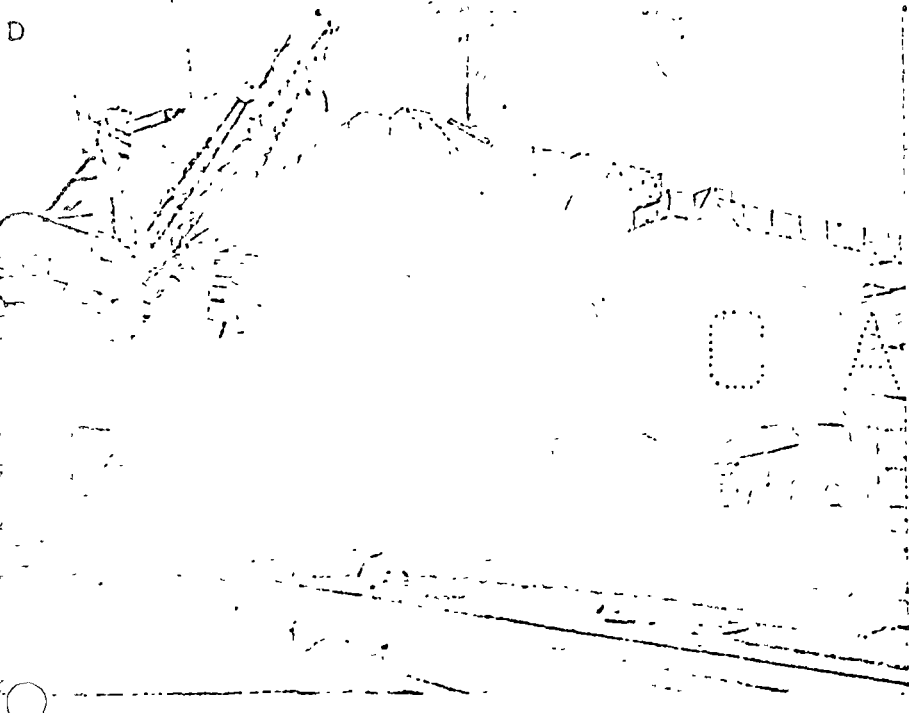
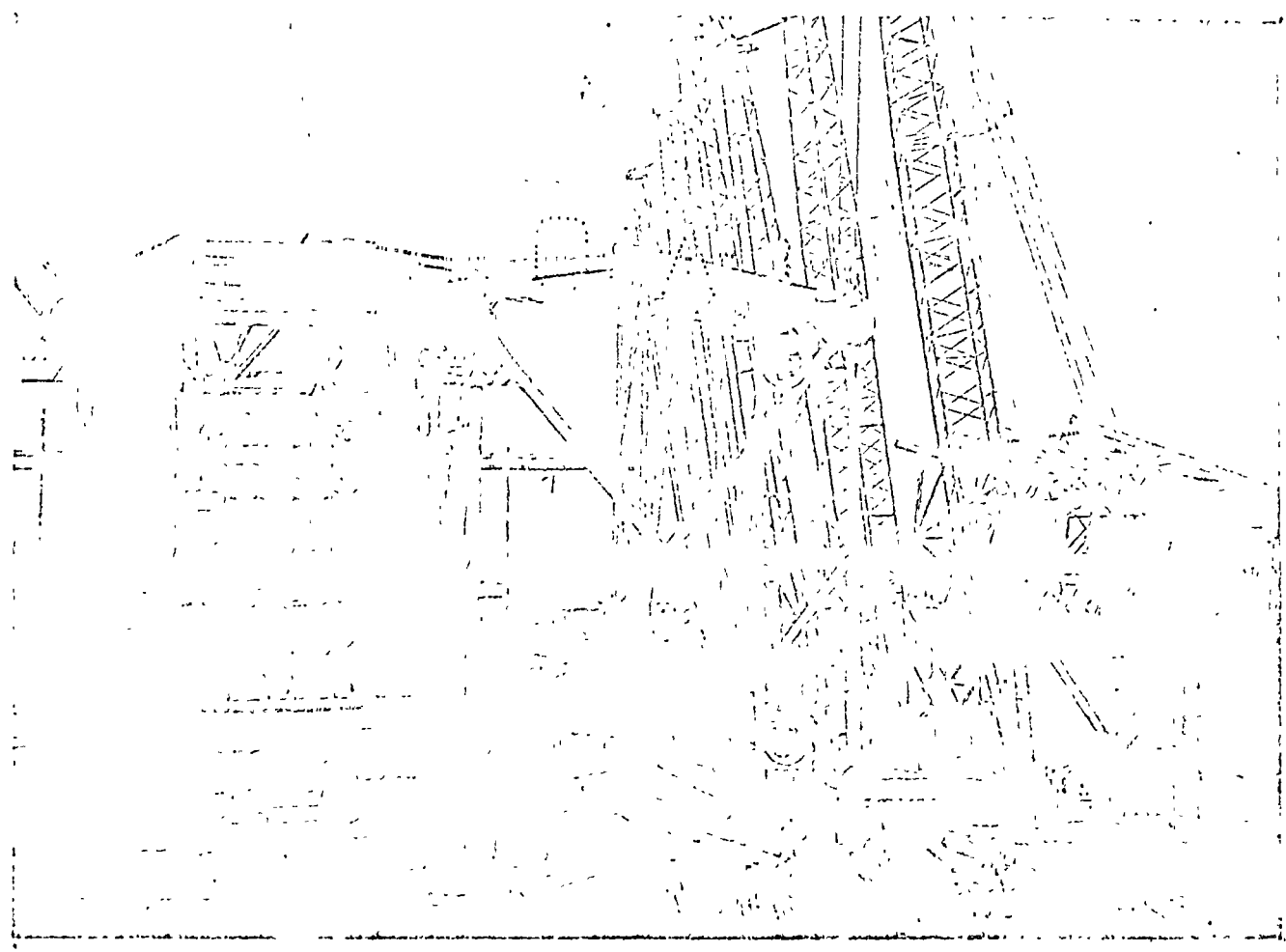


Una vez terminada la erección y montaje de marcos y riostras, (horizontales y diagonales), y guías de conductores se procede a la fabricación de la plataforma inferior, donde se localizan los pesillos de acceso entre los atrascadores y las escaleras rotativas, estas escaleras unen la subestructura con la superestructura.

Los atrascadores a los que nos referimos son dos, y son estructuras diseñadas para embarcaciones menores.

En la subestructura también se instalan abrazaderas para dos o tres tubos accesorios de producción.

El equipo ubicado en la erección de los marcos es el siguiente: tres grúas sobre un eje de 120 Ton. c/a., una grúa de .5 Ton., dos trastes para (240), montacargas, equipos de corte, máquinas de soldar, nivel, teodolito, escuadras etc.



FABRICACION DE PLATAFORMAS

S U P E R E S T R U C T U R A

La superestructura es la parte de la estructura comprendida entre los niveles de (+) 14'-6" a (+) 59'-5", y esta formada por cuatro marcos, dos cubiertas una de producción y la otra de perforación ó principal.

Marcos.- Los marcos estan formados cada uno de ellos por una viga (WF) de 30" de peralte, dos columnas de sección tubular de diámetro variable (de 36" a 42"), unidos entre si por contravientos (horizontales y diagonales), de sección tubular.

La fabricación de los marcos se realiza en una forma similar a la de los marcos de la subestructura. Las columnas estan diseñadas en un extremo inferior para la unión entre superestructura y subestructura.

Cubierta de Producción.- Esta destinada a contener las instalaciones de producción. En esta misma cubierta quedan localizadas dos unidades llamadas cápsulas de supervivencia, estas cápsulas son embarcaciones diseñadas especialmente contra el fuego y la capacidad de cada una de ellas es de 25 personas.

Las dimensiones de esta cubierta son: 45 x 90 pies, y esta formada a base de vigas (WF), de 18" de peralte.

La cubierta se divide en tres secciones (1a., 2a. y 3a.), para fines de fabricación. El armado de estas secciones de la cubierta, se realiza sobre estructuras ligeras previamente niveladas. Las vigas son colocadas y espaciadas conforme el proyecto, se alinean y nivelan estas y se procede al puntuado de riostras (canal ligero de 10" de peralte) entre vigas. Posteriormente una vez armadas las secciones se procede a la soldadura entre vigas y riostras (canales).

Los extremos de las vigas son cortados, estos cortes estan diseñados para la unión entre estas secciones de la cubierta y los marcos.

El equipo y herramienta requerida para la fabricación de esta cubierta es: un tractor plano (D-6), montacargas, equipo de corte, maquina de soldar, plomada, escuadra y niveles.

Cubierta Principal ó de Perforación.- Esta destinada a contener los equipos de perforación, unidad habitacional y helipuerto.

Las dimensiones de esta cubierta son: 71 x 116 pies, y esta formada a base de vigas (WF), de 24" de peralte. La cubierta esta formada de tres secciones, dos laterales de seis vigas c/u. y una central formada por once vigas.

Fabricación.- La fabricación de las vigas (WF), se realiza en plantas y en campo, se reciben estas en longitudes limitadas por transportación.

Como la longitud de cada una de las vigas que intervienen en la fabricación de la cubierta es grande (116 pies), es necesario hacer uniones de campo.

La fabricación de la cubierta principal en el campo se inicia con el armado de juntas a tope en vigas (WF).

Armado de juntas a tope en vigas (WF), El armado se hace colocando los tramos de viga a unir sobre apoyos previamente nivelados. Se cortan los extremos de las vigas y se biselan conforme al proyecto, y se procede al armado de las juntas.

Las herramientas y equipos que se usan son similares a los utilizados en el armado de juntas a tope en tubería.

Una vez que se tiene bien alineada y nivelada la junta se hace el puntado de soldadura. Después se hace la limpieza y resaca de las áreas dañadas por el armado, y finalmente la soldadura de la junta.

Soldadura.- Los trabajos de soldadura se hacen por el procedimiento manual de arco metálico (arco eléctrico con electrodo metálico consumible) protegido. Esto consta de los siguientes casos:

- 1.- Fondo (un cordón), con electrodo E-6010, de 3/16", de espesor.
- 2.- Paso caliente (un cordón), con electrodo E-6010, de 3/16" de espesor.
- 3.- Relleno (el número de cordones depende del espesor del alma y del patín de la viga), con electrodo E-7018 de 3/16" de espesor.
- 4.- Vista (tres cordones), con electrodo E-7018 de 1/8", de espesor.
- 5.- Vaciado por la parte posterior con arco-airo, utilizando carbones de 1/4" de espesor.
- 6.- Finalmente se depositan dos ó tres cordones con electrodos E-7018, de 1/8" y 3/16", de espesor, para rellenar.

Armado de las secciones de la Cubierta Principal.- Sobre apoyos previamente nivelados, se colocan las vigas, se alinean nivelan y se da el esp. elemento entre estas según proyecto. Posteriormente se puntúan las mientras (canales y vigas WF), entre vigas, ángulo de coronamiento, de canales para escaleras (hechos con canal), candelabros para barandales, atornilleros de vigas etc.

Una vez que se tiene terminada la etapa de armado se procede a soldar los tipos de electrodo que se utilizan son el 6010 y el 7018.

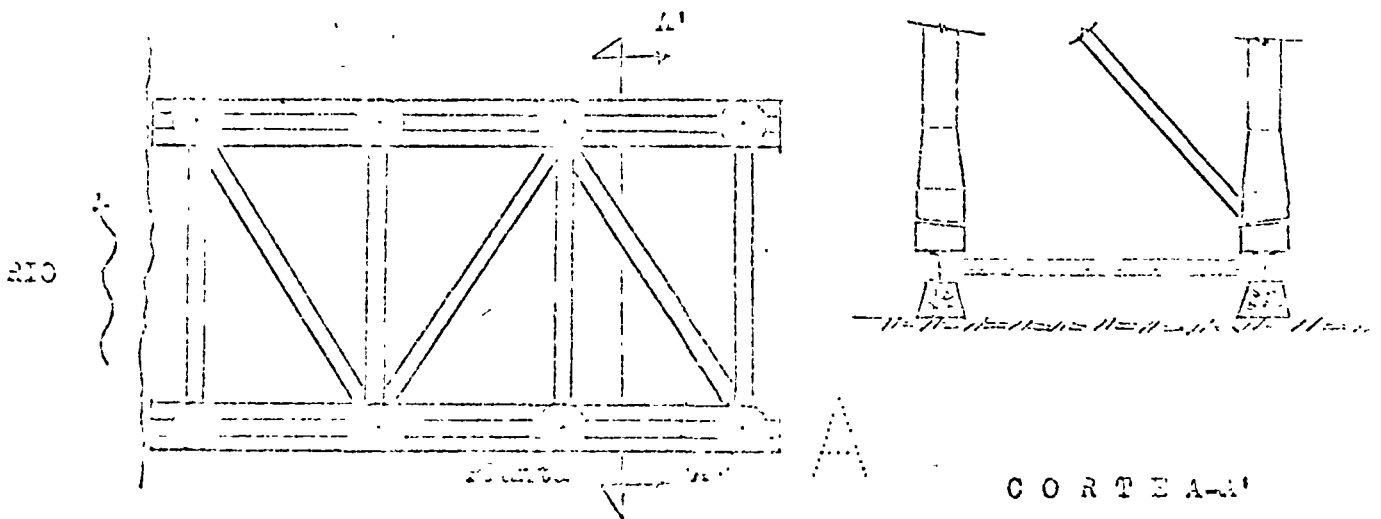
Arcección de los marcos de la subestructura y montaje de la Cubierta de Producción.

Al igual que en la subestructura encastraremos los marcos del 1 al 4.

a) Arcección del 1er. marco, se realiza con dos grúas de 140 Ton. c/u. haciendo la observación que esta operación se podría hacer con grúas de menor capacidad.

Como el armado y soldado de los marcos se realiza en un plano horizontal, para su arcección se gira 90° y en esta posición se traslada hasta colocarlo en dos apoyos de arcección tubular diseñados conforme al extremo inferior de las columnas del marco en cuestión, enseguida se procede a nivelar el marco.

Una vez que se tiene nivelado se le sueldan dos contravientos (de sección tubular), provisionales, esto con el objeto de poder soltar las grúas. A continuación se procede a hacer el montaje de la 1a. sección de la Cubierta de Producción. Para esta operación se utiliza una sola grúa. Uno de los ejes de esta cubierta queda apoyado en una riostra (de sección tubular), horizontal del marco No.1, el eje opuesto se apoya sobre dos cantales. Se comienza con el nivelado y puntuado de vigas de esta cubierta con el marco No.1



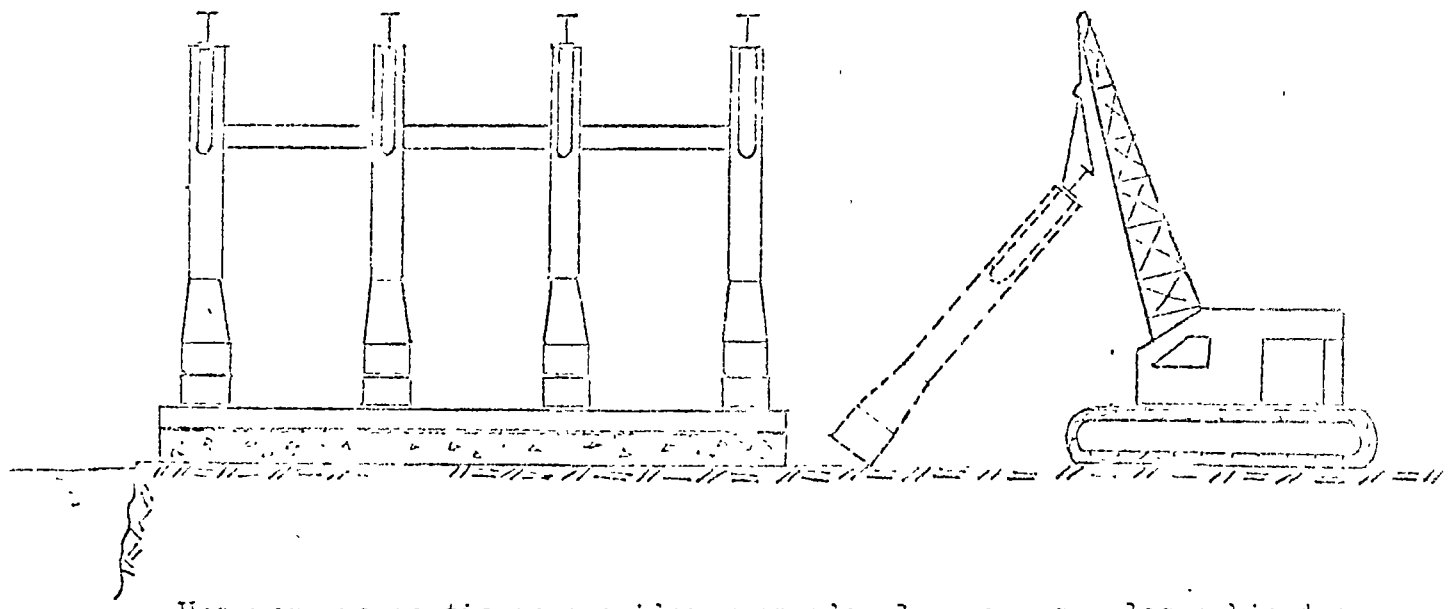
Estos apoyos, en su localización sobre una estructura, consistente en las vigas (A-B), armadas con placas de sección tubular, la cual se le da el nombre de estructura de desplazamiento.

Las vigas de esta grúa, en apoyadas sobre vigas de concreto forradas en la parte superior con placa de acero.

Estas placas se impregnan de grasa, antes de colocarse en la estructura de la grúa, esto con el objeto de facilitar la carga de la subestructura.

b) Erección de los marcos 2,3 y 4, y montaje de la 2a. y 3a. sección de la Cubierta de Producción. Estas operaciones se realizan en forma similar a las del marco No.1 y la. sección de la Cubierta de Producción.

U A



Una vez que se tienen erigidos y armados los marcos y las cubiertas, se procede a soldar las uniones entre estos elementos.

Montaje de vigas (2 piezas), para la torre de perforación (Skid-Bowl) El montaje de estas vigas se realiza una vez que se tienen erigidos los marcos No. 1 y 2 de la superestructura. Se alinean y se sueldan (uniones entre los marcos y estas). Esta operación se realiza con una grúa de 140 Ton.

Arriostramiento entre marcos de la superestructura.- Terminada la etapa de soldadura de las uniones entre las vigas de la Cubierta de Producción y los marcos, se procede al armado y puntuado de las piezas (de sección tubular) que formaran el arriostramiento entre marcos, continuando con el soldado de las mismas.

El equipo que interviene en el armado de estas piezas es: Una grúa de 35 Ton. ó un tractor plusa (D-6), y montacargas.

Montaje de la Cubierta Principal ó de Perforación.- La primera sección que se monta es la No.2 ó central (plancha No.2), continuando con las secciones No.1 y 3 ó laterales (plancha No.1 y 3).

Estas operaciones se realizan con dos grúas de 140 Ton. c/u. Una vez que se tienen las tres secciones sobre los marcos de la superestructura, se alinean y se sueldan las uniones entre los marcos y las vigas de esta cubierta.

Para terminar con la fabricación de la Superestructura se procede con la instalación y montaje de:

- a) Sistema eléctrico para el equipo de señalación audio visual.
- b) Escaleras entre cubierta de producción y perforación.
- c) Escaleras rebatibles.
- d) Múltiple de producción y trampas de envío.
- e) Estructuras para cápsulas de salvamento.
- f) Borndales de las cubiertas.
- g) Piso de rejilla en la cubierta de producción.
- h) Soporte del pedestal de la grúa de 50 Ton.
- i) Abrazaderas para tubos adyacentes.

Protección anticorrosiva de la plataforma.

Subestructura.- La protección anticorrosiva de la subestructura se hace por medio de ánodos de aluminio y recubrimientos.

Los ánodos de aluminio son instalados en las piezas que sirven de arriostramiento (horizontales y diagonales), a los marcos de la subestructura. El número y el peso de los ánodos dependerá de las dimensiones de la subestructura.

El sistema de protección anticorrosiva a base de recubrimientos en la subestructura se hace a partir de la elevación (-) 4 pies hasta el extremo superior de la subestructura (elevación + 12'-6").

Superestructura.- La protección anticorrosiva de toda la superestructura se hace por medio de recubrimientos.

Actualmente se usan dos sistemas de recubrimientos que son:

- a) Una mano de Inorgánico de Zinc Autocurante y dos manos de acabado Epóxico Catalizado de Alto Sólido.
- b) Una mano de Inorgánico de Zinc Autocurante, una mano de enlace vinil Epóxico y dos manos de acabado Vinil Acrílico.

En ambos sistemas se requiere limpieza con chorro de arena a metal blanco de la superficie.



## INSTALACION DE LA PLATAFORMA

La instalación de la plataforma se realiza en las siguientes etapas:

- a) Carga de los componentes de la plataforma a las embarcaciones de transporte.
  - b) Transporte, entre los patios de fabricación y la localización en donde quedará instalada la plataforma.
  - c) Lanzamiento ó botadura y erección de la subestructura en el mar.
  - d) Hincado de pilotes y tubo conductor.
  - e) Montaje de superestructura sobre subestructura.
- a) El Personal que interviene y el equipo requerido para esta operación es el siguiente:

### Personal

- (1) Ingeniero
- (1) Cabo de Oficios
- (2) Operarios (Cortadores)
- (2) Operadores
- (5) Soldadores
- (5) Ayudantes de Soldador
- (10) Obreros Generales

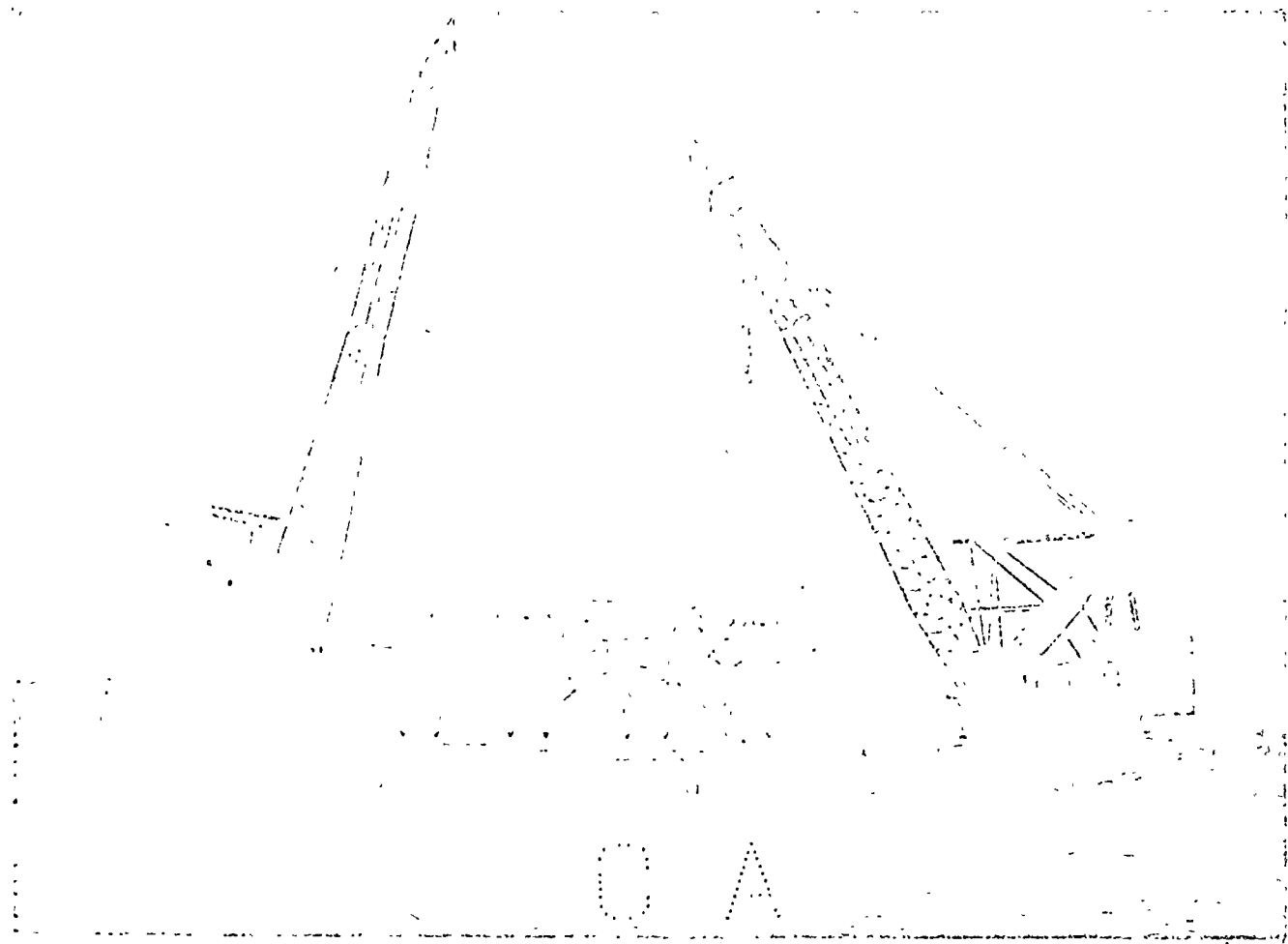
Nota. - No se incluye el Personal del remolcador.

Equipo. - Dos chalanes uno para la subestructura y el otro para la superestructura, un remolcador, equipo de corte y maquinas de soldar. El chalán para la subestructura es de las siguientes dimensiones 240 X 72 X 15 pies. Este chalán está diseñado para cargar estructuras con un máximo de profundidad de 200 pies y un peso máximo de 1,000 toneladas.

Sobre la cubierta del chalán se localiza el sistema de lanzamiento. Este equipo de lanzamiento incluye corrales de tiro de lanzamiento, balancines, maticos para jalar, bloques y cables, bombas andamio y redes.

Descripción general de la carga de la subestructura.

O A



INSTALACION DE PLATAFORMA

Por medio del remolcador se coloca en posición de carga el chalán se nivela (por medio de lastre), y se procede a alinear las correderas de vía de lanzamiento con los extremos de la cuna de lanzamiento de la subestructura.

Enseguida se colocan los estrechos entre el polipasto del malacate (winche), y las orejas de deslizamiento de la subestructura y se procede a jalar, iniciando así el deslizamiento de la subestructura.

Una vez terminada la carga se sujeta la subestructura con el chalán, por medio de piezas de sección tubular (12" de diámetro). Estas piezas van soldadas entre las columnas ("2A" y "3A"), y el chalán de carga.

El chalán para la superestructura puede ser del mismo tipo que el utilizado para la subestructura ó un chalán con cubierta libre, en el caso de que se cuente con una barcaza-grúa. Para el primer caso la operación de carga es similar a la de la subestructura y para el segundo la operación de carga se hace con la grúa de 500 Ton. de la barcaza.

En el chalán de carga de la superestructura se transportan también los elementos restantes de la plataforma como son: pedestal de la grúa (sección superior), tubos para succiones de agua salada, barandales de la cubierta de perforación, escaleras etc.

El remolcador con el que se realizan los movimientos de los chalanés es de una potencia de 3,200 H.P. promedio.

- b) Transporte.- El chalán de carga de la subestructura es llevado a la localización por el remolcador utilizado en la operación de carga. Una vez que ha sido lanzada la subestructura al mar, el remolcador con el chalán regresan a Puerto para la carga de la superestructura y demás componentes de la plataforma.
- c) Lanzamiento ó botadura y erección de la subestructura en el mar.

Personal requerido para esta operación:

- |     |                            |
|-----|----------------------------|
| (1) | Capitan de barcaza         |
| (1) | Ingeniero de campo         |
| (2) | Sobrestantes de estructura |
| (2) | Sobrestantes de soldadura  |
| (2) | Oficinistas                |

- (2) Operadores
- (20) Soldadores de estructura
- (5) Ayudantes de soldadores
- (24) Tripulantes

Equipo.-

- (1) Barcaza Grúa
- (1) Chalán de Carga
- (2) Remolcadores
- (10) Equipos de Corte
- (24) Maquinas de Soldar

La barcaza grúa es de las siguientes dimensiones 400 X 100 X 28.5 pies y esta dotada del siguiente equipo: Grúa giratoria de 500 toneladas, grúa de orugas auxiliar de 80 toneladas, cuatro marvillos para hincar pilotes (2 de 20,000 lbs.pie, 1 de 40,000 lbs.pie, 1 de 60,000 lbs.pie) con anclas de 20,000 lbs. c/u., cuatro malacates de doble tambor para anclas, carro de cable de 3,600 pies (2"φ), y caldera de 35,000 lbs. hora.

Esta diseñada para alojar 150 personas.

Chalán de carga de subestructura ya fue descrito en el primer inciso.

Remolcadores.- Uno para el chalán de carga de la subestructura de 3,200 H.P., y el otro para la barcaza-grúa de 4,000 H.P.

Lanzamiento y Erección de la Subestructura.

Previo a estas operaciones se debe tener lo siguiente:

a) Localización del lugar donde se instalará la plataforma.

b) Estudio batimétrico del área.

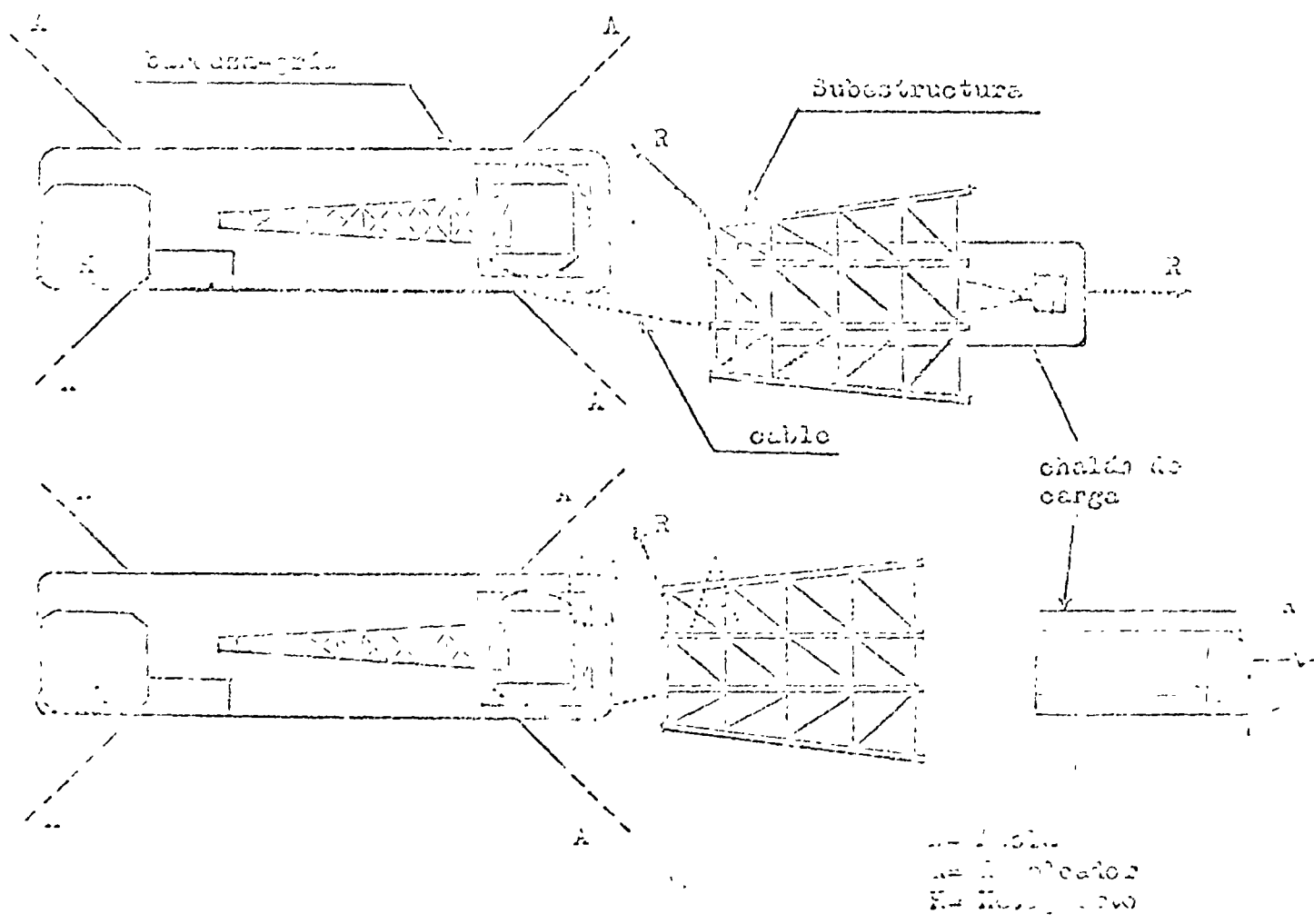
a) La localización del lugar donde se instalará la plataforma, se realizará por medio del sondeo-ángulo, este equipo se llevará a bordo de una embarcación al área donde se encuentra el punto geodésico a utilizar; una vez determinado el lugar se señalará éste con boyas.

b) Estudio batimétrico del área. Este estudio nos dirá si existen obstáculos (naturales o artificiales), que puedan dificultar la operación de erección de la plataforma. Este mismo estudio será útil para el tendido del cable-empuje de la plataforma.

La barcazuela y el chalán de carga de la subestructura son llevados a la localización por medio de remolcadores.

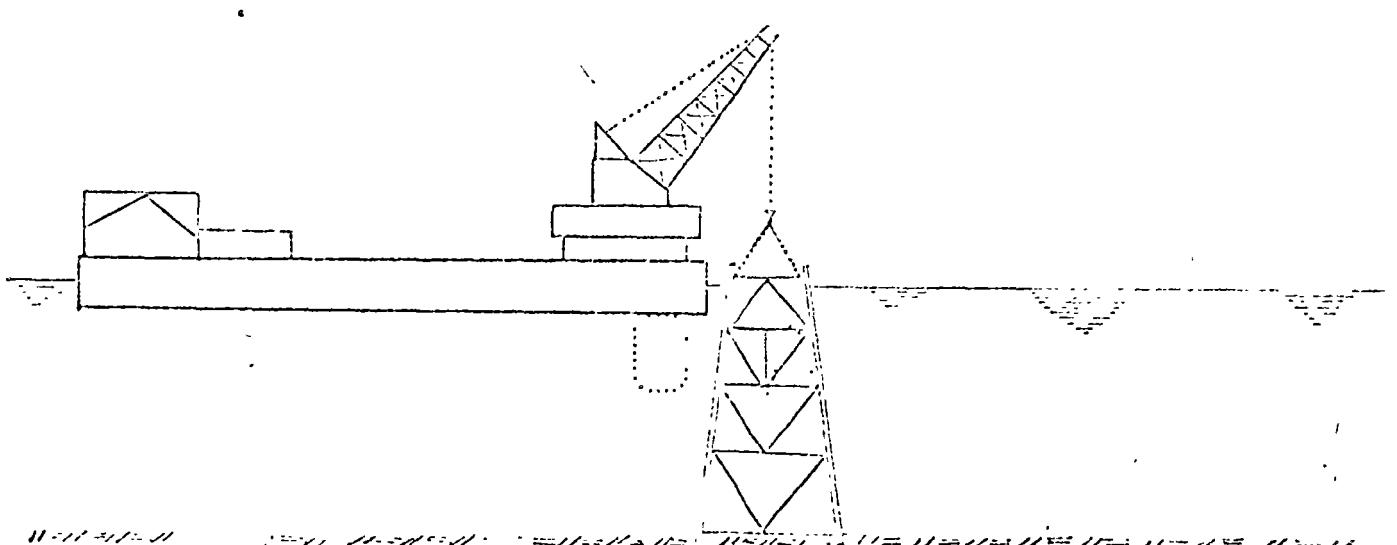
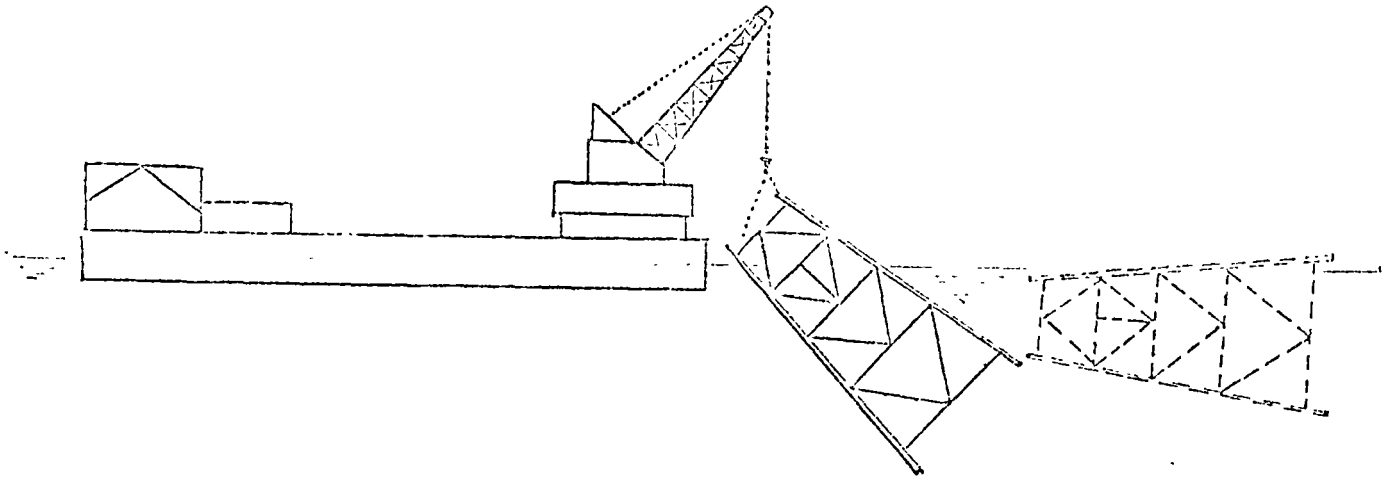
La barcazuela es anclada con la poga hacia la boya de localización (aproximadamente a una distancia de 10 metros), posteriormente se realiza la conexión de la barcazuela al chalán de carga de la subestructura, en el cual se hace cargo de las conexiones de corte de las piezas de sujeción (entre chalán y subestructura), y lastreado del chalán, un poco antes de terminar este trabajo se sujeta el chalán hacia la barcazuela, esto con el fin de sujetar un cable a un estrobo colocado en la subestructura, así también se sujeta un cable de un remolcador a la subestructura, cuando el chalán de carga es retirado de la barcazuela, durante este trayecto se va dando cable y a una distancia aproximada de 150 mts. se deja de dar cable y se detiene la marcha de los remolcadores, con el fin de cortar las últimas piezas de sujeción.

Se secciona el malacate del chalán y reanuda la marcha los remolcadores y la subestructura es llevada al mar.



El cable es una de las piezas de la barcazuela.

Una vez que se tiene la subestructura en el mar, es acercada aprox. 12 mts.), a la popa de la barge para enganchar los estrobos\* de levante en la pasteca de la grúa de 500 Ton. A continuación se empieza a levantar lentamente la subestructura para girarla 90°, durante esta operación se abren las válvulas de inundación de columnas y escape de aire de las mismas. Antes de que la subestructura sea asentada en el fondo del mar, se rectifica su localización con el Short-angle y se le da la orientación requerida por el proyecto. Finalmente la subestructura es asentada en el fondo del mar.



\* Estos estrobos se engrilletan a las orejas de levantamiento de la subestructura. Estas orejas van soldadas en la parte superior de las cuatro columnas centrales.

d) Hincado de pilotes y tubo conductor.-

Los tramos que formarán los pilotes (de sección tubular de 42" y espesores entre 3/4" y 2"), pueden ser llevados a la localización de la plataforma ya sea a bordo de la barcaza-grúa ó en un chalán de carga.

Cada pilote será forrado por cuatro ó cinco tramos cuyas longitudes varían entre 70 y 200 pies. La longitud total de los pilotes varía según el estudio de mecánica de suelos y de los datos obtenidos durante el hincado del primer pilote ó pilote de prueba. Este pilote difiere de los siete restantes en lo que respecta a diseño ya que su segundo y tercer tramo son de mayor espesor, con el objeto de que al terminar el hincado, tengamos éste máximo espesor en la línea de lodos ó fondo marino, tal como está establecido en el proyecto, ya que en este punto se presentan los esfuerzos máximos. Además nos definirá la profundidad a la que deberán quedar los pilotes.

Hincado de pilote de prueba.-

1a. Operación.- Se corta cualquiera de las tapas superiores de las columnas centrales y se traslada a la barcaza por medio de la grúa.

2a. Operación.- Por medio de la grúa se introduce lentamente en la columna, el primer tramo del pilote hasta que las placas\* de apoyo descansan sobre la columna.

Se corta y se bisela el extremo superior .(Se corta aprox.1 pie).

3a. Operación.- Se coloca y se alinea el segundo tramo con el primero y se procede a soldar la junta.

4a. Operación.- Por medio de la grúa se levanta el tramo formado, aproximadamente dos pies, con el fin de cortar las placas de apoyo, para continuar la introducción hasta que el extremo llegue al fondo marino.

(En la práctica se ha observado que durante ésta operación, el pilote se hince por su propio peso aproximadamente 10 pies).

5a. Operación.- Hincado.

El hincado se realiza con un martinete de 60,000 libras por pie, suspendido por la grúa; se hince el pilote hasta que las segundas placas de apoyo descansan sobre la columna.

Se van registrando el número de golpes por pie de hincado.

Se corta y se bisela el extremo superior.

6a. Operación.- Se coloca y se alinea el siguiente tramo, se suelda y se cortan las placas de apoyo, se hince éste hasta sus placas de apoyo, y así se va repitiendo ésta última operación con los siguientes tramos hasta terminar con el hincado de este pilote.

\* El número de placas de apoyo son dos y sus dimensiones son aprox. 10"X 10"X 1" y estas van soldadas a 5 pies del extremo superior de los tramos.

Si en caso el hincado de este pilote una vez obtenidos cincuenta golpes por pie de penetración, promedio, durante una profundidad de cincuenta pies, habiendo llegado cuando menos a la profundidad mínima de 180 pies. Si se rebasa esta profundidad y no se han llegado a obtener los cincuenta golpes por pie se sigue cualquiera de los criterios que se a hacen a continuación para suspender el hincado:

- 50 Golpes por pie, durante 50 pies.
- 40 Golpes por pie, durante 80 pies.
- 30 Golpes por pie, durante 130 pies.

Después de veinticuatro horas de reposo del pilote se deberá cumplir con cualquiera de las tres condiciones siguientes.

- 1.- 250 golpes por pie de penetración en 10 pies consecutivos.
- 2.- 300 golpes por pie de penetración en 5 pies consecutivos.
- 3.- 500 golpes por pie de penetración en 1 pie.

Si al llegar a la profundidad mínima (180 pies), se cumplió cualquiera de los incisos (1, 2 y 3), últimos, no es necesario esperar las veinticuatro horas.

El hincado de los siete pilotes restantes se realiza en la misma forma que la del pilote de prueba.

Hincado del tubo conductor.-

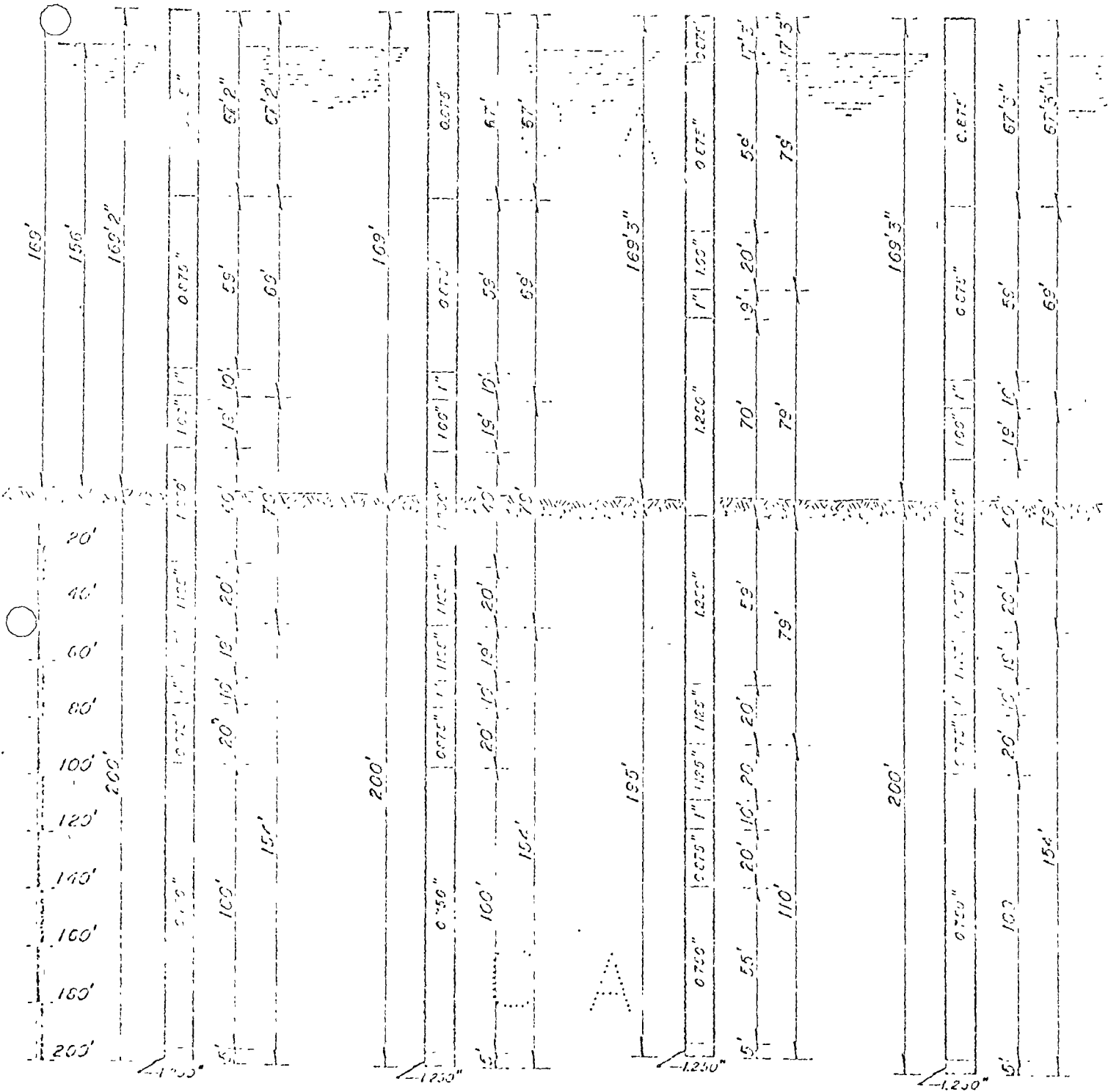
El número de tubos conductores (30" x 1" esp.), por plataforma es doce pero únicamente uno de ellos es hincado durante la instalación de la plataforma y los once restantes cuando ya se tiene el equipo de perforación.

Entre los marcos uno y dos de la subestructura y a diferentes niveles se localizan las estructuras guías de conductores, cuya función es hacer posible el hincado de los tubos conductores. La penetración de hincado de estos tubos es de 120 pies.

Una vez terminada la etapa de hincado de pilotes y tubo conductor, se procede a la colocación, puntuado y soldado de placas de ajuste entre los pilotes y columnas.

Para terminar con la instalación de la subestructura se hace una nivelación para determinar los niveles en que se efectuarán los cortes de los pilotes. Estos cortes están diseñados especialmente para recibir las columnas de la superestructura.





A-1=369' 2"  
Ø 42"

A-2=369'  
Ø 42"

A-3=364' 3"  
Ø 42"

A-4=369' 3"  
Ø 42"

DETALLE DE PILOTES



DATOS PILOTE

DATOS DE PILOTES, PARA PILOTE N° \_\_\_\_\_

COMPANIA \_\_\_\_\_

AREA \_\_\_\_\_

FECHA \_\_\_\_\_

DE \_\_\_\_\_ EN PILOTE \_\_\_\_\_

LONG. DE CORTE \_\_\_\_\_

PIC \_\_\_\_\_

PIES

PIES

PIES

LINEA DE AGUA

LINEA DE LODO

INDICA FAS. PILOTE : ESPESOR DE PARED Y LONG. DE SECCION.

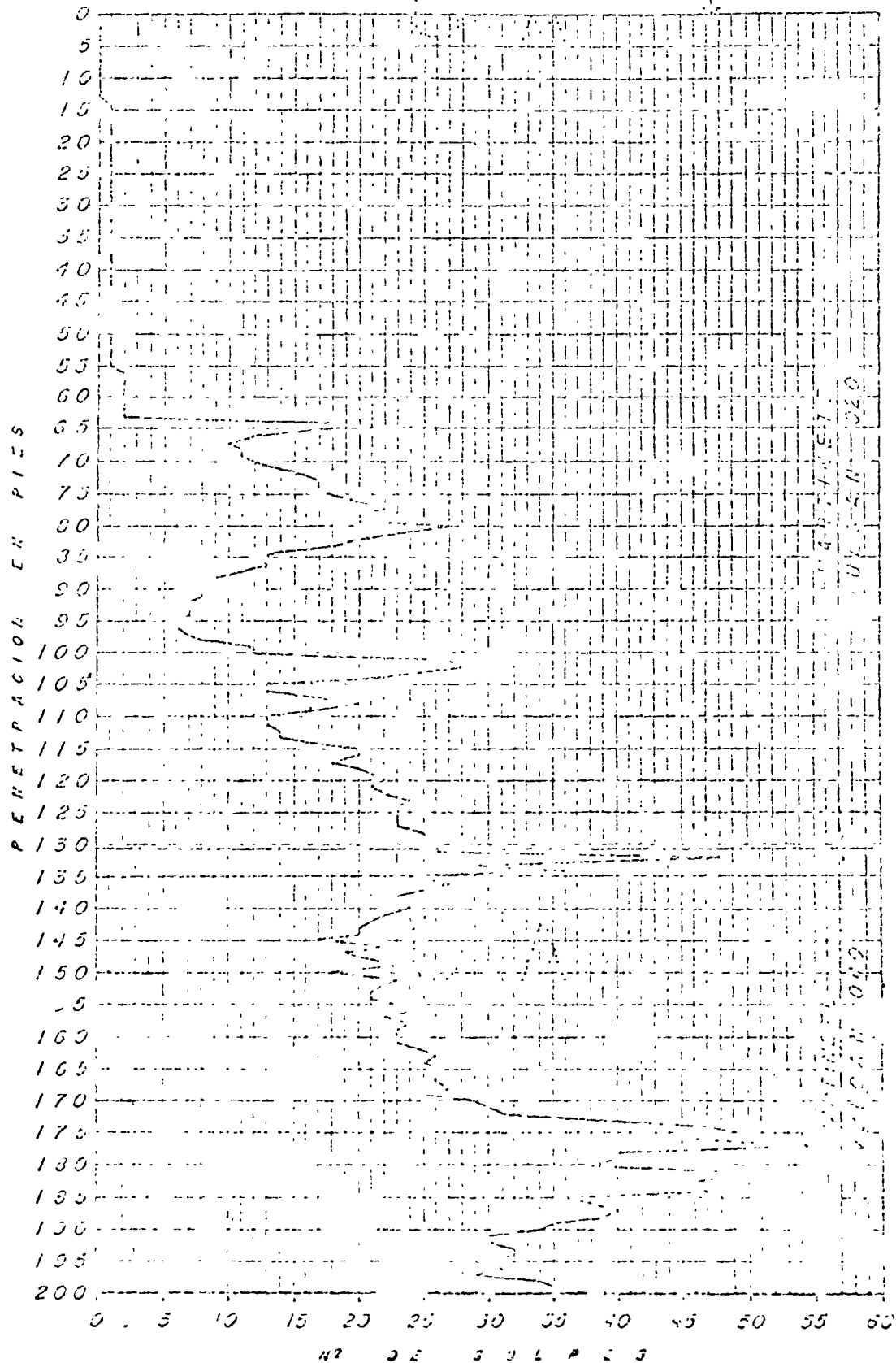
INDICA LOCALIZACION DE EMPATE

FONDO DEL PILOTE

SUPTEMA CRAL CONSTRUCCION  
CERRO MARITIMAS

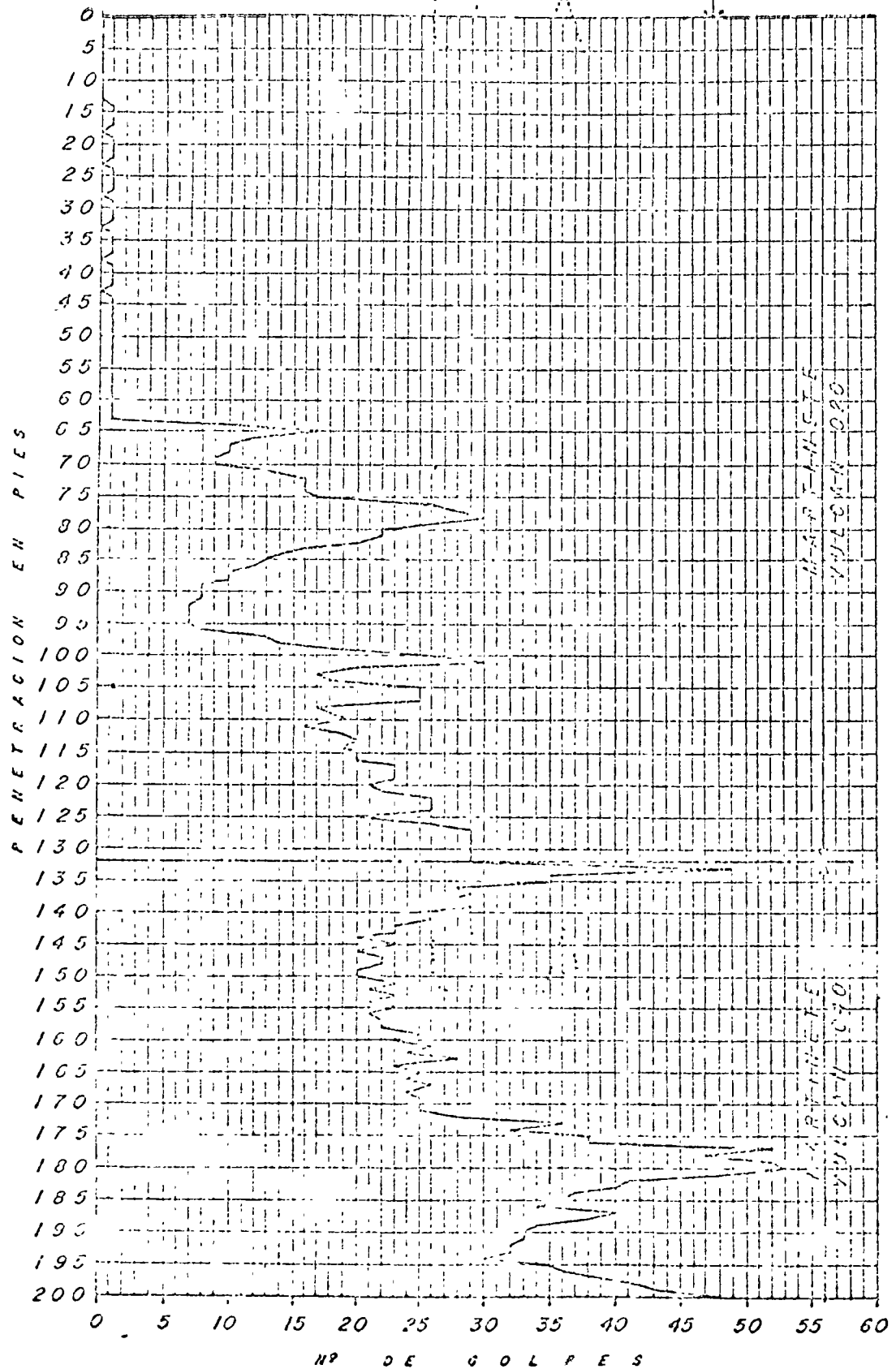
POR \_\_\_\_\_

SUPERINTENDENCIA GENERAL DE CONSTRUCCION  
 DE OBRAS MARITIMAS  
 PILOTE A-1  
 PLATAFORMA ATUN "C" FORMA 14000



SUPERINTENDENCIA GENERAL DE CONSTRUCCION  
DE OBRAS MARITIMAS

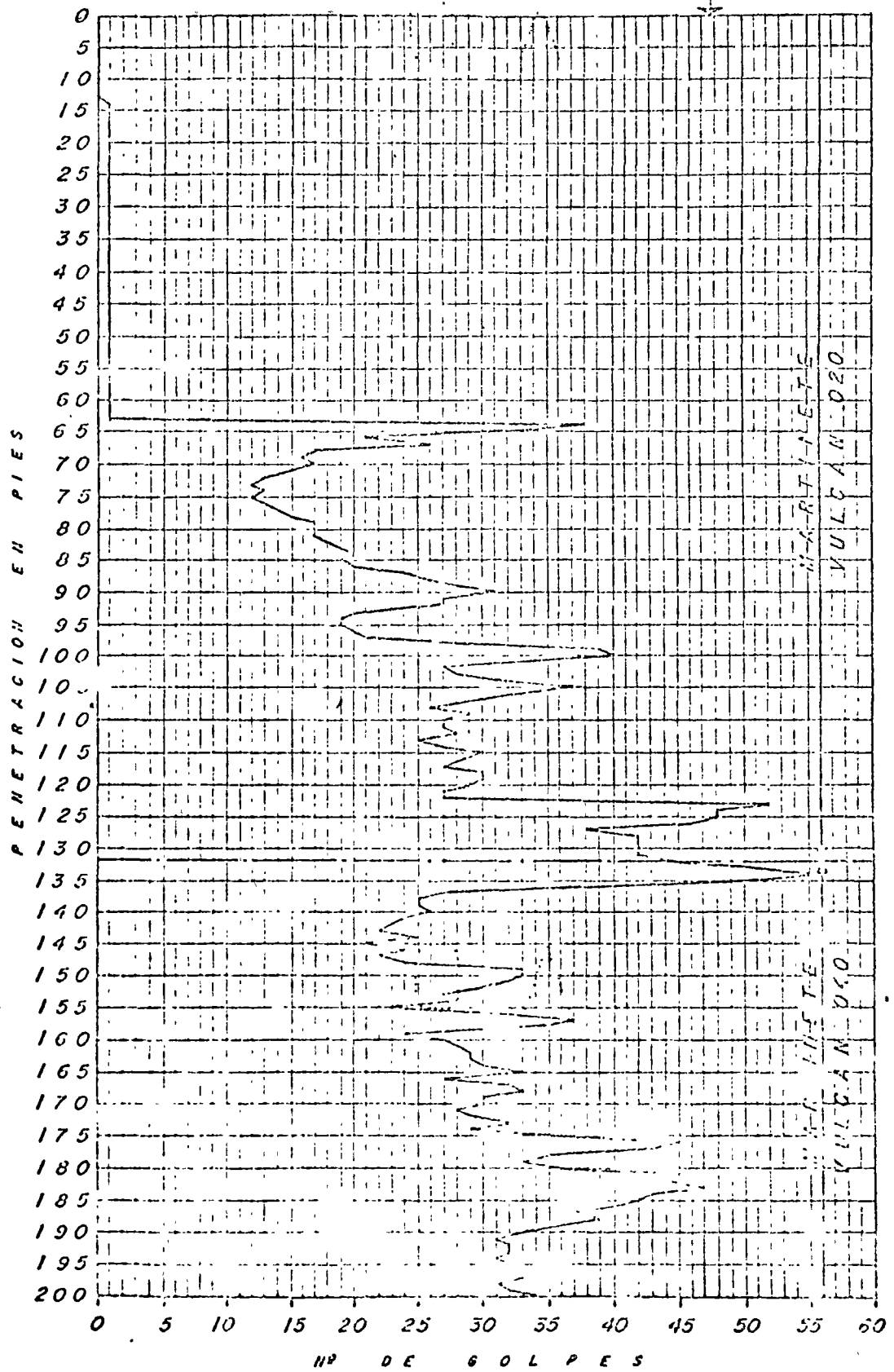
PILOTE A-2  
PLATAFORMA ATUN "C" FONDO MARINO



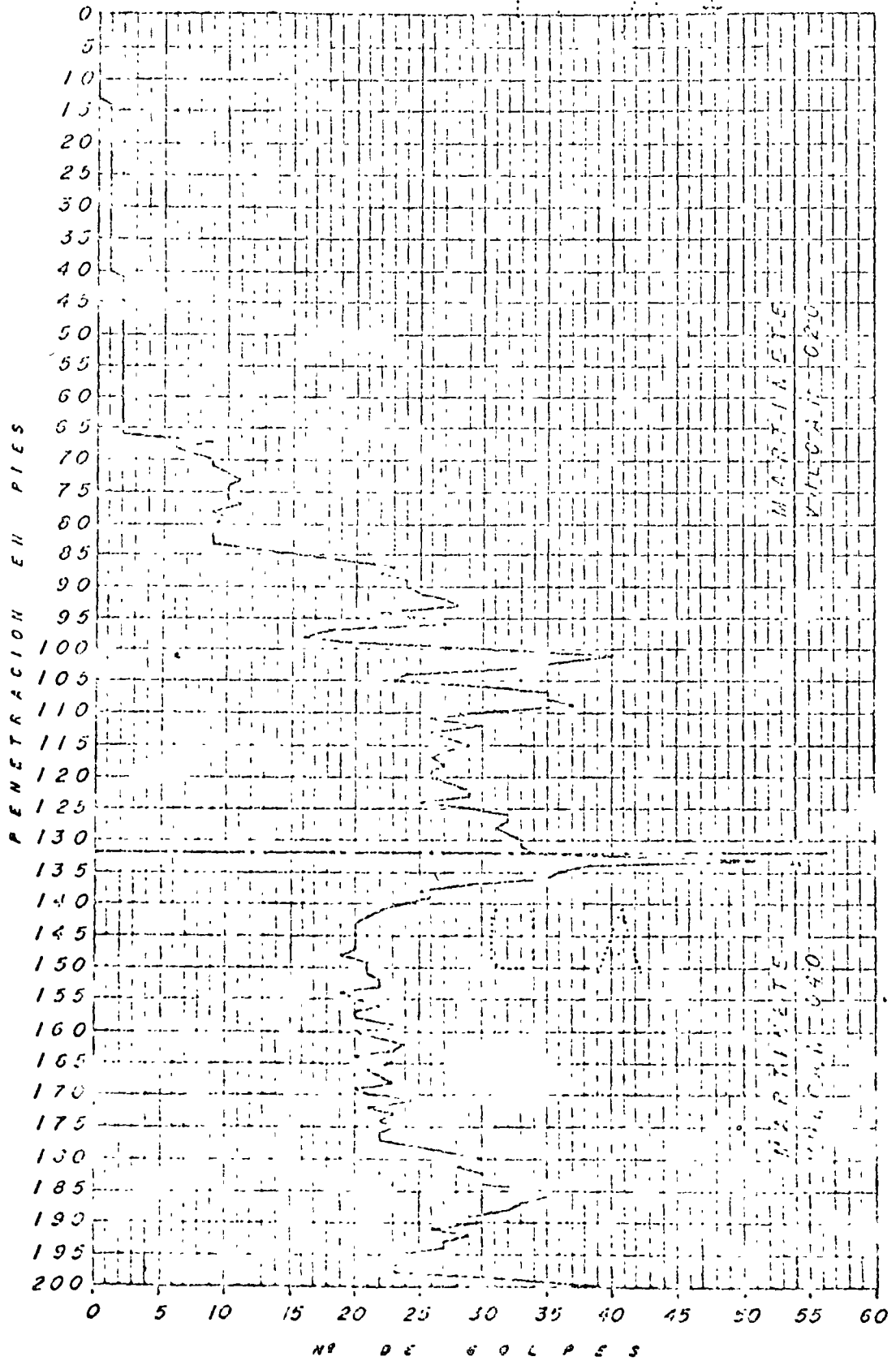
SUPERINTENDENCIA GENERAL DE CONSTRUCCION  
DE OBRAS MARITIMAS  
PILOTE A-4  
PLATAFORMA ATUN "C" FONDO MARINO



SUPERINTENDENCIA GENERAL DE CONSTRUCCION  
DE OBRAS MARITIMAS  
PILOTE D-3  
PLATAFORMA ATUN "C" FONDO MARINO



SUPERINTENDENCIA GENERAL DE CONSTRUCCION  
DE OBRAS MARITIMAS  
PILOTE D-4  
PLATAFORMA AYUN "C" FONDO MARINO.

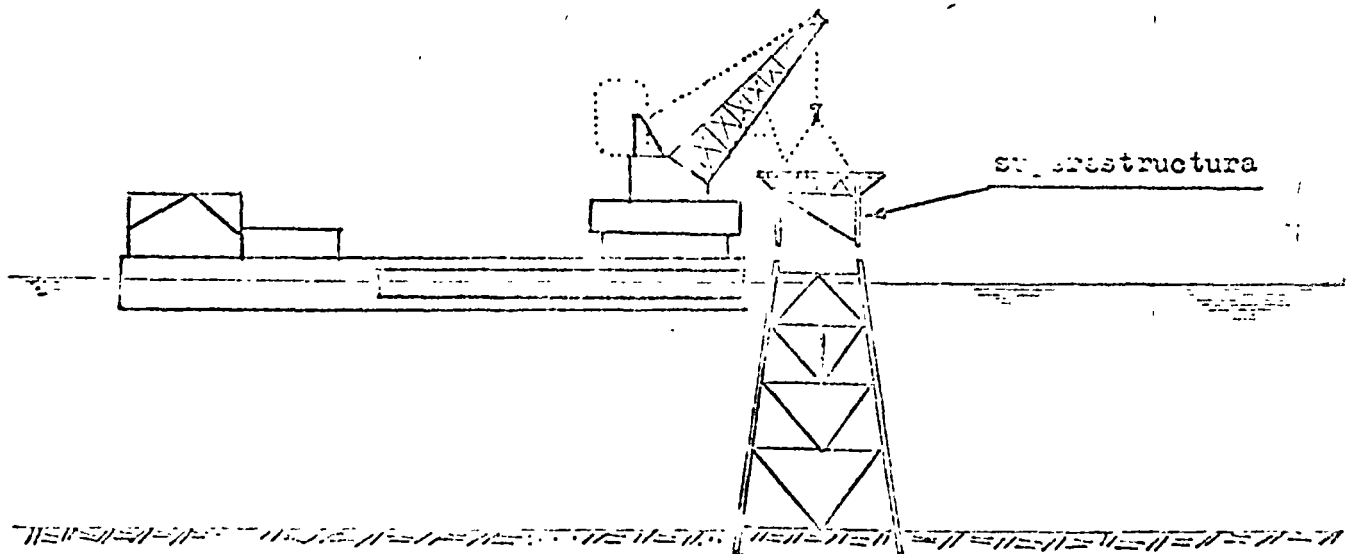
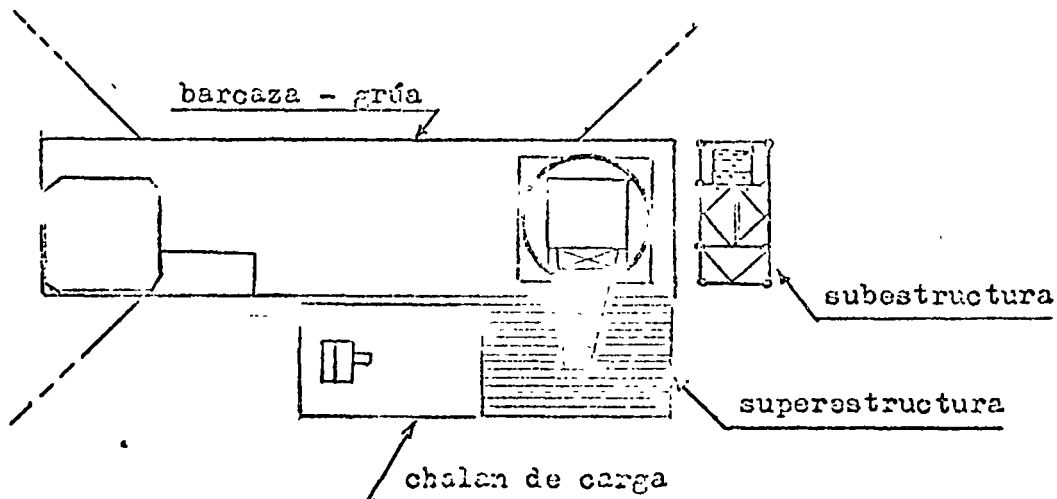




e) Montaje de la Superestructura sobre la Subestructura.

Para esta operación el chalán de carga de la superestructura generalmente es atracado a la barcaza en el lado de babor, dependiendo de la dirección de la corriente dominante.

Una vez que se procede a engrillotar los estrobo (4) a las orejas de levante de la superestructura, continuando con el corte de las piezas que sujetan la superestructura al chalán de carga. Una vez terminadas estas operaciones se enganchan los estrobo a la pata de la grúa de 500 Ton., y se procede a la operación de montaje, la superestructura es levantada ligeramente y llevada hasta la subestructura, una vez que se tienen alineadas las columnas de ésta con los pilotes, la superestructura es colocada sobre la subestructura.



Una vez terminada esta operación se afinan los biselicos de las uniones entre pilotes y columnas (de la superestructura), continuando con el soldado de las mismas.

Para terminar la instalación de la plataforma se realizan los siguientes trabajos:

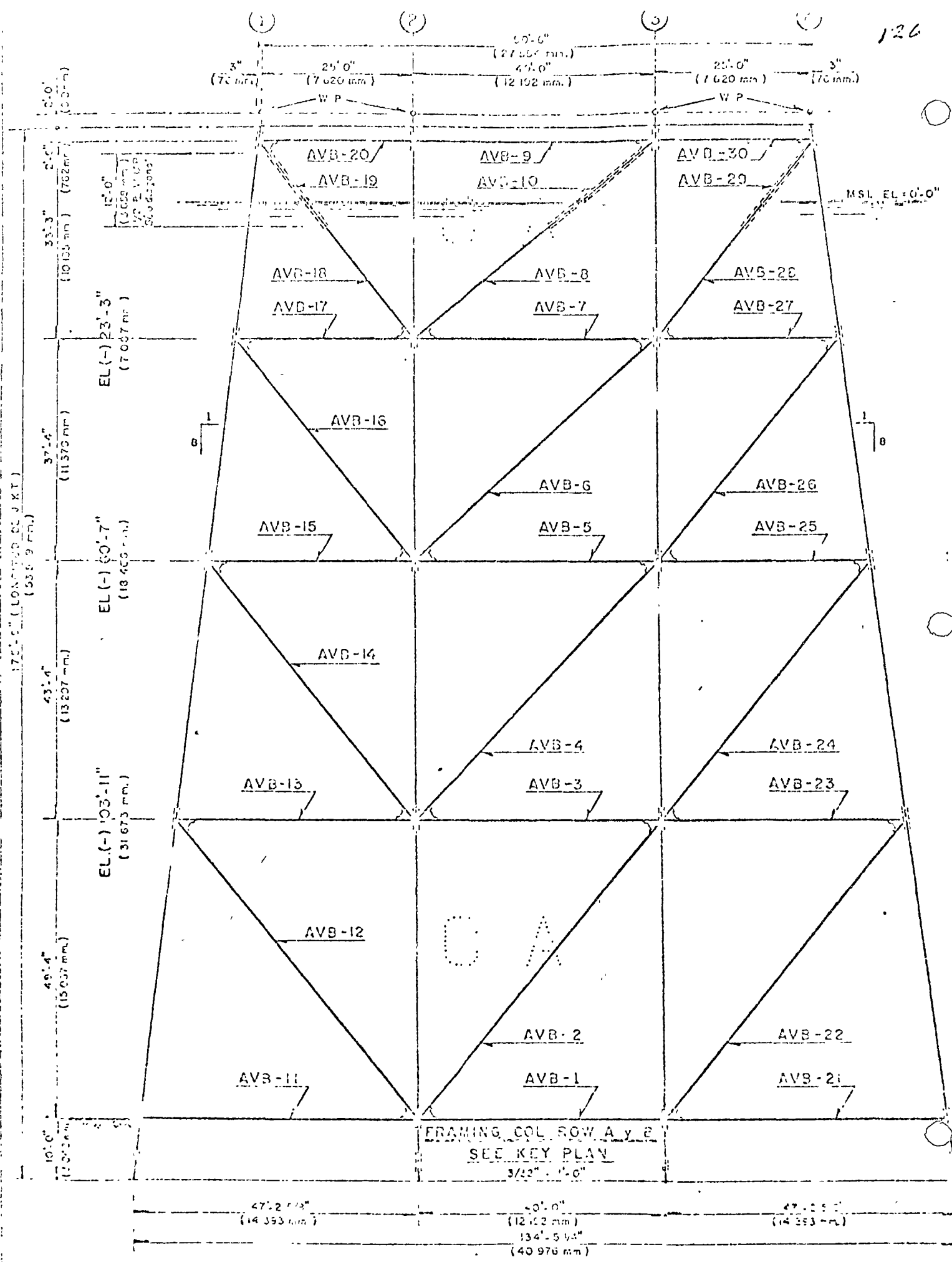
- 1.- Montaje del pedestal de la grúa de 50 Ton.
- 2.- Montaje del último tramo del tubo conductor.
- 3.- Montaje de los tubos (segundos tramos), para succiones de agua se lado.
- 4.- Montaje del soporte de la pluma de la grúa de 50 Ton.
- 5.- Instalación de madera faltante de la cubierta de perforación y bi raudales de la misma.
- 6.- Instalación de las lamparas y sirena del sistema de señalización.
- 7.- Montaje de la escalera de la grúa de 50 Ton.
- 8.- Resacas generales de pintura en las áreas dañadas durante la inst lación.

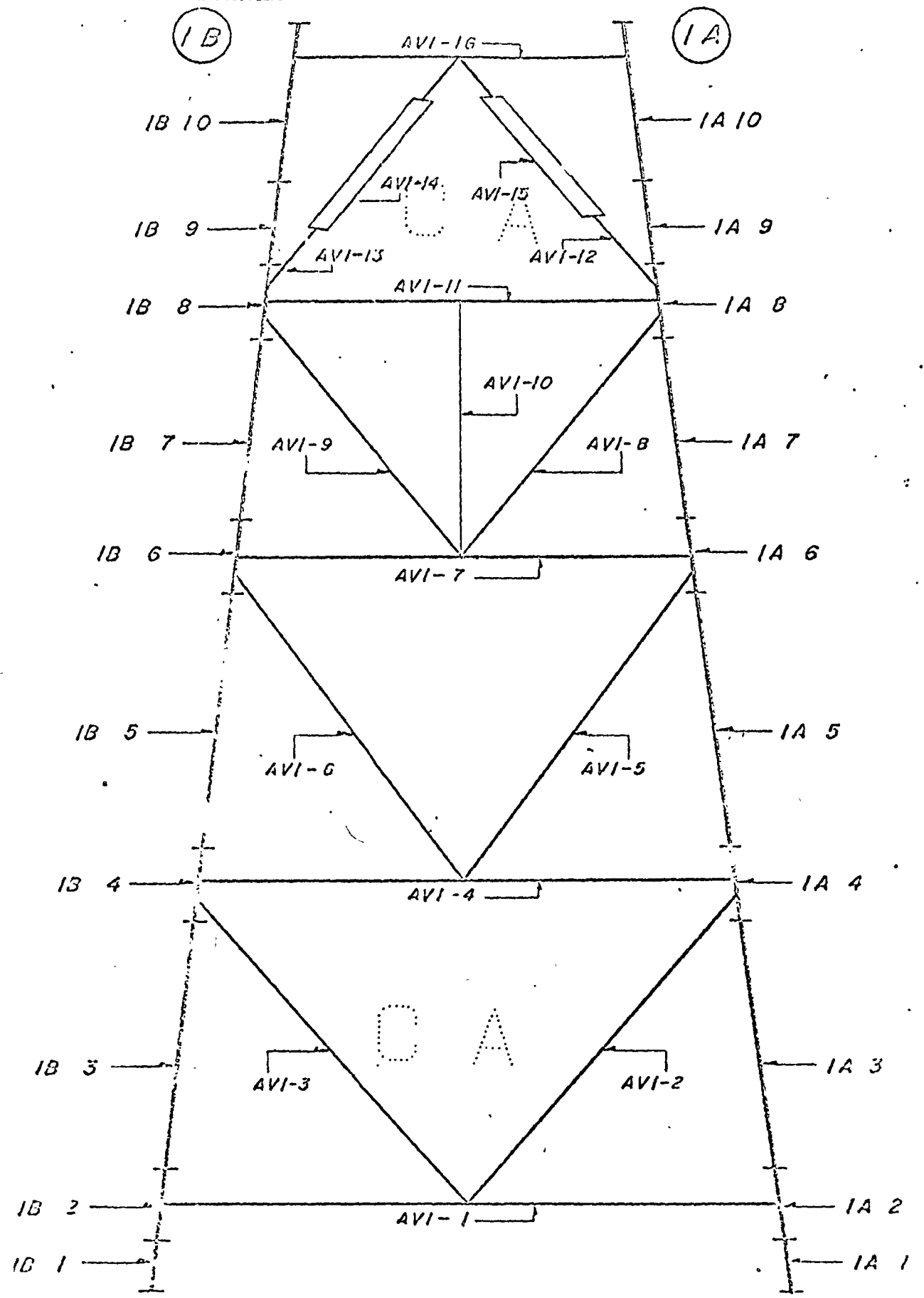
O A

C A

EN LAS 17 HOJAS SIGUIENTES, SE MUESTRAN CROQUIS DE  
MARCOS Y CUBIERTAS DE PRODUCCION Y PERFORACION  
DE LA PLATAFORMA ATUN "C", QUE FABRICO E INSTALO  
PETROLEOS MEXICANOS EN EL GOLFO DE MEXICO, FRENTE  
TE A LA COSTA DE TUXPAN, VER.

C A





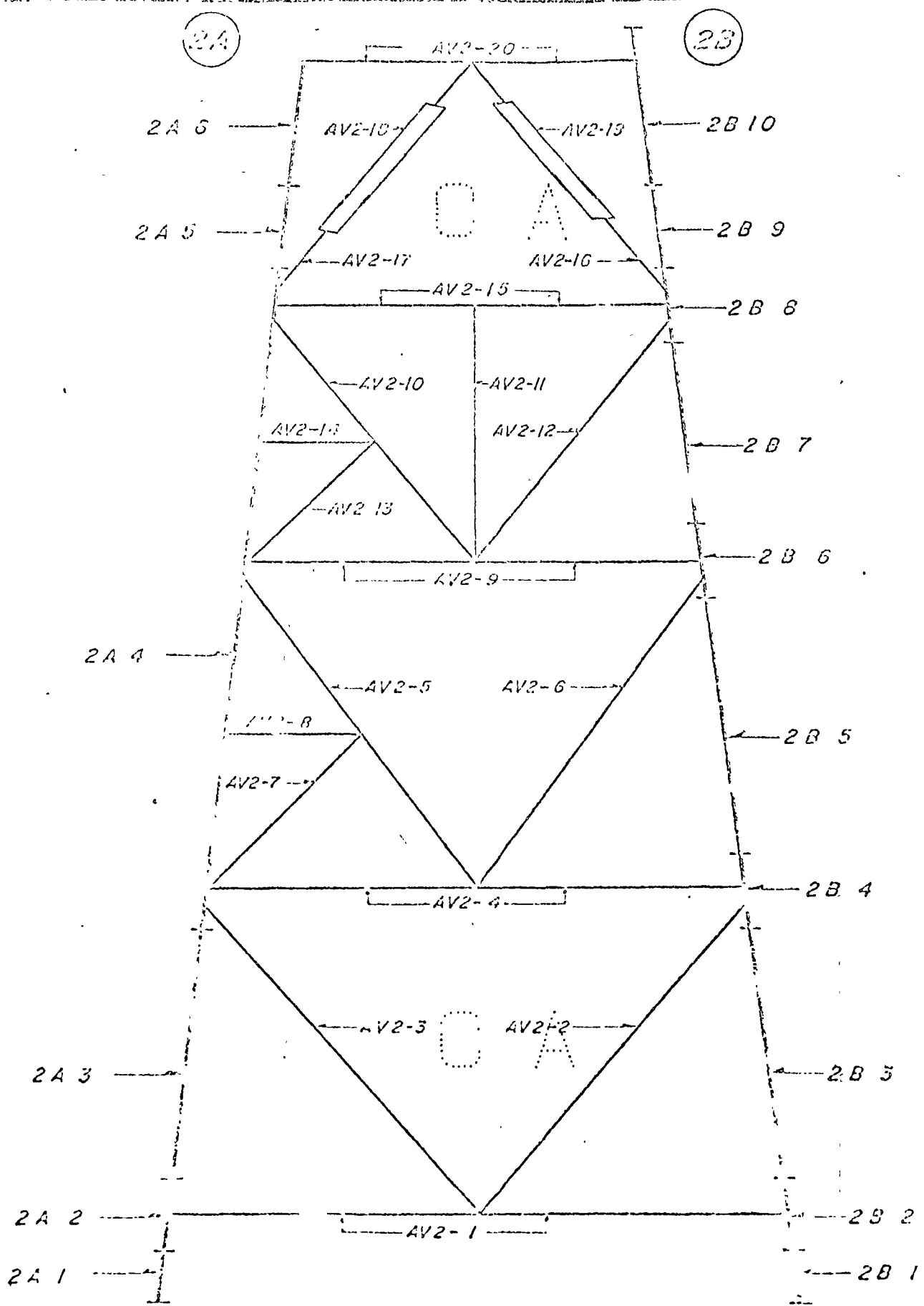
INDUSTRIAL S.A. DE C.V.  
 PLATAFORMA MORSAS "B"  
 ESTRUCTURA

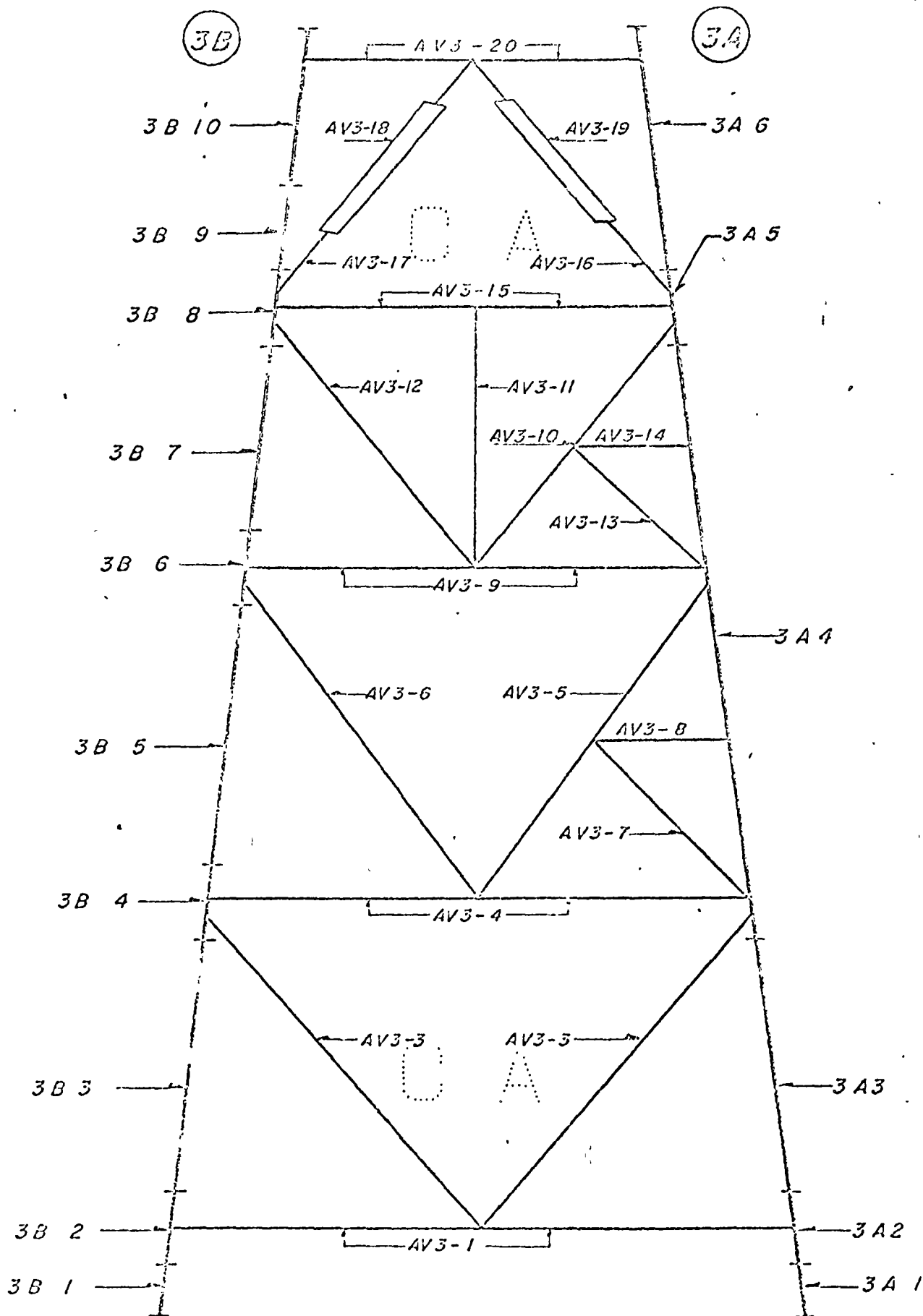
PROYECTO D. Escobar G.  
 REVISOR No. J. C. C.

ESCALA

PETROLEOS MEXICANOS

P-200-II-02  
 E-3056





TAMP. CO., TAMP. S.  
 PLATAFORMA MORSA "B"  
 INFRAESTRUCTURA

PROYECTO  
 REVISOR Ing. J. C. C.  
 APROBADO

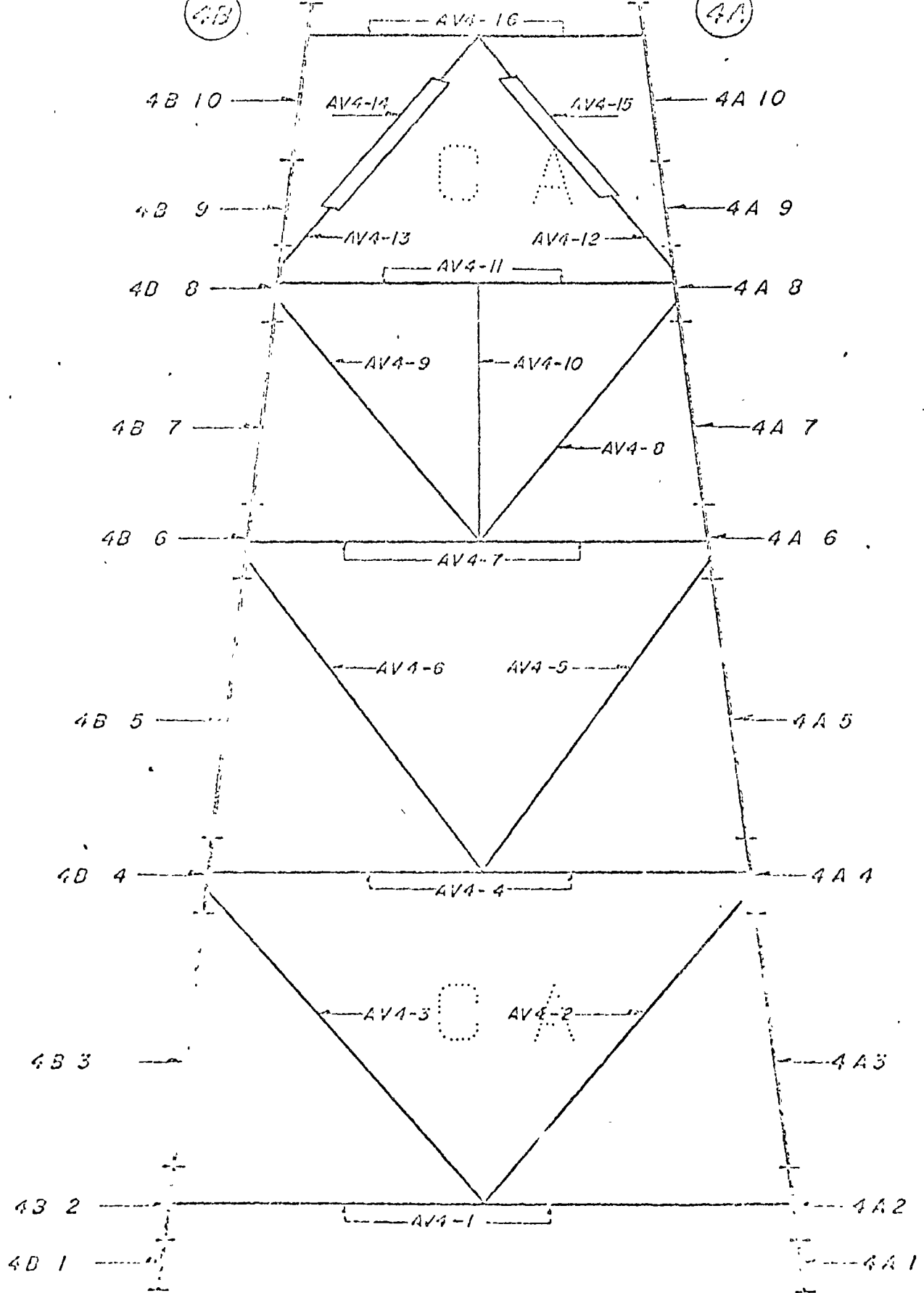
PETROLEOS MEXICANOS

P-283-II-02  
 E-3058

MORSA

4B

4A



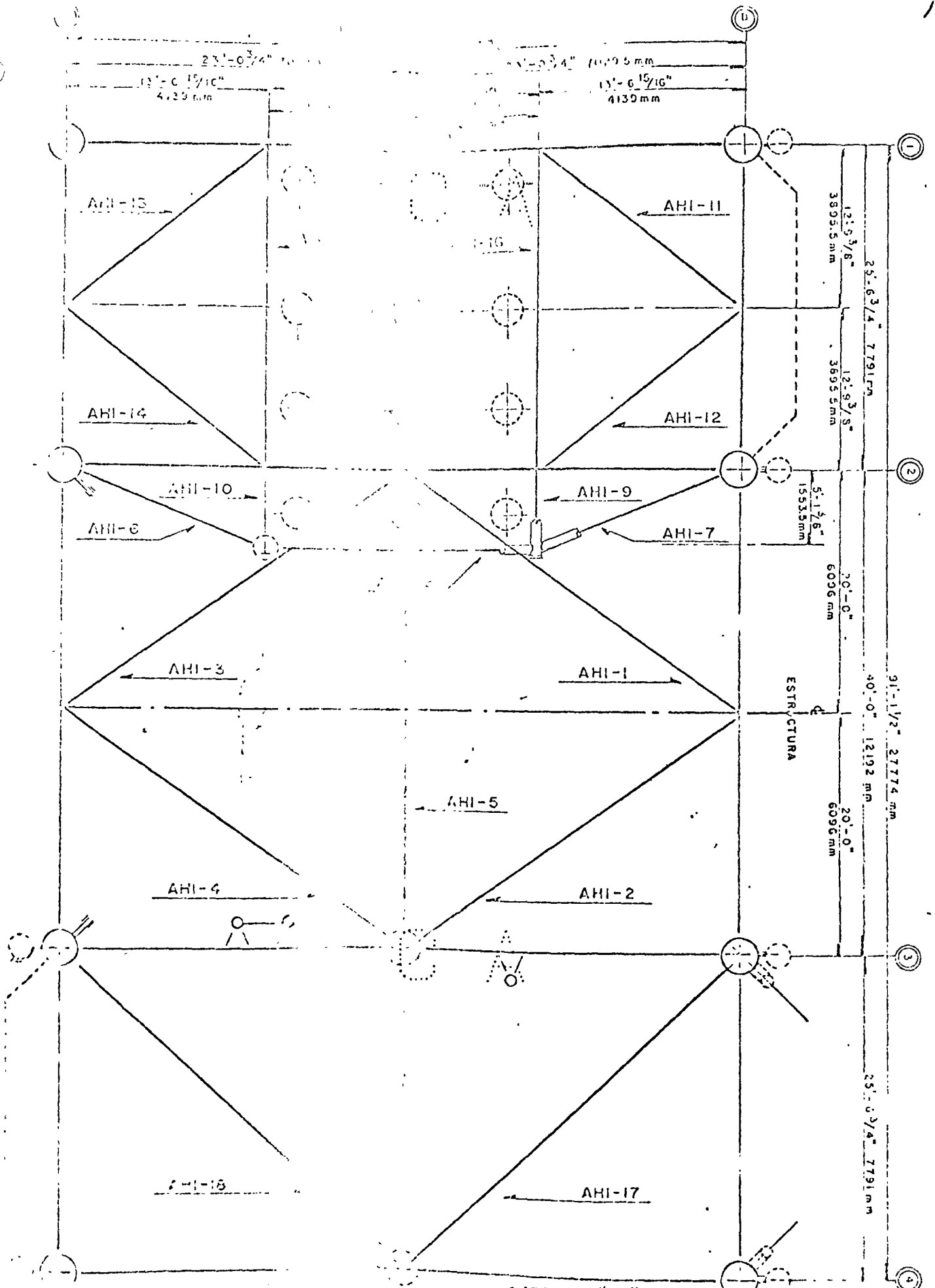
PLATAFORMA MOUSA "B"  
 INFRAESTRUCTURA

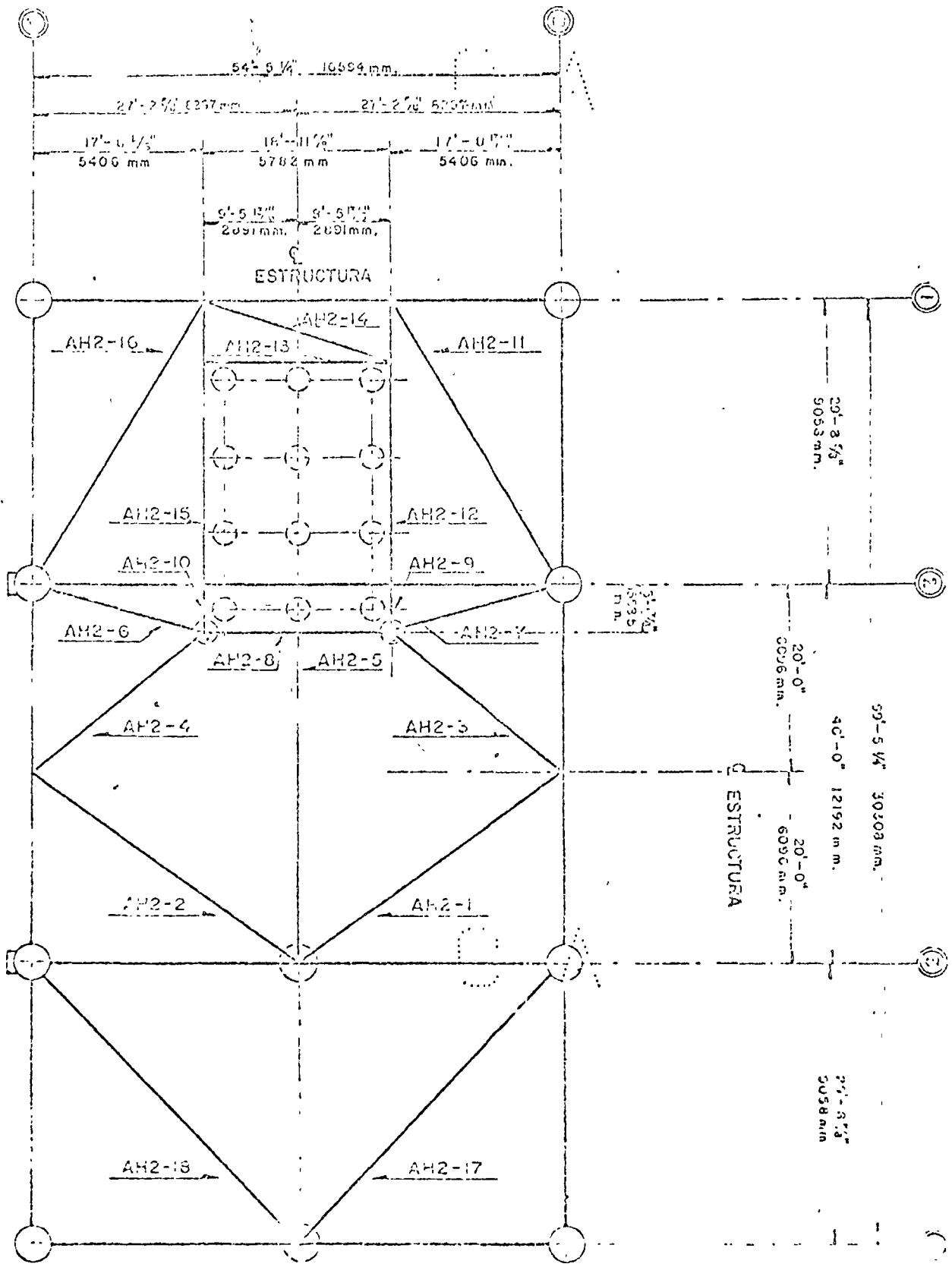
SECCION

PETROLIOS MEXICANOS

P-20011-01  
 C-3050



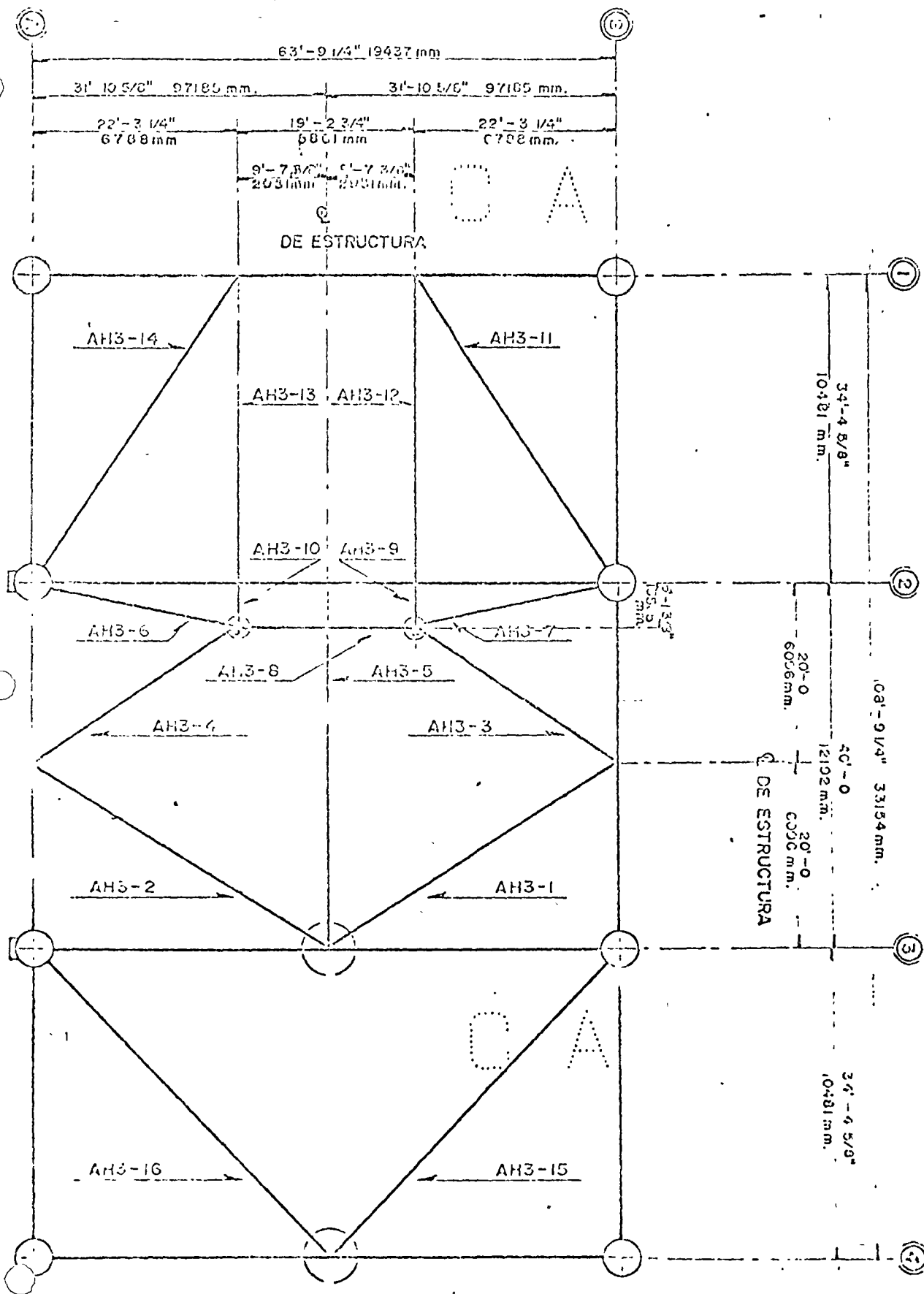




PLANTA

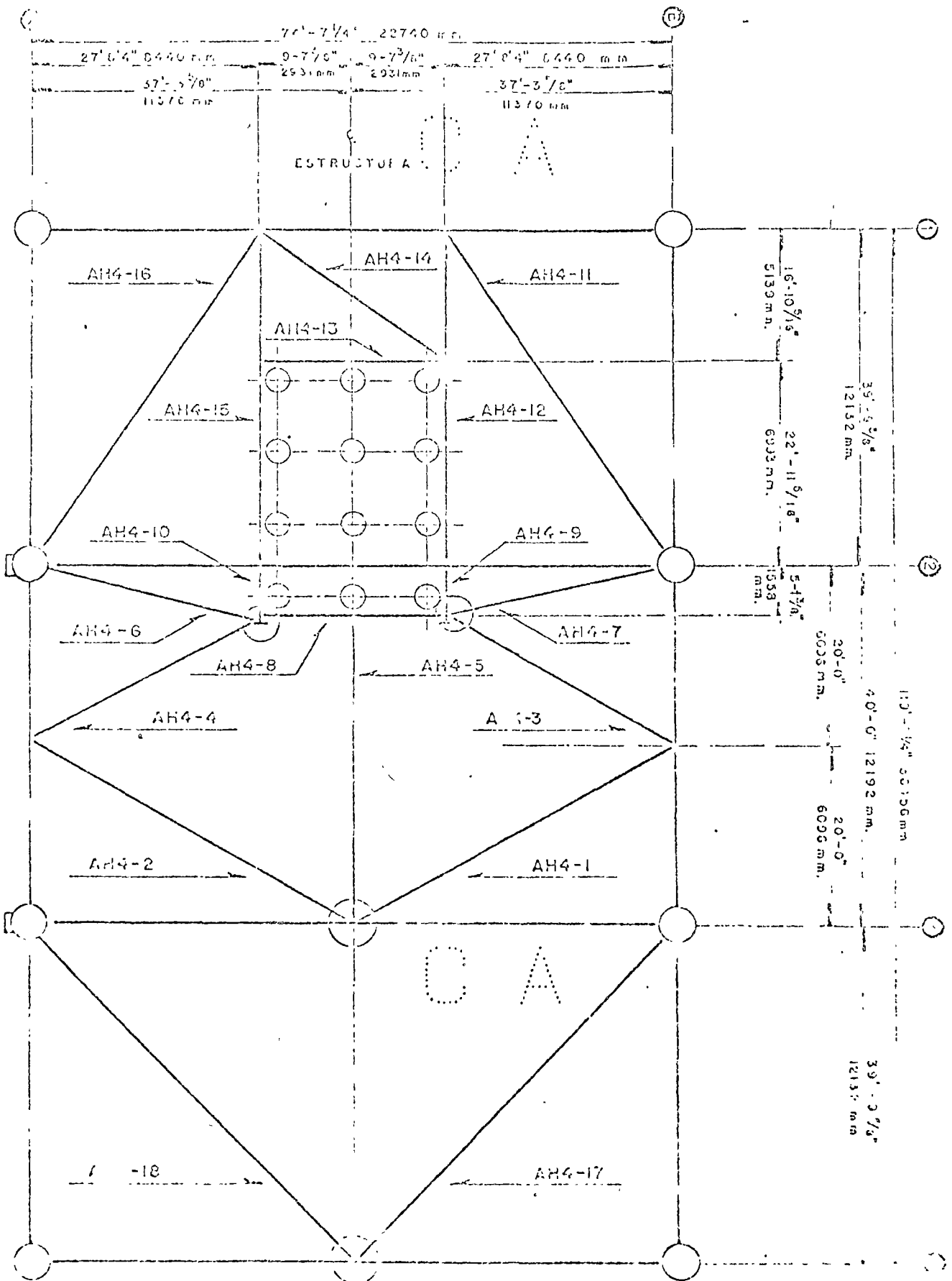
ATUN "C"

Infraestructura



PLANTA  
ELEV (-) 30'-7"

ATUN "C"  
infraestructura



PLANTA  
ELEV (-) 103'-11"

ATUN "C"  
1987 31146.115

60'-11 1/4" 26436 MM

43'-5 5/8" 13249 MM

Q ESTRUCTURA

43'-5 5/8" 13249 MM

33'-8 5/8" 10277 MM

55'-4 MM  
19-6

33'-8 5/8" 10277 MM

10277 MM

9'-9" 2972 MM

9'-9" 2972 MM

10277 MM

AH5-14

AH5-16

AH5-13

AH5-11

AH5-15

AH5-12

AH5-10

AH5-9

AH5-6

AH5-7

AH5-8

AH5-5

AH5-4

AH5-3

AH5-2

AH5-1

AH5-18

AH5-17

45'-11 5/8" 14011 MM

5'-3 3/4" 1600 MM

20'-0" 6096 MM

40'-0-12 192 MM

20'-0" 6096 MM

20'-0" 6096 MM

20'-0" 6096 MM

20'-0" 6096 MM

20'-0" 6096 MM

20'-0" 6096 MM

20'-0" 6096 MM

20'-0" 6096 MM

PLANTA

ATUN "C"

PLANTA DE LA MESA

INFRAESTRUCTURA

PETROLEOS MEXICANOS

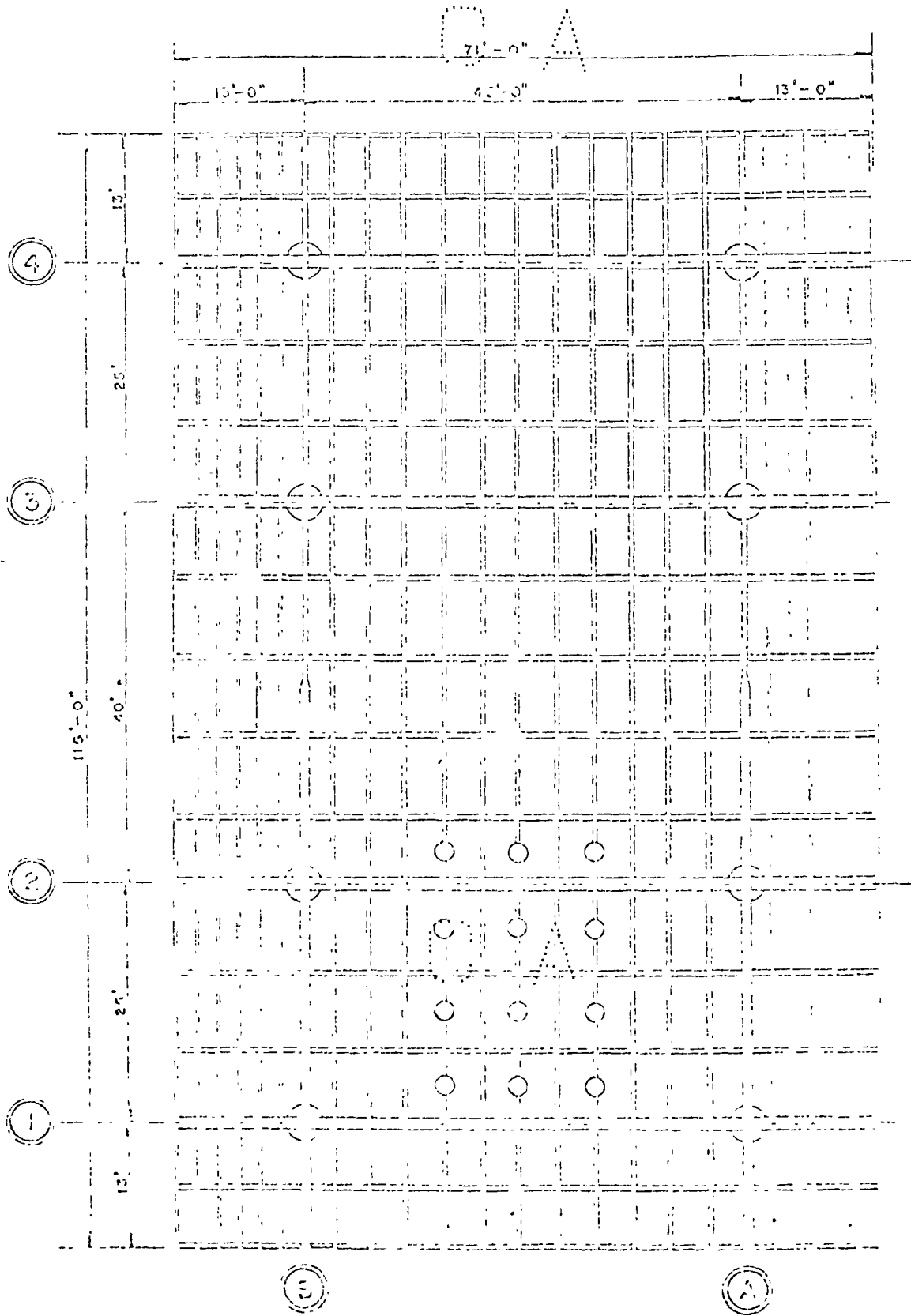
CUBIERTA PRINCIPAL

calculo

fecha

reviso

fecha



PETROLEOS  
MEXICANOS

CUBIERTA DE PRODUCCION

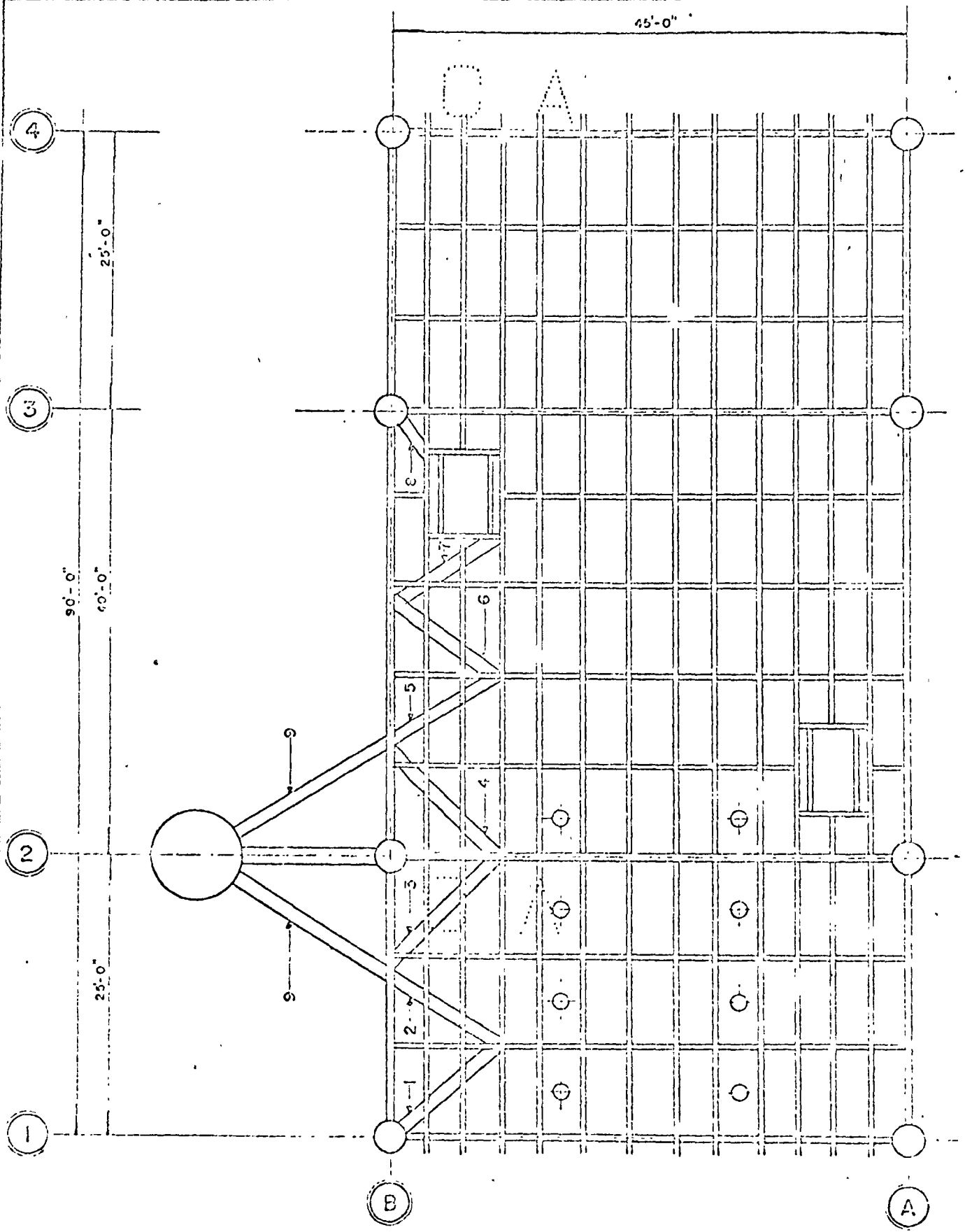
calculo

137

fecha

reviso

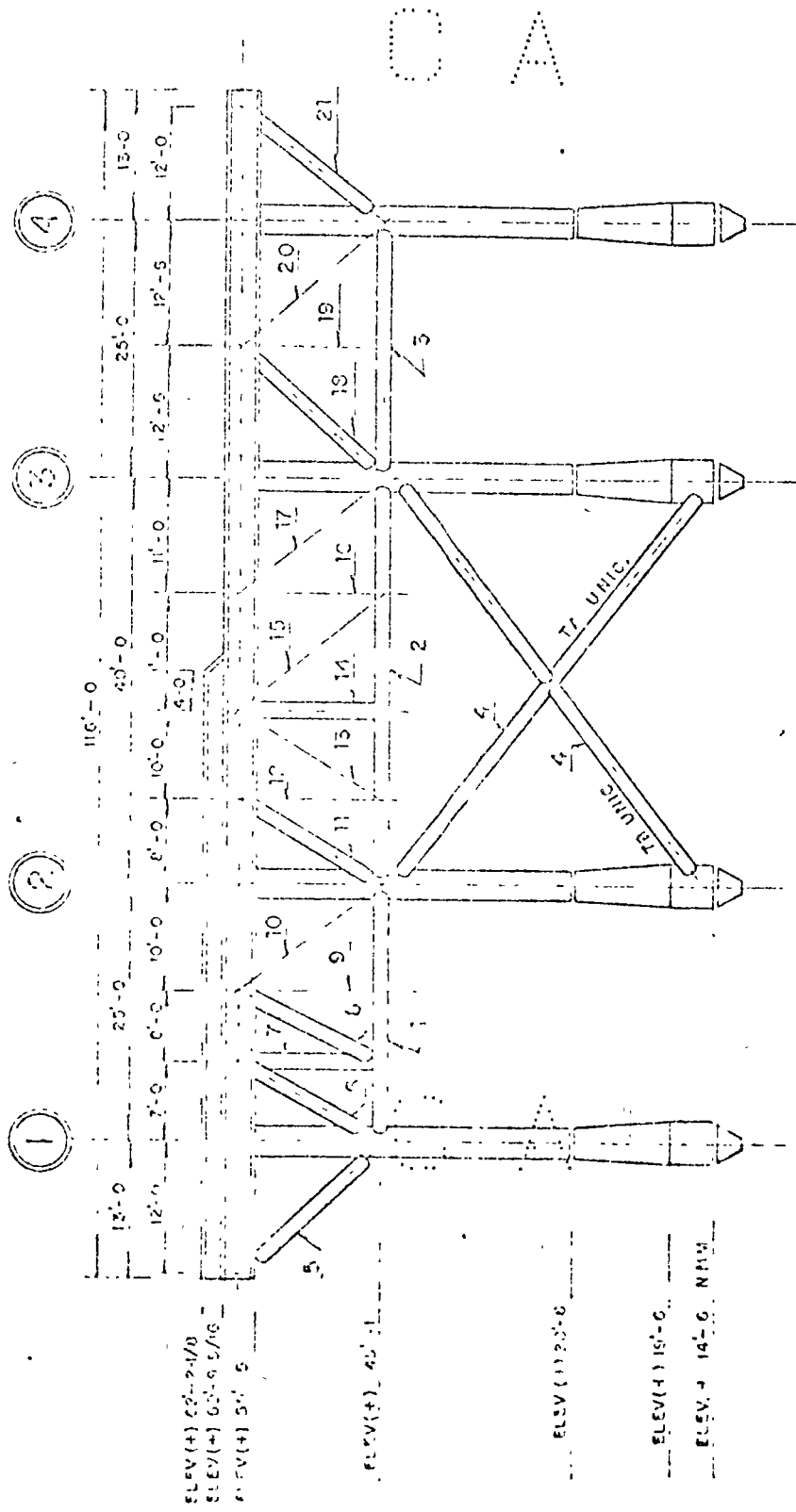
fecha



PETROLEOS MEXICANOS

LINEA "A" y "B"

calculo	
fecha	138
reviso	
fecha	





PETROLEOS MEXICANOS

MARCO N° 1

calculo

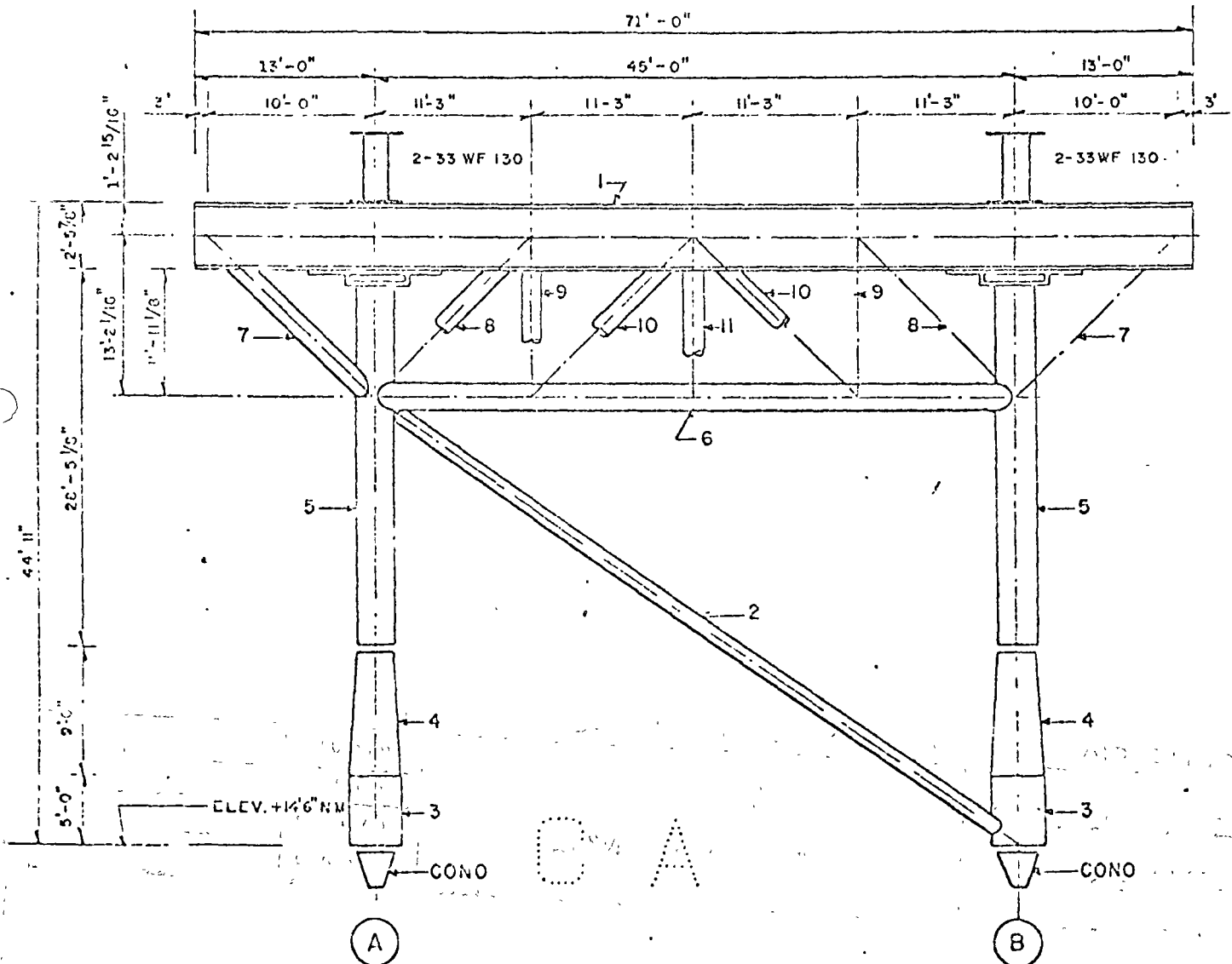
139

fecha

reviso

fecha

O A



O A

GERENCIA DE PROYECTOS Y CONSTRUCCION

PETROLEOS  
MEXICANOS

MARCO N° 2

NO. 4

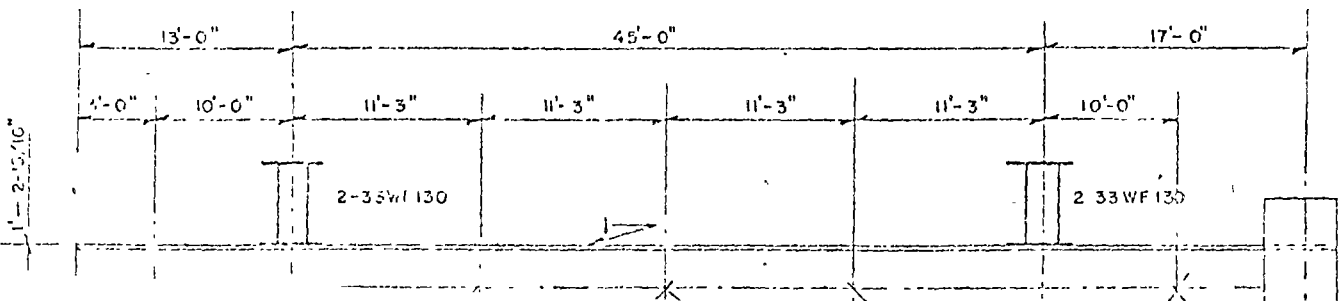
calculo

fecha

reviso

fecha

C A



PETROLEOS  
MEXICANOS

MARCO N° 3

calculo

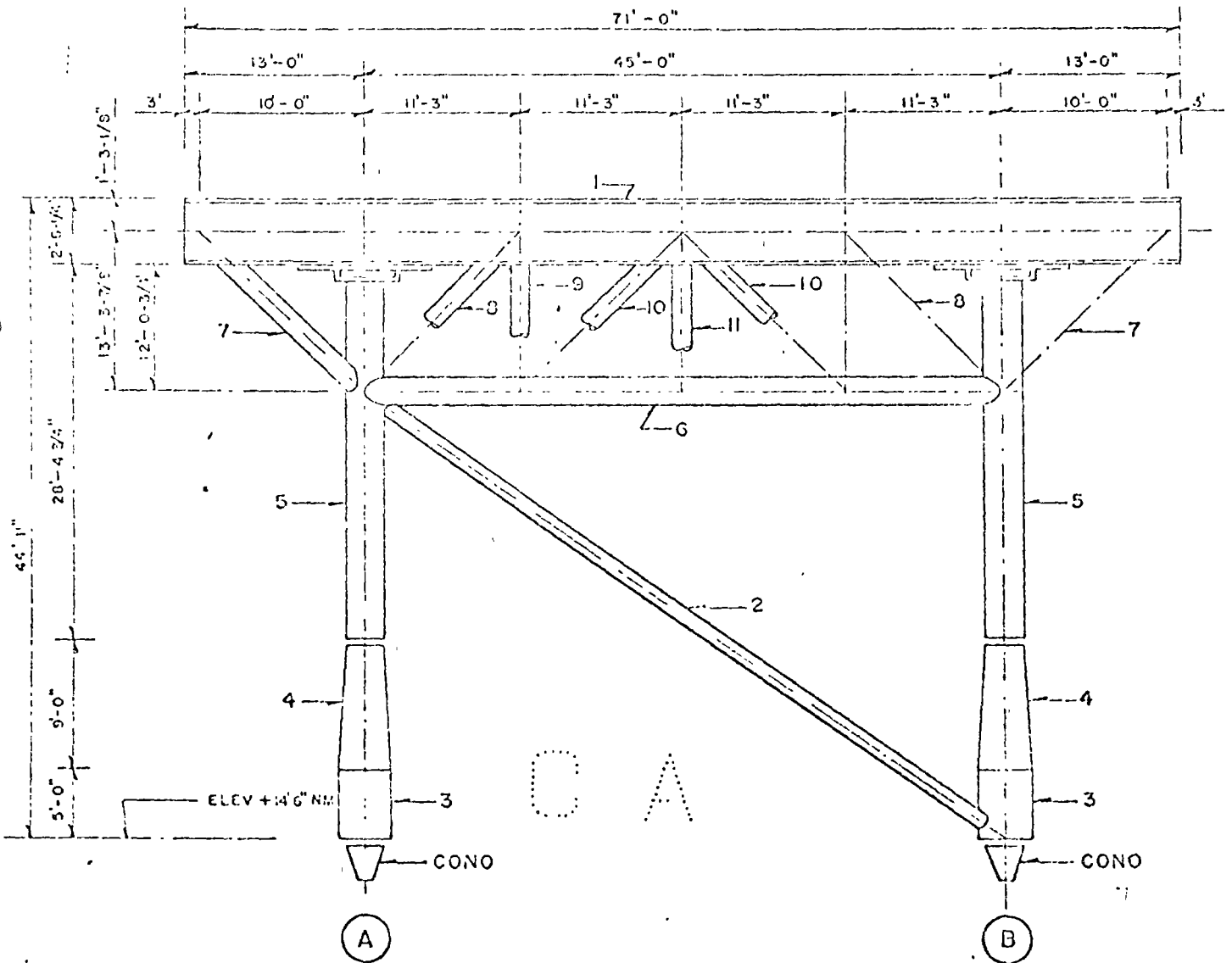
fecha

191

reviso

fecha

O A



O A

PETROLEOS MEXICANOS

MARCO N° 4

calculo

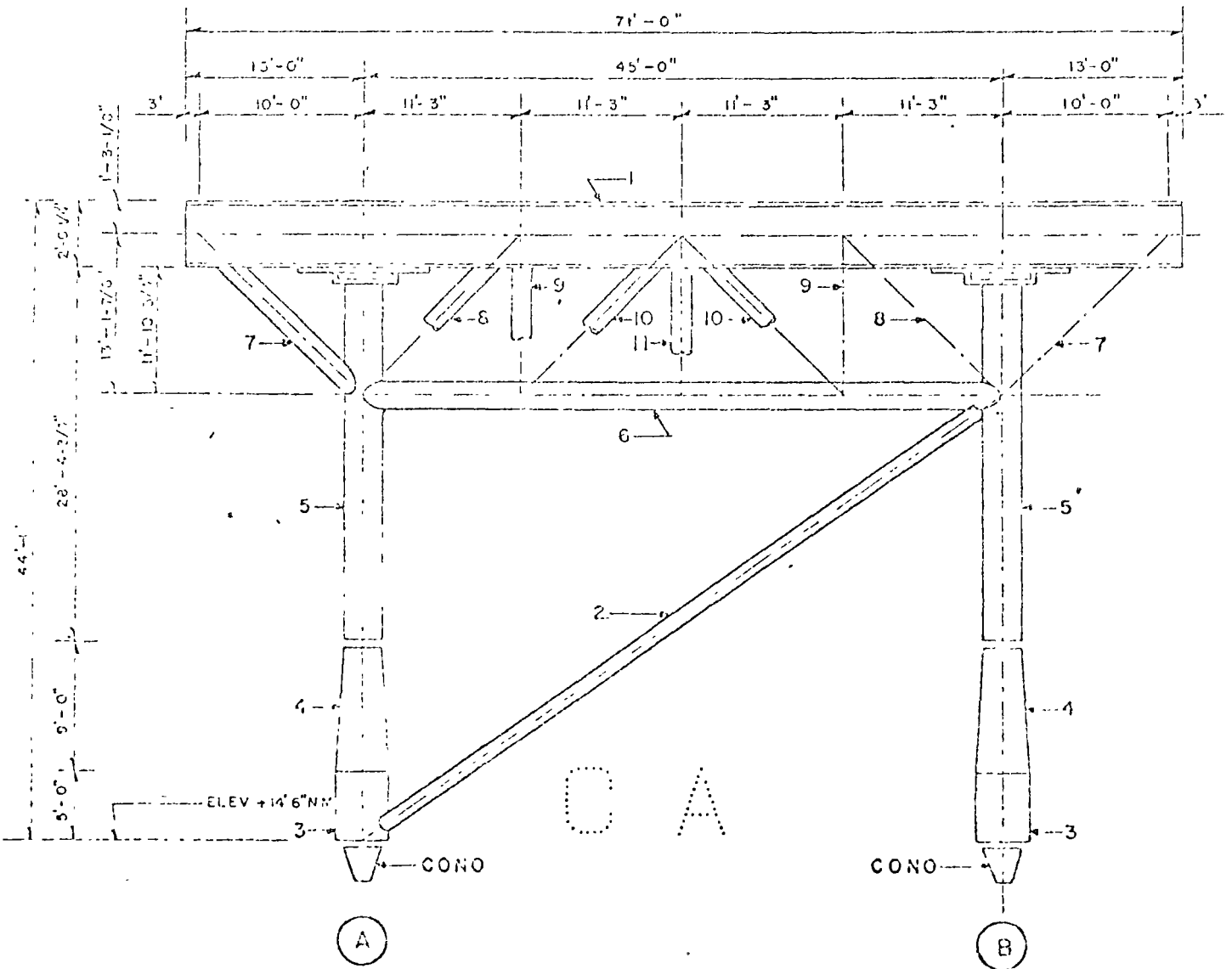
fecha

reviso

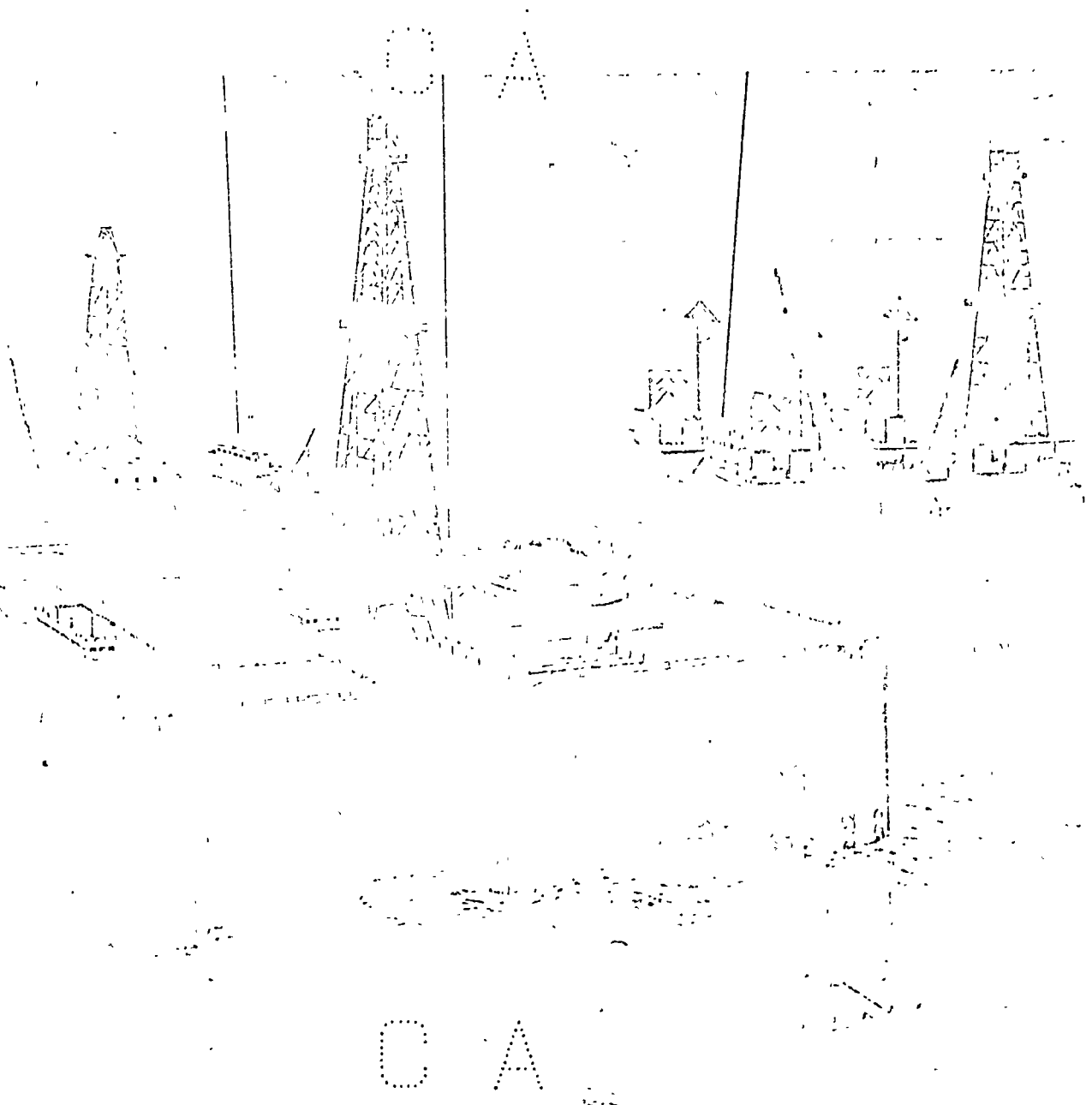
fecha

142

O A



O A



THE OFFSHORE EQUIPMENT COMPANY

C A



C A

EQ. 1.0 MOVIL DE PERFORACION

PERFORACION

De acuerdo con los resultados obtenidos por las unidades de exploración se fija el lugar más adecuado para instalar las plataformas de perforación para así iniciar la explotación del Yacimiento y según los resultados de producción se selecciona el diámetro de tubería más adecuado para transportar el aceite o gas a la costa.

Para llevar a cabo la perforación de un pozo se precisan tres operaciones fundamentales:

- a). - Debe rotar la columna de perforación y la barrena.
- b). - La barrena debe bajarse a medida que la formación que se perfora se saca bajo ella.
- c). - Los fragmentos cortados por los dientes deben ser acarreados a la superficie para permitir que la barrena siga penetrando la formación.

Estos tres sistemas "mecánico-hidráulicos" hacen posible llevar a cabo la perforación.

Para producir la rotación de la columna, el cuadrante se enrosca en la tira superior, calzando a través de un buje guiador que tiene su misma forma, alojado en la mesa rotatoria. Al girar ésta, gira la junta y con ella la columna de perforación y la barrena.

El centro de control del equipo se encuentra en el tambor del montacargas. Aquí trabaja el perforador al perforar el pozo. El tambor gira en su eje horizontal, desenrollando el cable de perforación. El cable pasa entre los bloques móviles y la corona del equipo y baja hasta el punto de anclaje. El

bloque móvil y la unión giratoria con el cuadrante pendiendo de él, descendiendo, permitiendo a la columna y a la barrena bajar lentamente. Este es el segundo paso en el proceso de perforar un pozo.

A medida que la barrena se baja rotando al mismo tiempo, va produciendo fragmentos "cincelados" de la formación. Es necesario sacar estos fragmentos fuera de su trayectoria en movimiento rotatorio y llevarlos a la superficie fuera del pozo. Este es el paso final de la operación y hay dos maneras de llevarlos a cabo.

El sistema de lodo se usa en casi la totalidad de los pozos. Este proceso cíclico se inicia en la bomba. El lodo de la bomba asciende por la tubería vertical que conduce a la manguera pasa por ella y desciende por el cuadrante a las barras de perforación y a los collares. Finalmente, llega a la barrena y sale por los orificios con una fuerza tremenda en el chorro, limpiando de este modo los fragmentos del fondo. Asciende nuevamente por el espacio anular hasta la superficie y pasa por la zaranda que separa los fragmentos, arrojándolos fuera. Desde aquí cruza por un desarenador, cayendo finalmente a un tanque de decantación, donde se decantan los sedimentos restantes. De ahí pasa a los tanques de succión de la bomba donde se inicia un nuevo ciclo.

**NOTA:**

Ver en las cinco (5) hojas siguientes, la descripción general de un equipo para perforación de pozos petroleros.



FIGURA 3-1: EQUIPO CONVENCIONAL DE PERFORACION

- 1. Asa de Unión Giratoria
- 2. Bloque Viajero
- 3. Bomba de Lodo
- 4. Burro de la Torre
- 5. Cabeza de Tuborfa de Revestimiento
- 6. Cable de Perforación
- 7. Cadena de Seguridad de la Manguera
- 8. Tanque de Lodo, Succión de las Bombas
- 9. Cámara de Aire
- 10. Cámara de Expansión
- 11. Canal de Retorno del Lodo
- 12. Carrete en Forma de Cruz
- 13. Colader Vibratorio (Zaranda)
- 14. Conexiones del Tanque del Lodo
- 15. Corona
- 16. Cuadrante (Junta Kelly)
- 17. Embudo para Mezclar Lodo
- 18. Escalera
- 19. Escopeta de Lodo Movible
- 20. Freno Hidráulico (Hydromatic)
- 21. Gancho
- 22. Guardacadenas
- 23. Guardacadenas de la Mesa Rotatoria
- 24. Guardacorreas
- 25. Pozo Ratón (Para Armar y Desarmar Tubería)
- 26. Pozo Rata (Cuadrante)
- 27. Línea de Descarga de la Bomba
- 28. Línea de Retorno del Lodo
- 29. Línea de Succión
- 30. Línea Para Llenar el Pozo
- 31. Línea (Suministradora) de Suministro de Agua
- 32. Malacate (Montacargas)
- 33. Manguera (del Cuadrante) de la Junta Kelly
- 34. Manifold de la Línea de Lodo
- 35. Mesa Rotatoria
- 36. Motores de Gas o Diesel
- 37. Para de la Torre
- 38. Cuello de Ganso
- 39. Piso de la Torre
- 40. Pistola de Barra Fija
- 41. Plancha de Base
- 42. Plataforma de los Motores
- 43. Plataforma del Encuellador
- 44. Sub-estructura de la Rampa
- 45. Sub-estructura de la Torre
- 46. Sub-estructura del Montacargas (Malacate)
- 47. Tanque de Asentamiento
- 48. Torre de Perforación
- 49. Travesaños
- 50. Tirantes de la Torre
- 51. Transmisión
- 52. Tubo de la Manguera
- 53. Unión Giratoria
- 54. Válvula de Seguridad

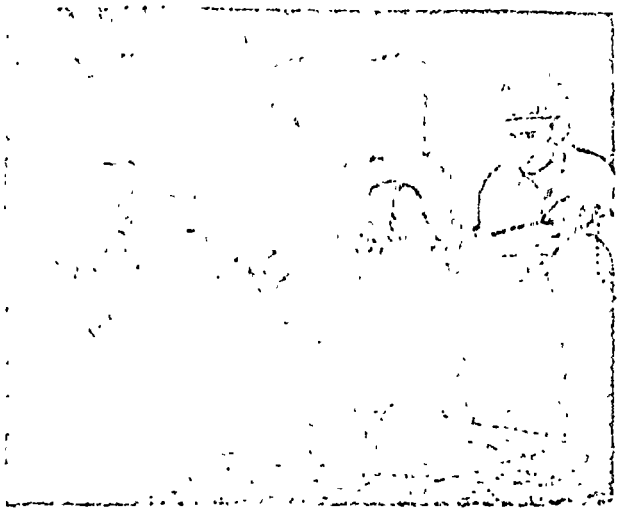


Ver siguiente hoja

C A



Fig. 3-2  
149



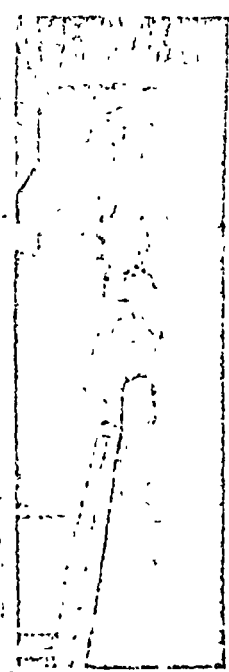
Sacando la barrena del pozo después de haber perforado.



Barrena de roca tipo convencional. Los conos cortadores o fresas giran libres en el cuerpo de la barrena.



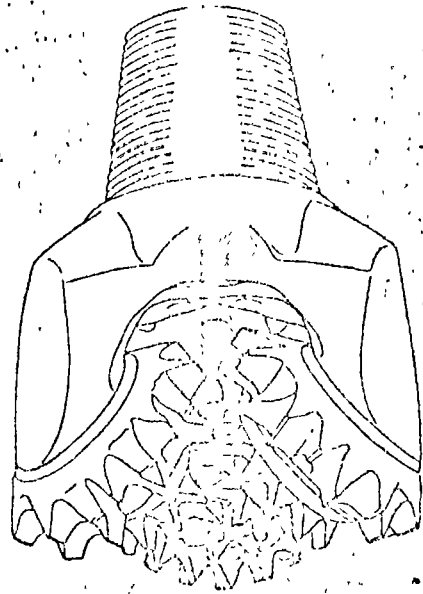
Barrena de roca tipo chorro. Las toberas dirigen el fluido al fondo del pozo, a alta velocidad.



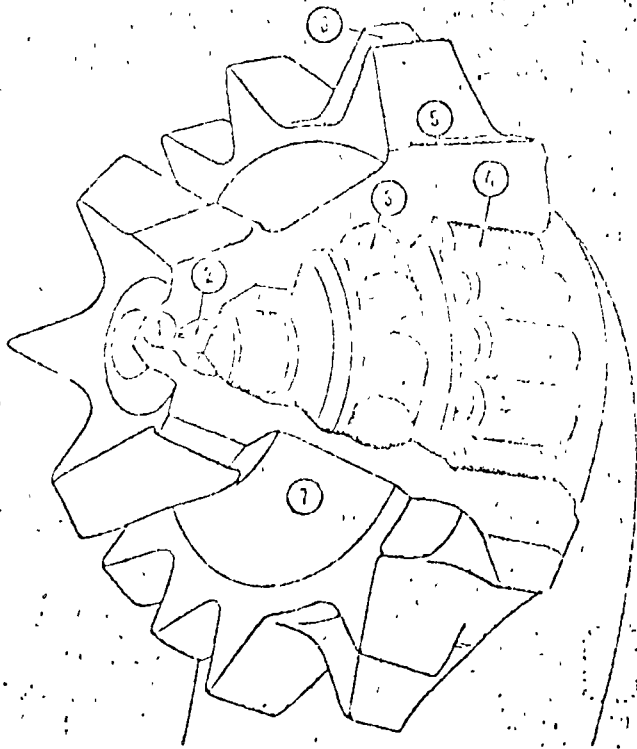
Barrena cola de pescado. Las paletas están fijadas al cuerpo y giran con la misma velocidad de la columna de perforación. Se usan para iniciar el pozo y en formaciones blandas.

FIGURA 3-2: TIPOS DE BARRENAS MODERNAS

Disposición de las Toberas en una Barrena de Chorro.

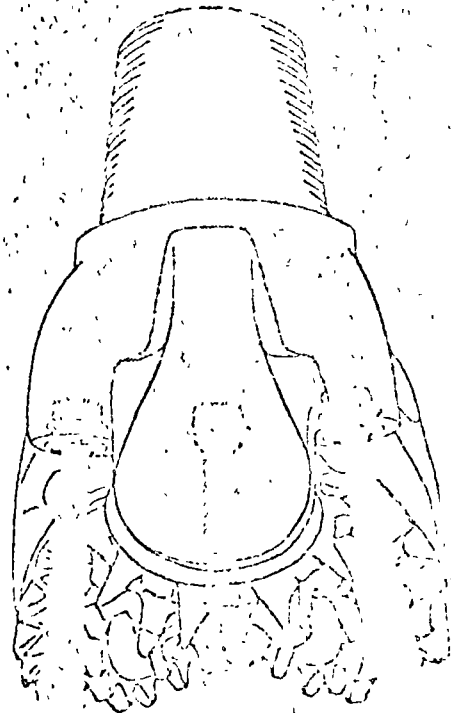


Curso Convencional - Está diseñado para dirigir el fluido al diente. Barrenas de este tipo se usan con bombas de menor tamaño, donde no se requiere alta velocidad del fluido.



Montaje del cono cortador en la pata de la barrena.

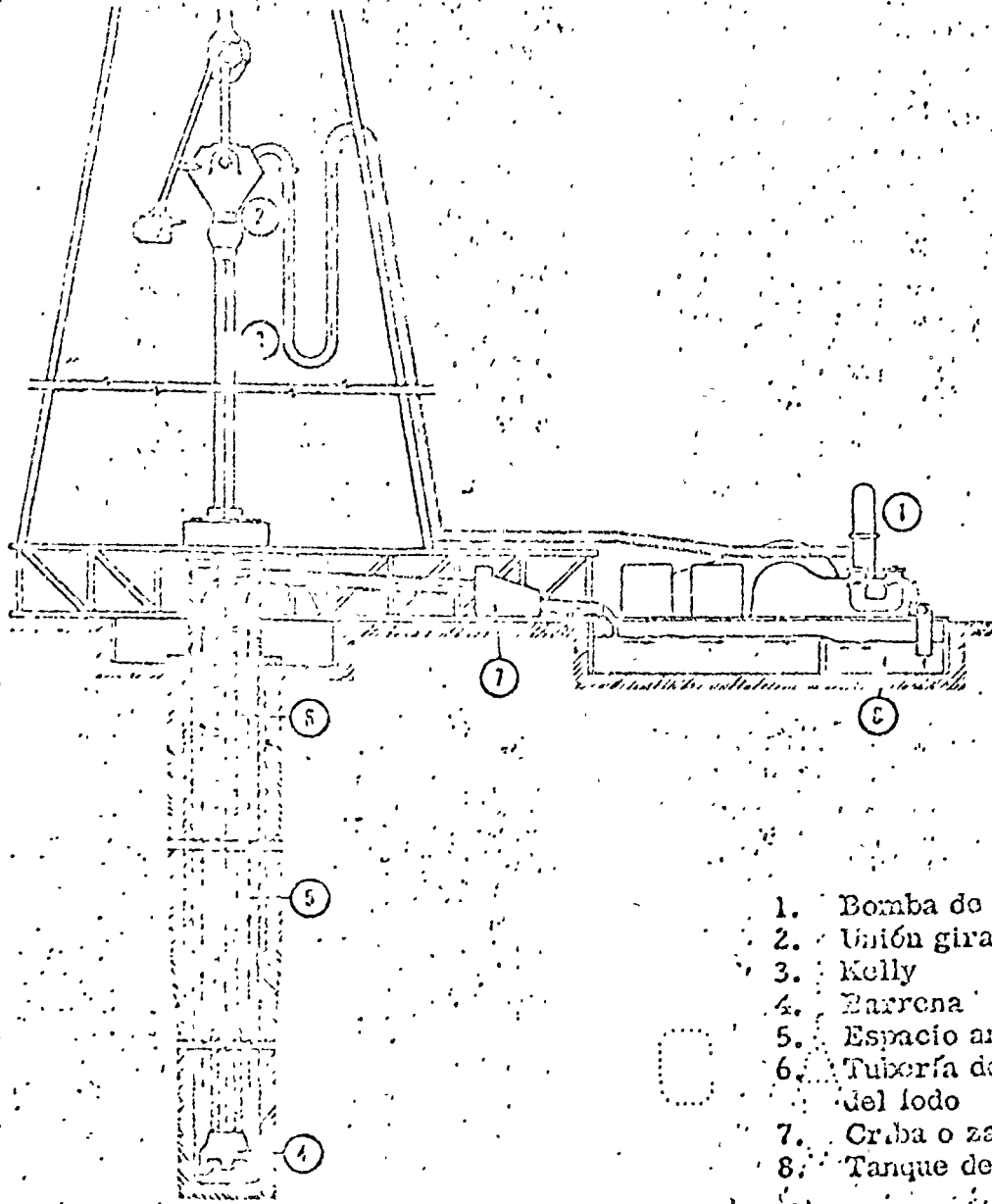
- 1. Pata
- 2. Nariz del cortador
- 3. Rodamiento de bolas
- 4. Rodamiento de rodillos
- 5. Valle del diente
- 6. Cresta del diente
- 7. Serreo.



Curso de Chorro - Barrenas de este tipo se usan con bombas de alta capacidad. Toberas resistentes a la erosión dirigen la corriente al fondo con una alta velocidad en forma de chorro.

FIGURA 3-6: DETALLES DE CONSTRUCCION DE LA BARRENA

FIGURA 3-23: ESQUEMA DEL SISTEMA DE LODO

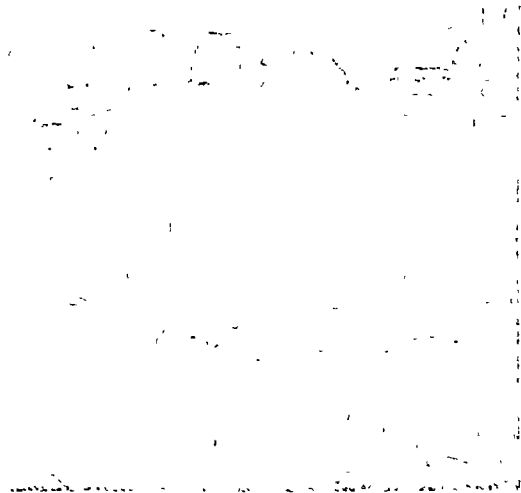


- 1. Bomba de lodo
- 2. Unión giratoria
- 3. Kelly
- 4. Barrena
- 5. Espacio anular, ascenso del lodo
- 6. Tubería de perforación, descenso del lodo
- 7. Criba o zaranda
- 8. Tanque de succión

FIGURA 3-24: TANQUES DE LODO

Succión de las bombas y bombas del lodo.

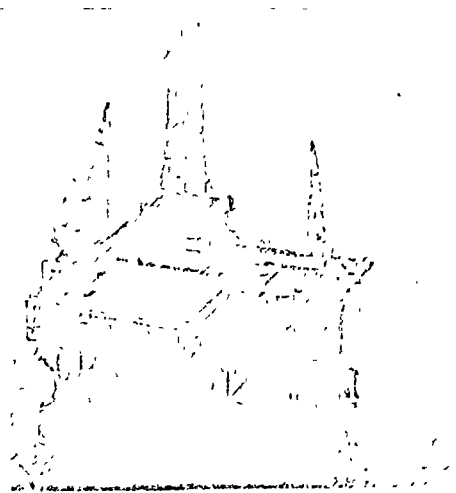




LOUISIANA



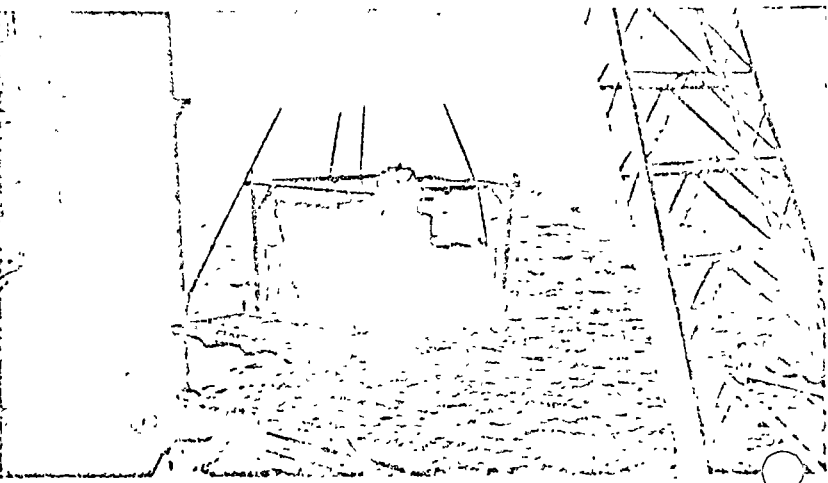
CALIFORNIA



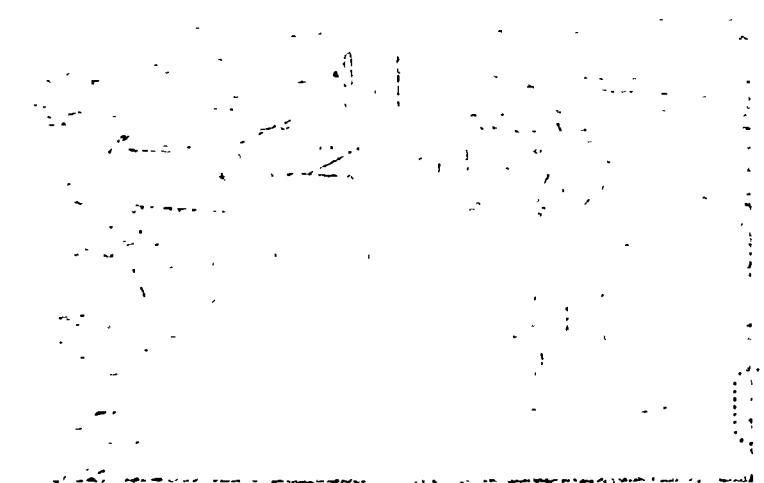
AUSTRALIA



ARABIAN GULF



NORTH SEA

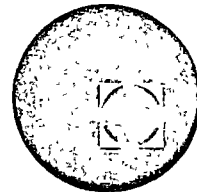


GULF OF MEXICO





centro de educación continua  
facultad de ingeniería, unam



INGENIERIA OCEÁNICA

EL DERECHO DEL MAR Y LA EXPLOTACION MARINA

LIC. JOSE EUSEBIO SALGADO Y SALGADO

THE UNIVERSITY OF CHICAGO



PHYSICS DEPARTMENT



1954

PHYSICS DEPARTMENT



PHYSICS DEPARTMENT



Durante mucho tiempo la humanidad pensó que las riquezas del mar eran inagotables, por ello mismo lo consideraron como un bien inapropiable, es decir un bien común a todos los hombres. Desafortunadamente al correr de los siglos otro sería el resultado.

Mas tarde se inicia la idea de que el mar es apropiable, asi vemos a la República de Venecia sosteniendo que su mar se extendía mas alla de las 100 millas marinas y que solo con permiso del Dux los buques extranjeros se podían adentrar en las aguas venecianas, o sea en el Mar Adriático.

Era tan impresionante la actitud veneciana, que año con año, en el día de la Ascención del Señor el Dux se embarcaba en el navío bucentauro acompañado de la alta nobleza y de los embajadores, llegándose hasta el Paso del Lido, donde celebraba la unión de la República con el mar, arrojando un anillo de oro, pronunciando las palabras rituales:

" DESPOSAMUS TE MARE, IN SIGNUM VERI PERPETUIQUE DOMINI ".

Este principio orantan celosamente guardado por los países de aquella época, que también podemos recordar que cuando la infanta española María de Austria, hermana del poderoso emperador Carlos V, iba a desposarse con el rey Luis II de Hungría, para poder entrar a Génova, ella y su cortejo debió pasarse a naves genovesas, con el fin de respetar el mar de la República de Génova, además de que el propio emperador debió solicitar permiso para ello.

Este principio de dominación sobre el mar llega a su máxima expresión cuando el Papa Alejandro VI concedió mediante bulas a España y Portugal los océanos, esas bulas no eran otras que la " EXIMIAE DEVOTIONIS SINCERITAS " del 3 de mayo de 1493 y la famosa " INTER CAETERA " del 4 de mayo del mismo año.

La primera era una bula de donación de territorios a los Reyes Católicos, Fernando e Isabel, y la segunda dividía el mundo entre España y Portugal.

Esta situación no podían aceptarla las demás naciones europeas de la época, con lo que se inició una verdadera lucha por imponer el principio de la libertad de los mares. Hombres de la talla de Francisco de Vitoria, Fernando Vázquez de Menchaca y Hugo Grocio defendieron el principio frente a John Seldon, Fray Serafín de Freitas, William Weldon y otros que apoyaban la idea del mar cerrado, perteneciente al príncipe a quién correspondían los derechos exclusivos de navegación y pesca en el mar adyacente.

Esta lucha conocida históricamente como la " Batalla Libresca ", por la serie de libros que sobre el particular se escribieron, ve su fin en el momento en que el jurista holandés Cornelius van Bynkershoek distinguió entre los conceptos de alta mar y el mar territorial, en su conocida obra " DE DOMINIO MARIS DESSERTATIO ", publicada en 1702, donde afirmó que la potestad terrestre terminaba donde concluye la fuerza de las armas.

De este concepto se derivará mas tarde la famosa tesis de las tres millas marinas como máxima extensión del mar territorial, pues en aquel entonces tal era el alcance de las armas mas poderosas, principio que sin embargo no fue reconocido universalmente.

Desde luego el principio total de la libertad de los mares ha ido perdiendo poco a poco su fuerza, desapareciendo su carácter absoluto, al reclamar el Estado ribereño limitaciones y al imponer la comunidad internacional principios igualitarios entre todos los hombres y los Estados.

Muchas obras importantes nos hacen ver estos principios desde el siglo XVIII hasta la celebración de la Primera Conferencia de las Naciones

Unidas sobre Derecho del Mar en 1958, de las que podemos destacar las siguientes:

Justo Sierra O'Reilly, " Lecciones de Derecho Marítimo Internacional ", escrita en la Ciudad de México en 1854.

Eugene Cauchy, " Le Droit Maritime International. Considéré dans ses origines et dans ses rapports avec les progrès de la Civilisation ", 1862 Paris.

Lucien de Valroger, " Droit Maritime ", 1883 Paris.

Charles Lyon-Caen et Louis Renault, " Traité de Droit Maritime ", 1894 Paris.

John Westlake, " International Law ", 1907 Londres.

Gilbert Cidel, " Le Droit International Public de la Mer ", 1932-1934 Paris, quizá la mas destacada de todas las obras que hemos mencionado. Podríamos citar muchas mas, pero no es este el objeto de nuestra conferencia.

Hoy día; y después de los dos primeras Conferencias sobre el Derecho del Mar, celebradas por la Organización de las Naciones Unidas en Ginebra en 1958 y 1960 respectivamente; nadie discute ya el concepto de mar territorial y el de alta mar.

El primero, nos dice Modesto Scara Vázquez en su obra " Derecho Internacional Público ", que se extiende desde el mar nacional y la costa hasta el alta mar. Dicha extensión está sometida plenamente a la soberanía del Estado del que forma parte territorial, la que se extiende al espacio aéreo situado arriba de él, al suelo y subsuelo.

En base a este concepto, el Estado Mexicano puede conceder a sus nacionales la explotación de la flora, la fauna, los minerales y demás recursos que en esa áreas se encuentren.

Aquí cabe definir el mar nacional, para lo cual seguiremos al autor

antes mencionado, que nos dice que es la parte del territorio nacional del Estado formado por las aguas situadas dentro del límite de sus fronteras terrestres y de la línea de base a partir de la cual se empieza a medir la extensión del mar territorial. Aquí se incluyen los lagos o mares interiores, los puertos, bahías, golfos y bahías históricas.

Pero las bahías y golfos deben reunir; de acuerdo con la Convención de Ginebra sobre el Mar Territorial y la Zona Contigua de 1958; las siguientes características:

a).- Ser una escotadura de la costa.

b).- Con una superficie igual o superior al de un semicírculo que tenga por diámetro la boca de la escotadura.

c).- La distancia entre las líneas de la bajamar de los puntos extremos de la entrada no debe de exceder de las 24 millas marinas.

Se exceptúan de esas disposiciones las bahías o Golfos históricos, en las cuales a pesar de que la entrada se exceda de las 24 millas, por el hecho de que el Estado ribereño desde tiempo inmemorial ha ejercido sobre él dominio sólido y ha formado parte de su territorio.

Tal es el caso de las bahías de Chesapeake; Delaware; Vestfjord; Vørsangerfjord; Laholm; La Concepción; Hudson; Carpentaria; Golfo de California, Mar Bermejo o Mar de Cortés; etc.

Tanto en el mar nacional, como en el mar territorial, se concede el paso inocente a los buques de acuerdo con lo dispuesto por la Convención y Estatuto sobre la libertad de tránsito del 20 de abril de 1921 y por la Convención Internacional de Ginebra de 1923, incluyendo a aquellos que pertenezcan a países que no tienen litoral, mal conocidos con el nombre de países mediterráneos, de acuerdo con el principio internacional reconocido en la Conferencia de Barcelona de 1921.

Los navíos de guerra deben solicitar permiso para pasar por el mar territorial y el mar nacional, salvo que se trate de una arribada forzosa, en que el Estado costero se guarda el derecho de fijar el plazo de su permanencia en ellos.

Por lo que vemos, los extranjeros no podrán realizar ninguna actividad que no sea la antes señalada para los buques mercantes: el transportar los bienes de importación o exportación que requiere México, en igualdad de condiciones y sin mas o menos prerrogativas que los buques nacionales, precisamente por los principios de la libertad de los mares y de tránsito que antes señalabamos. Desafortunadamente no hemos sabido emplear esos derechos para explotar adecuadamente las riquezas marítimas que poseemos.

Por lo que toca al alta mar, éste se ha definido por exclusión, como aquella parte del mar no perteneciente al mar territorial o las aguas interiores de un Estado y por lo mismo debe estar abierto a todos los países del mundo, sin que ninguno de ellos pueda tenerlo bajo su dominio exclusivo.

Ahora bien, aún no existe acuerdo entre los estudiosos del Derecho, acerca de la naturaleza jurídica del alta mar, pues algunos lo califican de " RES NULLIUS COMMUNIS USUS " , o bien como " REX EXTRA COMMERCIIUM " , y otros lo señalan como " RES COMMUNIS OMNIUM " .

A nadie escapa ya el hecho de que el alta mar se caracteriza por la libertad e igualdad para todos los Estados, libertad que se ha venido expresando a través de cuatro principios clásicos o ya tradicionales:

- 1.- Libertad de navegación.
- 2.- Libertad de pesca.
- 3.- Libertad de tender cables submarinos y oleoductos.
- 4.- Libertad de sobrevuelo.

Principios que no son los únicos, pues se debe entender que existen otros muchos, como la libertad de exploración e investigación, ya que el artículo 2o. de la Convención sobre Alta Mar, de Ginebra de 1958, nos dice en su segunda parte que:

" Estas libertades [se refiere a las cuatro antes mencionadas] y otras reconocidas por los principios generales del Derecho Internacional, serán ejercidas por todos los Estados con la debida consideración para con los intereses de otros Estados en su ejercicio de la libertad de alta mar. "

Aquí cabe señalar aquel principio de que los buques en alta mar tendrán una nacionalidad y solo el Estado que se la concede puede juzgar de ella, y por lo mismo ejerce jurisdicción y control administrativo, técnico y social sobre los mismos.

Los buques de guerra tienen inmunidad absoluta, pero no así los buques del Estado que se dedican a fines comerciales, tal y como lo dispone la Convención Internacional de Bruselas para la unificación de ciertas reglas concernientes a las inmunidades de los buques del Estado, del 10 de abril de 1926.

Los Estados pueden ejercer, a través de sus buques de guerra los derechos de visita, reconocimiento o aproximación, pues se los reconoce el carácter de policías en el alta mar. Tales derechos los ejerce en tiempo de guerra y en tiempo de paz, aun cuando en este último caso solo pueden detener a los buques comerciales sobre los cuales haya motivo fundado de que:

- 1.- Se dedican a la piratería.
- 2.- Se dedican a la trata de esclavos.
- 3.- Pertenecen a la misma nacionalidad.

4.- Tienen doble nacionalidad, y por tanto no se pueden amparar en ninguna de ellas.

El derecho de visita corresponde solo a los buques de guerra de los beligerantes, para comprobar que los buques mercantes de los países neutrales no tienen contrabando de guerra, o bien que son buques mercantes propiedad del enemigo amparados bajo otro pabellón.

Existen otras instituciones jurídicas muy particulares en el alta mar: Lo referente a la seguridad y asistencia, que se ha previsto en muchas convenciones internacionales; además de la de Ginebra de 1958, a que hemos hecho referencia; y que señalaremos, sin comentar por el tiempo tan reducido de nuestra exposición.

1.- Convención Internacional de Bruselas para la unificación de ciertas reglas en materia de abordajes y su Protocolo de firma, del 23 de septiembre de 1910.

2.- Convención Internacional de Bruselas para la unificación de ciertas reglas en materia de asistencia y salvamento marítimos y su Protocolo de firma, del 23 de septiembre de 1910.

3.- Convención Internacional de Bruselas para la unificación de ciertas reglas relativas a la competencia civil en materia de abordajes, del 10 de mayo de 1952.

4.- Convención Internacional de Bruselas para la unificación de ciertas reglas relativas a la competencia penal en materia de abordajes y otros incidentes de la navegación, del 10 de mayo de 1952.

5.- Convención Internacional para la seguridad de la vida humana en el mar, Londres, del 17 de junio de 1960, así como sus Reglas para prevenir colisiones en el mar.

6.- Convención sobre facilitación del tráfico marítimo internacional, Londres, del 9 de abril de 1965.

7.- Convención Internacional de líneas de carga, Londres, del 5 de abril de 1966.

8.- Convención Internacional sobre la medida del tonelaje de los buques, Londres, de 1969.

9.- Código Marítimo Internacional de Señales.

10.- Código Marítimo Internacional de Mercancías Peligrosas.

También existe una tendencia a la reglamentación de la pesca en el alta mar, lo que se hace cada día mas necesario y apremiante, pues lo irracional de la explotación ha llevado a la desaparición de ciertas especies. Situación que se agravó cuando el hombre inició la explotación del suelo y el subsuelo de los fondos marinos u oceánicos, pues trajo consigo el problema de la contaminación de las aguas del mar, a la que hay que añadir aquella proveniente de los ríos utilizados por el hombre para arrojar los desperdicios de las fábricas, ciudades, etc.

En la Convención de Ginebra sobre Pesca y Conservación de los Recursos Vivos de la Alta Mar, del 29 de abril de 1958, se reconoce el principio de libertad de pesca dentro de los límites establecidos por acuerdos o tratados particulares, que no fueron derogados al firmarse esta convención, pues en su texto se los promueve en casos específicos y además se reconoce el interés del Estado ribereño o costero sobre las especies del alta mar ligadas a su propia economía.

Cabe destacar los tratados celebrados sobre focas peloteras, de 1957; Convenio para la conservación de las pesquerías del maro del Pacífico y el Mar de Behring, de 1953; Convención Internacional para la pesca del salmón lomo azul, de 1930; Convención Internacional para la reglamentación de la caza de la ballena, de 1946 y sus enmiendas de 1956; Convenio para la regulación de las mallas de las redes de arrastre y los tamaños mínimos de los peces, de 1946; Convenio Internacional sobre pesquerías del Atlántico del Noroeste, de 1949; Convenio de la Comisión Interamericana del Atún Tropical, de 1949; Convención Internacional para las pes-



querías de alta mar en el Pacífico Septentrional, de 1952; y Convenio Internacional para la conservación del atún del Atlántico, de 1966.

Ahora analizaremos un aspecto, para nosotros el mas importante, ya que se relaciona mas directamente con el tema que estamos tratando: el Derecho del Mar y la Explotación Marítima.

La Plataforma Continental, nos la define la Convención de Ginebra de 1958 sobre Plataforma Continental en su artículo primero, afirmando que es:

" a).- El lecho del mar y el subsuelo de las zonas submarinas adyacentes a las costas, pero situados fuera de la zona del mar territorial, hasta una profundidad de doscientos metros o, mas alla de este límite, hasta donde la profundidad de las aguas subyacentes permita la explotación de los recursos naturales de dichas zonas.

" b).- El lecho del mar y el subsuelo de las regiones submarinas análogas, adyacentes a las costas de las islas. "

De esta definición surgió el problema fundamental que hoy día confrontamos sobre los fondos oceánicos, pues precisamente el 17 de agosto de 1967, el embajador Arvid Pardo, presentó una nota verbal de su país, Malta, al secretario general de las Naciones Unidas, para solicitarle la inclusión del tema:

" Declaración y tratado sobre la reserva exclusiva para fines pacíficos del lecho del mar y del fondo del océano, bajo aguas no comprendidas en los límites de la jurisdicción nacional actual y sobre el empleo de sus recursos en beneficio de la humanidad. "

Efectivamente, tal y como está hecha la definición de Plataforma Continental en la Convención de Ginebra que mencionamos, al decir:

"... o mas alla de este límite, hasta donde la profundidad de las aguas subyacentes permita la explotación de los recursos naturales de esa zona. "

se dejó abierto a las grandes potencias el apoderarse en el futuro de toda la riqueza de los fondos oceánicos, ya que ellas, por su poderío económico, solamente pueden llevar a cabo las exploraciones y mas tarde

las explotaciones a mayores profundidades. Hoy día todos conocemos que tanto los Estados Unidos, como Francia y la Unión Soviética han llevado a cabo exploraciones a 5,000 metros de profundidad.

Por lo anterior podemos afirmar que la propuesta de Malta fue decisiva para el Derecho del Mar, ya que derivado de ella, la Asamblea General de las Naciones Unidas en su vigésimo segundo período de sesiones creó un comité especial para el estudio sobre la utilización con fines pacíficos de los fondos marinos y oceánicos, que mas tarde se convirtió en la Comisión de las Naciones Unidas sobre la utilización con fines pacíficos de los fondos marinos y oceánicos.

A esta Comisión se le pidió que estudiara la elaboración de los principios y normas jurídicas que sirvan de base para promover la cooperación internacional en la exploración y utilización de los fondos marinos y oceánicos y de su subsuelo, para asegurar la explotación de sus recursos en beneficio de la humanidad.

El resultado a que llegó la Comisión, fue el pedir que se consultara a los Estados miembros de la ONU, acerca de la conveniencia de convocar a una Conferencia sobre Derecho del Mar, para que, entre otras muchas cosas, diera la definición clara y precisa, internacionalmente aceptable, de la zona de los fondos marinos y oceánicos, que se hayan fuera de la zona jurisdiccional de los Estados, y el régimen internacional que se le aplicará especialmente para explotar sus recursos en beneficio de la humanidad. Es decir, que será en esa reunión internacional donde se defina claramente el régimen jurídico de la zona a que hemos venido haciendo referencia.

Nosotros estamos contemplando, que día con día, la III Conferencia sobre Derecho del Mar de las Naciones Unidas, que se está celebrando en Caracas, en su primera parte, va hacia el fracaso mas rotundo.

No obstante lo anterior, existen ya disposiciones de carácter internacional que rigen, en ciertos aspectos, el "status" jurídico de los fondos oceánicos y marinos, como el Tratado firmado en Moscú en 1963, que prohíbe llevar a cabo explosiones y ensayos nucleares debajo del agua, incluidas las aguas territoriales o el alta mar. También tenemos el Tratado que prohíbe el emplazamiento de cualquier tipo de armamentos en los fondos oceánicos y marinos, que aprobaran las Naciones Unidas en 1972.

Ahora bien, los Estados fuera de la zona sometida a su jurisdicción, es decir, fuera de su mar territorial no pueden apropiarse de los fondos marinos y oceánicos, ya que la Asamblea General de las Naciones Unidas en su vigésimo cuarto período de sesiones, emitió la Declaración de que hasta en tanto no se establezca un régimen internacional adecuado y universalmente aceptable, los Estados y las personas físicas o jurídicas, están obligados a abstenerse de llevar a cabo cualquier actividad de explotación de los recursos de la zona de los fondos marinos y oceánicos y de su subsuelo, fuera de los límites de su jurisdicción nacional, y que por lo mismo no será reconocida ninguna reclamación sobre cualquier parte de esa zona o de sus recursos.

Varios son los sistemas que se han recomendado para resolver el problema de los fondos marinos y oceánicos y su explotación, muchos de los cuales han sido presentados en la Conferencia de Caracas. Con el propósito de estudio, dividiremos en dos grandes grupos las diferencias que existen en los sistemas recomendados para solucionar el problema.

Por una parte, los países en vías de desarrollo, piden controles rígidos, pago de fuertes regalías a un organismo internacional por la explotación de los recursos de los fondos marinos y oceánicos, y la redistribución de las mismas a la comunidad mundial.

A su vez, las potencias o países altamente desarrollados, desean incentivos para poder llevar a cabo la exploración primero y mas tarde la explotación, mediante la adopción de sistemas mas flexibles, menos control burocrático y máxima libertad para los que realicen el trabajo de explotación.

Al primer grupo pertenece el sistema propuesto por Latinoamérica, que señala la creación de un organismo internacional, como encargado de llevar a cabo el control para la explotación de los recursos de los fondos marinos y oceánicos, y sobre todo para realizar de la manera mas adecuada la distribución de las regalías obtenidas entre la comunidad mundial, guardando, claro está, lo necesario para seguir llevando a cabo la exploración, explotación y pagar sus gastos de administración.

Tanzania, y con ella la gran mayoría de Estados africanos, propone la creación de un organismo en el que los actos de explotación tendrán que ser aprobados por los votos de los dos tercios de los miembros, cada nación tendrá un voto y las regalías que se obtengan serán distribuidas en proporción inversa a las contribuciones que cada país haga ante las Naciones Unidas.

Gran Bretaña y Francia proponen el sistema de división de los fondos marinos y oceánicos en parcelas para los Estados, y los Gobiernos de éstos se harán responsables de las áreas que les sean asignadas, controlando ellos las regalías que se obtengan, para su posterior distribución a la comunidad humana.

Estados Unidos y Malta han venido hablando de la existencia de una zona intermedia entre la plataforma continental y la zona internacional, dicha zona la llaman " región económica ", en la cual el país marítimo conserva amplios poderes, incluso el de elegir las entidades encargadas

de la explotación, pero necesariamente tendrán que pagar al organismo internacional que se cree para controlar la zona internacional, por las operaciones efectuadas. Este organismo a su vez concederá las licencias en las que se determinará la zona de explotación autorizada, y sin ellas no podrá llevarse a cabo ninguna operación que implique explotación de los recursos de los fondos marinos y oceánicos.

Sea cual sea el sistema que se elija para llevar a cabo el control de la exploración y explotación de los fondos marinos y oceánicos y su subsuelo, se deberá entender que dicha explotación o exploración, son en beneficio siempre de toda la humanidad, por lo que las regalías que se obtengan deberán ser redistribuidas internacionalmente, máxime que se ha reconocido que los recursos, cualquiera que sea su naturaleza, que se encuentren en esa zona, son patrimonio común de la humanidad.

Los Estados latinoamericanos han incluido dentro de su posición la referente al Mar Patrimonial, con una extensión máxima de 200 millas marinas, en las que queda incluido el mar territorial hasta 12 millas marinas, en las que como ya vimos ejerce total dominio el Estado ribereño y el resto, 188 millas marinas, en las que ejerce pleno derecho sobre la explotación de los recursos que en dicha zona se encuentren, incluidos aquellos procedentes del suelo y subsuelo.

A esto es a los que los Estados Unidos, Malta y otros países han llamado " zona o región económica ", como ya vimos, aun cuando aparentemente no están de acuerdo con su extensión tal y como lo plantean los países latinoamericanos, pues afirman que dicha extensión es uno de los objetivos fundamentales, de la Conferencia de Caracas, sujeto a negociación internacional.

Un problema muy grave que va unido al de la explotación, es el de la contaminación de las aguas del mar por desechos de diversa naturaleza. Contaminación que ha ido trayendo consigo la extinción de diversas espe-

cios de la flora y la fauna marinas, tan necesarias para la alimentación de la población mundial.

Diversas son las formas en que se presenta la contaminación, así muchas especies de la fauna marina ingieren y retienen microorganismos patógenos para el hombre, lo que nos recuerda la grave epidemia de cólera que asoló a las poblaciones de Italia y Portugal en 1973, la que se debió al consumo de mejillones y otros moluscos y crustáceos.

Además de la contaminación bacteriana, el mar soporta la química, debida principalmente a detergentes y pesticidas arrastrados por las aguas fluviales. El mercurio es otro ejemplo y el mas importante lo es hoy día el petróleo y sus derivados. Este producto, a parte de provenir de las explotaciones que se están llevando a cabo en las plataformas continentales de diversos países ribereños, también proviene de los buques petroleros que limpian sus tanques en alta mar y con ello vierten en cada uno de sus viajes aproximadamente el 1% de sus productos, lo que al cabo de algunos años representará varios millones de toneladas de productos petrolíferos arrojados al mar.

Fue el desastre del petrolero " TORREY CANYON "; ocurrido el 18 de marzo de 1967 al acercarse la embarcación a su puerto de destino, Milford Haven, derramándose mas 100,000 toneladas de crudo que provocaron serios problemas a las costas de Gran Bretaña y Francia; el que despertó vivamente el interés mundial por tratar de resolver este grave problema.

Así fue como se revisó, enriqueciéndolo, el texto de la Convención para la prevención de la contaminación del mar por hidrocarburos, que hubiera sido firmado en Londres en 1954.

Se aprobaron, asimismo, nuevos acuerdos internacionales:

Convención internacional sobre la intervención en alta mar en caso de accidentes que provoquen contaminación por hidrocarburos, Londres, 1969.

Convención Internacional sobre la responsabilidad civil por los daños debidos a la contaminación por hidrocarburos, Londres, 1969.

Convención Internacional que establece el Fondo Internacional de Indemnización para los daños debidos a la contaminación por hidrocarburos, Londres, 1971.

Convenio Internacional sobre el transporte por mar de sustancias nucleares, Londres, 1971.

Convención Internacional para la prevención de la contaminación del mar por buques, Londres, 1973.

Protocolo sobre la intervención en el alta mar en caso de contaminación por otras sustancias diferentes a los hidrocarburos, Londres, 1973.

#### REGIMEN NACIONAL:

México ha dedicado diversas disposiciones legales para regular todo lo referente al mar, de las que podemos destacar las siguientes:

Constitución Política del 5 de febrero de 1917.

Ley de Navegación y Comercio Marítimos, del 10 de enero de 1963.

Ley Federal de Aguas, del 11 de enero de 1972.

Ley General de Bienes Nacionales, del 12 de diciembre de 1969.

Ley reglamentaria del Artículo 27 Constitucional en el Ramo del Petróleo, del 27 de noviembre de 1958.

Decreto que incorpora al patrimonio de Petróleos Mexicanos el subsuelo de los terrenos cubiertos por las aguas territoriales del Golfo de México y otros que el mismo especifica, del 25 de febrero de 1949.

Ley sobre zona exclusiva de pesca de la Nación, del 13 de diciembre de 1966.

Ley de Pesca, del 10 de mayo de 1972.

Código Aduanero, del 30 de diciembre de 1951.

Ley de Vías Generales de Comunicación, del 30 de diciembre de 1939.

Código Sanitario, del 29 de diciembre de 1954.

Ahora bien, también ha suscrito y ratificado diversos convenios internacionales, además de que le obligan otros acuerdos de orden internacional que no ha ratificado, ya que tienen un contenido de carácter social y de protección a los intereses comunes de la humanidad.

No obstante todo lo anterior, podemos afirmar que nuestro país no ha regulado adecuadamente todo lo referente a la explotación marina, de lo cual se han sabido aprovechar diversas naciones vecinas y aún lejanas.

Para ejemplificar nuestra afirmación nos basta recordar que con la concesión monopolística a las sociedades cooperativas pesqueras que hace la Ley de Pesca vigente, se ha impedido el desarrollo de la industria pesquera nacional, por lo cual no ha habido interés en los inversionistas nacionales en este renglón, ya que prácticamente no pueden realizar las capturas de una gran serie de productos del mar.

No se ha establecido el Registro Público Marítimo Nacional, en el cual se deberá llevar todo lo relativo a exploraciones y explotaciones de la plataforma continental, o los fondos marinos u oceánicos, en su suelo y subsuelo, dentro de las aguas nacionales y en las territoriales.

También deberá llevar todo lo relativo a la explotación de los recursos vivos, flora y fauna, dentro del mar territorial y de la zona exclusiva de pesca o del futuro mar patrimonial.

Es decir, que hasta la fecha no se han podido llevar a cabo adecuadamente los registros de los bienes del dominio marítimo, además de que no existe un verdadero catálogo de los productos que se encuentran en esa región del territorio nacional y del mar patrimonial.

Por otra parte, y de acuerdo con las informaciones de diversos organismos especializados de las Naciones Unidas, mientras que gran número



de naciones explota ya mas de treinta productos en el mar; arcillas, arcenas, azufre, bentonita, borax, bromo, cal, carbonato de sodio, cianita, cromita, cuarzo, diamantes, fosfatos, granate, hierro, magnesio, magnetita, manganeso, monacita, petróleo y sus derivados, oro, rutilo, sal, sepiolita, titanio, uranio, yeso, yodo, zirconio y potasa; México apenas ha iniciado la explotación del petróleo, las arenas del mar y la bentonita.

Por lo que toca a la pesca, aún cuando no es el objeto de nuestro estudio, a todos ustedes no escapa el que dentro de la dieta del mexicano no se incluyen, como debiera de ser, los productos del mar.

Se han dejado gran número de especies de alto valor nutritivo sin explotar, lo que han aprovechado países pesqueros por naturaleza, que vienen a saquear nuestras aguas, como: Cuba, Estados Unidos, Japón y la Unión Soviética, principalmente.

Para destacar nuestra afirmación, en 1971, y de acuerdo con el Anuario Estadístico de la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO) de 1972, se capturaron 69,400,000 toneladas de peces, de las que México solo logró 402,500 toneladas métricas, o sea apenas el 0.58% del total. Correspondiendo solamente a diez y siete países pesqueros por tradición el 70.28%, destacando entre éstos el Perú, Japón, la Unión Soviética, Noruega, Estados Unidos, India, España y Canadá.

Es decir, falta mucho sobre este particular, aun cuando cabe advertir que nuestra legislación no ha ayudado mucho en este sentido, ya que ha impedido en muchas ocasiones llevar a cabo una labor adecuada sobre la explotación del mar y sus recursos.

Por otra parte, si bien es cierto que hemos tenido una participación internacional bastante importante sobre este particular, hemos descuida-

do la aplicación de tales disposiciones en nuestro beneficio y dejando prácticamente en el desamparo a nuestros nacionales, que tienen que soportar el espectáculo que ofrecen los buques japoneses o norteamericanos pescando dentro de nuestro mar territorial.

CUADRO # 1 MINERALES MARITIMOS, SUS USOS Y PAISES QUE LOS EXPLOTAN.

MINERAL	USOS	PAISES
1. Arcillas	Porcelana, lozas, construcción, filtración	Estados Unidos, Inglaterra
2. Arenas	Construcción, mecánica, óptica, pavimentación	En general, pero especialmente países desarrollados
3. Azufre	Química, fertilizantes, papel, explosivos, pintura	Estados Unidos, Italia, Japón, Chile, Francia
4. Bentonita	Arenas de moldeo, lubricantes, química	Estados Unidos, Alemania, URSS, Japón, Canadá, Italia, México
5. Bórax	Industria química, óptica	Estados Unidos, Argentina, Italia, Turquía
6.- Bromo	Industria química	Estados Unidos
7. Cal	Fertilización, construcción química	Estados Unidos, Francia, Alemania
8. Carbonato Sódico	Química, papel, detergentes	Estados Unidos, Alemania, Canadá, Chile, Perú, URSS.
9. Cianita	Cerámica, refractarios	India, Estados Unidos.
10. Cromita	Refractario	Turquía, URSS, Rodesia
11. Cuarzo	Optica	Sudáfrica, Canadá, Estados Unidos, Australia, URSS y los principales países productores de oro.
12. Diamantes	Industriales	Brasil, países centrales de Africa, Sudáfrica.
13. Fosfatos	Fertilizantes	Estados Unidos, Canadá, Marruecos, Argelia, Túnez, Egipto, URSS.
14. Granito	Abrasivos	Estados Unidos
15. Hierro	Múltiples	Estados Unidos, Francia, URSS, Suecia, Inglaterra, Alemania.
16. Magnesita	Aviación, automóviles, óptica	Estados Unidos, Alemania, Japón
17. Magnetita	Metalurgia	Estados Unidos
18. Manganeso	Metalurgia, química	URSS, India, Japón, Estados Unidos.
19. Molicita	Industria química	India, Estados Unidos, Brasil.

MINERAL	USOS	PAISES
20. Oro	Moneda, joyería, etc.	África del Sur, Estados Unidos, URSS, Australia, América del Sur.
21. Rutilo	Refractario	Brasil, India, Estados Unidos.
22. Sal	Química, cerámica, agricultura, medicina, alimentación.	Estados Unidos, Inglaterra, China, Alemania, Francia, India.
23. Sepiclita	Hornillos de pipa, porcelanas.	Turquía, Estados Unidos.
24. Titanio	Pinturas, metalurgia.	Canadá, Estados Unidos, India, Noruega.
25. Uranio	Energía nuclear	Estados Unidos, URSS, Francia, Inglaterra, etc.
26. Yeso	Construcción, pavimentación.	Estados Unidos, Inglaterra, Canadá, Francia.
27. Yodo	Industria química	Chile, Estados Unidos.
28. Zirconio	Pinturas, aislantes	Brasil, Estados Unidos.
29. Potasa	Fertilizantes, química.	Estados Unidos, Alemania, Francia, URSS, Polonia.

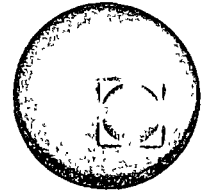
FUENTE: Alejo, Francisco Javier; Suárez-Mier, José Manuel; y Riverón, Evelia. " Aspectos económicos de la posición de México sobre el mar patrimonial. " México y el régimen del mar. México, Secretaría de Relaciones Exteriores, 1974. pp. 208 y 209.

## BIBLIOGRAFIA.

- Amerasinghe, N. S.; Stavropoulos, C. A.; Lee, Roy S.; y otros.  
Las Naciones Unidas y el mar. México, Instituto de las Naciones Unidas para la Formación Profesional y la Investigación, y la Secretaría de Relaciones Exteriores de México, 1974. ( Cuestiones Internacionales Contemporáneas, núm. 2 ).  
 167 pp.
- Azcárraga, José Luis de  
Derecho Internacional Marítimo. Barcelona, Ediciones Ariel, 1970.  
 322 pp.
- Cervantes Aburada, Raúl.  
Derecho Marítimo. México, Editorial Herrero, S. A., 1970  
 XIV y 774 pp.
- Columbo, G. John.  
Derecho Internacional Marítimo. Madrid, Aguilar, 1961.  
 XXIV y 640 pp.
- Documentation 1971 VI. Amberes, Comité Marítimo Internacional, 1971.  
 110 pp.
- Enciclopedia General del Mar. Barcelona, Ediciones Garriga, S. A., 1968. ( Segunda edición ).  
 8 vols.
- García Robles, Alfonso y otros.  
México y el régimen del mar. México, Secretaría de Relaciones Exteriores, 1974.  
 406 pp.
- Honaine Hernández, Reyna.  
La contaminación del medio marino. México, Centro de Relaciones Internacionales, UNAM, 1972  
 231 pp.
- McDougal, Mares S. y Burke, William T.  
The Public Order of the Oceans. A Contemporary International Law of the Sea. Londres-New Haven, Yale University Press, 1965. ( Segunda edición ).  
 XXV y 1226 pp.
- Report of The Fifty-Fifth Conference held at New York. ( August 21st. to August 24th, 1972 ). Londres, The International Law Association, 1974.  
 CCXXVI y 762 pp.
- Osara Vázquez, Modesto.  
Derecho Internacional Público. México, Editorial Porrúa, S. A., 1971  
 399 pp. ( Tercer edición )
- Sobargo Loiza, Alejandro.  
Reflexo Jurídico del alta mar. México, Editorial Porrúa, S. A., 1970.  
 XV y 323 pp.



centro de educación continua  
facultad de ingeniería, unam



INGENIERIA OCEANICA.

INTRODUCCION A LA INGENIERIA OCEANICA

ING. MAURICIO PORRAZ.

## INTRODUCCION INGENIERIA OCEANICA.

INGENIERIA OCEANICA.- Definición: Aplicar las diversas especialidades de la Ingeniería, en la explotación racional de los recursos del mar.

EL INGENIERO HACE LA APLICACION PRACTICA DE LAS INVESTIGACIONES CIENTIFICAS DE LOS OCEANOGRAFOS.

OBJETO DEL CURSO INTENSIVO ES HACER UNA BREVE Y ELEMENTAL MENCION DE --

DIVERSOS TEMAS, PARA NORMAR CRITERIOS, ORIENTAR Y DOCUMENTAR A LOS -- ASISTENTES, A FIN DE QUE LOS INTERESADOS PUEDAN POSTERIORMENTE PROFUN-

DIZAR MAS AMPLIAMENTE EN EL TEMA DE SU INTERES O ESPECIALIDAD.

LOS TEMAS SON VARIADOS, CON OBJETO DE LOGRAR UN PANORAMA DE CONJUNTO,

SIN EMBARGO EN ALGUNOS DE ELLOS, LOS PROFESORES PODRAN PARTICULARIZAR

Y ANALIZAR ALGUNOS EJEMPLOS CONCRETOS.

LA METEOROLOGIA Y PREDICCION DE OLEAJE, ES DE GRAN INTERES YA QUE JUE

GAN UN ROL FUNDAMENTAL LAS CONDICIONES OCEANICAS EN LA SUPERFICIE DEL

MAR, DURANTE PRACTICAMENTE TODAS LAS OPERACIONES DE INGENIERIA OCEANI

XICANOS, RECIENTEMENTE DOCTORADOS EN ESA ESPECIALIDAD.

MENCIONARAN EL CONCEPTO DE LA PREDICCIÓN DEL OLEAJE, LA DETERMINACIÓN

DE LA ZONA DE GENERACIÓN, LOS FENÓMENOS METEOROLÓGICOS QUE PUEDEN OCA-

SIONAR OLAS DE IMPORTANCIA, LAS IMPLICACIONES Y EL USO DE MAPAS METE-

ROLOGICOS, EL ANÁLISIS CINEMÁTICO, ASÍ COMO LAS PERTURBACIONES INTEN-

SAS: HURACANES, NORTES Y ONDAS TROPICALES; EL EFECTO DE FRICCIÓN ENTRE

LA

SUPERFICIE DEL CONTINENTE Y EL MAR CON APLICACIONES EN CASOS PARTI-

CULARES. SE LES EXPLICARÁ LA TEORÍA LINEAL DEL OLEAJE, SU NATURALEZA,

LA GENERACIÓN EN AGUAS PROFUNDAS POR VIENTO Y LA ZONA DE DECAIMIENTO.

EN LA EXPLORACIÓN GEOFÍSICA MARINA, SE EXPONDRÁN BREVEMENTE LAS PRINCI-

PALES PROVINCIAS GEOLÓGICAS DE LA PLATAFORMA CONTINENTAL MEXICANA; LOS

DIVERSOS MÉTODOS DE EXPLORACIÓN GEOFÍSICA, TERRESTRES, AEREOS Y MARI-

NOS.

LOS INSTRUMENTALES MÁS EMPLEADOS DE DETECCIÓN Y AUXILIARES, ASÍ COMO -

LOS SISTEMAS DE CALCULO Y PROCESAMIENTO PARA LA INFORMACION QUE SE OBTIENE, COMO SE CONFIGURAN RESULTADOS INTERPRETACIONES PRELIMINARES Y FINALES CORRELACIONANDOLOS CON LOS TRABAJOS TERRESTRES.

ELECCION DE ACCIDENTES GEOLOGICOS CON CONDICIONES FAVORABLES, PARA PROPONER LOCALIZACIONES DE POZOS EXPLORATORIOS O DE DESARROLLO DE CAMPOS, PARA TERMINAR, LAS POSIBILIDADES FUTURAS.

EN LO QUE SE REFIERE A PERFORACION MARINA, SE MENCIONARA LA PERFORACION

DE POZOS EXPLORATORIOS DESDE UNIDADES FLOTANTES, LA PERFORACION DE PO-

*Semi sumergibles.  
Autoelevables*

ZOS DE DESARROLLO DESDE PLATAFORMAS FIJAS AL FONDO DEL MAR. SE DESCRIBIRAN LAS BARCAZAS PERFORADORAS EN OPERACION, EN AGUAS MEXICANAS CON SUS SERVICIOS AUXILIARES Y LAS TERMINALES DE ABASTECIMIENTO, ASI COMO LAS OPERACIONES RESPECTIVAS.

EN CUANTO AL DESARROLLO DE CAMPOS PRODUCTORES, SE EXPLICARAN LOS DIFERENTES PATRONES PARA LA PERFORACION DE POZOS DIRECCIONALES SEGUN SU PROFUNDIDAD Y DESPLAZAMIENTO HORIZONTAL.



SOBRE LOS RECURSOS MINERALES DEL MAR, SE HABLARA SOBRE LAS DIFERENTES -

AREAS DE INVESTIGACION, PLAYAS, COLUMNA DE AGUA, PLATAFORMA CONTINENTAL,

SEDIMENTOS SUPERFICIALES <sup>DEPOSITADOS</sup> ~~DEPOSITADOS~~ EN LOS FONDOS MARINOS Y BASAMENTO -

MARINO.

SE MENCIONARAN ALGUNAS OPERACIONES COMERCIALES DE MINERIA SUBMARINA EN

DIVERSOS LUGARES DEL MUNDO, ASI COMO LOS PRODUCTOS QUE SON EXPLOTADOS;

LA SITUACION ACTUAL CON UNA PROYECCION A LAS CONDICIONES PARA UN FUTU-

RO PROXIMO.

QUERO INDICARLES QUE

NO SE DEBE PENSAR EN LOS OCEANOS UNICAMENTE COMO UN SIMPLE LUGAR DE AL

MACENAJE DE ALIMENTOS, PETROLEO Y MINERALES. NO DEBEMOS <sup>EN LOS SUBSUELOS</sup> ~~EN LOS OCEANOS~~

POR ESAS ENORMES RIQUEZAS, ARRIESGANDONOS A ENVENENAR PARA SIEMPRE EL

" MAR, JUSTO CUANDO COMENZAMOS A APRENDER SU CIENCIA, SUS FENOMENOS Y SU

FILOSOFIA."

EL MAR QUE CUBRE CASI LAS 3/4 PARTES DE LA SUPERFICIE TERRESTRE, EN-

CIERRA EL 80% DE LA VIDA ANIMAL DEL PLANETA. SE ESTIMA QUE ANUALMENTE

SE EXTRAEN 60 MILLONES DE TONELADAS DE ALIMENTOS DE ORIGEN MARINO. SIN

EMBARGO EL PESCADO REPRESENTA EL 3% UNICAMENTE DEL CONSUMO DE PROTEI-

NAS, HUMANO.

SE CONSIDERA QUE SE PODRIA LLEGAR A 180 MILLONES DE TONELADAS, MANTE-

NIENDOSE AUN DENTRO DE UN MARCO DE SENSATA PRESERVACION.

APARTE DEL PETROLEO, SE PERFECCIONAN OTRAS FORMAS DE MINERIA. EN 1972

EL CARBON EXTRAIDO DEL MAR REPRESENTABA EL 30% DE LA PRODUCCION JAPONE

SA Y EL 10% DE LA BRITANICA. dos minas de azufre a 11 KMS. DE LA COS-

TA DE LOUISIANA, PRODUCEN EL 15% DEL TOTAL DE LOS ESTADOS UNIDOS. LOS

RUSOS EXTRAEN ORO, COSTA AFUERA DE SIBERIA. EN ALGUNOS PAISES SE EX-

TRAEN ARENA Y GRAVA, QUE SE UTILIZARA POSTERIORMENTE EN OBRAS DE INGE-

NERIA CIVIL. ISLANDIA INDUSTRIALIZA CONCHAS MARINAS PARA FABRICAR CE-

MENTO, CAL Y OTROS ARTICULOS.

OTRO ASPECTO MUY IMPORTANTE, SON LA EXISTENCIA EN EL LECHO MARINO DE

"NOBULOS"; AUN NO SE PONEN DE ACUERDO LOS EXPERTOS, RESPECTO A COMO -

SE FORMAN, PERO SI DE QUE SIGUEN CRECIENDO LENTA Y CONTINUAMENTE. TIENEN ALTO CONTENIDO DE COBRE, ZINC, MAGNECIO, MANGANESO, FOSFORITA Y -  
OTROS METALES.

NORMALMENTE SE ENCUENTRAN EN AGUAS PROFUNDAS Y SE TIENEN LOCALIZADAS MAYORES CONCENTRACIONES A PROFUNDIDADES ENTRE 4 Y 6 000 M. EL EQUIPO DE MINERIA SUBMARINA PARA EXTRAERLOS, REPRESENTAN INVERSIONES CONSIDERABLES, DEL ORDEN DE 180 MILLONES DE DOLARES QUE SE ESTIMA SERVIRIA PARA EXTRAER 280 MIL TONELADAS DE MAGNECIO, 14 MIL TONELADAS DE COBRE Y 2 800 TONELADAS DE COBALTO.

ES EVIDENTE QUE EL COSTO DE ESTAS OPERACIONES UNICAMENTE PERMITE ACCESO A ESOS RECURSOS A NACIONES ALTAMENTE INDUSTRIALIZADAS, LO CUAL NOS PARECE INJUSTO PARA LAS OTRAS NACIONES DEL PLANETA Y POR ELLO LA NECESIDAD DE CONTROLAR ESOS RECURSOS OCEANICOS, MEDIANTE EL ESTABLECIMIENTO DE UN REGIMEN INTERNACIONAL QUE PREVENGA UNA INCONTROLADA COMPETENCIA ENTRE LAS MISMAS NACIONES INDUSTRIALIZADAS Y QUE SE PONGAN ESAS -

RIQUEZAS DEL MAR, BAJO LA ESTRICTA JURISDICCION DE LAS NACIONES UNIDAS. *u*

*X* RESPECTO A LAS INTERVENCIONES HUMANAS BAJO EL AGUA, DESPUES DE UNA BREVE

INTRODUCCION, SE ESTABLECERAN CIERTOS LIMITES PARA LAS INMERSIONES:

A BAJA PROFUNDIDAD RESPIRANDO AIRE; A MEDIANA PROFUNDIDAD CON MEZCLA -

DE GASES; A PROFUNDIDAD CON CAPSULA PRESURISABLE; A GRAN PROFUNDIDAD -

CON CAPSULA PRESURISABLE; DE GRAN DURACION MEDIANTE SATURACION <sup>SATURACION</sup>, INCLU-

YENDO LOS LIMITES PRACTICOS Y EXPERIENCIAS EN LABORATORIOS HIPERBARICOS.

TAMBIEN SE MENCIONARAN LOS SUMERGIBLES AUTONOMOS, HUMEDOS Y A PRESION

ATMOSFERICA, ASI COMO EL EMPLO DE CAPSULAS ACOPLABLES A RECINTOS INS-

TALADOS EN EL FONDO, SIEMPRE A PRESION ATMOSFERICA. INTERVENCIONES

DESDE LA SUPERFICIE CON MANIPULADORES Y ROBOTS OPERADOS A CONTROL RE-

MOTO.

EN LA EXPLOTACION DE RECURSOS EN AGUAS PROFUNDAS, SE PRESENTARAN DOS

CONCEPTOS BASICOS; EL PRIMERO A BASE DE MODULOS RECUPERABLES REEMPLAZA

BLES PERIODICAMENTE SIN INTERVENCION DIRECTA DEL HOMBRE Y OTRO A BASE

DE UNIDADES QUE ENCIERRAN A PRESION ATMOSFERICA, EQUIPOS OPERADOS A CONTROL REMOTO DESDE UNA UNIDAD CENTRAL; AMBOS SISTEMAS ESTAN DISEÑADOS PARA PERMITIR INTERVENCIONES HUMANAS OCASIONALMENTE EN CASO DE EVENTUALES FALLAS, PERO SIEMPRE ESTOS TRABAJOS SE REALIZARAN A PRESION ATMOSFERICA.

POR MEDIO DE ALGUNOS EJEMPLOS SE ANALIZARAN LAS VENTAJAS DEL LLAMADO -

"<sup>Flujo</sup> ~~Flujo~~ DE CAJA<sup>ca</sup> ANTICIPADO" PARA ADELANTAR LA PRODUCCION DE UN CAMPO

PETROLERO SUBMARINO Y ANALISIS COMPARATIVOS PARA DESARROLLAR UN CAMPO A BASE DE VARIAS PLATAFORMAS O BIEN UNA SOLA COMO UNIDAD DE CONTROL Y UNA SERIE DE UNIDADES INSTALADAS EN EL FONDO.

EN LO QUE SE REFIERE A OBRAS MARITIMAS COSTA AFUERA, SE TOCARAN TEMAS RELATIVOS A LAS MANIOBRAS DE CARGA Y DESCARGA EN PUNTOS ALEJADOS DE LA COSTA Y EL TRANSPORTE EN LINEAS DE CONDUCCION BAJO EL AGUA; LAS PLATAFORMAS MARITIMAS BASES DE DISEÑO, CONSTRUCCION E INSTALACION, TERMINANDO CON ALGUNAS RECOMENDACIONES PARA LA ELABORACION DE ESTUDIOS OCEANICOS

EN LA ZONA DONDE SE PROYECTEN ESTE TIPO DE OBRAS.

*Levado  
TUBERIA SUB*

RESPECTO A LOS PROBLEMAS DE LA CONTAMINACION MARINA Y EL MAR COMO -  
HABITAT, ES UN TEMA DE GRAN IMPORTANCIA YA QUE DE NO TOMARSE AHORA

MEDIDAS PARA PREVENIR LA CRECIENTE CONTAMINACION DE LOS OCEANOS, PU

DIERAMOS, COMO LO INDICO HACE UNAS SEMANAS EL DISTINGUIDO OCEANOFRA

FO FRANCIS JACQUES YVES COUSTEAU "EN SOLO UNAS DECADAS MAS, SER TESTI-

GOS PRESENCIALES DEL FIN DE TODO". SE ESTIMA QUE ENTRE EL 20 Y EL -

30% DE LOS MARES DEL MUNDO ESTAN SIENDO AFECTADOS POR LA CONTAMINACION.

LA MAYOR PARTE DE LOS CONTAMINANTES, ES OCASIONADA POR LAS AGUAS NEGRAS,

DESHECHOS INDUSTRIALES Y LOS DETERGENTES A BASE DE FOSFATOS QUE SON -

ARROJADOS AL MAR.

LA INDUSTRIA PETROLERA YA SEA DURANTE LA PERFORACION Y PRODUCCION DE -

POZOS EN EL MAR COMO EL CRECIENTE USO DE BARCOS SUPERTANQUES, REPRESENTAN

TAN UN POTENCIAL DERRAME DE PETROLEO EN EL MAR.

SE ESTIMA QUE EN 1968 SE ARROJARON A LOS OCEANOS DEL ORDEN DE 50 MILLO

NES DE TONELADAS DE DESPERDICIOS, ENTRE MATERIAL ARROJADO POR DRAGAS,

RESIDUOS INDUSTRIALES DE LA CONSTRUCCION, DESHECHOS RADIOACTIVOS, PRO

DUCTOS QUIMICOS EN GENERAL.

EL DRAGADO ES UNO DE LOS MAYORES CONTAMINADORES, LE SIGUEN LOS DESPER-

dicios industriales; LOS INGENIEROS AZUCAREROS ARROJAN AL MAR, CLORURO

Y SULFURO DE SODIO; LAS PLANTAS DE ACERO, CLORUROS Y SULFUROS, MIENTRAS

QUE OTRAS ARROJAN CIANURO E HIDROXIDOS, Y EN FIN TODO PROCESO INDUSTRIAL

QUE USE EL AGUA COMO MEDIO DE DESHACERSE DE SUS DESPERDICIOS.

"TODO LO QUE SE HAGA CONTRA EL AGUA ES UN CRIMEN CONTRA LA VIDA". APA

RENTEMENTE ESTE CRIMEN NO PODRA CONTROLARSE, HASTA QUE LAS NACIONES -

DEL MUNDO ESTABLEZCAN SUS DERECHOS Y OBLIGACIONES PARA EL APROVECHAMIENT

TO Y PRESERVACION DE LOS MARES.

OTRO TEMA DE GRAN ACTUALIDAD ES EL DE BASES PARA UN INVENTARIO DE LOS

RECURSOS OCEANICOS, EN EL CUAL SE MENCIONARAN LOS QUE AFECTAN LA ECONO

MIA NACIONAL. ESTABLECIENDO UN PANORAMA ACTUAL DE LA INVESTIGACION -

OCEANOGRAFICA MEXICANA Y SU PROYECCION A NIVEL INTERNACIONAL.

SE FIJARAN LOS OBJETIVOS E IMPORTANCIA DE LA REALIZACION DE UN INVENTA

RIO RACIONAL EN MEXICO DE ESOS RECURSOS, DANDO UNA INFORMACION GENERAL

DE LOS CRUCEROS OCEANOGRAFICOS REALIZADOS POR INSTITUCIONES NACIONALES

Y POR EXTRANJERAS EN AREAS MARITIMAS DE INTERES NACIONAL.

LA NECESIDAD DE EDUCAR, ENTRENAR Y FORMAR PERSONAL ESPECIALIZADO EN -

LAS CIENCIAS DEL MAR Y ACTIVIDADES MARITIMAS . SE EXPLICARA EL PROCE-

DIMIENTO Y LOS MECANISMOS QUE SE UTILIZAN EN EL CENTRO DE DATOS OCEANO

GRAFICOS DE LA SECRETARIA DE MARINA Y LAS NECESIDADES DE ESTABLECER UN

CENTRO NACIONAL DE DATOS OCEANOGRAFICOS.

EN LOS ASPECTOS ECONOMICOS DE LA INGENIERIA OCEANICA SE INDICARA EL

POTENCIAL MARITIMO DE MEXICO, SUS LITORALES, LOS PUERTOS Y LA FLOTA MER

CANTE NACIONAL, LA PESCA, LA PLATAFORMA CONTINENTAL, ALGUNAS DE LAS

CAUSAS DEL CARACTER NO MARITIMO DE MEXICO Y SE ESTABLECERAN ALGUNAS

POSIBLES SOLUCIONES.

LA INGENIERIA PESQUERA SERA TAMBIEN PRESENTADA EN TERMINOS GENERALES



Y SE PARTICULARIZARA EN ALGUNAS OBRAS PARA CAPTURAR RECURSOS VIVOS,

ESPECIALMENTE REDES FIJAS O ALMADRABAS.

PARA TERMINAR, SE TIENE UN TEMA DE GRAN ACTUALIDAD, LA APLICACION DEL

DERECHO DEL MAR A LA EXPLOTACION MARINA. LOS MEXICANOS TENEMOS DERE-

CHOS Y OBLIGACIONES SOBRE ESOS RECURSOS MARINOS, ES POR ELLO LA IMPOR

TANCIA DE PODER PRESEVAR Y ADMINISTRAR ESAS RIQUEZAS QUE TAMBIEN SON

UN PATRIMONIO NACIONAL, QUE DEBE EXPLOTARSE RACIONALMENTE EN BENEFICIO

Y PROVECHO DE NUESTROS COMPATRIOTAS.

A NIVEL MUNDIAL PARA ACTUALIZAR ESOS DERECHOS Y OBLIGACIONES, DESDE

MEDIADOS DEL PASADO MES DE JUNIO, LOS ESPECIALISTAS DE 151 PAISES DE

NUESTRO PLANETA, ESTAN REUNIDOS EN CARACAS, VENEZUELA, EN LA III CON

FERENCIA DE LAS NACIONES UNIDAS SOBRE EL DERECHO DEL MAR.

EL NUEVO REGLAMENTO QUE SE ESTA FORMULANDO, PONE DE MANIFIESTO QUE

LOS PAISES EN VIAS DE DESARROLLO, LLAMADOS "EL TERCER MUNDO", PARTICI

PAN YA ACTIVAMENTE EN LAS RELACIONES INTERNACIONALES. LA PROVABLE

INSTITUCION DEL LLAMADO MAR PATRIMONIAL O ZONA ECONOMICA DE 200 MILLAS,

ES EL NUCLEO DEL FUTURO DERECHO DEL MAR Y ES UNA CONSECUENCIA LOGICA DE LA ACTUAL FILOSOFIA PARA EL DESARROLLO QUE COMPLEMENTA LOS IDEALES Y PREVISIONES DE ESTOS PAISES, QUE SON EN REALIDAD LAS DOS Y TERCERAS PARTES DE LA POBLACION DE LA TIERRA.

SE PIENSA SUBSTITUIR EL CONCEPTO DE "ALTA MAR LIBRE" POR EL DE UNA "LIBERTAD DE LOS MARES RESPONSABLE". MEXICO SOSTIENE LA TESIS DE UN MAR TERRITORIAL DE 12 MILLAS, LIGADO INDISOLUBLEMENTE A UNA ZONA DE JURISDICCION ECONOMICA DE 200 MILLAS; GOZANDO EL ESTADO RIBEREÑO, DERECHOS SOBERANOS SOBRE LOS RECURSOS VIVOS Y MINERALES RENOVABLES O NO RENOVABLES, QUE SE ENCUENTREN EN LA COLUMNA DE AGUA, LECHO MARINO Y EN EL SUBSUELO, PERO SIN EJERCER ESOS DERECHOS SOBRE LOS AMBITOS MISMOS, PUDIENDO EFECTUAR ACCIONES PARA PREVENIR LA CONTAMINACION Y REGLEMENTAR LA INVESTIGACION CIENTIFICA EN ESAS ZONAS.

EL HOMBRE DE HOY TIENE UNA OBLIGACION MORAL CON LAS GENERACIONES FUTU-

RAS, YA QUE VIVIMOS UNA EPOCA EN QUE AL PRESENTARSE CRISIS DE ENERGETI

COS, DE ALIMENTOS Y DE OTROS PRODUCTOS BASICOS, DEBE CUANTIFICAR, PLA-

NEAR Y LLEVAR A CABO LA EXPLOTACION DE LAS RIQUEZAS DE LOS MARES, QUE

NOS OFRECEN UNA POSIBLE RESPUESTA.

SE DEBE BUSCAR UN APROVECHAMIENTO RACIONAL Y COMPARTIDO DE LOS RECUR-

SOS DEL MAR PATRIMONIAL, MEDIANTE ACUERDOS DE COOPERACION INTERNACIO

NAL, JUSTOS QUE TRANSFIERAN LA TECNOLOGIA ADECUADA A LOS PAISES EN DE

SARROLLO.

LOS RECURSOS OCEANICOS DE ALTA MAR, DEBEN CONSIDERARSE COMO UN PATRIMO

NIO COMUN DE LA HUMANIDAD, TAL COMO LO PROCLAMARON EN 1970 LAS NACIONES

UNIDAS, PIDIENDO EL ESTABLECIMIENTO DE UN PLAN PREVIO, DELIVERADO Y

RACIONAL, PARA LA EXPLOTACION Y DISTRIBUCION EQUITATIVA DE ESAS IMPOR

TANTES RIQUEZAS.

CONSIDERO EXCELENTE, LA IDEA DE USAR UNA AUTORIDAD UNIVERSAL VIGOROSA,

QUE DEBA TENER "FORTALEZA ECONOMICA Y TECNOLOGICAMENTE. SUEFICIENTES PA

RA ADMINISTRAR DIRECTA Y DECIDIDAMENTE LAS RIQUEZAS DEL MAR LIBRE Y RE  
PARTIRLAS ENTRE TODOS LOS PUEBLOS, INCLUYENDO LOS QUE NO TIENEN LITORAL",  
Y DE LOGRARSE SERIA UN PASO EXTRAORDINARIO, QUE ESTARIA INSPIRADO EN  
LA MAS SANA JUSTICIA SOCIAL".

ESPERO, COMO LO INDICO HACE UNOS DIAS NUESTRO PRESIDENTE, EL LICENCIA-  
DO LUIS ECHEVERRIA ALVAREZ, ANTE LA III CONFERENCIA DE LAS NACIONES UNI-  
DAS, SOBRE EL DERECHO DEL MAR, QUE ESE DOCUMENTO QUE SE FORMULE EN CA-  
RACAS: "PUEDA SER PODEROSO INSTRUMENTO PARA QUE EL TERCER MUNDO, MUNDO  
EN DESARROLLO, LLEGUE A EJERCER SOBERANIA PERMANENTE Y EFECTIVA SOBRE  
TODOS SUS RECURSOS NATURALES, E INDIRECTAMENTE PARA DEMOCRATIZAR Y  
VOLVER MAS JUSTA LA DIVISION INTERNACIONAL DEL TRABAJO".

PARA CONCLUIR ESTA INTRODUCCION AL CURSO SOBRE INGENIERIA OCEANICA,  
QUISIERA DECIRLES QUE SIN SER TAN ESPECTACULAR COMO LA CONQUISTA DEL  
ESPACIO EXTERIOR, LA DE LOS OCEANOS REPRESENTA LA ULTIMA FRONTERA POR  
EXPLORAR EN NUESTRO PLANETA Y QUE LOS RECURSOS QUE AHI SE ENCUENTRAN

SERAN LA UNICA RESPUESTA A LOS INNUMERABLES PROBLEMAS A QUE SE ENFRENTA EL MUNDO CON UN CRECIMIENTO DEMOGRAFICO, DIFICIL DE CONTROLAR.

ENTRE LA DOCUMENTACION QUE SE LES HA ENTREGADO Y MAS QUE SE LES IRAN DANDO EN LOS PROXIMOS DIAS, ENCONTRARAN MATERIAL DE REFERENCIA Y CONSULTA PARA AQUELLOS DE USTEDES QUE DESEEN INTRODUCIRSE MAS A TECNICAS MAS SOFISTICADAS DE ESTA ESPECIALIDAD.

DEBO RECONOCER EL ESFUERZO QUE REALIZA EL CENTRO DE EDUCACION CONTINUA DE LA FACULTAD DE INGENIEROS DE LA UNAM AL LLEVAR A CABO ESTE TIPO DE CURSOS INTENSIVOS QUE HAN SIDO DE GRAN ACEPTACION Y UTILIDAD PARA LOS INGENIEROS DE MEXICO, HABIENDO DESPERTADO EL INTERES PARA LLEVARLOS A CABO EN OTROS PAISES DEL CONTINENTE, PUDIENDO CONSIDERARSE COMO UNA APORTACION MEXICANA A LA INGENIERIA CONTINENTAL.

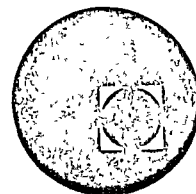
AGRADEZCO SU PRESENCIA A ESTE CURSO INTENSIVO Y ME PONGO A SUS ORDENES PARA QUE CUALQUIER ACLARACION O DUDA SOBRE LA INGENIERIA OCEANICA, ME LA HAGAN SABER PARA TRATAR DE ACLARAR DENTRO DE MIS POSIBILIDADES.

MIL GRACIAS





centro de educación continua  
facultad de ingeniería, unam



INGENIERIA OCEANICA

EXPLORACION DE RECURSOS EN AGUAS PROFUNDAS

Ing. Mauricio Porraz

Tacuba 5, primer piso. México 1, D.F.  
Teléfonos: 521-30-95 y 513-27-95

CENTRO DE EDUCACION CONTINUA.  
FACULTAD DE INGENIERIA, UNAM.

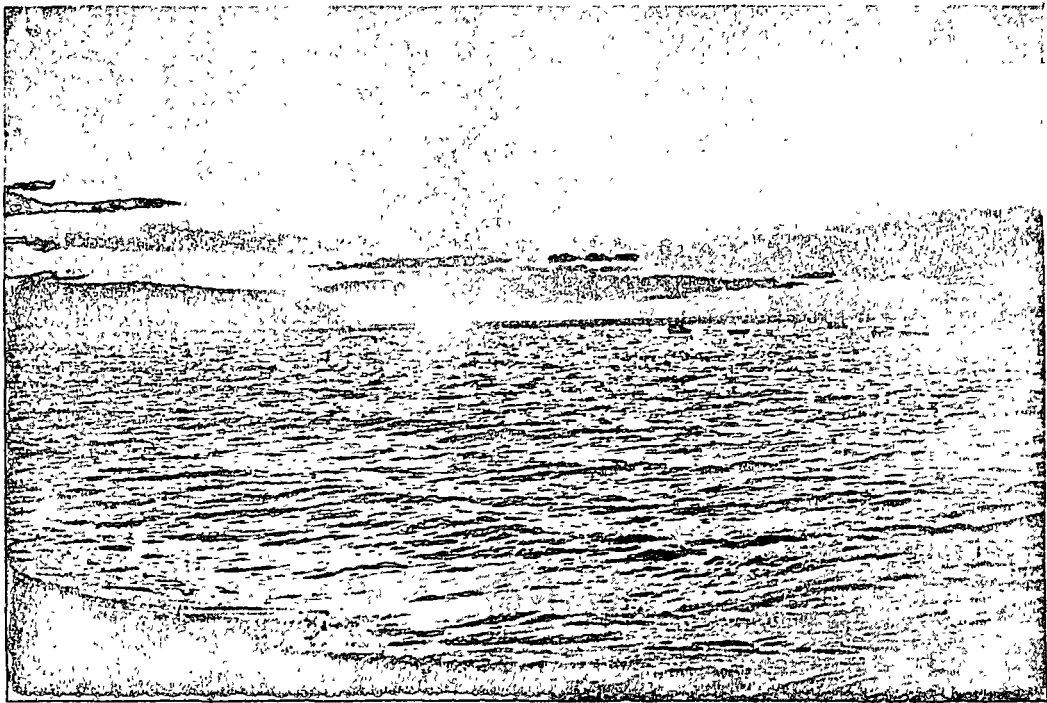
DETALLE DE ARTICULOS

- EL DELFIN: RECURSO OCEANICO CON INGENIERIA DE SISTEMAS, (páginas de la 50 a la 53).
- INTEGRACION DEL COMITE MEXICANO DE INGENIERIA DE LOS RECURSOS OCEANICOS, A. C. (páginas 55 y 56).
- APLICACIONES DE LA INGENIERIA SUBMARINA. (páginas de la 21 a la 29).
- SUMERGIBLE PROFUNDO EN BAJA CALIFORNIA. (páginas de la 20 a la 31).
- EL HOMBRE-PEZ RESPIRARA AGUA DE MAR. (páginas de la 20 a la 25).
- INTERVENCIONES TECNICAS SUBMARINAS A PROFUNDIDADES IMPORTANTES (Buceo Profundo). Páginas de la 63 a la 69.
- APLICACIONES DE LA INGENIERIA SUBMARINA, A LA PERFORACION EN EL MAR. (páginas de la 48 a la 53).
- LA INGENIERIA MEXICANA ENCUENTRA NUEVAS APLICACIONES--BAJO EL AGUA. (páginas de la 11 a la 18).

ING. MAURICIO PORRAZ J. L.



# la ingeniería mexicana encuentra nuevas aplicaciones bajo el agua



Por el Ing. Mauricio Porraz J. L.

En esta época de satélites y viajes espaciales en que los avances de la tecnología permitirán muy pronto la conquista de la luna, otra conquista no menos importante sin ser tan espectacular como la primera, es la de los océanos.

El hombre inició la explotación de los recursos naturales que se encuentran en el mar desde tiempo inmemorial y ultimamente se ha visto incrementada grandemente al iniciarse la recuperación de productos localizados en el fondo y en el subsuelo marino.

La actividad industrial más importante hoy en día es la exploración y explotación de hidrocarburos en áreas localizadas en los mares. Habiéndose iniciado en la década de los cuarentas en las costas de Estados Unidos de Norteamérica, teniendo que enfrentarse y resolver innumerables problemas técnicos; los primeros pozos perforados fueron en aguas poco profundas y en zonas protegidas, con las innovaciones de equipos y sistemas empleados actualmente se han otorgado concesiones y se trabaja en tirantes de agua del orden de cien brazas.

La Ingeniería Submarina y las disciplinas relacionadas con ella en especial la referente al buceo han tenido un impulso definitivo en la presente década, lográndose avances espectaculares que permiten intervenciones bajo el agua a profundidades de hasta 200 M., y preveer para muy pronto alcanzar la barrera de los 500 M., con lo cual las áreas factibles de ser explotadas racionalmente se ven grandemente aumentadas ofreciendo un futuro prometedor para los años venideros.

Hasta hace algunos años los buzos profesionales en nuestro país eran individuos que habían aprendido ese oficio en forma práctica sin antecedentes tecnológicos; el equipo que utilizaban se

encontraba en condiciones no siempre satisfactorias, por lo que su capacidad de trabajo tenía ciertas limitaciones.

Todas estas razones habían dado como resultado que los trabajos submarinos de relativa importancia que requerían de una cierta especialización se tuvieran que encomendar a empresas extranjeras, a pesar del alto costo que esto representaba.

Fué cuando aumentaron las necesidades de trabajos bajo el mar al incrementar Petróleos Mexicanos sus operaciones en la Plataforma Continental del Golfo de México que varios ingenieros y técnicos nacionales se propusieron responder a los requerimientos que en materia de ingeniería submarina se presentaban.

No fué una improvisación, ya que hace algunos años habían participado en el grupo piloto de los cursos elementales de buceo autónomo que se imparten en la Facultad de Ingeniería de la U.N.A.M. además de que se contaba gracias a experiencias personales con información del tipo internacional, y que aprovechando las realizaciones de países con mayores medios, E.U.A., Francia, Inglaterra, Alemania, Suecia, Italia, Japón, etc., etc., pudieron ofrecer las técnicas de buceo más avanzadas, en aquel entonces.

Se contaba desde luego con una asesoría técnica extranjera, pero desde el primer instante se enfocó el problema de la carencia de personal capacitado, por lo que se procedió a iniciar un programa de entrenamiento y capacitación en los métodos de buceo más modernos a obreros y técnicos mexicanos.

Los originalmente aprendices, comenzaron a asimilar los conocimientos y la experiencia de instructores; estos últimos fueron reclutados sin espe-

timar un solo centavo con tal de conseguir los mejores; poco a poco se fueron alcanzando adelantos notables, logrando que por primera vez en el mundo fuera de los E.U.A. se emplearan en forma industrial mezclas gaseosas especiales a base de helio y oxígeno para la respiración de los técnicos buzos.

Actualmente todavía existen compañías de buceo extranjeras que operan en nuestro país, pero se ha logrado un primer paso en la meta fijada ya que por lo menos en un grupo se ha conseguido que absolutamente todo su personal sea mexicano sin que la eficiencia de los trabajos por realizar se haya visto afectada.

Además del aspecto humano, existe otro aspecto importante, el instrumental y equipo de trabajo, el cual hubo necesidad de importar en un principio por tratarse de un equipo especializado.

Los ingenieros mexicanos procedieron a estudiar las posibilidades de construir en México su propio equipo; se requirieron de largos meses de pruebas para conseguir a los proveedores nacionales cuyos productos cumplieran con las normas de calidad establecidas. Esta labor de constancia y dedicación ha dado sus primeros frutos y actualmente una parte importante del equipo de buceo es fabricado en México.

Existen sin embargo algunas piezas y partes de equipo que hasta la fecha es necesario importar, constituyendo un problema continuo de refacciones, transportes, aduanas, etc., etc. Como

ejemplo se puede mencionar, el gas helio, parte vital de las mezclas gaseosas, el cual es producido únicamente en E.U.A.

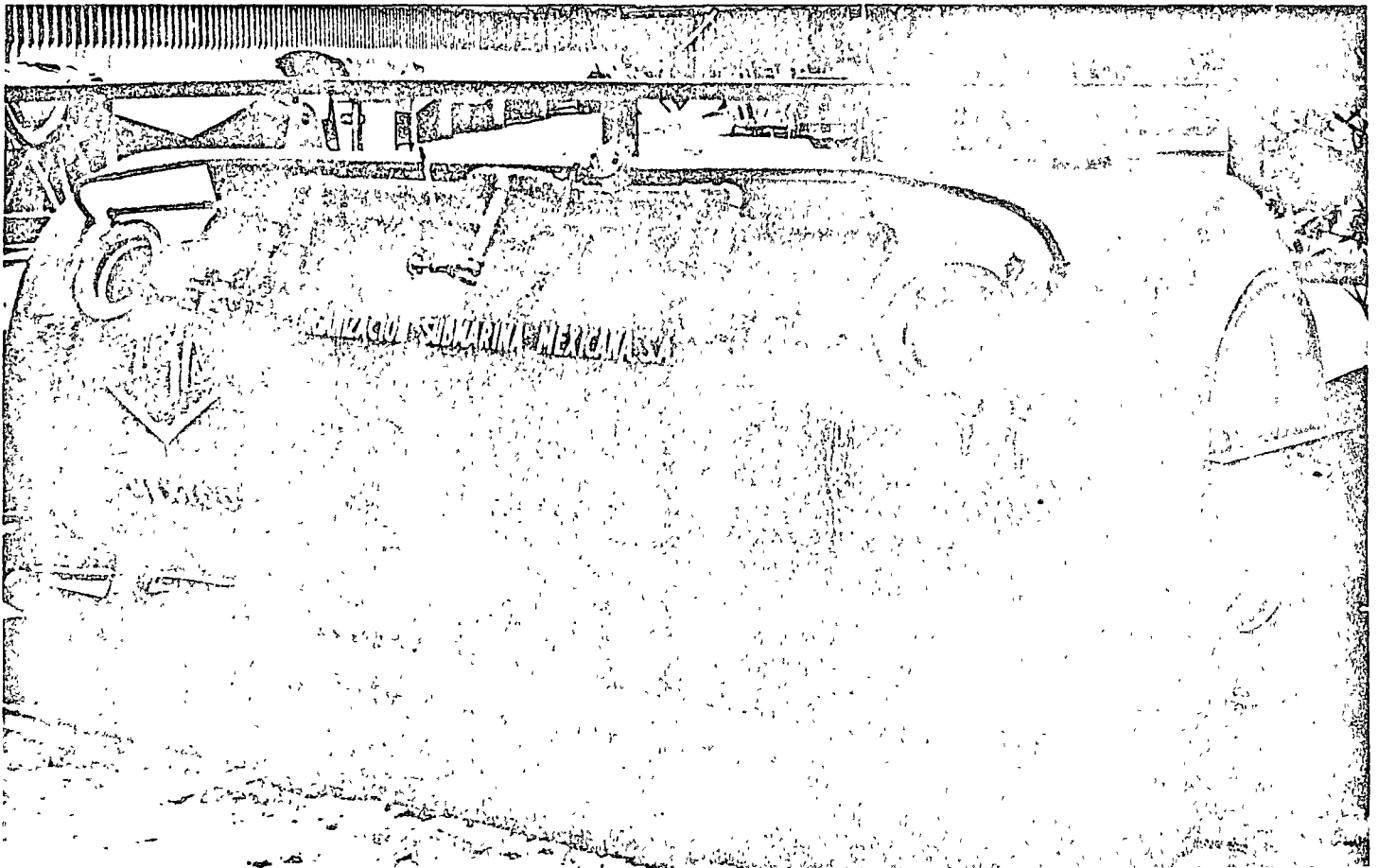
Entre las realizaciones logradas en el aspecto de la fabricación del equipo, se pueden mencionar: cámaras hiperbáricas a doble compartimento (ver foto No. 1), las cuales se fabrican por primera vez en México y que ya han sido probadas satisfactoriamente; las autoridades de la Secretaría de Marina tienen interés en instalar varias cámaras de este tipo en diferentes puntos estratégicos de la República, con el fin de atender a los buceadores tanto deportistas como profesionales que se ven afectados por accidentes propios del buceo.

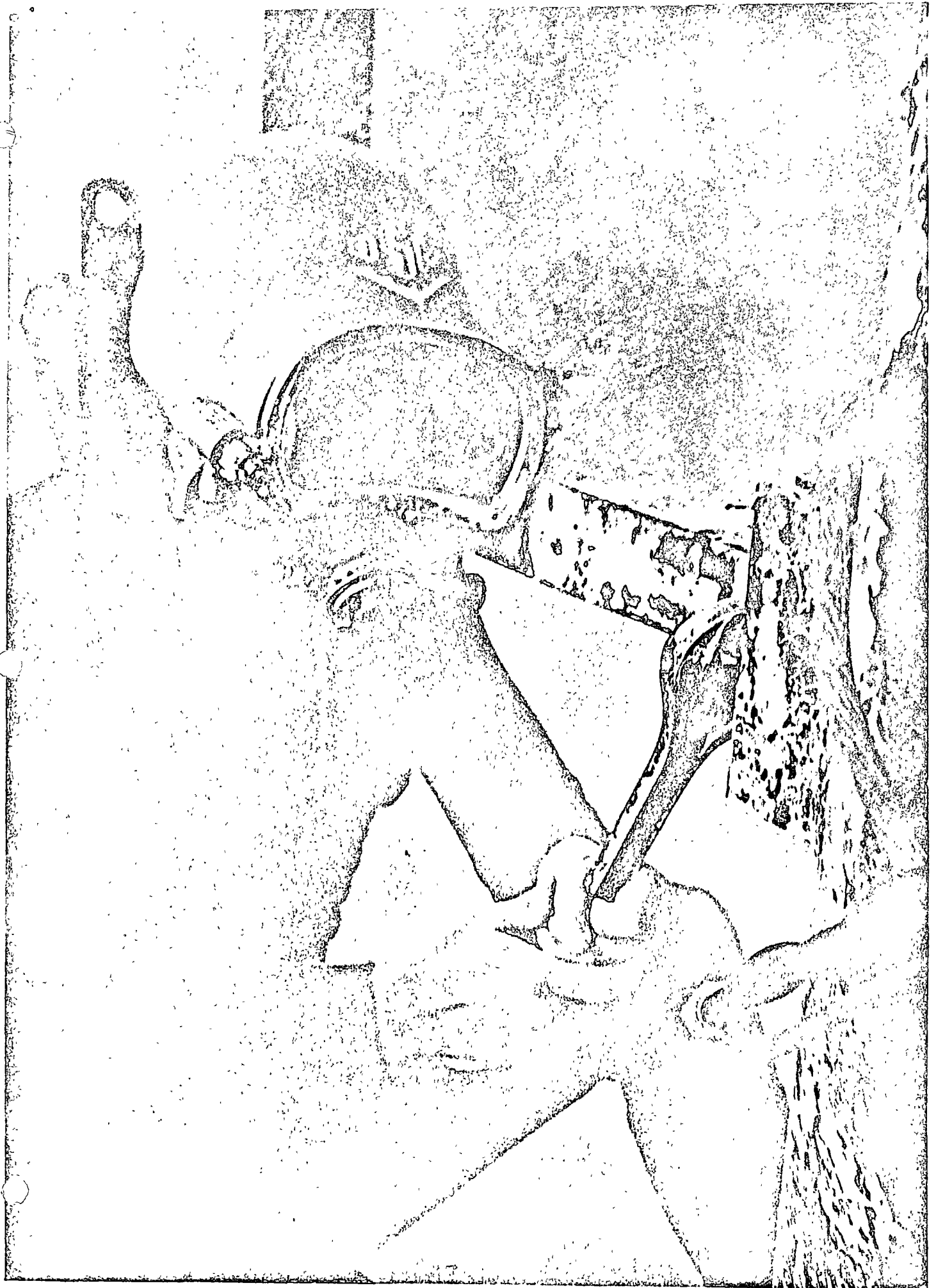
En ocasiones anteriores por carecer de instalaciones adecuadas, los accidentados tuvieron que ser trasladados para un tratamiento correcto a los E.U.A., dejando en algunos casos lesiones permanentes, sin mencionar los gastos que fué necesario erogar en cada caso, como es el transporte en avión especial, etc.

Con el fin de dar una idea de lo que pueden ser las aplicaciones de la ingeniería bajo el mar, se mencionarán a continuación algunos trabajos en que los técnicos buzos mexicanos han participado en los últimos años.

Es sin lugar a duda en la industria petrolera la que más ha requerido de las intervenciones submarinas, pudiendo mencionar los trabajos especializados en las unidades de seguridad que se instalan en el fondo marino al perforar pozos en

Cámara hiperbárica múltiple, proyectada y construida totalmente en México (Foto de Equipos y Técnicas, S.A.)





Técnico buzo trabajando en operaciones de perforación de pozos petroleros en el mar, intervenciones hasta de 200 mt.  
(Foto de Organización Submarina Mexicana. S. A.)



Foto OCEAN SYSTEMS, INC. 270 Park Avenue New York, N. Y. 10017

el mar, estos se han localizado en ocasiones a profundidades de 65 M. y la duración de las intervenciones ha alcanzado en algunos casos una hora y veinte minutos, sin contar el tiempo requerido para la descompresión. Se utilizan los equipos más modernos abastecidos de mezclas gaseosas especiales (Ver foto No. 2).

Otro tipo de trabajos submarinos en el cual se aplican técnicas para soldar bajo el agua es en proyectos de protección catódica de estructuras metálicas sujetas a problemas de corrosión. En este campo los técnicos buzos en el Puerto de Guaymas, Son., soldaron soleras uniendo tablaestacas del muelle de descarga que consta de nueve gabiones, logrando dar un potencial uniforme de la estructura y la correcta operación de la protección instalada.

En tres plataformas petroleras del campo de Santa Ana, Tab., la protección catódica incluyó colocar 510 ánodos de Zinc de 120 ka. de peso

cada uno, soldados bajo el agua a las patas de la estructura y en forma de rosarios (camas anódicas), además se protegieron las líneas de producción a tierra firme en la Batería de Arjona.

Se pueden mencionar estudios preliminares a proyectos importantes como es el caso del tendido de un oleoducto de más de 50 km. con tramos en que el tirante de aguas es cercano a los 50 M. para el cual Ingenieros, Géologos, y Técnicos Buzos efectuaron el estudio del trayecto, obteniendo muestras de sedimentos y analizando las condiciones del fondo marino; se incluyó un estudio de los organismos bentónicos encontrados, en el reporte que se entregó se discutieron la Geocronología de la zona y las características geológico-marinas del fondo.

En otras campañas hidrográficas incluyen además de los trabajos submarinos de reconocimiento y muestreo del fondo marino, estudios de diseño con análisis ciclónicos, evaluación de fuerzas

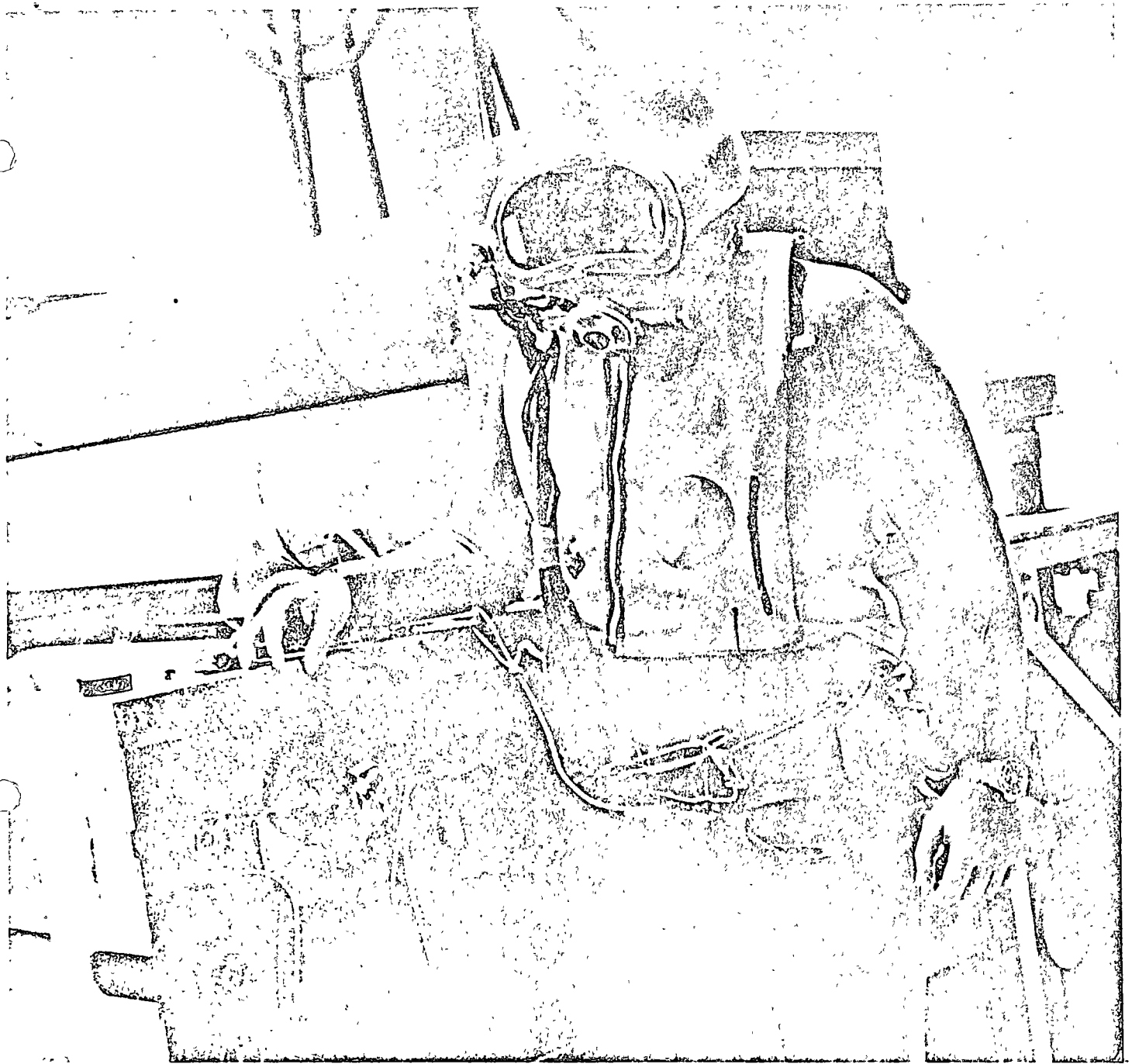


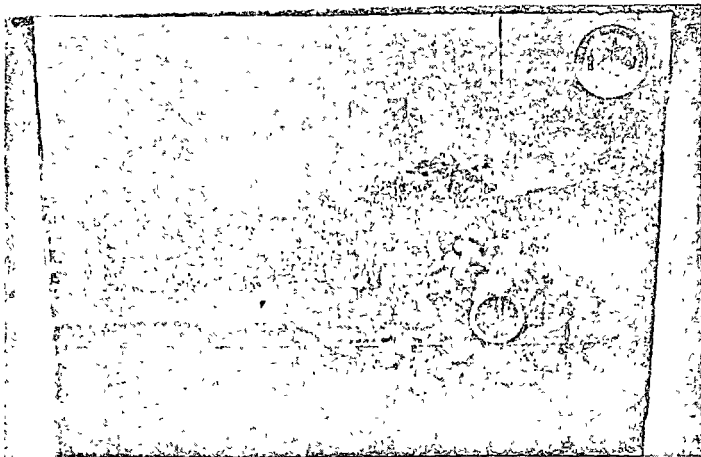
Foto de Organización Submarina Mexicana, S. A.

actuantes sobre las estructuras en proyecto, análisis de socavaciones, cálculo de elementos conexos, así como estudios relativos a control de calidad del material propuesto en el proyecto; estudios de este tipo fueron realizados para el acueducto submarino que abastecerá Isla Mujeres, el cual actualmente se encuentra en construcción, la tubería utilizada es de plástico PVC en un diámetro de 150 mm.

El estudio de socavaciones en cruces fluviales de ductos ha sido un tema en el cual se ha puesto un especial interés, los especialistas mexicanos además de inspeccionar el estado real de ocho cruces con ríos de importantes líneas que van de Cd. Pemex a la Capital, diseñaron en colaboración con investigadores del Instituto de Ingeniería de la U.N.A.M., varios tipos de testigos para medir la socavación "in-situ". Estos fueron puestos a prueba e instalados en todos los cruces; un año

Los resultados obtenidos fueron alentadores, nuevos testigos modificados con innovaciones fueron colocados, estos últimos serán recuperados la próxima temporada de estiaje; paralelamente se aplicaron fórmulas teóricas para predecir la socavación máxima probable en avenidas extraordinarias; la continuación de estos estudios en forma sistemática y racional se espera permita llegar a correlacionar la socavación real observada con la probable calculada por medio de las fórmulas; la investigación respecto a los testigos de socavación continua, actualmente se tienen en estudio, dos nuevos tipos de testigos con los que se espera obtener lecturas más precisas y en forma continua.

Para complementar las observaciones directas bajo el agua y evaluar mejor el fenómeno de "socavación local" en tuberías expuestas a corrientes transversales se construyó un modelo hidráulico (ver foto No. 3), en el cual se sigue un programa



Los estudios de laboratorio relativos a socavaciones en tuberías expuestas a corriente transversal incluyen métodos de protección.

(Foto Instituto de Ingeniería U. N. A. M.)

OSM cuenta con los equipos adecuados para cada trabajo. En la foto se muestra un técnico buzo echando a andar el compresor Diesel de aire, bajo la supervisión de un ingeniero especialista en cuestiones marinas. Puede notarse del lado izquierdo, la cámara de recompresión a doble compartimiento, y al fondo, la caja metálica para guardar las mangueras y escafandras.

(Foto Organización Submarina Mexicana, S. A.)



con la sección de Hidráulica del Instituto de Ingeniería de la U.N.A.M. Los resultados obtenidos a la fecha revisten mucho interés; se cuenta además con una mesa de viento con arena en la que el flujo de agua se substituye por una corriente de aire para reconstruir determinados fenómenos que previamente se midieron en el canal hidráulico.

En diferentes cruces, para conocer el subsuelo del cauce se han efectuado sondeos geotécnicos con obtención de muestras hasta 15 M. dentro de los sedimentos obteniendo un perfil geológico con la correspondiente restitución estratigráfica de los sondeos.

Además de la Industria Petrolera, los Ingenieros y Técnicos buzos mexicanos colaboran con otras dependencias como la Secretaría de Marina, la Secretaría de Recursos Hidráulicos, la Comisión Federal de Electricidad, la Secretaría de Obras Públicas y con Empresas de la iniciativa privada (Compañías Constructoras de Seguros, Navieras, etc.). Así como Institutos Científicos de Investigación Marina.

Entre los trabajos bajo el agua normalmente efectuados para ellos pueden mencionar: Inspecciones en cortinas de presas, limpieza de rejillas, compuertas, cabias válvulas, localizar fugas, tender líneas, en puentes, inspección de las pilas, reparación de fallas o daños, obras de demolición por medio de explosivos, o con otros procedimientos; aplicación de productos protectores a estructuras sumergidas; peritajes respecto a accidentes y naufragios; recuperación de embarcaciones o equipos hundidos, etc., etc., etc.

Como un caso original se puede mencionar, la participación de técnicos buzos mexicanos en los trabajos que actualmente se llevan a cabo en la ciudad de México para construir un tren subterráneo "Sistema de Transporte Colectivo METRO" los que ayudaron a resolver los problemas de colados al ocurrir desconchamientos de una lente de arena, estas inmersiones fueron efectuadas dentro de lodo bentonítico que además las paredes de las excavaciones.

No obstante que la tecnología submarina indudablemente ofrece amplios horizontes de aplicación en el futuro para Ingenieros y Técnicos especialistas, actualmente en México la realidad se limita a unos campos específicos como los mencionados en párrafos anteriores. En parte se debe a la falta de comunicación entre los Ingenieros responsables de grandes proyectos y los especialistas en trabajos bajo el agua; ya que al no estar al tanto de los adelantos recientemente logrados en esta rama de la ingeniería evitan o reducen hasta donde es posible métodos constructivos que requieran intervenciones de técnicos buzos.

Hoy en día existen varias empresas que operan en la República Mexicana, mismas que cubren ampliamente las necesidades de trabajos subacuáticos actuales. Algunos grupos a pesar de que cuentan con suficiente personal capacitado, previendo un desarrollo mayor, continúan sus programas de entrenamiento.

En México no existen centros de



Con escafandras abastecidas desde la superficie, aun respirando mezclas gaseosas especiales, se pueden aplicar satisfactoriamente para trabajos hasta profundidades de 100 a 120 M.

(Foto de Organización Submarina Mexicana, S.A.)

de buzos que pudieran abastecer a los contratistas en esta especialidad; personal capacitado, prácticamente no se consigue, por lo que cada organización debe de preparar sus propios técnicos.

No basta el saber bucear (la mayoría únicamente ha utilizado la escafandra autónoma) hay

que saber trabajar tanto fuera como bajo el agua, raciocinar y hacerlo con las manos. El técnico buzo de la actualidad debe ser polivalente, actuar tanto como mecánico que como fotógrafo y hacer labores de plomero, electricista, hidrógrafo, marino, soldador, técnico en explosivos y corte, etc. etc.

ya sea respirando aire comprimido o mezclas especiales de gases utilizando escafandras clásicas, ligeras, autónomas o campanas sumergibles.

El equipo e instrumental del buceo normalmente se fabrica en pequeñas series o sobre pedido a excepción hecha de las escafandras autónomas, las cuales tienen algunas limitaciones desde el aspecto profesional. Además el hecho de que continuamente, especialmente en los últimos años, aparecen equipos más modernos y eficientes hace que se corra el riesgo de adquirir equipo de buceo a un alto costo que al cabo de algunos meses puede ser obsoleto o inoperante, con la necesidad de amortizarlo rápidamente y obligando a las empresas a hacer inversiones constantes, para mantener su equipo de acuerdo con los avances de la técnica.

La experiencia de varios años en trabajos relacionados con la Ingeniería Submarina es insustituible, siendo los trabajos ya realizados la mejor referencia, para la persona responsable que deba contratar obras o intervenciones bajo el agua. Ya que errores de personal inexperto, poco familiarizado con el trabajo que efectúa pueden representar riesgos de vidas y pérdidas materiales de mucha consideración, que repercuten en el costo final del proyecto.

Es indudable el importante papel que juegan los ingenieros especialistas en el éxito de las operaciones submarinas ya sea planeando, organizando, dirigiendo y supervisando las intervenciones de los técnicos buzos. Para ello requiere de participar personalmente en muchas ocasiones en el trabajo, haciendo equipo con su personal.

Un curso elemental sobre buceo autónomo de sólo algunos meses es solo la introducción; una vez terminado los ingenieros que deseen llegar a especializarse, deberán continuar aplicando lo aprendido para no olvidarlo y tratar de adquirir un conocimiento mayor de la técnica; esto último por tratarse de una disciplina incipiente la mejor Universidad con instituciones, organismos e individuos respecto a los proyectos y realizaciones recientes en materia de Ingeniería subacuática.

Es muy conveniente de que el ingeniero especialista sea también buzo calificado, pero si algún individuo se interesa por el tema y no tiene la condición física que esto implica puede sin embargo especializarse en disciplinas relacionadas con los trabajos submarinos: construcción y modificación de instrumental (oceanográfico, geológico, biológico), diseño y adaptación de herramientas de trabajo (métodos, sistemas y técnicas), proyecto y fabricación (de sumergibles, campanas, cámaras hiperbáricas, de prueba, etc).

En el Instituto Politécnico Nacional a través de la Escuela Superior de Ingeniería Mecánica y Eléctrica en colaboración con una Organización Mexicana se ha iniciado una promoción para despertar el interés hacia las aplicaciones de la Ingeniería Oceánica. Se tiene en estudio un programa de entrenamiento y capacitación de técnicos en un nivel sub-profesional con un mínimo de dos años de aprendizaje.

Los temas se prevén que sean variados, sin que necesariamente todos los asistentes deban ser buzos, los técnicos especialistas de superficie son también necesarios pero ellos deben tener un conocimiento absoluto de los problemas y equipos de trabajo utilizados bajo el agua.

Se incluyen cursos de buceo elemental y avanzado, operaciones, métodos y sistemas subacuáticos, comunicaciones y registros de observaciones. También se piensa incluir cursos generales sobre navegación, maniobras básicas, operación y mantenimiento de: equipo electrónico, maquinaria (Motores Diesel, gasolina, generadores, bombas); soldadura y corte; algunos de elementos de legislación marítima. Además temas relacionados con la instrumentación y trabajos en oceanografía aplicada, tema referente a la Industria Petrolera Marina, terminología y otras técnicas de la explotación submarina (para las prácticas y capacitación en el mar, se piensan emplear sistemas y equipos de la Organización antes mencionada).

Actualmente en los laboratorios pesados de la ESIME se encuentra el batiscafo de observación "OSMCAFO", construido totalmente en México, mismo que la Escuela Superior de Ciencias Marinas de la U.A.B.C. piensa utilizar en una campaña oceanográfica en aguas nacionales.

La necesidad de dar una formación general, es que en muchos casos al realizar un determinado trabajo por limitaciones de espacio o de tiempo no se puede prever que participen muchos especialistas y el ingeniero o técnico responsable debe afrontar los problemas más diversos, sin contar con ayuda externa y únicamente utilizando los medios de abordó.

Para concluir se puede decir que los trabajos submarinos son todos diferentes constituyendo un reto continuo al especialista el cual debe idear y adaptar soluciones prácticas, rápidas y económicas. En muchas ocasiones no existen antecedentes, ni bibliografía de problemas específicos por lo que, la investigación llevada a cabo en forma sistemática puede llegar a aportar soluciones apropiadas.

Se llegan casos que laboratorios extranjeros estudian problemas similares a los analizados por investigadores nacionales y las comunicaciones son fructíferas en extremo.

Los avances de la tecnología submarina son continuos gracias a que países con mayores recursos, pueden erogar cantidades importantes para la investigación y experimentación en este campo. Estas relaciones, tanto con instituciones científicas como con empresas especializadas, permiten mantenerse informado de los adelantos y evoluciones de la Ingeniería Submarina, que indudablemente tendrán aplicación en México, en el futuro al conocer los Ingenieros Civiles Mexicanos, la efectividad y el rendimiento de trabajos bajo el agua, incrementarse los trabajos de la Industria Petrolera en el mar y al iniciarse la explotación de los recursos mineros submarinos, ayudando al engrandecimiento de nuestro México, al aprovechar sus recursos naturales, aún bajo el mar.



# APLICACIONES DE LA INGENIERIA SUBMARINA A LA PERFORACION EN EL MAR

Por Mauricio Porraz J. L.

## INTRODUCCION

El objeto de esta exposición es dar a conocer las aplicaciones y técnicas de una especialidad relativamente nueva que se puede llamar "Ingeniería Submarina", la cual se podría definir como "La utilización racional de la tecnología del ingeniero en el conocimiento y explotación de los recursos naturales que se encuentran bajo los océanos".

Entre los productos más importantes que se pensó extraer en forma industrial en zonas localizadas dentro de los mares, fue el petróleo. Teniéndose antecedentes de perforación marina desde hace más de tres décadas.

Las necesidades de hidrocarburos en todo el mundo han aumentado, obligando a mejorar los procedimientos de perforación y explotación. Teniéndose hoy en día un gran número de plataformas petroleras, barcos perforadores, unidades flotantes trabajando en aguas de más de 30 países, en una verdadera "Fiebre de Oro", gracias a los ricos depósitos que se sabe existen en estratos localizados en áreas cubiertas por los océanos.

La producción mundial de petróleo extraído de yacimientos submarinos se estimó en 1966 en 200 millones de barriles diarios, esperándose para 1970, alcanzar la cifra de 700 millones de barriles al día.

En esta ocasión nos limitaremos a revisar en una forma muy general el tema, mencionan las plataformas fijas, las unidades flotantes y los barcos perforadores, haciendo hincapié en los diversos equipos petroleros utilizados en las llamadas "terminaciones submarinas".

Analizaremos las posibilidades existentes a la fecha, en materia de trabajos bajo el agua, poniendo interés especial en el rol que tiene y tendrá "el técnico buzo", en la explotación de los Recursos Submarinos.

## II UNIDADES DE PERFORACION.

En lo referente a la explotación petrolera marina, existen otros países que la iniciaron antes que nosotros y contando con mayores recursos financieros tienen su tecnología bastante avanzada en esta nueva disciplina. Sin embargo, México sigue sus pasos tratando de aprovechar la experiencia de los primeros, pero al mismo tiempo formando la suya propia y manteniéndose informado de las evoluciones de la técnica.

Antes de iniciar la perforación de pozos en el mar, aún si estos son exploratorios, un gran número de trabajos preliminares deben llevarse a cabo; después de la campaña sísmológica de exploración con la cual se pueden definir emplazamientos favorables en las localizaciones, se requiere de la mayor cantidad de informaciones meteorológicas, hidrográficas y oceanográficas de las zonas en estudio.

Teniendo en cuenta los resultados de las campañas preliminares, el equipo de perforación y petrolero disponible o que se piense utilizar, la profundidad máxima probable se elaborará el programa de perforación correspondiente.

Así todas las operaciones en la perforación marina son interdependientes y sin una preparación metódica de cada detalle se está condenado a fracasar. Considerando la importancia de los capitales puestos en juego y el mismo medio marino, ameritan a que se les otorgue una atención especial a los estudios preliminares y a todas las operaciones relacionadas con ella.

Es por ello que grandes compañías petroleras (como la Shell Oil Co.), invierten grandes sumas en investigación, la cual se lleva a cabo en laboratorios por ingenieros y científicos especialistas.

Entre las primeras cuestiones investigadas, se pueden mencionar las que corresponden a instalaciones flotantes, destinadas a soportar los equipos de perforación.

Se estudiaron diversas formas de dimensiones variables, gracias a

maquetas que se probaban en un laboratorio de hidráulica obteniéndose en cada caso: Sus capacidades marinas, la función que relacionaba su estabilidad respecto a su periodo y al del oleaje; las variaciones de tensión en las líneas de anclado en función de la amplitud de los desplazamientos horizontales.

Paralelamente a las experiencias en laboratorio, un estudio matemático se llevó a cabo, y se obtuvo que comparando resultados, que una estructura con columnas estabilizador en sus vertices, conocida como "tipo tridente", tenía una estabilidad aceptable, la cual podía ser mejorada con un sistema de "fluido transferido".

Entre otros puntos se analizaron, la geometría de las líneas de anclado (estática y dinámicamente), la resistencia de los materiales susceptibles de utilizarse, las anclas en su tamaño, forma y posición, así como los parámetros de mecánica de suelos del fondo marino que deben conocerse.

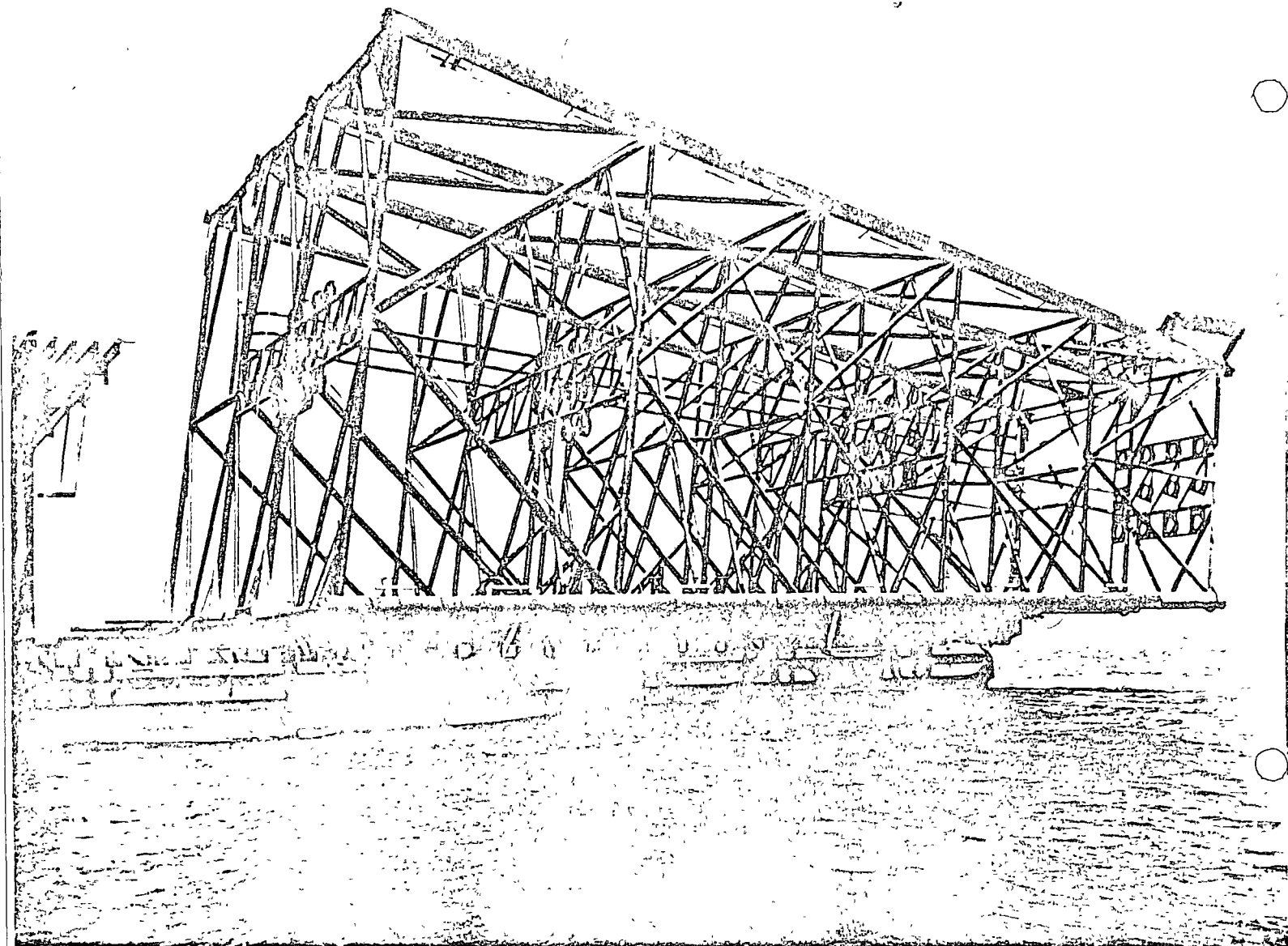
Se elaboraron tablas y abacos después de comparar resultados de pruebas prácticas y estudios matemáticos, con el fin de que permitan una solución rápida a problemas de posicionar plataformas flotantes.

En localizaciones donde el tirante del agua es importante, el problema de posicionar una estructura flotante se ha revelado costoso, en ocasiones difíciles y siempre largo para llevarse a cabo.

Para estos casos, se ha desarrollado un procedimiento conocido como "Posicionamiento Dinámico". El cual está basado en adaptar a una embarcación de mediana importancia dos propulsores, uno en proa y otro en popa, móviles alrededor de un eje vertical, los cuales pueden producir empujes variables en intensidad y dirección.

El control puede lograrse con dispositivos manuales o bien automáticos, donde las órdenes son función del ángulo formado con la vertical por la tubería en el fondo del mar.

El sistema ha sido probado sa-



Estructura de una plataforma petrolera para la explotación de yacimientos productores submarinos. Está colocada sobre un chalán que la transporta del patio de fabricación al lugar donde fue colocada. Petróleos Mexicanos piensa construir en el curso de este año varias plataformas similares.

tisfactoriamente y permite mantener en posición a un barco en mar calmada; en condiciones relativamente severas (vientos 40 mph., olas 15 pies), las operaciones son posibles, pero su desplazamiento horizontal llega a alcanzar y sobrepasa un 3% del tirante de agua.

Una unidad de este tipo es el "EUREKA", con 40 M., de eslora y que desplaza 450 ton., habiendo tenido un costo de más de 20 millones de pesos, en los cuales solo 2.5 millones fueron para el posicionamiento dinámico, puede perforar pozos hasta 1,000 M., de profundidad, en tirantes de agua hasta de 150 M.

### III PLATAFORMAS.

La atención de los ingenieros de la investigación petrolera marina es siempre atraída por los métodos espectaculares, pero no hay que olvidar que después del descubri-

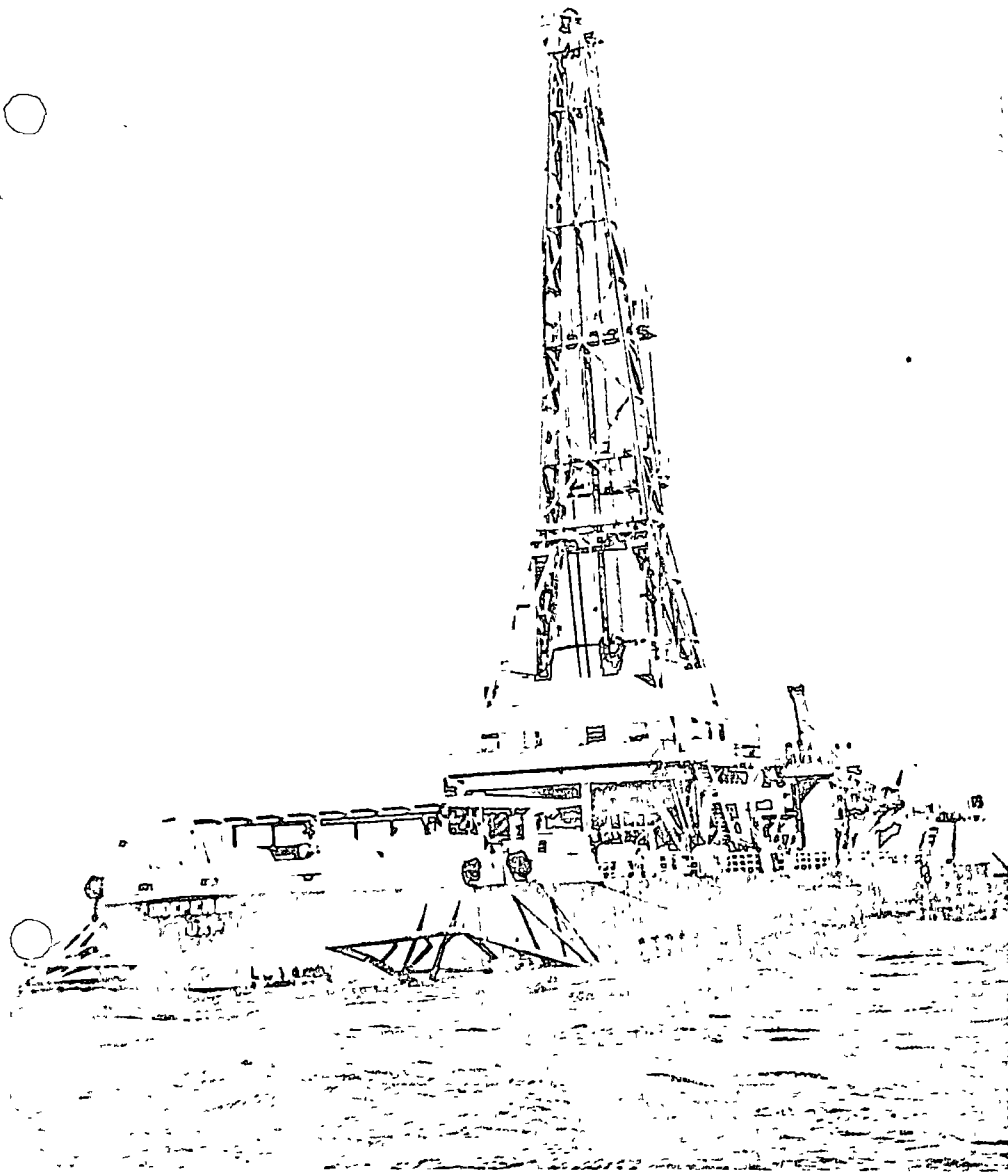
miento, los problemas de soporte de las instalaciones de perforación y producción son diferentes, y que en muchos casos las plataformas fijas pueden aportar la solución adecuada tanto técnica como económicamente hablando.

La diferencia esencial entre una plataforma móvil y una fija, estriba en que las primeras tienen el equipo que les permite pasar de su posición de trabajo "apoyada en el fondo", a su posición "flotante", para ser desplazadas, mientras que las fijas tienen equipo únicamente para mover materiales no permanentes en las mismas.

Se ha demostrado que las plataformas fijas se adaptan más a campañas de desarrollo de un campo productor. Hoy en día se tienen numerosas plataformas piloteadas en el Golfo de México, Alaska, Maracaibo, Golfo Pérsico, Africa Occidental, etc.

Desde un punto de vista histó-

Barcaza de perforación "Independencia", propiedad de Petróleos Mexicanos, que se encuentra actualmente perforando a lo largo de las costas de Veracruz y Tampico en la plataforma continental mexicana



rico, fue en 1947, cuando en un tirante de 16 M se construyó la primera plataforma; en 30 M., de agua en 1955, 60 M., en 1959 diseñándose en 1965, una plataforma para una localización donde la profundidad del mar era de 90 M

Gracias a recientes investigaciones, se han obtenido diseños más racionales, llegando a reducir a un "óptimo", el tamaño de las plataformas, compactando las instalaciones, gracias a los avances tanto en materia oceanográfica como de mecánica de suelos, así como el empleo de calculadoras electrónicas

En aguas mexicanas el año pasado se colocó una de estas plataformas, en la localización de Tiburón, y se espera colocar en localización tres más en otros campos productores a partir de marzo próximo

Estas plataformas tienen 8 patas y se componen de una estructura guía, con un peso del orden de 760 toneladas, los pilotes y conductores más de 1,000 toneladas, la super estructura 420 toneladas y el equipo de perforación con todos sus accesorios 2,000 toneladas.

Se deben considerar varios criterios de cálculo, considerando las necesidades de trabajo, teniendo en cuenta las cargas verticales y horizontales de carácter permanente u ocasional, tanto durante la perforación como cuando se encuentre en producción. El procedimiento constructivo con el cual va a ser colocada, en el que se procura el máximo de prefabricación para lograr una instalación rápida. Las condiciones naturales existentes en el área de construcción, vientos, corrientes, fuerza del oleaje, requiriéndose de los datos de pre-

dicción de un especialista. Las cargas de impacto producidas por choque con embarcaciones, también deben considerarse

Una plataforma debe cumplir con el objeto para el cual fue construida, debe ser estructuralmente adecuada, que se pueda colocar con un método de construcción práctico y a un costo total razonable

En algunos casos se diseñan plataformas, con lo que llamamos "riesgo calculado", considerando la probabilidad de un desastre en un determinado periodo de tiempo (25, 50 o 100 años) La función clave es la inversión contra la vida probable de la plataforma

Las plataformas pueden destruirse por choque con navíos, por fuego y por huracanes o nortes.

#### IV BARCOS PERFORADORES

Se utilizan normalmente para perforar, pozos exploratorios con el sistema de "terminación submarina". Un número considerable de unidades de este tipo, trabajan en casi todos los mares del mundo.

En México, tres barcazas idénticas con bandera nacional, recientemente adquiridas, perforan la plataforma continental mexicana. Tienen una eslora de 116 M., y manga 23 M., con un desplazamiento de 11,500 toneladas, camarotes para 64 personas, aire acondicionado, etc., una plataforma para el aterrizaje de helicópteros. Su malacofa tiene capacidad para perforar hasta 6,000 M., de profundidad, ellas son: "La Independencia" de Petróleos Mexicanos, "La Reforma" y "La Revolución", de la Perforadora México, S. A.

Existen muchos tipos de barcos perforadores, uno de los más modernos es el tipo Catamaran, con doble quilla. Un barco de este diseño, el "E. W. Thornton", trabajó un año en aguas mexicanas y actualmente se encuentra perforando en Sud América

#### V TRABAJOS SUBMARINOS

Hasta hace poco tiempo se consideraba a los buzos como artesanos, que corrían grandes riesgos cuando trabajaban a profundidades mayores de 10 o 20 M., con resultados dudosos y poco efectivos

Efectivamente la tecnología del buceo se mantuvo estancada por muchas décadas, al aparecer necesidades de trabajo a profundidades importantes, se vio en evidencia el atraso de esa técnica, de inmediato los ingenieros procedieron a idear la automatización de los equipos petroleros y el empleo de robots.

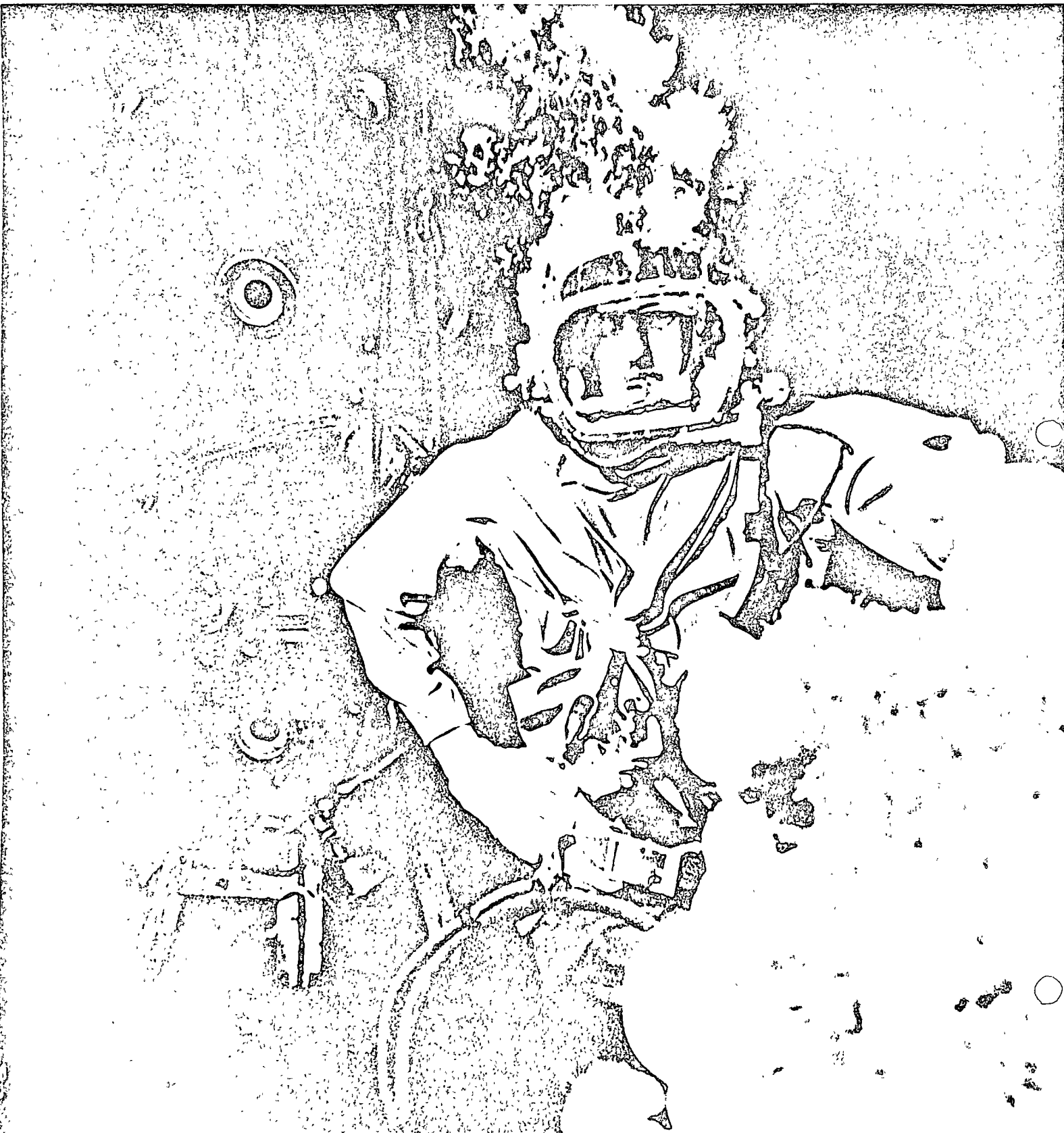
Entre estos últimos podemos mencionar el MOBOT de la Shell, el "Te-

lenauta", del Instituto Francés del Petróleo, el CURVE (Controlled Underwater Recovery Vehicle), que rescató la Bomba H, perdida en aguas españolas el año pasado.

Sin embargo, en la práctica estas maquinarias son muy delicadas, además de su costo elevado, sus rendimientos no son como se habían esperado.

Los equipos petroleros se modifi-

La operación satisfactoria de los buzos se considera a una profundidad de 200 mts requiriéndose para ello la utilización de campanas sumergibles y presurizables





El encargado de manipular la caja de controles, se mantiene en comunicación continua con el técnico buzo, y conoce en todo momento la profundidad a que éste se encuentra, teniendo el control de la mezcla gaseosa que respira el buzo, y que debe cambiar de acuerdo con la profundidad. Siendo el Director de la inmersión el responsable de todos los sistemas de seguridad, en caso de presentarse algún incidente

caron (no siempre con éxito) para lograr eliminar a los trabajadores submarinos, buscando operaciones a control remoto desde la superficie.

En Otoño de 1965, la Global Marine Co, desde el barco CUSS I, logró para la Humble Oil Co., perforar satisfactoriamente en un tirante de agua mayor de 180 M, no lejos de Santa Bárbara. A pesar de ese éxito de la Tecnología Submarina, los buzos siguen siendo imprescindibles hasta la fecha.

Las necesidades de trabajo submarino a profundidades importantes dieron al buceo un impulso definitivo, habiendo logrado un desarrollo casi increíble en los últimos cinco años.

Se substituyó el aire comprimido que respiraban los buzos, por mezclas gaseosas a base de Helio, en las cuales el porcentaje de oxígeno se regula de acuerdo con la profundidad probable del trabajo, para evitar los envenenamientos causados por el aumento de la presión parcial de ese gas.

Al substituir al nitrógeno por helio, un gas mucho más ligero no se dificulta la ventilación pulmonar y no se han notado síntomas de narcosis (borrachera de las profundidades), en inmersiones hasta 200 M. Las tablas de descompresión fueron calculadas nuevamente y experimentadas por investigadores en laboratorios especializados.

Así mismo los equipos de inmersión se han mejorado mucho, desde la Escafandra que diseñó Augusto Siebe en 1837, utilizada casi sin modificaciones, hasta hace algunos años; hasta los actuales equipos que incluyen recirculación del gas, cascos de fibra de vidrio pasando por la Escafandra Autónoma, también conocida como Aqua Lung o

Scubs, protegiendo al buzo del frío con trajes isotérmicos calentados eléctricamente o con circulación de agua caliente.

Existiendo varias campanas sumergibles (uno o dos compartimientos), presurizables utilizadas como base de operaciones en el fondo del mar, y como vehículo de transporte a la superficie, que se adaptan a cámaras de descompresión de varios compartimientos hiperbáricos, y un número considerable de submarinos de bolsillo con profundidades de operación variables.

En general existen dos soluciones para el trabajo submarino, a profundidades mayores de 60 M, y la elección se hace de acuerdo con la importancia de los trabajos. La primera es sacrificar periodos de tiempo improductivos obligados por las tablas de descompresión después de intervenciones relativamente breves, volviendo a la presión atmosférica cada vez.

Y la segunda es la llamada vida en presión, manteniendo por ciertos periodos de tiempo (semanas), a los buzos en habitaciones especia-

les En este caso se incluyen las casas submarinas, de las cuales hay varias versiones.

De los franceses, los "Precontinentes" I, II, y III, el IV está actualmente en preparación; de la Marina Norteamericana, conocidos como "SeaLab" I y II el "SeaLab" III se piensa construir en aguas cercanas a la Isla San Clemente en California, para mediados o fines de este año.

Otro proyecto "Man in the Sea" ha efectuado varias pruebas, entre ellas el hacer vivir a dos hombres a 130 m. de profundidad por más de dos días en el interior de una casa de hule inflable, a la cual eran transportados por una campana sumergible.

Una variante que ofrece posibilidades interesantes es la llamada "saturación total" en la que las habitaciones hiperbáricas no están en el fondo del mar, sino en la superficie, y los buzos pueden pasar a ellas sin alterar la presión interior a la cual viven. Con este sistema se obtuvieron rendimientos de 16 horas de trabajo diarias, a profundidades cercanas a 60 M. con dos equipos de cuatro buzos cada uno, los cuales se alternaban semanalmente los controles de superficie y la vida en presión.

Actualmente, dadas las necesidades, el más comunmente utilizado es el de intervenciones rápidas, con la descompresión correspondiente; la investigación en laboratorios se lleva tratando de alcanzar el óptimo: 30 minutos a 200 M. y que el período necesario de descompresión no pase de 5 horas.

Para este tipo de operaciones se utilizarán campanas sumergibles, que se adapten a cámaras de descompresión en la superficie, y varios equipos de buzos en un sistema de relevos, reduciendo los tiempos perdidos a un mínimo.

Debido a que la operación de sacar la campana sumergible del mar, en el caso de que éste esté agitado, resulta difícil y complicada, se ha pensado un sistema que comporta un brazo rígido, pero articulado, con el cual se puede sujetar la campana cuando ésta está a una profundidad en que no la afectan las olas y extraerla sin que golpee el casco, la cubierta, la cámara y el instrumental de a bordo.

Para terminar mencionaremos algunos de los trabajos submarinos comunmente realizados, además de los inherentes a la perforación en el mar.

Estudios geológicos con material ligero, incluyendo muestreo de se-

dimentos, obtención de núcleos inalterados, pruebas de mecánica de suelos bajo el agua. Lanzamiento de tuberías de producción, reparaciones de todos tipos (cambiar válvulas), ajustar instrumental, etc.

Trabajos de protección contra la corrosión, soldadura submarina de ánodos, aplicación bajo el agua de productos protectores (resinas de epoxy) después de limpieza con herramientas neumáticas y chorro de arena.

Salvamento de equipos hundidos, inspecciones de daños con un reporte perital, fotografía submarina, levantamientos topográficos del fondo, localización de fugas, etc.

Estudios de investigación, para calcular socavación máxima probable, estudios de corrientes, hidrográficos, sedimentos llevados a cabo dentro del agua marina, etc. etc.

## VI POSIBILIDADES ACTUALES

Después de que se trabajó con tanto ahínco en tratar de eliminar al buzo, se vuelve a él al descubrirse que gracias a los avances de la Ingeniería Submarina y de la Tecnología del buceo en general, la efectividad y rapidez del trabajo bajo el mar a profundidades importantes efectuado actualmente por técnicos buzos especializados, es un factor decisivo en las operaciones petroleras marinas.

El hombre es una herramienta barata e indispensable, las maquinarias controladas electrónicamente en un medio tan hostil como es el agua de mar, tienen fallas continuamente y su costo no corresponde al rendimiento obtenido.

Hoy en día podemos ofrecer el trabajar con técnicos buzos a 200 M. de profundidad, pero las necesidades de las compañías todavía no han llegado allí, ya que existen muchos yacimientos sin explorar siquiera a profundidades menores.

Hay todavía varios problemas técnicos de perforación, que deben resolverse antes de perforar en aguas donde la profundidad sobrepase los 200 M. Se puede mencionar el regreso del lodo de perforación, las dimensiones necesarias de la tubería conductora para resistir los esfuerzos en una longitud de ese orden, la vulnerabilidad de los equipos e instalaciones (de un costo muy alto) contra un temporal a causa del tiempo necesario para recuperar tubería y estar listos para resistir una mareajada importante, etc. etc.

Estamos seguros que estos pro-

blemas y otros más se encontrarán resueltos satisfactoriamente dentro de algunos meses, pero para entonces la tecnología submarina habrá avanzado más.

## VII CONCLUSIONES

En lo referente a la tecnología petrolera marina, podemos señalar que es conveniente proceder de inmediato a:

La formación de personal especializado.

Llevar a cabo un estudio exhaustivo de la documentación existente a la fecha.

Iniciar un programa de investigación en el que se incluyan estudios para modificar los equipos petroleros existentes para mejorar las operaciones. Requiriéndose para ello de comunicación y cooperación de todas las partes participantes, ingenieros especialistas en trabajos submarinos, ingenieros petroleros, perforadores, fabricantes, técnicos buzos, etc.

Organizar una campaña de investigaciones para estudiar las condiciones meteorológicas, climáticas y oceanográficas de áreas con probabilidades productoras.

Tratar de estandarizar el equipo utilizado y el tipo de terminaciones submarinas, para facilitar los trabajos de mantenimiento y reparación que deberán hacerse en años venideros.

En lo que se refiere a la tecnología submarina, propiamente dicha, podemos ver que a pesar de que los costos de las operaciones se han reducido del 30% del costo de un pozo, de hace unos años a un valor que va del 2 al 4% deberá seguir una evolución similar al de la aviación, con mejoras cada día.

Los equipos de buceo actuales tendrán tanta diferencia con los años futuros, como los aviones de los románticos veintes con los jets y cohetes de la actualidad.

La evolución de la Ingeniería Submarina incluye el romper la barrera de dependencia con la superficie, y lograr trabajar bajo el mar, sin importar nortes, ciclones o huracanes.

Especialistas mexicanos integrados en una Empresa Nacional, están concientes de la evolución propia de la era del jet de estas técnicas y se mantienen en comunicación continua, con centros de experimentación e investigadores de los países más avanzados, logrando mantenerse al día y ofrecer siempre a sus clientes los equipos más modernos y las últimas técnicas de Ingeniería Submarina.

## **ASUNTOS TECNICOS**

# **INTERVENCIONES TECNICAS SUBMARINAS A PROFUNDIDADES IMPORTANTES (Buceo Profundo)**

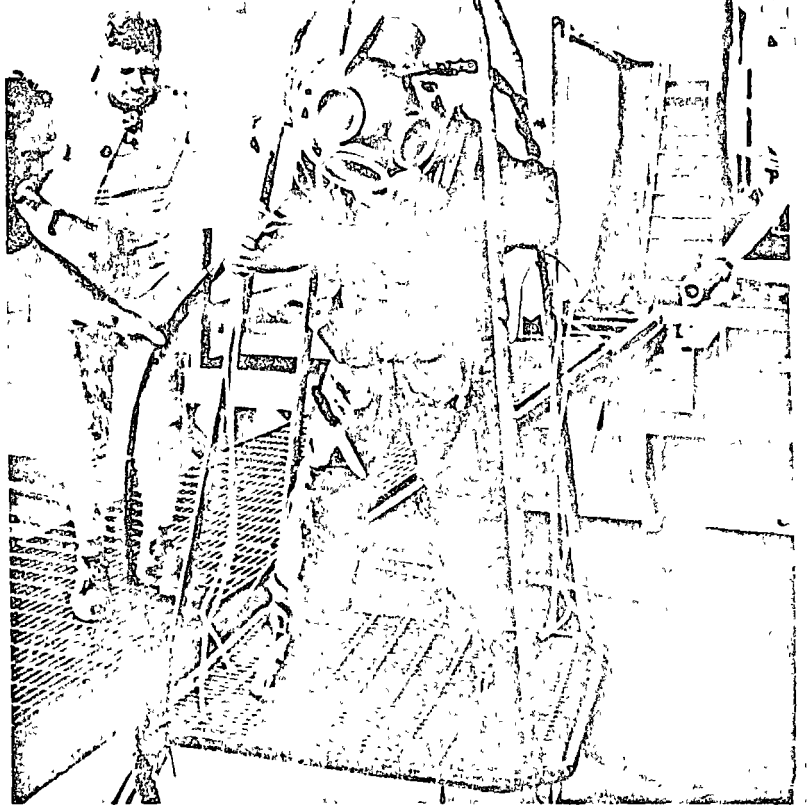
Por el Ing. Mauricio Porraz  
Director de la organización  
Submarina Mexicana, S. A.

La historia de las intervenciones del hombre bajo las aguas ha tenido varias etapas, iniciándose por los buceadores a pulmón libre, hasta llegar a la escafandra clásica ligada por mangueras a la superficie, cuyo diseño inicial se debió a Augusto Siebe, para posteriormente volver a la libertad en el uso de escafandras autónomas y de allí a los sistemas avanzados de buceo.

Las barreras con que se han enfrentado los buzos en los diferentes períodos han sido muchas y poco a poco se han ido resolviendo, teniendo hoy día el equipo adecuado para esas intervenciones bajo las aguas, unas técnicas especiales, en las cuales se incluye un método para descomprimir correctamente al buzo, la utilización de mezclas gaseosas para incrementar al rendimiento y la seguridad de los buzos; para finalmente llegar a bases de operaciones submarinas, las cuales, actualmente, se están tratando de hacerlas independiente de los factores que rigen la superficie de las aguas.

Para hablar de este tema se requeriría de mucho tiempo, por lo cual nos limitaremos a tocar el punto referente a inmersiones profundas con un objeto científico o para realizar trabajos específicos.

Al hablar de inmersiones profundas, es muy lógico pensar de inmediato en los Batiscafos, fue el desaparecido sabio suizo August Piccard el que concibió el principio de operación de



El técnico buzo de la OSM utilizando equipo especial para respirar Hell-oxígeno al momento de emerger.

estas naves de los abismos oceánicos, similares al del Globo Aerostático. Durante la estancia del suscrito en Francia tuvo la oportunidad de colaborar con los científicos encargados de operar y adaptar el instrumental que se encuentra a bordo del "Arquímedes"; este batiscafo operado por el Centro Nacional de la Investigación Científica y la Marina Francesa fue utilizado con éxito inicialmente en Japón en la fosa de Kouriles Kamtschatka, el cual, el verano pasado, en la fosa de Puerto Rico, realizó 10 inmersiones con fines científicos. Actualmente se encuentra en operación en otra misión en la fosa Matapan, al sur de Grecia.

El Trieste II, operado por el laboratorio electrónico de la Marina de los Estados Unidos, es el otro batiscafo actualmente en operación.

Durante mi estancia en Marsella también pude colaborar con la Oficina Francesa de Investigaciones Submarinas, donde el Ing. Jean Mollard construyó los famosos Platos Sumergi-

bles SP 300 y SP 4000; los cuales son explotados actualmente por la Westinghouse; existiendo otros como el "Aluminat", el "Albin", el "Cubmarine", etc.

En todas estas naves los tripulantes permanecen en el interior, pudiendo realizar observaciones directas, filmar o fotografiar lo que está en el fondo, y en algunas ocasiones intervenir indirectamente por medios mecánicos en operaciones para recolección de muestras.

También aquí en México tenemos nuestro sumergible, el OSMCAFO, fabricado hace algunos años por los Ing. Torn y el Dr. Clever, que actualmente es modificado para entrar en operación muy pronto.

Volviendo a las intervenciones directas, se tiene que una vez resuelto el problema de la descompresión y de los equipos de inmersión los buzos comenzaron a trabajar cada vez a mayor profundidad. Sin embargo, se notó que respirando aire comprimido a partir de 15 mts., aproximadamente, se experimentaba un descenso en las facultades mentales, pérdida de la memoria, falta de eficiencia para llevar al cabo los trabajos y se volvían descuidados, poniendo en peligro su propia seguridad, incrementándose estos síntomas de acuerdo con la profundidad. Sólo en algunos casos excepcionales se pudieron realizar misiones a 90 metros. Se considera que el nitrógeno ocasiona estos efectos, los cuales son conocidos bajo el nombre de narcosis o "horrachera de los abismos".

El oxígeno puro no puede ser utilizado, ya que en presiones parciales altas produce convulsiones y pérdida de la conciencia. Se requiere un gas inerte, no intoxicante, para que mezclado con el oxígeno dé una mezcla respirable. El Helio es mucho menos soluble en los tejidos grasos (incluyendo el cerebro) que el Nitrógeno. En 1924, la Marina de los Estados Unidos inició sus experiencias con este gas, y fue en 1939 cuando se realizó felizmente el salvamento del submarino "Escualo", hundido bajo 75 metros de agua.

Pero hasta que fueron requeridas intervenciones técnicas a profundidades importantes en los trabajos de Perforación Petrolera en alta mar, fue cuando se obtuvieron avances técnicos y se llegó a industrializar el uso de mezclas gaseosas a base de Helio para la respiración de los buzos.

En tanto que las operaciones de perforación petrolera marina fueron realizadas en aguas poco profundas, los costos por intervenciones de técnicos buzos fueron relativamente mode-



El Ing. Mauricio Porraz equipándose para una intervención técnica en el fondo del mar.

radas; inevitablemente, sin embargo, estas operaciones se están realizando en aguas cada vez más profundas. Y al ser así se tiene que los costos de buceo se incrementan mientras que los tiempos de trabajo efectivo en el fondo sufren una reducción.

Para solucionar ese problema los ingenieros y técnicos actuales han ideado un número de sistemas tendientes a disminuir o eliminar las intervenciones de los buzos. Se construyó un Robot, el cual hasta la fecha no ha podido comprobar su eficiencia ni rentabilidad. Se han construido equipos de funcionamiento automático, etc., pero no han dado el resultado esperado.

La experiencia de las compañías petroleras norteamericanas nos muestran que el automatismo de los equipos submarinos de perforación



y explotación petrolera, tiene aún ciertos límites. Todo mecanismo muy elaborado, y en especial al operar en el medio marino, puede llegar a tener ligeras fallas, lo cual puede originar trastornos si no se cuenta con un personal de técnicos capaces de solucionar, aún en el fondo del mar, estos problemas.

Con el fin de incrementar la movilidad y la eficiencia en los equipos utilizados, se ha modificado el equipo para Helio utilizado por la marina americana; para lo cual se llevaron al cabo dos resoluciones: La primera incluye un repulador y una boquilla dentro del casco mismo. La otra utiliza un compartimiento para absorber el  $CO_2$  y un sistema de recirculación Venturi, similar al de la marina. El peso aproximado de ambos cascos es de unos 20 kgs. mientras que en el caso de la marina pesa cerca de 50 kgs. Desde luego el absorbente de  $CO_2$  en el segundo caso pesa algunos kilogramos adicionales.

Las comunicaciones telefónicas son mejores en el sistema con regulador interior, y en la superficie se tiene una imagen clara del estado del buzo gracias al ritmo de las respiraciones del mismo, pero en el caso de perder el conocimiento no tiene nuevo medio de respirar al soltar la boquilla y deberá sobrevivir hasta recibir ayuda, únicamente con el gas que está en el casco y en el traje (unos 8 minutos). Para su utilización el sistema Venturi requiere menos entrenamiento, permite mayor libertad a la cabeza dentro del casco relativamente similar al que se utiliza con aire.

Al disminuir el volumen del casco se reduce también la cantidad de lastre requerido en plomos. El peso de todo el equipo es de 75 kgs. a diferencia del utilizado por la marina que alcanza los 115 kgs.

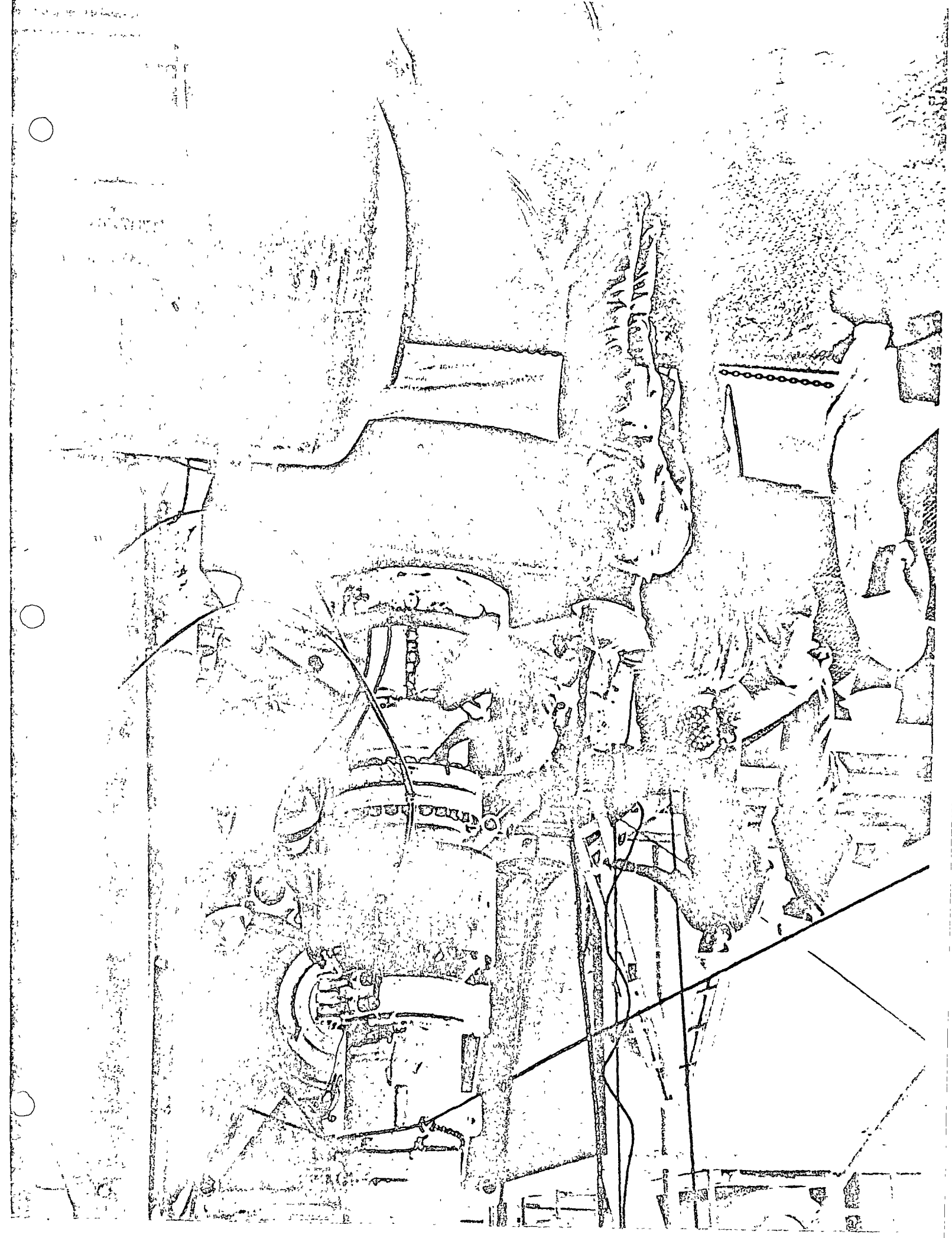
Respecto a las instalaciones en la superficie se han simplificado incluyendo el uso del Helio-oxígeno, ya mezclado y dosificado previamente.

En lo que se refiere al asunto económico, la utilización de Helio es muy interesante. El costo directo de un buzo que respira aire comprimido y trabajando a 80 metros de profundidad (un tiempo máximo de 25 minutos) puede estimarse a unos siete mil quinientos pesos.

Un buzo respirando mezcla de Helio-oxígeno bajo los límites normales aceptados, puede trabajar a esa misma profundidad 45 minutos con un costo de unos nueve mil pesos.

Reduciendo estas cifras a pesos por minuto tenemos que en aire cuesta \$ 300.00/minuto y utilizando Helio \$ 200.00/minuto. Pero aún





mucho más importante que el costo es la eficiencia en el trabajo por realizar. El buzo respirando aire está afectado por la narcosis del Nitrógeno y al realizar un trabajo pesado los síntomas se agravarán. Mientras que el otro buzo respirando Helio tiene su mente despejada. Es muy difícil comparar el rendimiento de trabajo por minuto para ambos casos, pero es muy probable que el factor de eficiencia de Helio sobre el aire sea del orden de 3 a 4.

Pero aún así, las técnicas clásicas para el buceo profundo, partiendo de una instalación en la superficie, están lejos de alcanzar el rendimiento deseado. El primer problema que se presenta es la corriente, que obligará a luchar con ella al buzo durante el descenso y el ascenso, y aún al encontrarse éste en el fondo, el efecto de las corrientes, de poca importancia sobre la gran longitud de mangueras, molesta al buzo durante su trabajo. Otro problema son los tirones que a longitudes superiores a 70 metros son ya muy fuertes, y por lo tanto son peligrosos para las conexiones. Terminando el tiempo máximo de trabajo en el fondo se inicia el ascenso, utilizando técnicas usuales de descompresión.

Se considera de mayor seguridad pasar todo el período de descompresión dentro del agua, sin embargo se acepta la posibilidad de realizar parte en el interior de una cámara de recompresión en cubierta, debiendo limitar a un mínimo el período que transcurre entre la salida del buzo a la superficie y su entrada en la cámara.

Se consideran esos largos períodos de descompresión pasadas en el agua como obligatorios, pero son incómodos para el buzo, a causa del frío, el medio mismo, el problema en caso de un temporal repentino, la dificultad de asistencia médica durante ese tiempo, etc., etc.

Con el fin de eliminar y solventar todos esos problemas que se han mencionado, se han desarrollado los llamados sistemas avanzados de buceo (S.A.B.). Estos esencialmente consisten en ofrecer al buzo una base de operaciones a corta distancia, en la superficie.

Se trata de sumergibles, que actúan como: descensor, base de operaciones, ascensor y cámara de descompresión.

Vista parcial del equipo petrolero de perforación marina antes de su descenso al fondo del mar.



El Ing. Pedro Porraz Gerente de operaciones técnicas O.S.M. se apresta a bajar a revisar las instalaciones petroleras en el fondo del Golfo de México.

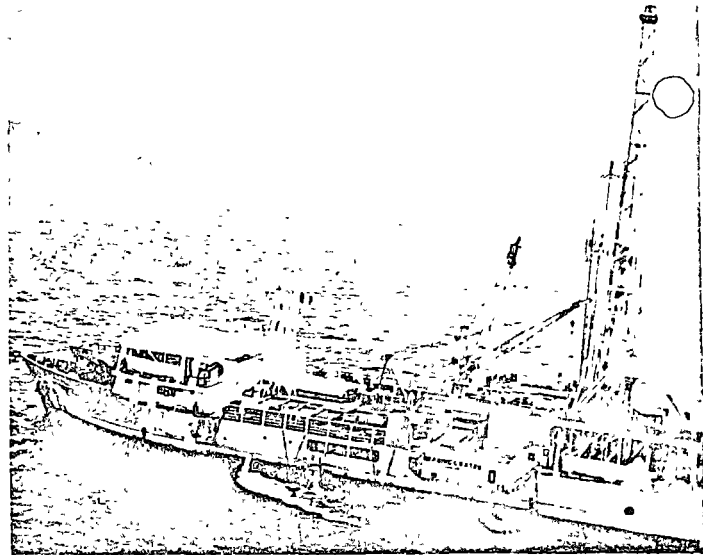
En principio, la campana de buceo tiene una escotilla inferior, que puede cerrarse indistintamente por medio de dos puertas, una interior y otra exterior. Tiene una flotabilidad positiva, requiriendo para su inmersión un lastre que va colgado en la parte inferior, mismo que puede bajarse en el caso de una emergencia. Esta campana recibe suministro de gases y energía eléctrica desde la superficie. En el caso de requerirse herramientas hidráulicas pueden fijarse éstas en la parte exterior de la misma.

Con ello pueden eliminarse los problemas de la corriente y de la distancia física entre el buzo y su base. Gracias a ello, en lugar de la escafandra clásica de casco metálico pueden utilizarse escafandras ligeras adaptadas para su

utilización con mezclas gaseosas a base de Helio. Se eliminarán las paradas de descomposición dentro del agua y los minutos que transcurren estando expuesto el buzo a la presión atmosférica entre las descompresiones en el agua y la cámara.

Actualmente se llevan al cabo trabajos para mejorar y adaptar la escafandra ligera y lograr un punto intermedio correcto entre ésta y la clásica; ya que ofrece la ventaja de la ligereza además de un suministro ilimitado de gas para la respiración, gracias a la manguera que lo une con la campana y los medios de comunicación con cable a su base y superficie son satisfactorios, aunque no como fueran de desearse. El actual sistema embota los oídos del buzo, pero se prevee un cambio importante alrededor de cara y oídos, además de un casco protector para la cabeza, necesario en casi todos los trabajos realizados.

**Casco de buzo con sistema de precirculación de las mezclas Gaseosas de Heli-oxígeno tipo Venturi. Modelo diseñado especialmente por O. S.**



**Barco Perforador, tipo Catamaran. E. W. Thornton actualmente trabajando para PEMEX en el Golfo de México en la faja de oro Marina.**

Al iniciarse una operación se tiene a los buzos al interior a la presión atmosférica de la campana, la cual es descendida hasta el fondo por un cable guía. Una vez equipada correctamente el buzo que va a salir a trabajar hace incrementar la presión interior hasta igualarla con la hidrostática a esa profundidad. Se abre la puerta (exterior) y el buzo puede dirigirse al lugar de su trabajo, situado a sólo unos metros de la campana. Al terminar su tiempo máximo de trabajo regresa al interior de la misma, cierra la puerta y disminuye la presión interior hasta la correspondiente a la primera parada de descompresión, cerrando la puerta interior de la escotilla la campana puede ser sacada y colocada sobre la cubierta, para verificar ahí su descompresión, en seco y confortablemente. Desde luego, mientras esto sucede la campana utilizada como cámara de descompresión no podrá ser utilizada por otro equipo de buzos.

Con el fin de aumentar el rendimiento de la campana se tiene previsto adaptarla a una cámara de descompresión de varios compartimentos, fija en la cubierta, a la cual se cambian los buzos, continuando así su descompresión, mientras que la campana puede volverse a utilizar de inmediato.

Con esto las posibilidades de llevar a cabo trabajos efectivos a profundidades importantes del orden de 200 metros hoy en día son perfectamente aceptables. Es más, en México una compañía de reciente formación, la ORGANIZACIÓN SUBMARINA MEXICANA, S. A. ha celebrado acuerdos para tener la asistencia técnica

por parte de un organismo de importancia mundial. OCEAN SYSTEM INC., que se dedica a investigar y realizar todo lo que se refiere a nuevas técnicas y sistemas de buceo profundo, pudiendo así ofrecer un servicio de eficiencia comprobada empleando las técnicas más avanzadas a la fecha.

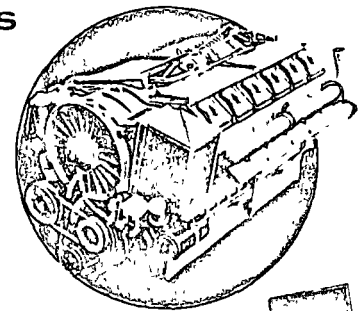
Para terminar, haré mención a las habitaciones o casas instaladas bajo el mar. El Precontinente I se llevó al cabo en septiembre de 1962 en las afueras de Marsella, en las Islas de Frioul, donde 2 hombres pasaron una semana en el interior de un cilindro a 10 metros de profundidad. Posteriormente, en el mar Rojo, en la experiencia Precontinente II, 5 individuos vivieron un mes a 10 metros de profundidad y otros 2 una semana a 25 metros. Esta experiencia está ilustrada ampliamente en una película francesa de reciente aparición. Por su parte la marina de los Estados Unidos efectuó una prueba, el SEALAB I, con 4 individuos durante 15 días a 67 metros. La organización a que antes hice mención participó en el proyecto "EL HOMBRE DENTRO DEL MAR" de Edwin Link en las Bahamas, donde JOHN

M. LINDBERG y ROBERT STENUIT pasaron 49 horas en el interior de una casa de hule inflable a 130 metros de profundidad, el verano pasado.

En los actuales proyectos se tiene el SEA LAB II, que estará instalado en las cercanías del Instituto Scripps de Oceanografía, en La Jolla, California. Por su parte los franceses proyectan colocar en 100 metros de fondo una casa submarina, donde habitarán 6 individuos, de los cuales uno será ingeniero. Está previsto que su fuente de suministro sea independiente de la superficie, y la última localización prevista para este Precontinente III es cerca de Mónaco.

Por los conocimientos que día a día se van adquiriendo no puede limitarse la profundidad a la cual el hombre podría llegar a realizar un trabajo efectivo, quedando aún mucho camino por recorrer. Pero no hay que desanimarse sino trabajar con más ahínco para aprovechar este Espacio Interior, que es el Océano. Quiero insistir únicamente en que es y será "la técnica aplicada" el arma a utilizar en esta conquista submarina.

La confianza que las compañías constructoras tienen en los motores Deutz Diesel enfriados por aire, es el resultado de una decidida aceptación por parte de Industria del Hierro, S. A., a instalar los motores Deutz en Rodillos vibratorios de su fabricación.



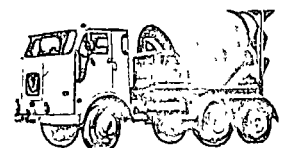
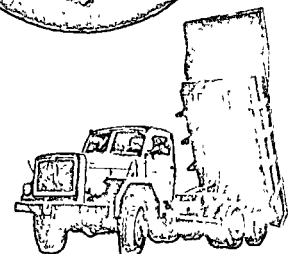
Confíe usted también en los motores

**DEUTZ**

enfriados por aire para sus equipos de construcción.

Los motores Deutz se pueden instalar en toda clase de maquinaria.

COMPRE UN  
**DEUTZ**  
PARA INSTALARLO EN SU CAMIÓN.

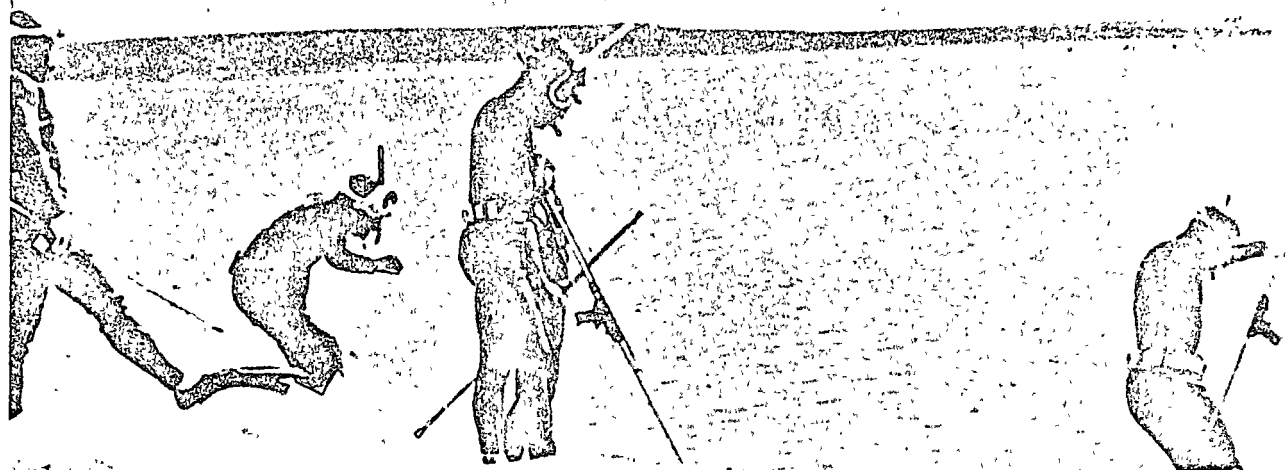


Pida informes y presupuestos a:

Motores Alemanes, S. A.

Profr. Alfredo Chavero 174  
México 8, D. F.

Tel. 30-24-68 30-25-65



## El hombre-peze respirará agua de mar

Estos hombres podrán sumergirse a grandes profundidades sin equipo de gas. Los investigadores aseguran que será pronto.

20

**El primer pez humano será un hombre-laboratorio, que podrá descender a cualquier profundidad y subir a su antojo, sin equipo de gas. Así lo afirma el ingeniero mexicano y especialista en actividades submarinas, Mauricio Porraz.**

por Ana María IZE

El científico holandés Johannes Kylstra, que fue profesor de Fisiología en la Universidad de Leyde y actualmente se encuentra en la Universidad de Duke, en los Estados Unidos, ha tenido éxito en sus experimentos haciendo vivir a mamíferos (ratas y perros) de igual manera que los peces. Es una experiencia que puede llegar a intentarse con seres humanos considera el doctor Kylstra, el cual afirma que el futuro bajo el mar será de los buzos que puedan respirar agua de mar.

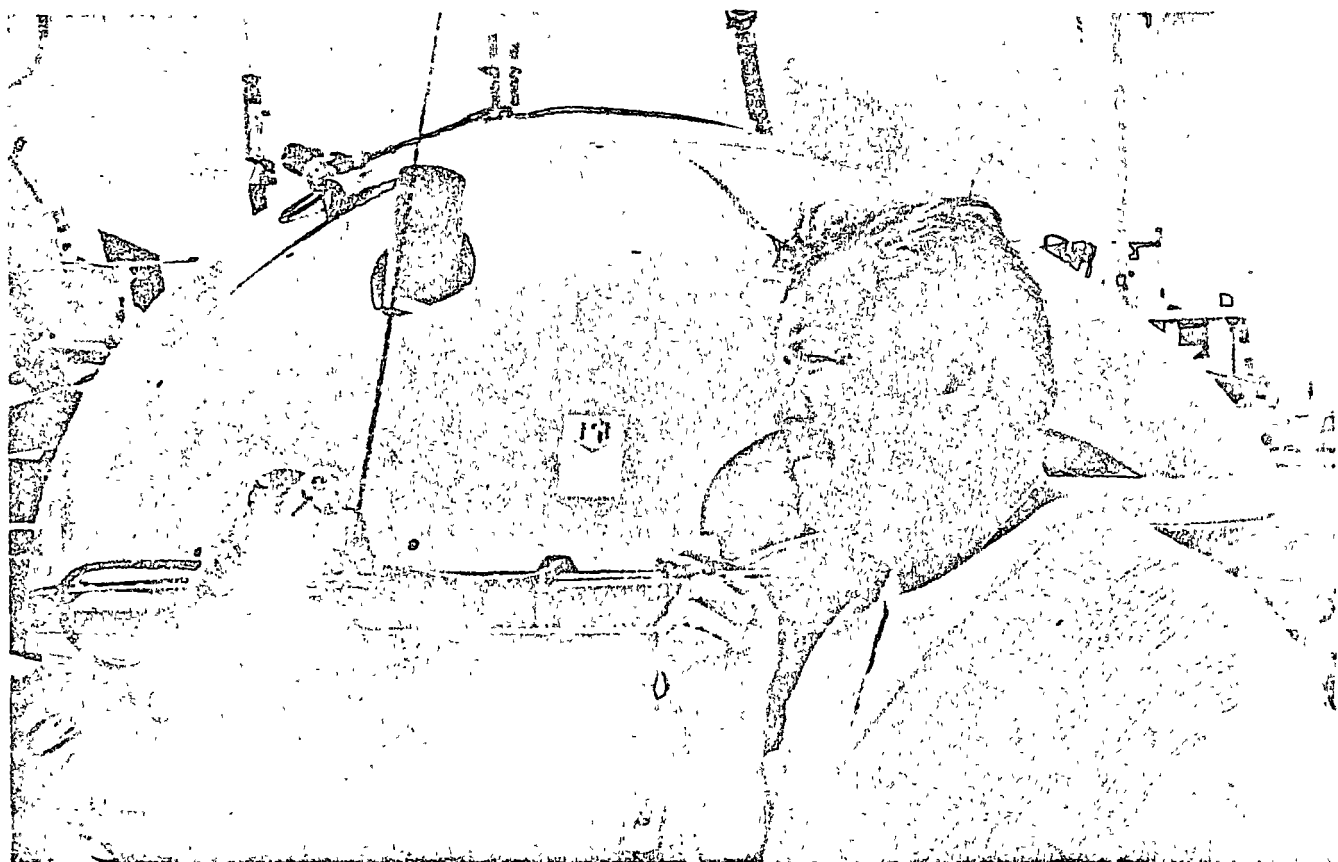
Las experiencias del profesor holandés y sus descubrimientos han sido explicados a un ingeniero mexicano, especialista en actividades submarinas, Mauricio Porraz, el cual ha efectuado trabajos relacionados con su especialidad en el mundo entero y, en meses pasados, participó en una inmersión con fines científicos, a una profundidad equivalente a 200 mts.

en los Laboratorios de Tonawanda, en Buffalo. El ingeniero Porraz nos hace un resumen de la investigación llevada a cabo en la Universidad de Buffalo por el doctor Kylstra y el doctor E. H. Lanphier y sus ayudantes los doctores M. D. Tissing y A. Vander Macn.

Estos eminentes hombres de ciencia han probado que bajo ciertas condiciones, posibles de realizar en laboratorio, mamíferos adultos, de sangre caliente —como usted y como yo—, pueden respirar agua salada directamente, por períodos largos de tiempo sin sentirse incómodos.

**AHOGARSE EN AGUA DULCE, SÍ,  
¿PERO... EN EL MAR?**

Una persona se ahoga más fácilmente en agua dulce que en el mar. Al ahogarse en un



El ingeniero civil de la UNAM, Mauricio Porraz, especialista en investigaciones y trabajos submarinos, junto al submarino Deep-Star.

rio, el agua que llevan los pulmones de un ahogado después de una pequeña pausa —reflejo de la respiración—, se difunde inmediatamente a través de las cavidades alveolares y se diluye en el torrente sanguíneo, destruyendo los glóbulos rojos, el corazón se agita, la presión arterial se desploma, es la muerte...

En el caso del agua salada, ésta no se difunde en la circulación pulmonar y la presión arterial se mantiene por un periodo de tiempo mayor que en el caso anterior.

Un ahogado en el mar puede, en algunos casos, revivirse cuando se recupera a tiempo, un ahogado de agua dulce nunca. Un perro adulto tardará aproximadamente seis minutos en ahogarse teniendo sus pulmones llenos de agua dulce y unos ocho minutos en el mar, siendo su muerte por falta de oxígeno.

Desde 1961, el doctor Kylstra se preguntaba si ya que el agua de mar parece inofensiva a los pulmones, y si el aire atmosférico que respiramos no es sino oxígeno disuelto en cuatro partes de nitrógeno, el cual es inútil por el mismo ¿por qué no tratar de respirar oxígeno disuelto en agua salada?

Por supuesto hay que sobreoxigenar el agua de mar, la cual no contiene más que el 0.66 por ciento o sean 6.6 milímetros de CO<sub>2</sub> por litro, cerca de la superficie lo cual es bastante

para los peces, siendo insuficiente para un mamífero superior. Un ser humano requiere para vivir un mínimo de 16 por ciento, aunque su metabolismo no tome realmente en cada ciclo respiratorio sino únicamente el 4 por ciento del 21 por ciento del aire atmosférico inspirado o sea el 0.84 por ciento.

Para sobreoxigenar el agua salada, la forma más simple es colocarla en contacto con una atmósfera de oxígeno a una cierta presión y de acuerdo con la ley de Henry. "La cantidad de un gas disuelto en un líquido saturado es directamente proporcional a la presión parcial de este gas en la superficie del líquido."

El doctor Kylstra ha sumergido a ratas blancas adultas (machos y hembras) en una pequeña cámara experimental que consiste en un cilindro vertical de paredes transparentes, lleno hasta la mitad con agua salada y el resto con oxígeno a presión, a ocho atmósferas. Cuando el agua estaba casi saturada con oxígeno disuelto (24 por ciento bajo esta presión) introducía por un compartimento especial en la parte inferior, una rata, la cual gracias a un enrejado no podía llegar a la superficie y permanecía sumergida por espacio de hasta seis horas, respirando lentamente sin mostrar angustia alguna. La temperatura del



Las aventuras bajo el mar interesan mucho a los televidentes.



Un equipo SCUBA, que permite trabajar largos períodos bajo el mar.

22

agua se mantenía a 20°C. y se le había adicionado un producto químico que estabilizaba la acidez.

#### PERROS — PECES

El doctor Kylstra había encontrado la buena pista y modificado la composición química de la solución de agua salada, él logró que estos ratones-peces sobrevivieran hasta 18 horas. Estos ratones colocados en las mismas condiciones de oxigenación, de temperatura y de presión, morían infaliblemente en cinco minutos en agua dulce y después de once minutos en agua de mar.

En otra cámara los ratones sobrevivieron a la increíble presión de 160 atmósferas (correspondiente a una profundidad de 1,600 mts.). El doctor Kylstra ensayó con frecuencia regresar esos ratones a la superficie, después de que ellos respiraran agua de mar por 10 a 30 minutos, pero ninguno sobrevivió más de dos horas. La razón es que los ratones son muy pequeños para que se les puedan drenar convenientemente los pulmones, sabiendo Kylstra que posibles complicaciones pulmonares eran la insisa e indirecta causa de la muerte, en razón de que el regreso a la respiración de aire es mucho más peligroso para los sujetos que el paso inicial del aire a respirar el líquido salino.

"Sobre los animales tan pequeños como ratones y ratas —comenta el doctor Kylstra—, tuve todos los problemas del mundo para tratar de hacer las observaciones fisiológicas precisas", por ello es que nos decidimos a hacer experiencias sobre perros.

"Nuestra cámara hiperbárica de Leyde es bastante grande, para que el investigador que respira aire comprimido dentro del agua, pueda ocuparse del perro, el cual respira bajo el agua a la misma presión. El estudio de esto, permitió a Kylstra y a Tissing su ayudante montar el sistema siguiente:

Se trata de un tanque que contiene el líquido que deberá respirar el perro, el cual ha sido anestesiado con el fin de que no dé problemas, además ha sido lavado y se le ha aplicado penicilina y estreptomina. Se ata a una placa suspendida al fondo del gran tanque, se cubre éste y el perro con una gran bolsa de plástico. Comprimiendo la cámara a cinco atmósferas, el científico sostiene al perro y se inyecta oxígeno en el tanque por la parte inferior, durante diez minutos. El oxígeno se disuelve rápidamente en el agua salada y el gas que sube en burbujas es recuperado en la bolsa de plástico. En lugar de contaminar el aire en el interior de la cámara, después de algunos momentos, se cierra la llegada del





Los hombres-rana tendrán mayores facilidades para trabajar.

oxígeno y se sumerge completamente al animal en el agua oxigenada.

El primer perro fue dejado allí 23 minutos, él respiraba regularmente con mucha calma, posteriormente fue sacado por las patas, para vaciar de agua sus pulmones; se le sopló aire en el hocico, varias veces, para reanimarlo. Un instante después, el animal quedó tosiendo y escupiendo un poco, hasta, acostumbrarse a respirar otra vez el aire atmosférico.

En lo que se refiere al tiempo máximo que uno de estos animales puede respirar bajo el agua, aún no se puede decir con seguridad, pero el récord de permanencia para un perro que respiró una solución salina oxigenada fue de 43 minutos y la razón por la cual no se prolongó fue a causa de la duración de las paradas de descompresión a que debió someterle el científico, el cual no respiraba el agua oxigenada sino aire comprimido.

Durante las experiencias, algunos especímenes tuvieron que ser sacrificados, para llevar a cabo ciertos exámenes fisiológicos pulmonares y otros; pero hoy en día se pueden salvar, con seguridad, si así se prevé, a todos los animales en experimentación. Una perra que estaba preñada, al momento de la experiencia, pasó 27 minutos sumergida, dio a luz posteriormente 9 cachorros llenos de salud.

## MAS SUBMARINOS QUE LOS PECES

Los más graves peligros que amenazan hoy en día con la salud y vida de los buzos, vienen del gas que respiran: aire, oxígeno puro, mezcla de helio, oxígeno y helio, nitrógeno y oxígeno; o bien, de acuerdo con la teoría del doctor Kylstra agua salada con un alto porcentaje de oxígeno.

El buzo clásico, con casco de cobre, zapatos de suelas de plomo, impedido por su pesado equipo y las mangueras de abastecimiento, a pasar de los 40 mts. de profundidad el nitrógeno del aire comprimido que respira empezará a actuar y lo emborrachará la "narcosis de las profundidades" con la mente afectada por ello trabajará cada vez peor, llegando a olvidar la razón por la cual él está laborando en el fondo, pudiendo poner en peligro su propia seguridad.

Durante el ascenso él deberá pasar largos intervalos de tiempo, decenas de minutos y en algunos casos horas, en las necesarias "paradas de descompresión", para permitir, al gas disuelto bajo presión en la sangre y en sus tejidos, volver al estado gaseoso y ser eliminado por la vía pulmonar a cada expiración.

En el caso de que suba muy de prisa, el gas formará burbujas en sus conductos sanguíneos, en una forma similar a una botella



Hay países que dedican sumas astronómicas a las investigaciones marinas.

de agua gaseosa, que se destapa bruscamente. Las burbujas bloquearán la circulación destendiéndose dolorosamente sus tejidos óseos y destruyendo irreparablemente tejidos nerviosos. El accidente de descompresión puede deberse a un ascenso incontrolado (Blow-Up), o a otras razones que pueden matarlo o dejarlo lisiado de por vida, si el accidentado no es tratado inmediata y adecuadamente.

El buzo autónomo o de "acualong" está sujeto exactamente a los mismos peligros fisiológicos: narcosis, accidentes de descompresión, ganando únicamente su libertad la cual es temporal e hipotética.

Los buzos respiran helio y oxígeno. Así, eliminan la narcosis del nitrógeno, ya que el helio, siendo un gas más ligero, reemplaza al nitrógeno, que siendo también más inerte, no se puede escapar a las interminables paredes de descompresión.

Los buzos que trabajan con fines militares, para cortar las burbujas que señalan su presencia, respiran oxígeno puro, en circuito cerrado. Pero, si su aparato se desajusta no pueden evitar un exceso de oxígeno (convulsiones del tipo epiléptico por hiperoxia) o al contrario, una carencia (síncope hipóxica) que causan la muerte.

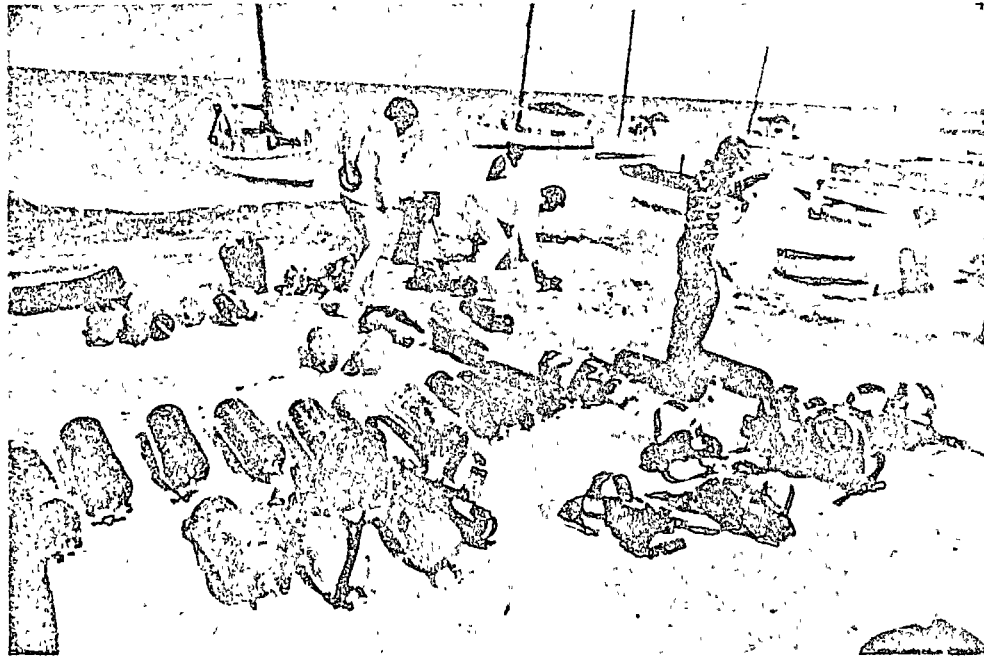
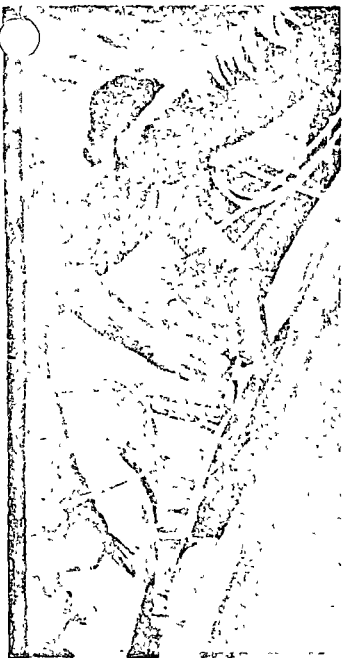
Si el cartucho que contiene el producto químico que absorbe el CO<sub>2</sub>, se llega a humedecer o a mojar, se echa a perder; y si no está bien llenado es la intoxicación por exceso de CO<sub>2</sub> la que terminará con el buzo. En todas las marinas militares cada año los mismos accidentes mortales se repiten.

#### CASI INVULNERABLES

Sin embargo, llegará el día en que los buzos puedan sobrevivir sin necesidad de mezclas gaseosas, todos los accidentes mecánicos, blow up, squeeze, etc., consecuentes a un desequilibrio entre la presión del gas en sus pulmones o dentro del traje de buzo, con la presión hidrostática y todos los accidentes fisiológicos (hiperoxia, hipoxia, intoxicación de CO<sub>2</sub>, embolia gaseosa, narcosis del nitrógeno etc.), provocadas directamente por el gas respirado. Entonces todos esos accidentes pertenecerán al pasado, como en la actualidad lo son la viruela y el cólera.

Superados los problemas de ayer, el hombre que respirará agua, será en verdad esta vez libre bajo el mar. Nadará como un pez, con aletas en los pies, y podrá descender a trabajar a las profundidades antes consideradas como inaccesibles. Los yacimientos submarinos de petróleo, de carbón, de diamantes, de oro, de manganeso, de hierro, de cromo, de fosforitas, etc., etc., serán explotados porque habrá un real trabajador submarino que no tendrá en cuenta el tiempo que permanezca dentro del mar.

Durante la guerra, ninguna granada ni ninguna carga de profundidad, ninguna mina sumergida lo podrán destruir. Es la onda de choque la que mata a los buzos, a los comandos submarinos (UDT.) y aun a los peces, comprimiendo brutalmente la burbuja de gas en los pulmones o la vejiga natatoria de los peces. El buzo del mañana será más submarino que los peces mismos, ya que todo él será únicamente carne, huesos y agua.



En Argentina hay temporadas que las costas se llenan de hombres y equipos.

Más de cien tripulantes de submarinos mueren lentamente en tiempos de paz y muchísimos más en época de guerra, encerrados en un cilindro de acero, hundido en el fondo del mar. Hoy en día los submarinos atómicos pueden alcanzar, sin peligro, profundidades que sobrepasan las alcanzadas por los buzos, respirando mezclas respiratorias especiales.

Si los tripulantes de los submarinos del mañana pudieran abandonar el submarino hundido, al salir equipados con su escafandra, para respirar agua oxigenada, saldrán a la superficie sanos y salvos, sin importar la profundidad a la cual haya quedado su navío hundido.

Es probable que el primer hombre-pez no podrá ser tan libre como pez en el agua.

El líquido salino que él llevará para respirar por un tubo traqueal deberá estar dosificado meticulosamente; deberá estar calentado y bombeado mecánicamente a sus pulmones, por una maquinaria automática, a un ritmo variable, de acuerdo con el esfuerzo desarrollado. Este hombre-pez para poder ver llevará lentes de contacto especiales (los cuales ya se pueden adquirir hoy en día en el comercio).

Imaginémoslo vestido con su traje de buzo, con una calefacción eléctrica (similar a la que la marina norteamericana experimenta actualmente, para sus comandos hombres-rana), equipado con su escafandra especial con su bomba, su calentador, su cartucho químico, su dosificador automático de oxígeno, variando sus pulmones de aire para respirar dos litros de líquido (el aire residual, un litro y medio será

rápidamente absorbido y eliminado) bastante más irritante que las lágrimas y la saliva, y que dejará todavía invadir su garganta, su nariz, sus senos frontales y sus oídos medios.

Un propulsor de hélice lo transportará y la superficie quedará atrás. Una vez de regreso al medio terrestre inhalará los dos litros de líquido, tal vez deba guardar reposo por algunas horas hasta que la última gota de líquido residual haya sido absorbido por los pulmones.

El doctor Kylstra ha declarado, al hablar sobre la posibilidad de una experiencia como ésta, sin precedente: "Yo creo que médicamente es perfectamente factible". El primer éxito representará un mínimo de dos años de trabajo de estudio y experiencias. Es más fácil tratar a un ser humano que a un animal, como un perro. En lo que se refiere a los problemas de material, eso concierne a los ingenieros, pero son problemas simples y que pueden ser resueltos.

Desde hoy, existen muchos voluntarios, por lo tanto, no faltarán candidatos.

El día vendrá sin lugar a dudas, en que los hombres se equiparán con su escafandra o líquido, como hoy montan sobre una motocicleta. Ese día estarán, al fin, en su medio propio: el submarino.

Pero lo que pueda suceder en lo futuro, el éxito final práctico de estos trabajos, es la gran alegría científica y filosófica del doctor Kylstra de haber podido, aunque temporalmente, en condiciones excepcionales de laboratorio, hacer una línea de unión entre su propia especie y los peces.

# SUMERGIBLE PROFUNDO EN BAJA CALIFORNIA. (\*)

MAURICIO PORRAZ J. L.<sup>o</sup>

## — RESUMEN —

Se mencionan los antecedentes de vehículos sumergibles profundos y su aplicación en estudios científicos, así como estudios previos realizados en el territorio sur de Baja California sobre cañones submarinos y la invitación a un especialista mexicano a colaborar con oceanógrafos norteamericanos participando en importante campaña de inmersiones.

Se describe el principio de operación del sumergible SP 4000 "Deepstar", sus características generales, medidas de seguridad, sistemas de comunicación, navegación y rastreo, el personal requerido y el barco de apoyo utilizado.

Se mencionan las cinco inmersiones realizadas durante esta campaña, indicando tripulantes, localización, fecha, profundidad y se da una descripción general de las dos en que participó el autor.

Para terminar se habla de otras inmersiones realizadas con equipo de buceo autónomo y se dan algunas conclusiones.

El reporte se ilustra ampliamente con fotografías, croquis y algunos planos.

### 1) ANTECEDENTES.

#### 1.1 APLICACION DE SUMERGIBLES A LA INVESTIGACION CIENTIFICA.

Desde hace muchos años los científicos que llevan a cabo estudios de oceanografía, han deseado el po-

der penetrar personalmente y estudiar en forma directa los diversos fenómenos del fondo del mar, las campañas sumergibles suspendidas desde un barco fueron una primera posibilidad, posteriormente el Suizo Auguste Picard fallecido hace poco tiempo, utilizó el principio de los globos aerosiáticos para los batiscafos, una cápsula y un gran volumen de flotación (conteniendo gasolina); la operación de estos sumergibles es en extremo costosa y su manipulación en el fondo no es siempre fácil.

El primer paso definitivo se logró al construirse en Francia el submarino autónomo SP-300 "Piatillo Sumergible", con cupo para un piloto y un observador; a partir de entonces se han construido un número considerable de sumergibles en todo el mundo, para profundidades variables y de muy diversos diseños.

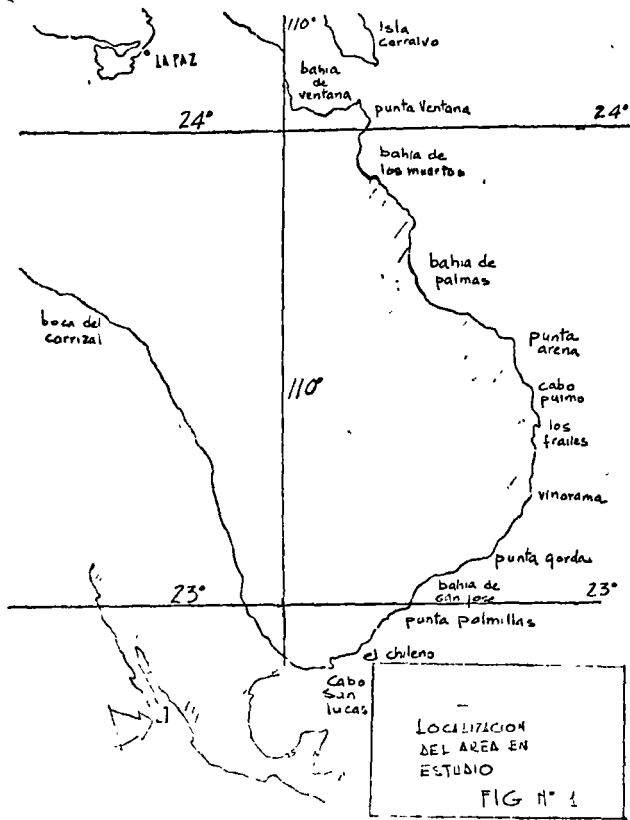
En el presente reporte se hará mención al Sumergible DS 4000 "DEEPSTAR" operado por la Corporación Westinghouse. En capítulos posteriores se indicarán sus características principales y su principio de operación. A la fecha ha efectuado con éxito más de 350 inmersiones, en su gran mayoría con fines de investigación científica.

#### 1.2 LOCALIZACION DEL AREA DE ESTUDIO.

Las inmersiones realizadas a que se refiere el presente reporte fueron efectuadas en la República Mexicana en el territorio sur de Baja California, hacia el extremo sureste de la Península, a lo largo de una zona que abarca desde Punta Arenas hasta el flanco exterior del Cabo San Lucas (Ver Fig. No. 1).

Se tenía previsto continuar efectuando inmersiones a todo lo largo de la costa occidental de Baja California, pero por causas de fuerza mayor estas no pudieron llevarse a cabo.

\*ORGANIZACION SUBMARINA MEXICANA, S. A.



### 1.3 OTRAS CAMPAÑAS EN ESA ZONA.

Los primeros estudios relativos a los cañones submarinos del Sur de Baja California, fueron hechas por la Institución Scripps de Oceanografía en 1940, pero fue hasta 1959 cuando se realizaron campañas en forma extensiva continuándose durante los años posteriores. A principios de 1965 la misma Institución Scripps y el Laboratorio Electrónico de la Marina de Estados Unidos, utilizaron además el "Platillo Sumergible" SP 300.

Los cañones más estudiados a la fecha son el de "San Lucas" y el de "Los Frailes", distantes entre sí aproximadamente 70 km., habiendo estudiado también los cañones El Vigía, Santa María, San José Trinidad, Las Palmas y su Ramal Santiago, Pescadero, Saladito Pulmo Ramal de los Frailes, Salado, Vinorama y otros.

El Ing. Guillermo P. Salas, Director General de Dirección de Recursos Naturales No Renovables, SePaNaI y del Instituto de Geología de la UNAM, participó personalmente en la campaña de 1965, habiendo efectuado una inmersión en el Sumergible SP 300.

Una de las personas más calificadas en este aspecto de la Geología Submarina es el Dr. Robert F. Dill P.H.D Investigador de la División de Estudios de Ambiente Marino del NUWC antes conocido como Laboratorio Electrónico de la Marina, con base en San Diego, Calif. Actuó como científico en jefe de la pasada campaña de 1968; habiendo participado en la gran mayoría de las campañas de medidas y estudio antes mencio-

nadas es autor juntamente con el Profesor Francis P. Shepard, de un libro precisamente sobre cañones y valles submarinos.

### 1.4 OBJETO DE LA MISION.

Contando esta vez con un sumergible capaz de alcanzar profundidades del orden de los 1200 M. (4000 pies), el objeto de la misión era prolongar los estudios de los cañones submarinos hasta áreas más profundas, e incrementar el conocimiento de los factores que norman la operación del aporte de sedimentos.

Igualmente se propuso localizar y estudiar una serie de terrazas o antiguos niveles de playa que el Dr. Dill ha localizado en numerosas áreas en todo el mundo (Australia, California, El Caribe, Japón y Baja California) a una profundidad muy próxima a las 100 brazas.

Por tratarse de estudios de interés general realizados en aguas mexicanas y como una atención del Dr. R. F. Dill, del NUWC y de la Embajada Americana en México, además del resto de los científicos invitados, entre los que se pueden mencionar a: el Dr. Bruce Heezen, distinguido Geólogo del Observatorio Geológico de Lamont; el Dr. E. C. Allison de la Universidad Estatal de San Diego, Departamento de Geología; el Dr. J. R. Curray y F. P. Shepard de la Institución Scripps, de la Joya; el Dr. R. S. Dietz de la Administración de Servicio de Ambientes y Ciencias de Miami, Florida; el Capitán W. M. Nicholson del departamento relativo a proyectos con Sumergibles Profundos del Ministerio de la Marina en Washington, D. C. Se invitó al Autor, Ingeniero Civil de la Universidad Nacional Autónoma de México, especializado en proyectos submarinos a colaborar en los trabajos y participar en varias de las inmersiones, sus observaciones son objeto del presente reporte.

## 2) SUMERGIBLE PROFUNDO.

### 2.1 PRINCIPIO DE OPERACION.

El Sumergible DS 4000 "Deepstar" es su submarino cuyo funcionamiento se basa en un sistema de lastres largables, para su descenso, para su operación correcta en el fondo y para su ascenso a la superficie.

Tanto durante el descenso como para ascender, describe una trayectoria "HELICOIDAL" gracias a la forma aerodinámica de su fuselaje externo y a la posición de su centro de gravedad.

Como medio para sumergirse sin que forme parte integral del vehículo submarino, se tiene un lastre de descenso que normalmente pesa 100 kg. (220 lb.) en algunos casos puede llegar a ser menor 22.7 kg. (50 lb.) poco antes de llegar al fondo aproximadamente a 30 M. de distancia se larga este lastre para evitar el impacto.

Ya en el fondo ligeros cambios de peso se pueden conseguir gracias a un sistema de lastre variable, el

cual consiste esencialmente en dos depósitos, uno rígido (de forma esférica) y el otro de volumen variable que contienen aceite, el cual puede bombearse desde el depósito rígido y regresar al mismo cuando se quiere disminuir la flotabilidad, gracias a la presión hidrostática la máxima variación que se puede conseguir así es de 54.5 kg. (120 lb.).

La flotación se consigue por medio de un material sintético "sintetic foam" que contiene pequeñísimas esferas de vidrio y por lo tanto es incompresible, teniendo un peso de 0.617 kg./lt. (385 lb./pie cúbico) lo que nos da una flotación positiva de 0.412 kg./lt. (25.5 lb./pie cúbico); el Sumergible DS 4000 lleva normalmente 1585 kg. (3500 lb.) de flotación. Este material es bastante caro, siendo su costo del orden de ... \$2,000.00 M<sup>o</sup> M. N. (US \$7.00 cy./ el pie cúbico).

Para ir ascendiendo poco a poco puede largar paulatinamente 52 lastres pequeños de pilotaje (26 a babor y 26 a tribor) con un peso en el aire cada uno de 1.770 kg. (3.8 lb.) y 1.520 kg. (3.4 lb.) en inmersión.

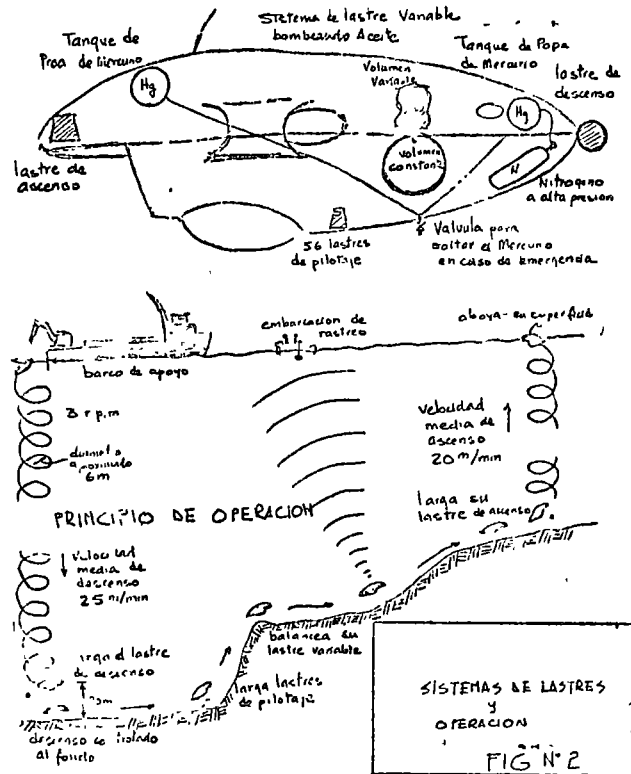
Para balancear la inclinación del vehículo durante las inmersiones cuenta con un sistema hidráulico que opera un lastre de mercurio, que puede colocarse hacia proa o bien hacia popa, mismo que en un caso de emergencia puede abrirse y tirar el mercurio; para acelerar esta operación se presiona el mercurio con nitrógeno a alta presión después de haber accionado la válvula correspondiente.

Al término de la misión en el fondo, se larga el lastre de ascenso colocado en proa que tiene un peso de 82 kg. (180 lb.) y se inicia el regreso a la superficie siguiendo también una trayectoria helicoidal a una velocidad aproximada de 18 M/min. (60 pies/min.). Durante el descenso con todo el lastre de Mercurio en popa y un lastre de descenso de 100 kg. (220 lb.) se puede conseguir una velocidad cercana a 24.2 M/min. (80 pies/min.) o sean aproximadamente 3 (tres) giros completos por minuto siguiendo un ángulo de descenso del orden de 50° (Ver Croquis No. 2).

Una vez que el Sumergible está bajo el agua, su posición es controlada con una embarcación de rastreo, que gracias a una unidad receptora orientable capta las señales emitidas por el submarino, colocándose a la vertical del mismo y haciendo localizaciones periódicas y conocer el desplazamiento respecto al tiempo.

## 2.2 CARACTERISTICAS GENERALES.

En esencia es una esfera de acero de 30.5 mm. (1 1/2") de espesor y 2 M. (6.5 pies) de diámetro interior, con dos mirillas de 12.7 cm. (5") de diámetro y 10.2 cm. (4") de espesor, con una estructura de 5.45 M. (18 pies) de longitud 3.03 M. (10 pies) de ancho y 2.12 M. (7 pies) de altura con un peso en seco de aproximadamente 8600 kg. (19000 lb.) con capacidad para tres tripulantes.



Esta impulsado por dos motores de 415 H. P. reversibles que operan sumergidos con corriente alterna, girando entre 0 y 900 h.p.m. la fuente de energía son tres baterías de plomo ácido (una de ellas la de pro, es largable en caso de emergencia), con un total de 62 celdillas de 2 volts cada uno; con un amperaje de salida de 320 Amp.

Se puede desplazarse bajo el agua en velocidad de crucero a aproximadamente un nudo y alcanzar como velocidad máxima tres nudos, lo que nos da una autonomía variable entre 6 y 12 horas de operación; tiene capacidad de permanecer sumergido hasta 48 horas (Ver Croquis No. 3).

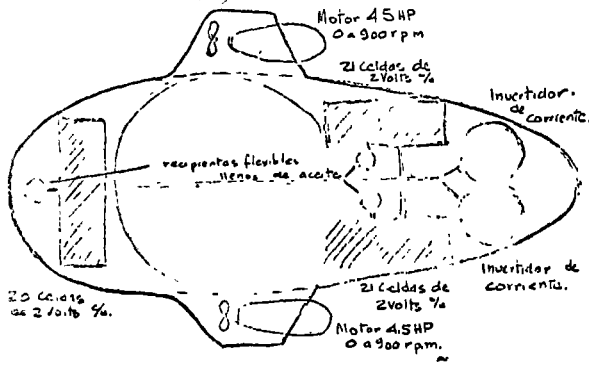
El sistema hidráulico es en extremo importante ya que con el se operan el largado de los diferentes lastres, el movimiento del mercurio, el brazo mecánico, la canasta retráctil y el movimiento de los reflectores de filmación.

En el interior de la esfera van instalados el piloto con los controles de operación y dos observadores (uno de ellos en la parte central posterior). La atmósfera del interior se regenera, aspirando y haciendo pasar el aire a través de un cartucho de hidróxido de litio, además de agregar oxígeno.

Para tres tripulantes se puede considerar un promedio de 1.8 litros de oxígeno por minuto en promedio. Normalmente se llevan dos botellas de 28317 lt. (1000 pies cúbicos a 2000 libras por pulgada cuadrada), a 140 kg/cm<sup>2</sup> en el caso de que la aspiradora dejara de

operar se enciende una luz roja para prevenir a los tripulantes.

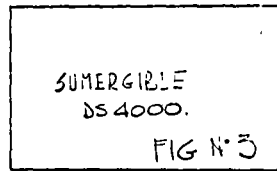
Cuenta con el instrumental más completo que permite en todo momento conocer: El rumbo (giro compás con repetidor), velocidad de desplazamiento, profundidad (dos profundímetros y dos eco sondas), presión y temperaturas internas, temperatura exterior, la hora, % de oxígeno, presión del oxígeno y flujo del mismo, el lastre variable en % de su peso máximo, voltaje de las baterías, etc., etc.



3 baterías inundadas en aceite, de plomo ácido, con 124 Volts de salida (recargables)

VISTA EN PLANTA.

FUENTES DE ENERGIA Y  
SISTEMAS DE  
PROPULSION



Los tableros principales son el de propulsión (con indicadores, de voltaje, ciclaje y amperaje). El de 120 volts, el de 28 volts y los fusibles del sistema hidráulico.

En el interior van también tres chalecos salvavidas, tres aparatos para respiración en circuito cerrado, tres visores, tres máscaras con filtro y una balsa para tres personas, tres lámparas de pilas, luces de salvamento, un extinguidor, 12 cartuchos de hidróxido de litio y un estuche para checar el porcentaje de CO<sub>2</sub> en el ambiente, además de botellas sanitarias y una caja con alimentos.

El equipo científico varía de acuerdo con el objeto de cada inmersión, para el caso específico de la presente misión se reducía a dos grabadoras para registrar comentarios durante la inmersión, una cámara de cine de 16 mm. con posibilidad de insertar varios cartretes de 120 M. (400 pies) de película.

Una cámara de fotos fijas 70 mm. controlada desde el interior (enfoque) que se dispara sincronizada

con destellos de luz instantánea, pudiendo hacer secuencias continuas con capacidad hasta 400 placas.

El Submarino DS-4000 va equipado con varios reflectores, uno de 500 watts entre las mirillas, otro de 1000 watts y dos más de 500 watts a babor y estribor, además de la luz de filmación que es de 2560 watts.

### 2.3 MEDIDAS DE SEGURIDAD

Para evitar cualquier accidente se llevan a cabo numerosas verificaciones antes, durante y después de la inmersión.

La primera fase (de las verificaciones que debe hacer el piloto) es de 30 minutos antes de la operación, la segunda fase es 15 minutos antes, la tercera fase verificaciones en el momento de izar el submarino y colocarlo en el agua; durante el descenso es la cuarta fase, la quinta ya en cumplimiento de la misión se refiere a chequeos periódicos (normalmente cada hora), respecto a eventuales embarques de agua, hora, profundidad, voltaje con la luz de 1000 watts encendida, temperatura exterior, presión de la cabina, temperatura y humedad interior, flujo de oxígeno y verificación del % de CO<sub>2</sub>, conexiones al giro compás, verificación del teléfono submarino, debiendo estar informado del estado del mar en la superficie y de las condiciones de rastreo.

Antes de el ascenso y durante el mismo se requieren una sexta fase de verificaciones y una séptima al llegar a la superficie, mientras se permanece flotando y durante la recuperación del sumergible, con una final ya fijo en la cubierta del barco de apoyo.

Antes de cada inmersión el piloto revisará los sistemas de seguridad y de pilotaje, firmando una forma especial, respecto al sistema eléctrico el Ingeniero Electricista en Jefe, deberá hacer lo propio en lo referente al aspecto mecánico el Ingeniero Mecánico en Jefe deberá igualmente revisar cuidadosamente y firmar la hoja de "antes" de la inmersión. Allí mismo se mencionarán las reparaciones efectuadas después de la última inmersión, el equipo instalado o extraído su peso y el piloto en jefe dará la aprobación final.

Al terminar una inmersión el piloto debe llenar una forma especial, respecto a lo que conviene revisar, medidas de seguridad y de operación con sus comentarios respecto a funcionamiento defectuoso, daños y reparaciones a efectuar. El jefe de electricidad y de mecánica deben hacer lo mismo y se anota también el equipo que se va a quitar. El piloto en jefe debe revisar todo y aprobarlo.

Como medidas adicionales de seguridad durante la inmersión en el caso de que el sistema eléctrico e hidráulico pudieran llegar a fallar existen sistemas manuales que permiten soltar diferentes lastres en orden de conseguir suficiente flotabilidad positiva para regresar a la superficie.

Se mencionan en orden de preferencia: lastres de descenso y ascenso, mercurio de balanceo (presionado

con nitrógeno a alta presión). La unidad completa para soltar los lastres pequeños y la batería de proa, en el caso de que el brazo mecánico se hubiera trabado con algún objeto fijo, existe la posibilidad de desprenderse de él, abandonándolo.

**2.5 MEDIOS DE COMUNICACION, NAVEGACION Y RASTREO.**

El sumergible cuenta con diversos sistemas para orientarse, posicionarse (respecto al fondo a la superficie) y de comunicarse con el grupo de apoyo.

En el interior de la esfera están instalados un giro compás y un repetidor corregido, con los que se puede definir perfectamente el rumbo en que se desplaza el submarino.

Un eco sonda de 23 kc. emite señales hacia adelante en prevención contra posibles colisiones; además en la parte posterior del sumergible están instalados dos eco sondas (23 kc), en una unión Cardan, garantizando la verticalidad de ambas las señales se pueden registrar tanto hacia la superficie como hacia el fondo y se pueden recibir en brazas o en pies, además dos profundímetros dan lecturas en cientos de pies de profundidad.

Cuenta con un teléfono ultrasónico (sonar de voz) para comunicarse bajo el agua, con el barco de apoyo y la embarcación de rastreo. Además de un radio FM para la superficie.

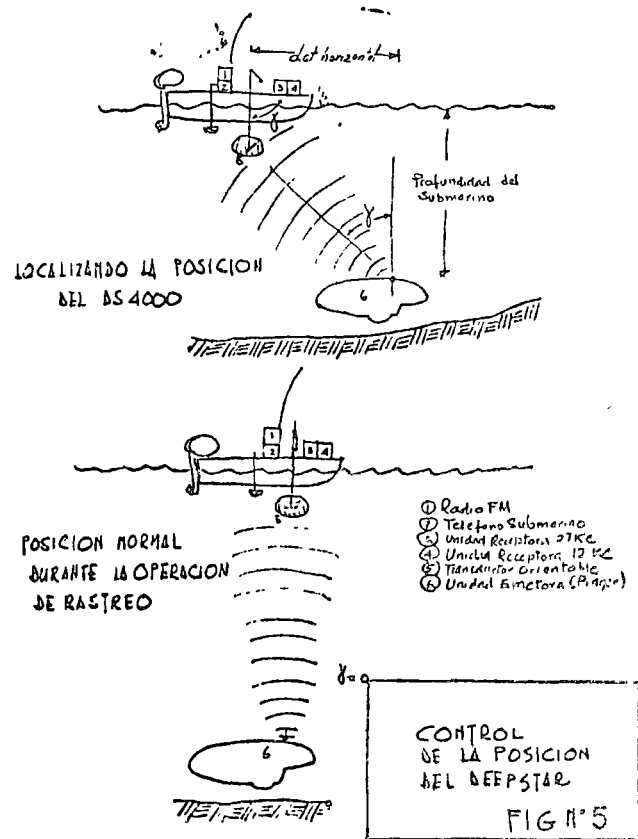
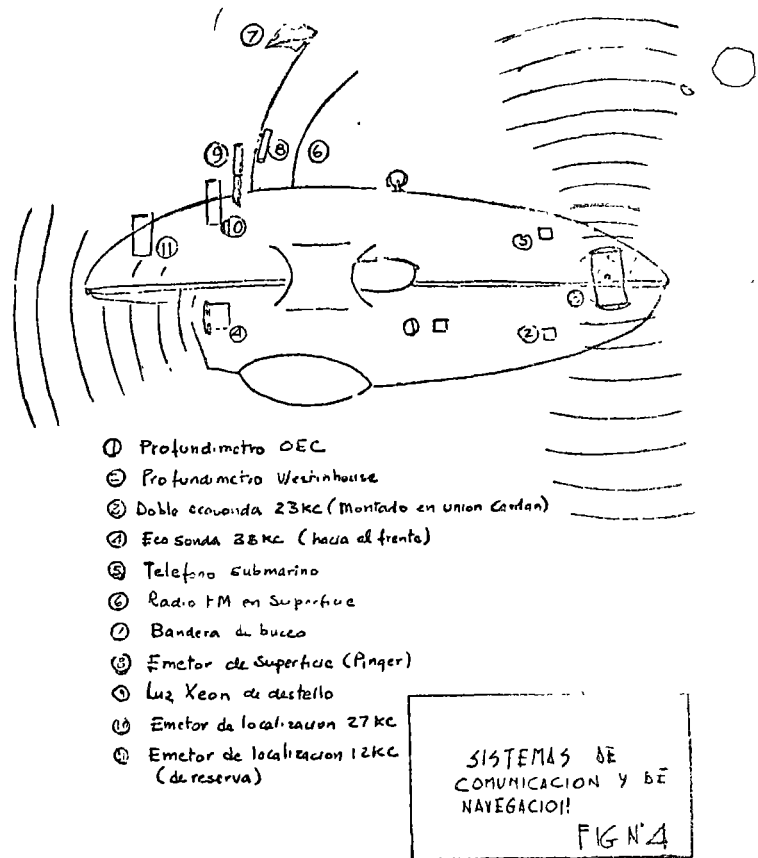
Para conocer la exacta posición del submarino en un plano horizontal, una embarcación de 5 M. de eslora, 2 M. de manga y 0.80 M. de puntal con un motor fuera de borda (60 HP) utilizando una unidad receptora orientable, puede seguir las señales de los emotores del submarino.

A bordo del Deepstar van instalados un Emotor de 27 kc. el normalmente utilizado para el rastreo; otro Emotor de 12 kc. que facilita la relocalización en el caso de que se hubiera perdido la primera señal; al estar practicamente en la vertical, igualmente se puede sintonizar la frecuencia de los eco sondas que es 23 kc. pero ésto no se hace normalmente (Ver Fig. No. 4 y No. 5).

**2.5 PERSONAL REQUERIDO.**

Por parte de la compañía que opera el submarino se pueden mencionar: Supervisor de Operaciones, Oficial de Operaciones (Piloto), Piloto en Jefe (Buzo), Ingeniero de Mantenimiento (Buzo), Mecánico en Jefe, tres mecánicos (buzos), Electricista en Jefe (Piloto) y tres electricistas.

Es conveniente hacer notar que la operación puede llevarse a cabo satisfactoriamente aún faltando tres elementos, normalmente se hace una rotación de personal para los diferentes trabajos.





En lo que se refiere al aspecto científico, además de los oceanógrafos o investigadores, se cuenta con un ingeniero en electrónica y un mecánico para la instalación de instrumental especial, tanto a bordo del sumergible como en el barco de apoyo.

También hay que contar al personal del barco: no-drizza, un capitán de altura, un jefe de máquinas, dos marineros, un cocinero y su ayudante.

## 2.6 BARCO DE APOYO.

Para este tipo de trabajo es muy conveniente contar con el barco de apoyo adecuado, de tamaño suficientemente grande para alojar el submarino, la grúa que lo coloque y lo saque del agua, los laboratorios, talleres y espacio suficiente para alojar entre 25 y 30 personas.

Actualmente se está utilizando un barco de abastecimiento para plataformas petroleras en mar abierto, se le instaló una grúa con capacidad de 25 tons. a lo largo de la cubierta, se fijaron 10 casas remolques de dimensiones varias en las que fueron instalados el taller mecánico, el taller de electricidad, el laboratorio de química, el de fotografía, el de estudios oceanográficos, un almacén de refacciones y alojamientos con baños completos (1 cada seis personas) para un total de 18 personas para operación del submarino y otras 12 personas para los estudios científicos.

En la popa del lado de babor se tiene un espacio para instalar la embarcación utilizada durante las operaciones de rastreo, igualmente se construyeron compartimientos especiales para almacenar los lastres (de descenso y ascenso) y para almacenar las botellas del equipo autónomo de buceo cerca de un compresor de alta presión, cada individuo tiene un espacio para guardar su equipo personal de buceo allí cerca, teniendo facilidades para lavarlo con agua dulce al terminar cualquier inmersión (Ver Croquis No. 6).

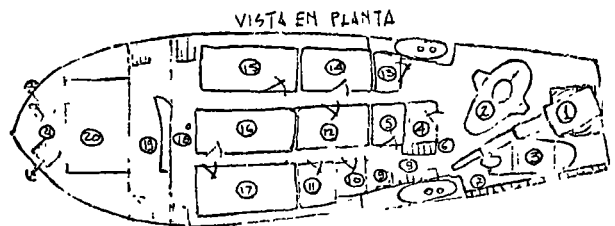
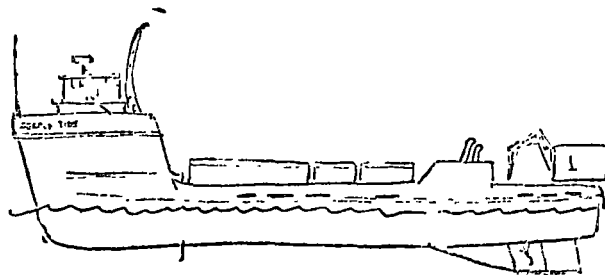
Resumiendo, el barco actualmente empleado es el abastecedor "Search Tite" registrado en el Puerto de Nueva Orleans con 50 M. (165 pies) de eslora, Manga 11.5 M. (38 pies), desplazando 192 toneladas brutas.

Está impulsado por dos motores Diesel Caterpillar 378 D, con una potencia total de 1560 H. P. que le dan una velocidad de crucero de 12 nudos. Cuenta además con dos generadores GMC 671 de 60 KW.

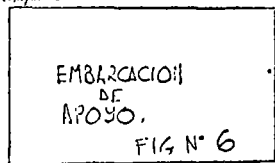
Puede embarcar 117000 lt. (31000 galones) de Diesel, lo que le da un alcance de 3500 millas, además tiene capacidad de almacenar 152000 litros (40000 galones) de agua dulce.

Como equipo especial en el puente, se pueden mencionar: un piloto automático Sperry, un localizador de dirección Bendix, un radar DECCA RM 314, un eco sonda Triton, un sistema de navegación DX-LORAN-ENAC, un radio teléfono AE-190 CM y un radio de reserva 1055 A. Como equipo complementario, instalado especialmente para operar con el submarino se tiene: un teléfono submarino UQC Modelo 400 A de Wes-

tinghouse, un radio FM Motorola (estación central, contando con dos pequeñas estaciones instaladas a bordo del submarino y en la embarcación de rastreo, además de dos unidades portátiles); por último un radio en banda única (Single Side Band) para comunicaciones directas a las oficinas del WUWC en San Diego, Calif.



- |   |  |  |
|---|--|--|
| ① Grúa  | ⑫ Lab. Química                         | ⑰ Alojamiento Personal de Westinghouse |
| ② DS 40                                       | ⑬ Lab. Química                         | ⑱ Receptor del Teléfono Submarino      |
| ③ Embarcación de Rastreo                      | ⑭ Alojamiento Científico NUNUC         | ⑲ Embarcación Auxiliar                 |
| ④ Taller Mecánico                             | ⑮ Alojamiento Científico NUNUC         | ⑳ Puente                               |
| ⑤ Taller Eléctrico                            | ⑯ Alojamiento Personal de Westinghouse | ㉑ Cadenas anclas                       |
| ⑥ Almacenamiento de botellas de buceo         |  |  |
| ⑦ Almacenamiento lastres (descenso y ascenso) |  |  |
| ⑧ Almacenamiento Equipo de buceo              |  |  |
| ⑨ Compresor Alta Presión                      |  |  |
| ⑩ Taller de Fotografía                        |  |  |
| ⑪ Almacenamiento refacciones DS 4000          |  |  |



## 3) INMERSIONES EN EL SUMERGIBLE.

### 3.1 MANIOBRA EN LA SUPERFICIE (BOTADURA).

Normalmente antes de efectuar cualquier inmersión se hace un reconocimiento completo del área en la cual se va a operar. En las operaciones relativas a estudios geológicos de cañones submarinos se utilizó un eco sonda de alto poder de marca Giff Modelo GORT. Unidad receptor con sistema de registro controlado, de 400 en 400 brazas con cambios automático de escalas.

Dos unidades emotoras (pantallas transductoras) la primera instalada en la quilla del barco de apoyo y la segunda montada en una estructura aerodinámica en forma de bomba que se remolcaba por la banda de estribor (Ver Croquis No. 7). Ambos emotores son EDO, con una frecuencia de 12 kc. tipo UPN, con una energía requerida del orden de 800 watts y un cono de aproximadamente 30°.

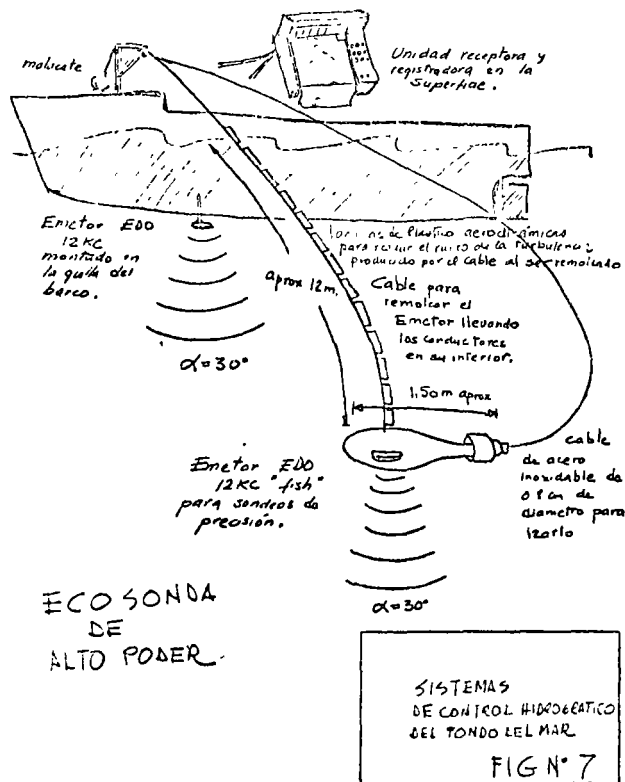
El emotor remolcado se utiliza porque se encuentra más profundo y está alejado de otros ruidos como son: las olas, burbujas, el motor del barco. En el cable de acero que lo soporta se han fijado láminas de plás-

tico de forma también aerodinámica, para reducir la turbulencia y el consecuente ruido en el cable al arrastrarlo.

Una vez que se ha reconocido perfectamente la zona, se decide cual será el punto en que el sumergible deberá ser soltado para descender, se chequea la profundidad máxima y se prepara para iniciar la inmersión.

Mientras el científico y sus ayudantes efectúan los trabajos de localización, el personal de operación del sumergible lleva a cabo todas las verificaciones y preparativos para colocar en el mar el Deepstar.

La embarcación de rastreo es colocada en el agua con dos elementos del personal para seguir en la vertical todos los movimientos del submarino en el fondo del mar, de acuerdo con el procedimiento que se explicó en el Inciso 2.4.



El resto del personal tienen cada quien un trabajo específico (Ver Incisos 2.1, 2.2 y 2.3) una vez que el piloto y los dos científicos han entrado al interior del submarino y cerrada la escotilla se asegura la tapa superior, se engancha la grúa y se retira la escalerilla de acceso.

Cuando el piloto ha dado la señal "Delta Uno" el personal procede a realizar las operaciones de liberar el sumergible de sus soportes, se retira la barra de seguridad de la batería de proa, y el apoyo de popa; se retiran los pernos que fijan a la esfera a su soporte en cubierta y controlando los desplazamientos laterales gracias a varios cables, la grúa iza el submarino lentamente y principia a girar lentamente hacia la dere-

cha, hasta describir un arco de aproximadamente 150°, procede a bajar el submarino hasta que este entre en contacto con el mar, contando con un gancho especial de soltado automático de muy rápida operación.

Dos buzos entran al agua y se preparan a soltar las amarras, maniobra que efectúan cuando el piloto les da la señal (Delta Dos) encendiendo la luz de 1000 watts.

En ese momento el Deepstar inicia su viaje al fondo del mar, siguiendo su acostumbrada trayectoria helicoidal.

### 3.2 DURANTE LA INMERSION.

Al ir descendiendo uno de los científicos procede a hacer una descripción de las condiciones de la columna de agua, (visibilidad, temperatura, profundidad, hora, vida marina, sedimentación, etc.).

Para facilitar la comunicación submarina el personal de Westinghouse elaboró un código de señales para el DS-4000, el cual se transcribe a continuación:

Delta	Inmersión
Alpha	Ascenso
X - Ray	Emergencia
Popa	Problema menor
November	Navegación
Mike	Motor
Lima	Información
Charlie	El porcentaje de CO <sub>2</sub> es...
Fish	La Prof. es...
Tango	Rastreo
Whisky	Condiciones meteorológicas
1 -	Listo en reserva
2 -	Comenzado. iniciar
3 -	Problemas rescatenme
4 -	Precaución despejen el área
5 -	Todo normal
6 -	Llegado a...
7 -	Parada.
8 -	Necesito ayuda, manden los buzos.
9 -	Malas condiciones anormales
10 - 5	Ya te oigo bien, ahora voy a chequear

### SEÑALES DE EMERGENCIA

X Ray 30	Fuego a bordo.
X Ray 32	Ascenso sin control.
X Ray 33	Descenso sin control.
X Ray 34	Atorado en un objeto en el fondo.
X Ray 35	Debemos salir del D S.
X Ray 36	La bomba es inoperante.
X Ray 37	Necesito soltar la batería de proa.
X Ray 38	Choque en superficie.
X Ray 39	Solicito recuperación inmediata.

Llamada general: MAYDAY.

Al llegar al fondo el piloto da la señal "Delta Siete", después de haber soltado un poco antes el lastre de descenso; se lleva una bitácora para anotaciones, además de que en una grabadora se van registrando las

observaciones realizadas; se describe el tipo de fondo, organismos, corriente (si la hay) orientación y dimensiones del rizado de corrientes (ripple marks) etc., etc.

El submarino se desplaza siguiendo un rumbo predeterminado ascendiendo lentamente, deteniéndose y depositándolas en la canasta. Se puede llevar también un record de filmación.

Después de un cierto tiempo hay una parada para que el piloto haga las verificaciones correspondientes, cambio de rollo a la cámara de cine, que se puede aprovechar para que los tripulantes tomen un refrigerio.

En el interior de la cabina los científicos pueden intercambiar lugares fácilmente, pero para efectuar esta maniobra el piloto debe estar avisado, ya que cualquier movimiento afecta la posición del Deepstar. Y el debe compensarlo con el lastre de balanceo a base de Mercurio. Si durante la inmersión se requiere fijar un punto de referencia, se comunica a la superficie y el barco de apoyo se acerca a la embarcación de rastreo y fija el punto en el carta con el radar o con otro método convencional.

La inmersión continua conforme al plan formulado, hasta alcanzar la zona propuesta para el ascenso, el piloto da la señal "Alfa Uno" y el barco de apoyo le confirma las condiciones del exterior, al soltar el lastre de ascenso se avisa "Alfa Dos".

En el eco sonda se lleva un registro de la distancia a la superficie, la cual periódicamente se comunica el barco de apoyo; una velocidad normal de ascenso es de 18 M/min. a unos 30 M. de la superficie, se da la señal para que la embarcación de rastreo despeje el área, evitando una posible colisión, al emerger el piloto conecta el radio FM, da la señal "Alfa Siete" y el barco de apoyo se aproxima.

### 3.3 MANIOBRAS EN LA SUPERFICIE (RECUPERACION).

Un buzo salta al agua y fija un cable al DS-4000, el cual permite acercarlo al barco de apoyo, por radio FM se dan indicaciones para que el piloto oriente convenientemente el submarino, mientras el buzo asegura el gancho de la grúa. El mismo buzo fija dos cables más en proa y en popa para limitar los movimientos laterales del submarino al estar suspendido.

La grúa extrae el Deepstar del mar y gira lentamente hacia la izquierda, hasta colocarlo a la vertical de su apoyo en cubierta (los movimientos laterales son limitados gracias a los cables), esta operación se complica con mar picado.

Se fija el DS 4000 nuevos retenes para grúas guiar el descenso al sitio exacto en su lugar de apoyo; la grúa lo desciende e inmediatamente es asegurado a su base, la barra de seguridad de la batería de proa es colocada nuevamente, el soporte doble de popa es ajustado, los tensores y los pernos se acomodan en su sitio.

La escalerilla de acceso es colocada, se quita el seguro de la tapa, se seca el agua y al abrir la escotilla

se vuelve a colocar el anillo de madera protector del metal de asiento. En el interior la escalerilla retráctil se coloca en su posición original y los tripulantes salen al exterior.

El personal de operación procede de inmediato a quitar las cubiertas aerodinámicas y a efectuar las verificaciones de "después" a la inmersión, todo el instrumental y los equipos son lavados inmediatamente con agua dulce para evitar acumulaciones de sal y corrosión a causa del agua de mar.

Los científicos retiran su equipo especial de la cabina (películas de cine tomadas, grabadoras, etc.) para posteriormente recuperar de la canasta retráctil exterior las diferentes muestras recuperadas, colocadas en bolsas de plástico debidamente etiquetadas para su estudio posterior en laboratorio.

### 3.4 INMERSIONES REALIZADAS.

Durante los días que duró la misión, tres en tierra y ocho en el mar, se efectuaron cinco inmersiones con el Deepstar, en el área en estudio mencionada en el Inciso 1.2, en dos de las cuales el autor participó personalmente.

#### 3.4.1 INMERSIONES EN CABO PULMO.

Con objeto de estudiar una serie de terrazas o escalones submarinos localizados a unas cuatro millas de la costa, con el eco sonda de alto poder, se pensó hacer una inmersión con el Deepstar e inspeccionarlas, durante el día 28 de enero de 1968.

Las coordenadas del punto de descenso fueron Latitud 23° 29' Norte y Longitud 109° 21.7' Oeste.

La inmersión fue la No. 347 del DS 4000, el Piloto Curt Adams de Westinghouse y los Observadores el Dr. Robert F. Dill, Científico en Jefe de la misión (NUWC) y el Especialista en proyectos submarinos e invitado mexicano a esta campaña, autor de este reporte.

A las 10.11 se inició el descenso, alcanzando el fondo a 11.00 a una profundidad de 670 M. (2200 pies), con una temperatura exterior de 5°C (42°F), visibilidad entre 7 y 8 M.

El fondo estaba cubierto totalmente por sedimentos con restos de conchas rotas, siguiendo el curso 225, el submarino inició el ascenso de una pendiente de unos 15° aproximadamente, sin que se notarán indicios de alguna corriente de fondo, ni afloramientos de rocas.

Poco después se localizaron series de rizados de corrientes de unos 15 cm. de altura y períodos del orden de 90 cm.

A las 11.15 se localizó la roca Madre en una pequeña plataforma, a 607 M. (2000 ft.) de profundidad, ascendiendo una pendiente de sedimentos se localizaron varios bloques de granito, caídos probablemente de las paredes del cañón; el Dr. Dill considera que estos depósitos debieron ocurrir tal vez durante el Pleistoceno y

que este valle va directamente al cañón.

La visibilidad es ahora entre 9 y 10 M., el curso 260 y a 575 M. (1900 pies) se obtuvo una muestra de las rocas, aparentemente conglomerado con manganeso. Temperatura exterior 7°C (46°F).

Profundidades 425 M. (1400 pies) es alcanzada a las 12.00 horas, el fondo es rocoso con una ligera capa de serimentos, la corriente que se había notado poco antes desaparece.

A 355 M. (1200 pies) se localizan cantos rodados y granito con detritus de conchas y arenas, en un fondo casi horizontal, sin que haya indicaciones de erosión alguna.

Subiendo por una pendiente constante a 335 M. (1100 pies), temperatura exterior 12°C (52°F) rápido cambio de temperatura.

Las 12.30, cambio del tipo de fondo, la corriente se incrementa ligeramente, viene del suroeste profundidad 242 M. (800 pis).

Parada para verificaciones y almuerzo ligero, 12.45 en marcha curso 250, misma profundidad, cambio del tipo de fondo, recuperación de muestras, se trata de pequeños "cantos rodados" que forman una verdadera playa, perfectamente graduados y con una pendiente constante, profundidad 120 brazas, con un diámetro promedio de 10 cm.

Se puede pensar con certeza que debe tratarse de un antiguo nivel de playa, entre ellos se ven nodulos de color café, a causa de la oxidación de 5 a 8 cm., en un principio se pensó en fosforita.

Las 13.10, cambio del tipo de fondo muy claro, areniscas en forma de escalones hacia la banda de tribor como material rocoso de playa, de 30 a 40 cm. de altura cada uno, ascendiendo por los escalones ahora de 60 cm. a 100 cm. de altura.

A 100 brazas de profundidad el fondo es más plano, temperatura exterior 13°C (54°F) sin que se noten ondulaciones de corrientes de fondo cerca pendiente de aproximadamente 15° sobre el curso 250, a las 13.27.

A 90 brazas nuevamente una playa de "piedras" cantos rodados; a las 13.35 fondo de arenas y gravas y una pendiente de 5 a 10° hacia el 260, las gravas se ven más clasificadas. Ascendiendo la pendiente general y nuevamente nodulos de algas calcareas y "cantos rodados" similares a los vistos antes.

13.55, un agujero en la roca caliza habitado por un mero de 1.00 M. aproximadamente de largo y material rocoso con restos de conchas en pendiente suave. Se obtuvieron muestras.

14.15, mismo tipo de fondo, gravas y arenas, profundidad 80 brazas, ascendiendo temperatura exterior 14°C (56°F).

14.20, profundidad 65 brazas, fondo de sedimentos y conchas cónicas, obtención de una muestra, temperatura exterior 14°C (56°F), seguimos ascendiendo la pendiente general, apagamos la luz, la visibilidad es buena unos 10 a 15 M.

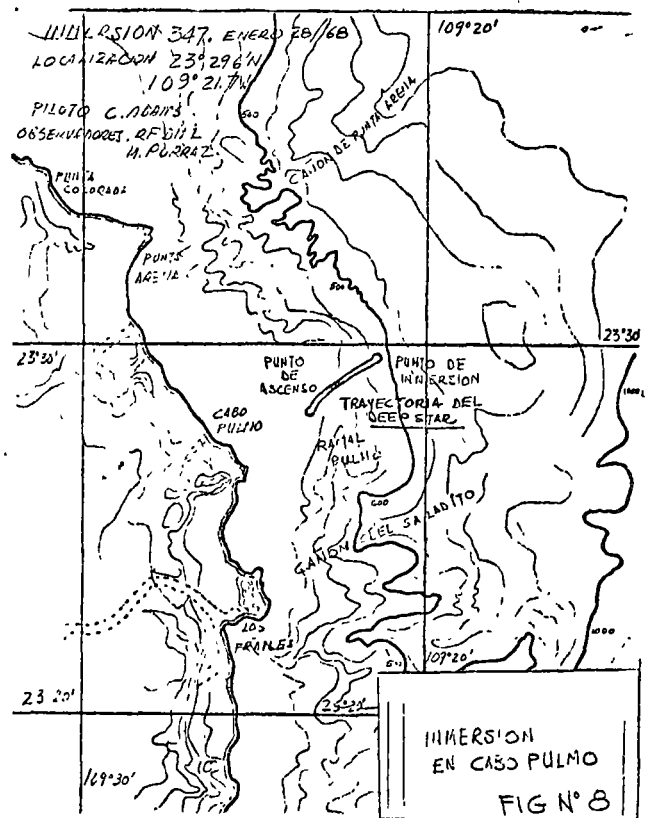
14.40, alistarse para el ascenso, profundidad 56 brazas.

14.50 en la superficie y 15.08 salida al exterior.

En la Fig. No. 8, se ilustra el área donde se efectuó la inmersión y la trayectoria del sumergible en el fondo.

Nota:

No se han transcrito las observaciones relativas a vida marina.



### 3.4.2 INMERSION EN PUERTO CHILENO.

Después de un detallado estudio del área del cañón de Santa María, se eligió la pendiente situada a unas tres millas de la costa a la altura de un lugar conocido como Puerto Chileno.

Las coordenadas del punto de inmersión son: Latitud 22° 55.0' Norte y Longitud 109° 43.4' Oeste. Esta inmersión se efectuó el 29 de enero de 1968 y fue la 348 del DS 4000; el piloto y los tripulantes los mismos que en la inmersión anterior.

13.59 cierre de escotilla, verificando profundidad con el puente del barco, 300 brazas.

14.03 abandonando la superficie.

14.27 en el fondo, profundidad 545 M. (1800 pies), sedimentos con algunas conchas, ondulaciones de corrientes de 2 cm. de alto por 10 cm. de período orientadas al noreste, desplazándose en el curso 315, visibilidad unos 8 M., temperatura exterior 7°C (45°F), pendiente entre 5 y 10°.

14.40 se observa una pared de roca sedimentaria hacia la banda de tribor de unos 5 M. de alto, casi vertical.

14.45 llegando a una pared similar, ahora por la banda de babor, cambio de curso a 110.

14.50 nuevamente en el curso 315 y ondulaciones de corriente en el mismo rumbo de dimensiones similares a las observadas anteriormente, profundidad 470 M. (1550 pies).

15.00 navegando paralelos a una pendiente pronunciada de casi 30°, rumbo 060, notando rizados de corriente de 8 cm. de altura y 20 cm. de período, formados de arcillas y lodo gris muy fino, temperatura exterior 10°C (50°F).

15.10 profundidad 410 M. (1350 pies), las ondulaciones son menos visibles siempre con rumbo hacia el 320.

15.20 profundidad 355 M. (1200 pies), se localizó un envase vacío de Coca Cola, sin que se notaren huellas de sedimentación a su alrededor.

15.30 profundidad 303 M. (1000 pies), mismo tipo de fondo.

15.35 profundidad 273 M. (900 pies), paradas de verificaciones, cambiar rollo de película y almuerzo.

15.45 nuevamente en el curso 315.

16.00 mismo tipo de fondo con una alta concentración de conchas muy intemperizadas de las cuales se tomaron algunas muestras, profundidad 115 brazas.

16.05 en terrazas recubiertas por restos de conchas a 212 M. (700 pies) de profundidad, temperatura exterior 125°C (55°F). (las conchas tienen un origen en aguas poco profundas y son índice de un antiguo nivel de playa).

16.15 se obtuvieron muestras de los nodulos de algas calcáreas de color café, de un diámetro medio de 2 cm. a una profundidad de 100 brazas.

16.20 se asciende por una pendiente de aproximadamente 20°, el mismo tipo de fondo, temperatura exterior 13°C (56°F), profundidad 90 brazas.

16.35 profundidad 70 brazas, un ambiente de fondo bastante diferente con arcillas y lodos grises.

16.45 el fondo es plano, se llegó a la Plataforma Continental, profundidad 60 brazas y la visibilidad es escasa preparaciones para el ascenso.

16.55 llegada a la superficie.

17.14 salida al exterior.

No t a :

No se han transcrito las observaciones realizadas, relativas a vida marina.

### 3.4.3 RESTO DE LAS INMERSIONES.

El 30 de enero de 1968 se llevo a cabo la inmersión No. 349 del Sumergible en el Cañón del Cabo San Lucas, llevando como Piloto a Ron Church y Observadores al Dr. Dill y al Capitán W. M. Nicholson del DSSP de Washington.

Las coordenadas del punto de inmersión fueron: Latitud 22° 51.5' Norte y Longitud 109° 50.8' Oeste, se inició a las 10.00 y terminó a las 14.40, la profundidad máxima fue 1065 M. (3500 pies).

El 31 de enero fue la buceada No. 350, llevando como Piloto a Curt Arams y Observadores al Dr. Dill y el Dr. Bruce Heezen, Geólogo del Observatorio Geológico Lamont, en el Cañón Cardenal a 3 millas al exterior del tombolo le Cabo San Lucas.

Las coordenadas al iniciarse la inmersión fueron: Latitud 22° 51.0' Norte y Longitud 110° 00.5' Oeste. La profundidad alcanzada fue 670 M. (2200 pies) y duró de las 09.40 a las 13.45.

La última inmersión el día 1o. de febrero, en el cañón de San Lucas, la No. 351 del Deepstar hasta una profundidad de 670 M. (2200 pies). El Piloto Curt Adams, el Dr. Dill y el Dr. E. C. Allison, Profesor de Geología de la Universidad estatal de San Diego. Las coordenadas del punto de inmersión fueron: Latitud 22° 52.3' Norte y 109° 51.9' Oeste, iniciándose a las 12.00 para terminar a las 15.35.

Durante esta inmersión accidentalmente el Submarino golpeó con su parte inferior detrás de la esfera un bloque de granito aislado que sobresalía al terminar una ligera pendiente de arena. Este golpe afectó el mecanismo para largar los pequeños lastres "de pilotaje", suspendiéndose de inmediato las exploraciones y regresando a la superficie. Desgraciadamente el daño no pudo ser reparado en los talleres de a bordo y se suspendieron las siguientes inmersiones programadas.

## 4) OTRAS INMERSIONES REALIZADAS.

### 4.1 LOS FRAILES.

Utilizando equipo autónomo de buceo, se llevaron a cabo varias inmersiones en el cañón submarino de Los Frailes (Ver Fig. No. 1).

Se trata de un cañón cuyas principales cabezas llegan a poca distancia de la playa, empezando con arena se llega a paredes verticales de granito a pocos metros de distancia. Se trata de un caso muy interesante que requiere de estudios a fondo para llegar a comprender su mecánica; en una campaña anterior se

habían colocado cerca de 2500 pelotas de ping pong perforadas para tratar de conocer el movimiento de los sedimentos, además de un número considerable de marcas.

Durante la temporada de lluvias pasada, debió haber un gran aporte de sedimentos, ya que se encontró que una espesa capa de sedimentos (10 M.) había rellenado en parte las cañadas del cañón, con la consiguiente pérdida de las marcas colocadas.

Se puede pensar que periódicamente estos sedimentos caen a aguas más profundas, esto se corrobora si se considera que en inmersiones anteriores utilizando el Sumergible SP-300 (Febrero 1965) se localizaron pequeñas cascadas de arena en varios puntos.

#### 4.2 CASCADAS DE ARENA.

Otras inmersiones también con equipo de buceo autónomo fueron efectuadas en una de las cabezas del cañón de San Lucas, en un área cercana a la roca "Shepard".

La pendiente del fondo es de aproximadamente 30° a una profundidad de 18 M., se localizaron rocas aisladas con muestras de erosión y se notó un movimiento de las arenas hacia la parte más profunda, en un espectacular río de arena, desplazándose a una velocidad de casi 1 cm. por segundo, a una profundidad de 40 M., se llega a un despeñadero casi vertical en el cual la arena se precipita al abismo en una increíble cascada de arena.

Esta arena evidentemente erosiona las rocas de granito, los cuales de acuerdo con opiniones del Dr. Dill eventualmente caen rodando al fondo del cañón.

Se puede pensar que las corrientes de fondo de cierta importancia (0.5 nudos o más) están asociados con este movimiento de las arenas.

#### 5) CONCLUSIONES.

Después de esta breve pero interesante campaña no se pueden dar conclusiones inmediatas respecto a la geología del área estudiada, ni respecto a los cañones submarinos explorados, se requerirá recopilar la información obtenida, analizarla y estudiarla cuidadosamente, relacionándola con otros trabajos realizados previamente.

Las conclusiones que el autor menciona a conti-

nuación son relativas a la cooperación entre instituciones interesadas en problemas comunes de lugares diferentes y la operabilidad de sumergibles profundos.

Es de alabarse el espíritu de cooperación del Dr. R. F. Oill, Científico en Jefe de esta misión, invitando a expertos en las ciencias del mar de otras dependencias, universidades y países, ya que los estudios que se realizaron fueron de interés común, para una mejor comprensión de los procesos geológicos desarrollados bajo el mar.

También es muy importante considerar que México tiene la suerte de tener un maravilloso laboratorio natural, que permite en forma única estudiar objetivamente los procesos de sedimentación submarina, en Cabo San Lucas y la Bahía de Los Frailes en el Territorio Sur de Baja California.

Los resultados de los estudios realizados como los de esta expedición y de todas las anteriores, han hecho de esta región de México una de las más famosas en todo el mundo, en el aspecto de Geología Marina.

Se considera conveniente que el gobierno mexicano proteja estos lugares, considerándolos como "tesoro nacional", manteniéndolos en su estado original y preservando estos laboratorios naturales para que los geólogos tanto mexicanos como de otros países puedan realizar y continuar sus estudios especializados en esos lugares.

Desde diciembre de 1967 a la fecha, 18 inmersiones con el Sumergible DS 4000 fueron efectuadas en aguas próximas a México, en el litoral del Pacífico, con un costo próximo de cuatro millones de pesos.

La operación de submarinos profundos es todavía de un alto costo y su aplicación desde el punto de vista comercial a gran escala por el momento está limitada. El estado del mar afecta grandemente su operabilidad, ya que en oleajes de más de "dos" las maniobras para botarlo al mar y recuperarlo se vuelven complicadas y peligrosas.

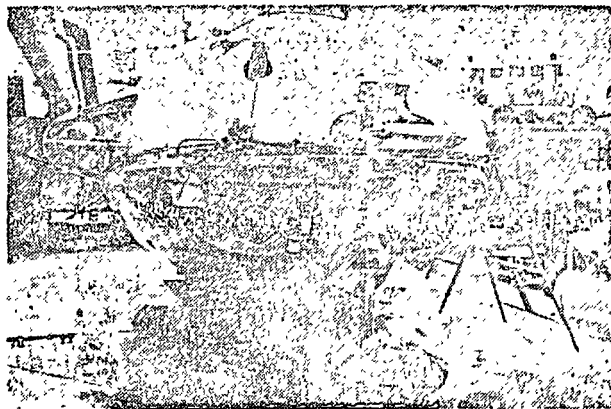
Sin embargo, es necesario decir que el personal de operación del Deepstar trabaja en forma admirable y que el DS 4000 es un sumergible profundo que opera satisfactoriamente cumpliendo ampliamente con las diferentes misiones de estudios científicos para los cuales es empleado.

## APENDICE

Se tenían programadas dos inmersiones en la Costa Occidental de Baja California, con objeto de estudiar dos bancos de rocas fosfóricas, los cuales tienen ciertas posibilidades de llegar a explotarse industrialmente mediante operaciones de minería submarina, por una empresa mexicana.

Sin embargo, el estado del mar al pasar la Isla de Cedros estuvo superior a 4 con el que ninguna operación con el Sumergible DS 4000 es posible.

Esta campaña deberá efectuarse en otra época del año, ya que en febrero es muy común este estado del mar en esa zona.



# Aplicaciones de la Ingeniería Submarina \*

Por Mauricio Porraz, J. L.\*\*

La ingeniería submarina se puede definir como la aplicación de la tecnología del ingeniero, para la explotación racional de los recursos naturales de los océanos. No debe de ninguna manera confundirse con la Oceanografía, la cual es una ciencia, estudia el mar para conocerlo y comprenderlo mejor.

Entre las ramas de la Oceanografía aplicada, como una disciplina mucho muy extensa se tiene la Oceanografía aplicada, la cual a su vez puede subdividirse en algunos capítulos de interés para la ingeniería submarina:

- a) El estudio e investigación de los procesos marinos en las zonas costeras, con fines al desarrollo de obras marítimas, puertos, transportes litorales, recuperación de tierras, etc.
- b) La contaminación de aguas marinas causada por descargas de desechos industriales que puede ser bacteriológica, química o atómica.
- c) Protección contra el medio marino de materiales y estructuras respecto a la corrosión y

el ataque de los organismos marinos.

- d) Captación de la energía del mar (olas, mareas, energía térmica).
- e) Recuperación de productos útiles y recursos naturales en el agua de mar, depositados en el fondo y en el subsuelo marino.

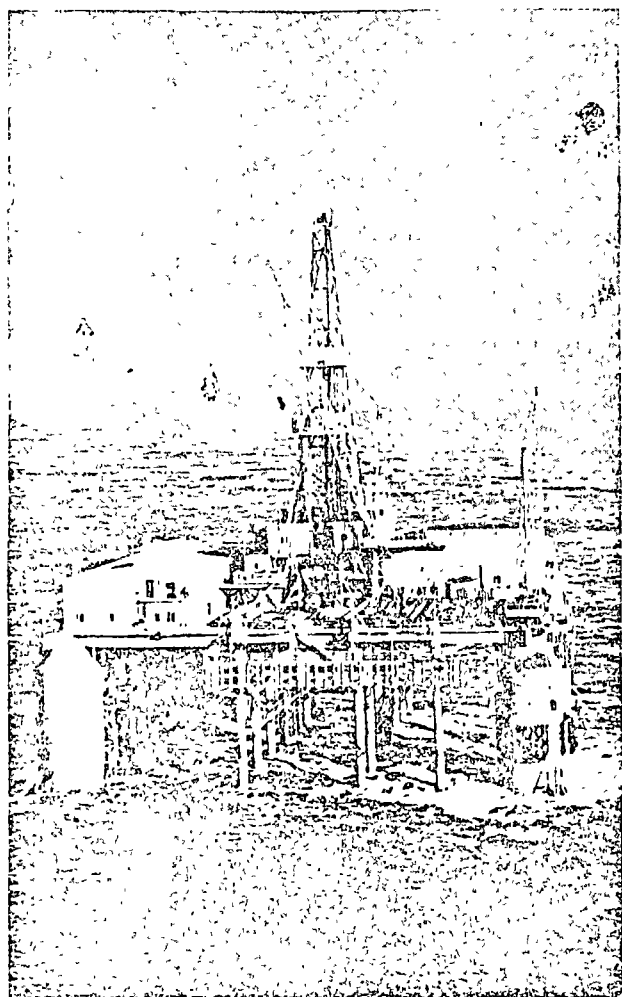
Después de esta breve enumeración podemos ya adivinar el amplio campo de aplicación que se presenta para la ingeniería submarina en los próximos años.

En esta ocasión nos será imposible abordar la totalidad de los temas mencionados y nos contentaremos con comentar algunos de ellos.

Cuando se ha tomado la determinación de llevar a cabo una obra de ingeniería marítima, antes de proyectar es imprescindible conocer las condiciones naturales que imperan en la zona en cuestión. Si la inversión por realizar lo amerita, los Ingenieros preferirán confirmar sus cálculos y teorías por medio de modelos hidráulicos, los cuales serán construídos y estudiados por or-

\* Conferencia sustentada en samblea de la Asociación Mexicana de Hidráulica  
\*\*INGENIERO CIVIL GERENTE DE ORGANIZACION SUBMARINA MEXICANA, S. A.





Plataforma de Perforación flotante "Blue Water No. 2.

ganismos especializados, pero aun así misiones de estudio en el lugar mismo de la obra, son indispensables.

Se requerirá de un equipo de técnicos dirigidos por ingeniero especialista que familiarizado con el trabajo por realizar, cuantifique los fenómenos dinámicos, geológicos y sedimentológicos en esa zona costera.

La misión puede iniciarse con una campaña de sondeos para precisar la topografía submarina actual y tener una base de comparación con batimetrías precedentes, cartas hidrográficas, etc., tratando si es posible localizar las variaciones y cubicar los volúmenes de sedimentos desplazados.

El conocimiento de la naturaleza del material del fondo es indispensable, pero el saber si es

grava, arena o lodo no puede considerarse suficiente para casos en que se quiera construir allí, debiendo establecer el espesor de los sedimentos sobre el estrato resistente.

La creencia general es que todos esos trabajos de estudio requieren de una gran infraestructura e instrumental muy costoso. Empleando los métodos de Ingeniería Submarina el ingeniero especialista ayudado por sus técnicos-buzos podrá realizar con equipos de trabajo muy ligeros una serie de operaciones consideradas hasta hace poco como delicadas o incosteables.

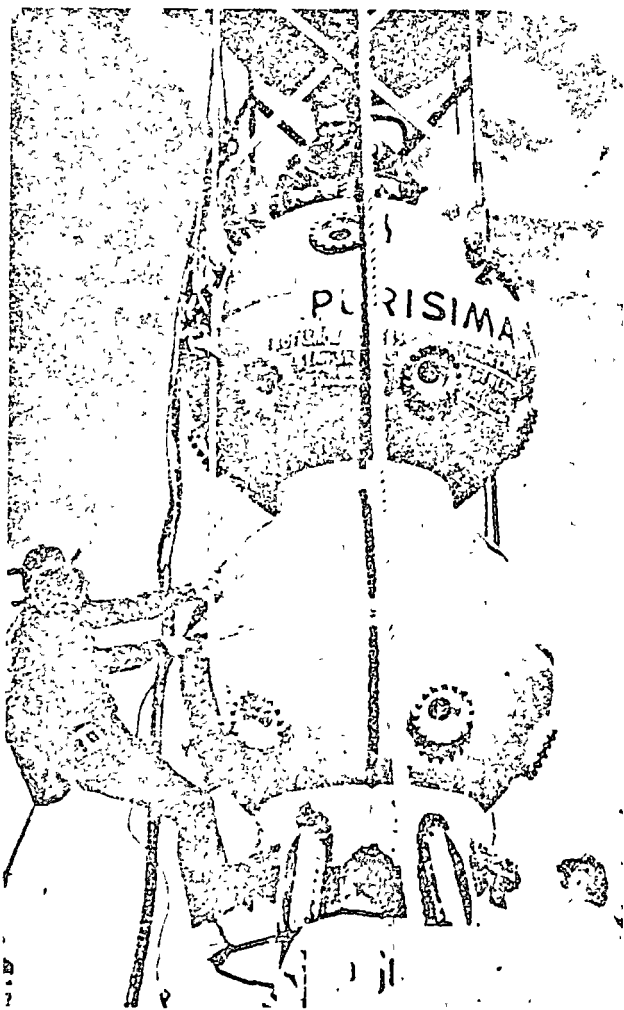
Reconocimientos directos del fondo marino, determinando zonas de sedimentación y cambios de las características del fondo, localización exacta de afloramientos rocosos, etc., medida directa de altura y amplitud del risado de corrientes (ripple marks). Se supone que ciertas ondulaciones que presenta el fondo marino se han formado por la acción de grandes marejadas y se estima posible el llegar a calcular las características de la ola, que las formó empleando parámetros de las ondulaciones estudiadas. Existen unos organismos que minan dichas ondulaciones ocasionando fallas y la desaparición de las mismas hasta que llegue otra majerada y las corrientes orbitales las vuelven a formar. Continuando esos estudios se podría llegar a calcular la profundidad crítica donde se corre peligro de socavación alrededor de pilas o estructuras apoyadas en el fondo.

La toma de muestras hasta 15 mts. dentro de los sedimentos, la obtención de núcleos inalterados; por medio de chifón hidráulico, la determinación del perfil del estrato resistente (bed-rock); empleando el presiómetro Menard se pueden conocer las características de los suelos marinos, etc., etc. Después de los estudios estáticos, es de mucho interés conocer el desplazamiento de los sedimentos y prever lo que sucederá cuando la estructura esté construída. Mediante la observación directa bajo el agua del grado de turbidez y el rumbo en que se incrementa se podrían cuantificar los acarrees.

Teóricamente se pueden calcular la velocidad crítica de la corriente para poner en suspensión ciertas partículas del fondo, efectuando mediciones directas bajo el agua de las corrientes y de sus efectos se pueden comprobar teorías existentes.

Se pueden realizar estudios para determinar la profundidad a la cual el paso de la ola no afecta el material del fondo (plano de Cornaglia). Se estima posible el poder predecir la estabilidad de taludes después de medidas "in situ" bajo el agua tal como un ingeniero de mecánica de suelos lo haría en tierra.

Además de estudiar las corrientes de turbidez, por medio de colorantes disueltos en el agua el técnico-buzo puede seguir la mancha a diferentes profundidades, efectuando localizaciones periódicas. El fenómeno del esfuerzo cortante de las corrientes en la vertical se puede observar fácilmente, dejando caer una botella que contiene colorante. Aparece inicialmente como una columna vertical, la cual se distorsionará debido a las corrientes diferenciales con la profundidad. De igual manera utilizando colorantes disueltos



Campana de buceo a doble Cámara "PURISIMA" que permite intervenciones directas con técnicos buzos hasta 200 m de Prof.

en el agua se estima posible de medir constantes de difusión en un movimiento turbulento. En aguas poco profundas se puede estudiar el efecto sobre las arenas del paso de la ola, pudiendo comprobar que las corrientes de fondo tienen movimientos elípticos a medida que éstas se desplazan en una determinada dirección.

Todas estas operaciones son delicadas y requieren de una cierta especialización. El incorporar a las arenas y gravas un trazador, que pueden ser partículas mineralógicas o petrográficamente diferentes a los sedimentos es perfectamente aceptable; pudiendo ser granos coloreados, isótopos radioactivos o partículas irradiadas. Aún no hemos encontrado ningún trazador práctico cuando se trata de lodos; la principal dificultad con que tropezamos es que hay una gran dispersión la cual exige el empleo de grandes cantidades de trazadores.

Las fuerzas dinámicas del mar constituyen factores de gran importancia a estudiar en estas misiones, y se requieren observaciones precisas llevadas a cabo durante períodos razonables de tiempo, en muchos casos un mínimo de un año. Las técnicas de trabajar bajo el agua de la ingeniería submarina se pueden aplicar satisfactoriamente, en ríos, canales, presas y demás obras de ingeniería hidráulica.

Se pueden mencionar inspecciones periódicas bajo el agua de las cortinas de presas, las cuales pueden incluir trabajos de mantenimiento al equipo sumergido y de rutina como la limpieza de las rejillas de las obras de toma. Después de cada visita el equipo de técnicos-buzos deberá proporcionar un reporte completo ilustrado con fotos y croquis de los trabajos realizados y en el eventual caso que se encuentren anomalías se indicarán éstas sugiriendo un procedimiento para llevar a cabo la reparación. Se pueden mencionar fisuras en la cortina aguas arriba, las cuales serán localizadas y obturadas bajo el agua. Cambiar válvulas es otra actividad posible.

En canales, las filtraciones ocasionadas por pequeñas grietas pueden ocasionar pérdidas importantes, técnicos-buzos sin afectar en lo absoluto el funcionamiento del sistema, pueden localizar y tapar todas las posibles fugas existentes en el perímetro mojado y en toda la longitud del canal. El método del "Mechón de Cabellos" permite identificar hasta las más pequeñas fisu-

ras por donde el agua pudiera filtrarse.

Cuando en ríos ciertas estructuras son susceptibles de sufrir socavaciones se recomiendan inspecciones bajo el agua; los técnicos buzos indicarán claramente la situación real de la estructura y en el caso de que se encuentre expuesta se procederá a la protección o reparación empleando las técnicas de Ingeniería Submarina que fueren necesarias.

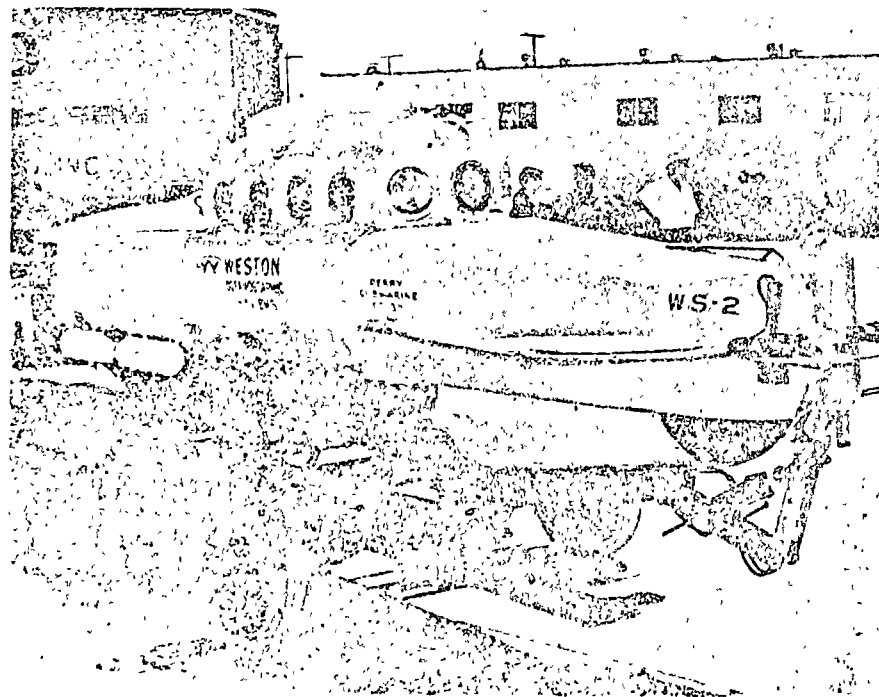
Hace unas semanas un ingeniero y técnicos buzos de una organización mexicana realizaron la primera de una serie de inspecciones subfluviales del gasoducto y poliducto que viene de Ciudad Pemex a la Capital. En esta misión se llevaron a cabo sondeos en todos y cada uno de los cruzamientos con reconocimientos directos bajo el agua del estado actual de las tuberías.

Adicionalmente se obtuvieron muestras del fondo, que analizadas en laboratorio y adicionadas a los datos obtenidos en el lugar permitieron calcular teóricamente las socavaciones probables cuando se presenten avenidas máximas.

Se colocaron una serie de diferentes testigos en los cruzamientos, para que al año siguiente sean recuperados permitiendo conocer la socavación máxima ocurrida en época de crecientes. Si aplicamos a nuestras fórmulas los datos de la máxima avenida ocurrida y comparámos resultados se podrán verificar cálculos realizados anteriormente.

Queremos insistir que la Ingeniería Submarina es relativamente nueva y que tiene el problema de destruir el fantasma del buzo independiente sin una gran educación que existió hasta hace algunos años, el cual generalmente trabajaba en forma artesanal e independiente; considerándose su profesión en extremo peligrosa, de resultados intangibles muchas veces y que los riesgos tomados eran muy grandes, se puede decir que el trabajar bajo el agua es algo realmente seguro, efectivo y económico. Siempre y cuando se lleve a cabo racionalmente siguiendo un sistema, empleando el equipo adecuado y bajo la supervisión de ingenieros responsables.

Los trabajos a que hemos hecho mención gene-



Submarino Bi-Plaza PC-3B que la OSM ofrece con profundidad de operación de hasta 200 m y velocidades de hasta 4 nudos con autonomía de 10 horas sumergido, los operadores pueden accionar un brazo mecánico desde el interior en el transcurso de sus inmersiones de estudio.

ralmente no presentan problemas importantes en lo que se refiere a las profundidades a las que son realizados. La tecnología del buceo en estos casos permanece dentro de los límites que se establecen para el aire comprimido. Pero las necesidades del hombre aumentan cada día y da-

do el enorme desarrollo de las técnicas modernas, el hombre se ve en la necesidad de ir a trabajar a profundidades cada vez mayores, requiriéndose en la actualidad intervenciones 80, 100 y hasta 200 mts. bajo la superficie del océano.



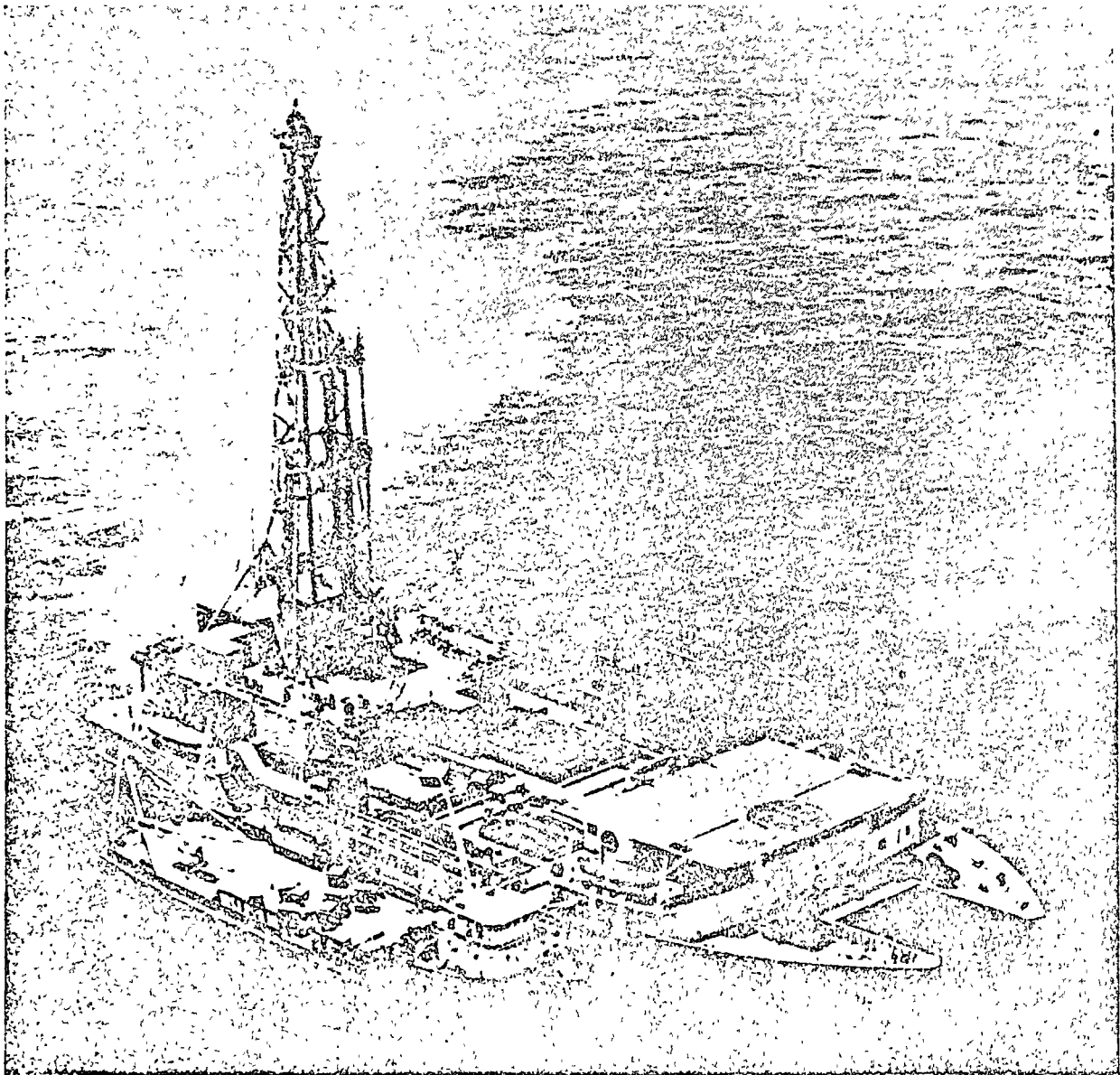
Para Inmersiones Profundas los técnicos buzos emplean mezclas respiratorias especiales a base de Hie- para recircular el Gas.

Desde hace muchos años se ha considerado al mar como la fuente potencial para abastecer a la humanidad de los productos básicos que aseguren su supervivencia: alimentos, combustibles, minerales y energía.

En la época de las conquistas del espacio exterior, el hombre principia la del espacio interior

actualidad se ha visto incrementada considerablemente al entrar en operación las enormes plantas decantadoras y destiladoras, obteniéndose entre otros productos Potasio, Manganese, Amonios y Fosfatos.

La explotación de yacimientos mineros submarinos se enfoca a los nódulos de Manganese, Fós-



Barco Perforador tipo Catamaran "E. W. THORN-TAN" en contrato con Petróleos Mexicanos para explorar la Plataforma Continental Mexicana.

comenzando por explorar y explotar los recursos existentes en la plataforma continental.

La explotación de los contenidos químicos del agua de mar data desde la antigüedad, en la

foro, arenas gaucónicas, oro, etc. Las fosforitas existentes en forma de nódulos en las costas de California pueden ser trituradas y vendidas como fertilizantes. Las glauconitas que se han estudiado como un recurso de Potasio y Hierro

tienen posibles aplicaciones para ablandar aguas y reacondicionar tierras. Los nódulos de Manganeso localizados en el Océano Pacífico son ricos en Cobre, Cobalto, Hierro y Nickel.

Países como EE. UU., Japón, Indonesia y Africa del Sur han iniciado la recuperación de hierro, estaño y diamantes en sus plataformas continentales, pero los métodos de explotación deberán sufrir modificaciones para alcanzar los rendimientos deseables.

La mayor actividad submarina a la fecha es sin lugar a dudas la Industria Petrolera, la exploración, perforación y explotación del petróleo y gas natural localizados en yacimientos del subsuelo marino. Las compañías petroleras comenzaron a explorar campos submarinos de hidrocarburos hace unos 30 años y en la actualidad la producción mundial diaria puede estimarse en unos 200 millones de barriles, esperándose para 1970 que la producción alcance cifras del orden de 700 millones de barriles diarios.

En todo el mundo, las naciones y compañías petroleras se lanzan al mar; permisos y concesiones han sido solicitados y en algunos casos las profundidades alcanzan los 200 mts. Esta expansión de la Industria Petrolera ha originado modificación de las técnicas convencionales llegando en muchos casos a la necesidad de crear tecnologías especiales; el trabajar bajo el agua se ve en la necesidad de realizar operaciones a profundidades dos o tres veces superiores a las convencionales hasta hace sólo unos años.

La respuesta no se hace esperar, organismos, empresas y centros científicos inician estudios y crean divisiones dedicadas exclusivamente a resolver los problemas propuestos, tales como fisiológicos, físicos, químicos y técnicos para llevar al hombre a realizar trabajos efectivos a las grandes profundidades donde su intervención es requerida.

En similitud al programa de la NASA "el hombre en el espacio" se crea un programa "el hombre en el mar", y en efecto se trata de penetrar en un ambiente hostil, y la vida de los técnicos-buzos puede depender del instrumental, equipo y procedimiento de inmersión adecuados. Requiriéndose experimentación de laboratorio y en mar abierto, que sirvan como base para ir modificando los sistemas hasta llegar al que pre-

sente las prerrogativas de seguridad, eficiencia y economía práctica.

Ocean Systems, Inc., conjuntamente con los Laboratorios de la división LINDE de Tonawanda Buffalo, New York, realizan estudios exhaustivos sobre el buceo profundo, inmersiones experimentales bajo el control de físicos y fisiólogos de prestigio mundial.

Las tablas de descompresión son cuidadosamente calculadas por medios electrónicos para ser verificadas bajo condiciones experimentales. Un estudio minucioso de las diferentes mezclas gaseosas utilizadas para la respiración de los buzos se lleva a cabo, simplificando los resultados de laboratorio para que puedan emplearse fácilmente en el lugar de los trabajos.

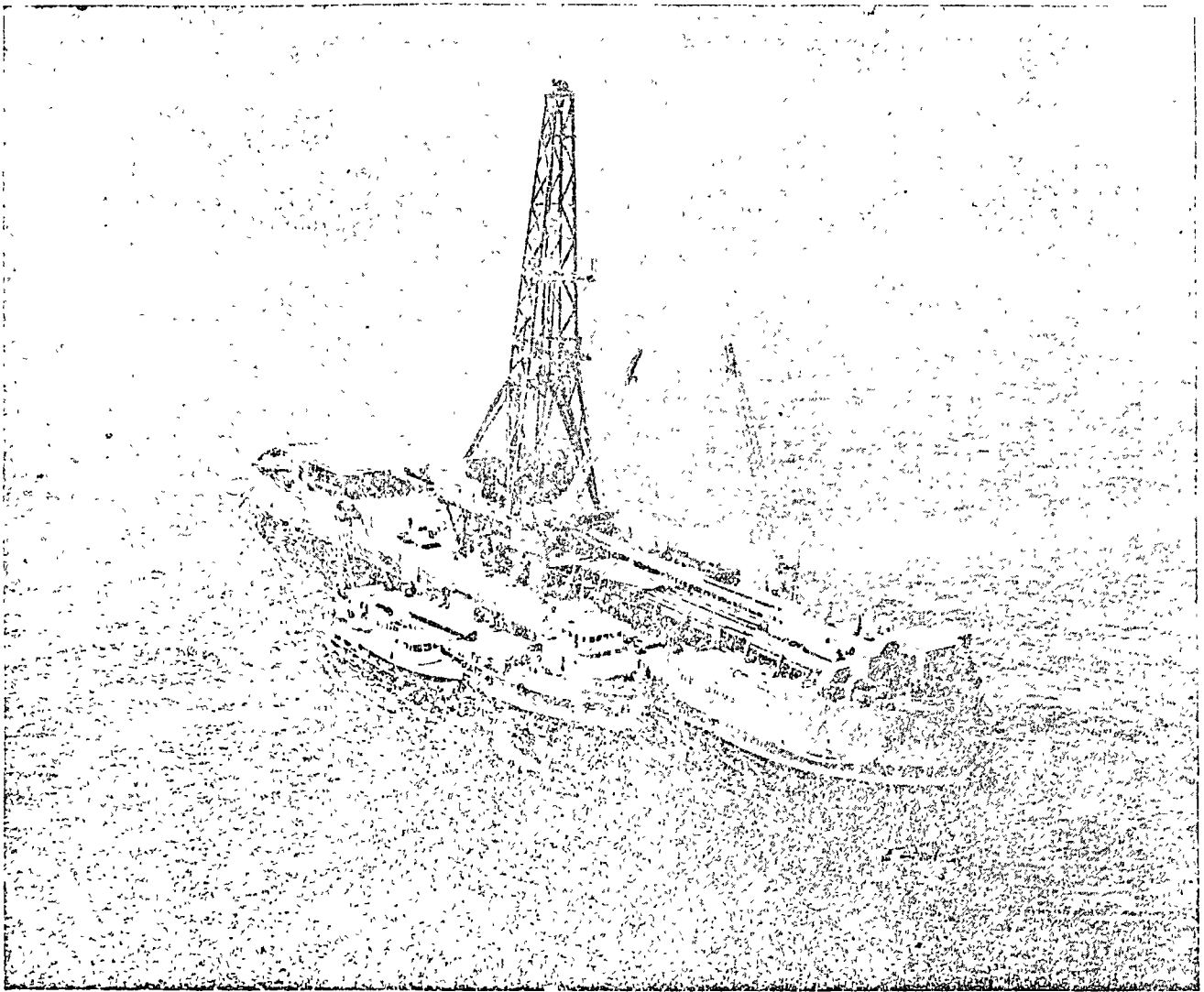
Hace unas semanas dos técnicos buzos permanecieron por espacio de 48 horas a una presión de 21 atmósferas que corresponde a una profundidad de 197 mts, de agua de mar. Ese tiempo se consideró necesario para alcanzar una saturación total, es decir que el permanecer una semana o un mes a esa profundidad no modificaría el tiempo de descompresión requerido para volver a la superficie.

El suscrito tuvo la ocasión de participar personalmente a mediados del pasado mes de enero en uno de estos buceos experimentales, sólo que el tiempo de permanencia en el fondo esta vez fue de 40 minutos de trabajo efectivo, sin incluir el tiempo de descenso ni la descompresión a que hubo de someterse.

Las personas en experimentación deben de sujetarse a toda clase de pruebas físicas y fisiológicas antes, durante y después de la experiencia. Un director de buceo es responsable del control de toda la operación y es secundado por un equipo de científicos, doctores e ingenieros que tienen una supervisión constante del funcionamiento del instrumental, mezclas gaseosas y del cumplimiento estricto del programa de descompresión previsto.

El momento crítico se presenta cuando las pruebas experimentales abandonan el laboratorio y deben realizarse en el mar donde entran en juego muchos factores propios del medio.

Pruebas experimentales de permanencia y vida



Barcaza de Perforación Maxima "B. M. REFORMA" con bandera mexicana una de las tres Unidades Gemelas que actualmente están perforando en aguas nacionales.

en presión bajo el mar han sido realizadas con éxito. En Francia el Capitán Cousteau ha efectuado las experiencias "Precontinente" uno, dos (en el Mar Rojo) y tres; esta última en Septiembre y Octubre de 1965 haciendo vivir a 100 mts. de profundidad por espacio de 23 días a 6 oceanautas, uno de los cuales era ingeniero; por cierto, el tiempo de descompresión requerido para volver a la presión atmosférica fue de 84 horas. La atmósfera en el interior de la casa tenía un 98% de Helio, y el Oxígeno varió de 1.8 a 2.7%, el nitrógeno en promedio alcanzó la cifra de 1.2% y el CO<sub>2</sub> de 0.15%. Como dato adicional añadiremos que se realizaron ciertos trabajos específicos en una maqueta de una cabeza

de pozo petrolero submarino a 110 mts. de profundidad.

Por otra parte la Marina de los Estados Unidos ha realizado dos experiencias el SEALAB I y II que han tenido amplia difusión por la prensa. En la última experiencia tres grupos de oceanautas permanecieron cada uno 15 días a 61 mts. de profundidad, el Astronauta Scott Carpenter permaneció en la casa submarina durante los 45 días que duró la experiencia. El SEALAB III se prevee para principios de 1967 en las cercanías de la Isla de Sn. Clemente en California.

Una prueba muy interesante se llevó a cabo en

enero de 1964 en las afueras de las Bahamas, donde sin contar con las enormes infraestructuras que representan las Marinas Americanas y Francesas, dos técnicos buzos Robert Stenuit y John Lindbergh, pasaron 49 horas a 130 mts. de profundidad en el interior de una casa submarina inflable, construída de hule, habiendo utilizado una Campana del tipo S.A.B. (Sistemas avanzados de buceo) como ascensor.

Con un principio similar al de la casa submarina se ha construído un taller submarino en forma de IGLU que permite efectuar en seco y en el fondo del mar, ciertos trabajos especializados como soldadura de piezas que requieren resistencias garantizadas.

Hace un momento mencionamos los sistemas avanzados de buceo. Se trata de unidades sumergibles, con sistema de doble puerta que permite llevar al técnico-buzo hasta sólo unos cuantos metros de su trabajo, una base de operaciones, que es un refugio, seco, caliente y confortable.

Cuando el buzo depende directamente de la superficie se tiene una profundidad límite de operación que varía de 60 a 70 mts. El efecto de la corriente aun cuando ésta es pequeña, afecta al buzo durante su descanso y al actuar sobre las mangueras causa una disminución en la eficiencia del trabajo, ya que el buzo está tirado constantemente fuera de su lugar de trabajo.

Al efectuar la descompresión la corriente lo afecta, y esos períodos dentro del agua necesarios antes de emerger que pueden ser horas resultan muy costosos, ya que las operaciones de perforación petrolera normalmente se suspenden mientras el buzo está en el agua. Aun efectuando parte de la descompresión en una cámara de cubierta el buzo pasará de 2 a 3 horas en el agua antes de salir después de unos 45 minutos de trabajo a 70 mts.

Si se emplean los sistemas avanzados de buceo, el técnico-buzo al terminar su trabajo entrará en la unidad sumergible, la cual puede ser izada

inmediatamente a bordo y los trabajos petroleros pueden reanudarse sin pérdida de tiempo; en el interior de la unidad S.A.B. puede efectuar su total descompresión.

Se ha ideado un sistema que permite intercambiar tripulaciones del S.A.B. acoplándola a una cámara de recompresión de varios compartimentos, teniendo en un tiempo mínimo el equipo de técnicos-buzos que continuará el trabajo en el fondo del mar.

Se han construído varios modelos de sumergibles, algunos de ellos de dos cámaras independientes con lo cual se ofrece la posibilidad a los ingenieros responsables de la obra sin ser necesariamente buzos, al supervisar directamente los trabajos pudiendo dar indicaciones telefónicas al técnico-buzo que los ejecuta, permaneciendo siempre a la presión atmosférica.

Los sistemas avanzados de buceo representan un gran auxiliar para la industria petrolera marina ya que reducen grandemente los tiempos perdidos de "esperando por buzos"; además de que dan una mayor seguridad y economía en las intervenciones submarinas.

No hace mucho el costo de las intervenciones de buceo representaba del 20 al 30% del costo de un pozo submarino, pero con el empleo de la técnica, la experiencia y el "Know how" de organizaciones responsables esos costos se han reducido en muchos casos a cifras del orden del 2 al 5% de los costos de terminación del pozo. Sin embargo la Ingeniería Submarina continúa evolucionando; se tiene en construcción un submarino que transportará bajo el agua a los técnicos-buzos de su base a su lugar de trabajo. Este submarino tiene una cámara presurizable que permite la salida al exterior de estos trabajadores del mar.

Se tiene proyectado un sistema que le permitirá actuar sean cuales fueren las condiciones meteorológicas de la superficie del mar, con lo cual se empezará a romper la gran barrera que es la dependencia del hombre con la superficie.



# EL DELFIN: RECURSO OCEANICO CON INGENIERIA DE SISTEMAS

MAURICIO PORRAZ

Es innegable el importante papel que juega la Ingeniería en la exploración y explotación de los recursos oceánicos. Este hecho se ha reconocido ya en forma internacional, habiendo surgido la necesidad de integrar un Comité en esa especialidad, que asesora organismos como la Comisión Oceanográfica Intergubernamental y la UNESCO.

Hasta la fecha los delfines han sido considerados como animales muy inteligentes, dóciles y cooperativos con el hombre, teniéndose referencias al respecto de tiempos de Herodoto y Plinio. Su única aplicación a estas cualidades fue utilizada hasta hace poco en "trucos de circo" para exhibición en acuarios que han sido empleados en algunas películas y son base para una conocida serie de televisión.

El delfín es un mamífero de sangre caliente de la familia de los cetáceos pertenecientes al grupo de las ballenas dentadas u odontocetes, las cuales se caracterizan por un elevado nivel de inteligencia, un sistema de intercomunicación en ondas de baja frecuencia peculiar de su especie, un sistema de propulsión y capacidad de inmersión notables y, lo más interesante, cuenta con un sistema natural de sonar (pasivo y activo).

En 1947 McBride hizo mención a ese sistema diciendo que "El comportamiento de los delfines hacía suponer que poseían aparatos emetores-receptores de ecolocalización sonora, que les permitían evitar obstáculos como los murciélagos en aguas donde no hay visibilidad".

Posteriormente, la Oficina de Investigaciones Navales de la Marina Norteamericana financió estudios hidroacústicos con relación al sonar del delfín, logrando demostraciones experimentales en 1950 el Dr. Winthrop M. Kellog, de la Universidad Estatal de Florida.

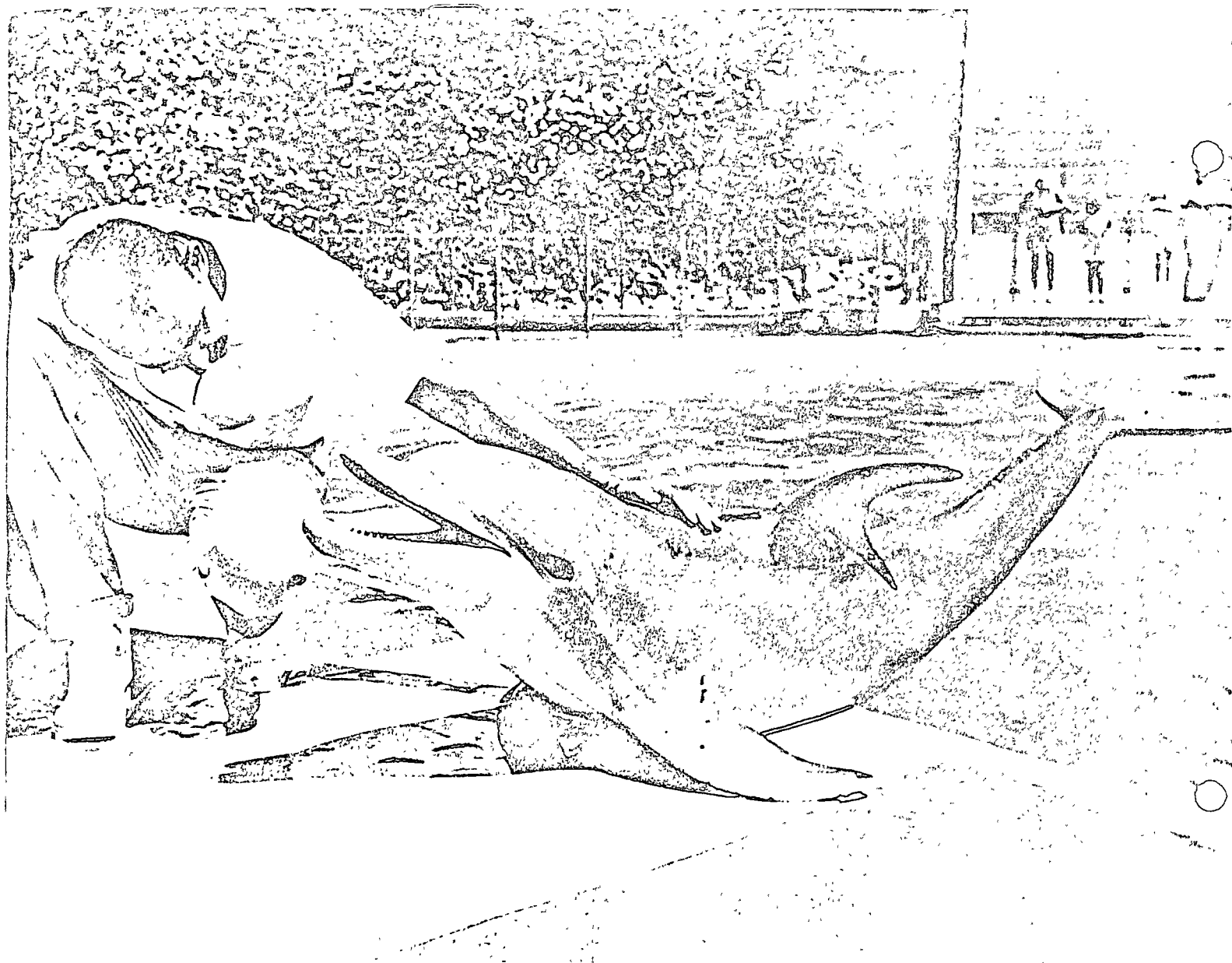
Los resultados de los trabajos científicos de investigadores de varios países sobre este tema, se han presentado, discutido y publicado en reuniones como la celebrada en la Real Sociedad en Londres en 1969 en el Simposio de Biología Acústica, también en Londres en 1961, en el Congreso de Cetología de 1963 en Washington, en el Simposio de Biología Acústica Submarina en Nueva York en 1965, en el de Bimini el mismo año, en el Simposio sobre Sonar en 1966 en Italia y en otros muchos. La más reciente fue en Los Angeles, en el II Simposio sobre Trabajo en el Mar en diciembre de 1969.

Si se analiza desde el punto de vista de Ingeniería de Sistemas, el delfín puede considerarse como un vehículo submarino con un magnífico sistema de propulsión, provisto de un equipo acústico de alta sensibilidad y con una computadora portátil capaz de procesar una programación muy compleja, pudiendo de esta manera adaptarse a varias misiones simultáneas (El cerebro del delfín es ligeramente mayor y un poco más pesado que el cerebro humano).

A continuación se mencionan sus características de funcionamiento físico, las cuales hasta la fecha los vehículos sumergibles contruídos por el hombre no han podido igualar. Como un ejemplo puede decirse que un delfín del Atlántico, "Tursi Truncatus" ordinario mide entre 2.0 y 2.5 m y unos 50 cm de ancho, con peso de 150 a 200 kgr. Al desplazarse genera de 1 a 2 HP logrando hacerlo a velocidades hasta de 20 y 25 nudos, sin embargo su velocidad de crucero es entre 5 y 10 nudos. Puede sumergirse hasta unos 300 m sin problemas y sin necesidad de descompresión.

No menos impresionantes son sus capacidades sónicas, las cuales el Dr. J. W. Fitzgerald describe así: "Gracias a una anatomía funcional compleja e ingeniosa en la laringe del delfín, su sistema bioacústico puede operar en diferentes frecuencias utilizando en combinación algunos componentes anatómicos adaptándolos a sus propias necesidades ecológicas". Fitzgerald divide esta capacidad acústica del delfín en: "Sonar de Ubicación", de alta frecuencia (75-150 Khz) en un sector de unos 5 grados hacia adelante y de un alcance relativamente corto de aproximadamente 90 m, "Sonar de Navegación", de frecuencia más baja (25-75 Khz) con un sector de 120° también hacia adelante y con un alcance del orden de 900 m, "Sonar de Comunicación" de baja frecuencia modulada (5-25 Khz) no direccional y que utiliza para comunicarse con otros delfines, por último, "Sonar de Escucha", de amplia gama de frecuencias (0.1-150 Khz) emitido por sus orejas en sectores predeterminados y que utiliza también como receptor sónico para los tres sistemas activos mencionados previamente, de igual manera como un sistema pasivo de localización e identificación de otras señales acústicas.

La conducta programada de un delfín que se requiere dentro de un determinado proyecto de Ingeniería de Sistemas, se logra gracias a un procedimiento adecuado para acondicionar al operario. Se realiza un análisis par-



“...el delfín puede considerarse como un vehículo submarino con un magnífico sistema de propulsión...”

definir el funcionamiento deseado y la parte que debe realizar el delfín, así como todos los otros componentes auxiliares que se requieren. (instrumental electrónico, emetores, hidrofones, equipo de trabajo, embarcaciones, etc)

Se reducen los resultados obtenidos a una serie programada, la cual a su vez se convierte en el número necesario de etapas y éstas en circuitos operacionales para lograr las reacciones psicológicas necesarias en el delfín, y a base de reflejos condicionados de manera inicial se adapta a los requisitos finales del sistema

Las etapas de entrenamiento se inician incitando al delfín a realizar la operación por medio de voces de mando y con ademanes, estimulándolo cuando la efectúa correctamente, con trozos de pescado, se utilizan señales intermedias para la ejecución y se le refuerza periódicamente con alimento. Cuando su conducta en esa etapa queda establecida, se pueden transferir esas señales de mando a una determinada señal sónica del tipo código morse (normalmente en 9 Khz de frecuencia) Blair Irvine

indica que se requiere que el delfín efectúe correctamente una serie progresiva de órdenes en los tanques de entrenamiento, luego realice esas mismas órdenes satisfactoriamente en un corral amplio o laguna, antes de que se pueda considerar listo para operar en el mar.

Se pueden establecer varias etapas en la capacitación de un delfín. el entrenamiento *primario*, al delfín salvaje para adaptarlo a la cautividad y a la presencia del entrenador, con un periodo de cuarentena y las primeras tareas simples, el *básico*, necesario para que el delfín aprenda a obedecer y adaptarse a todos los sistemas. El entrenador debe establecer un control seguro sobre el animal en todas condiciones.

Estas dos etapas iniciales son comunes para todas las misiones y el nivel de entrenamiento y destreza que tienen los delfines que realizan ejecuciones en los acuarios, se puede establecer después de 2 a 4 semanas de trabajo.

La siguiente etapa según Fitzgerald, es el *entrenamiento especializado*, para una determinada misión en objetivo.

la siguiente es *Intra-sistema* donde se acondiciona al delfín en la operación del sistema completo y por último la etapa de *aprendizaje*, o sea el esfuerzo del sistema completo en alta mar trabajando en condiciones operacionales prácticas para luego pasar al trabajo real.

Se deben prever *cursos de repaso* periódicamente, para mantener siempre a un nivel satisfactorio el Bio-sistema.

Respecto a los delfines entrenados operando en mar abierto, Irvine afirma que en el trabajo realizado en Point Mug, California durante aproximadamente 1 600 operaciones con delfines en el mar en los últimos 5 años, los delfines se llegan a alejar bastante y siempre responden a la señal de regreso de su entrenador y que sólo se les escapó definitivamente un delfín hembra

Gracias a la Ingeniería de Sistemas se puede obtener una aplicación práctica de los delfines como un bio-sistema, pero hasta la fecha nadie ha puesto en práctica comercialmente los conceptos necesarios y únicamente los delfines que han efectuado complicadas misiones en el mar, ha sido bajo condiciones experimentales y siempre perfectamente bien controlados.

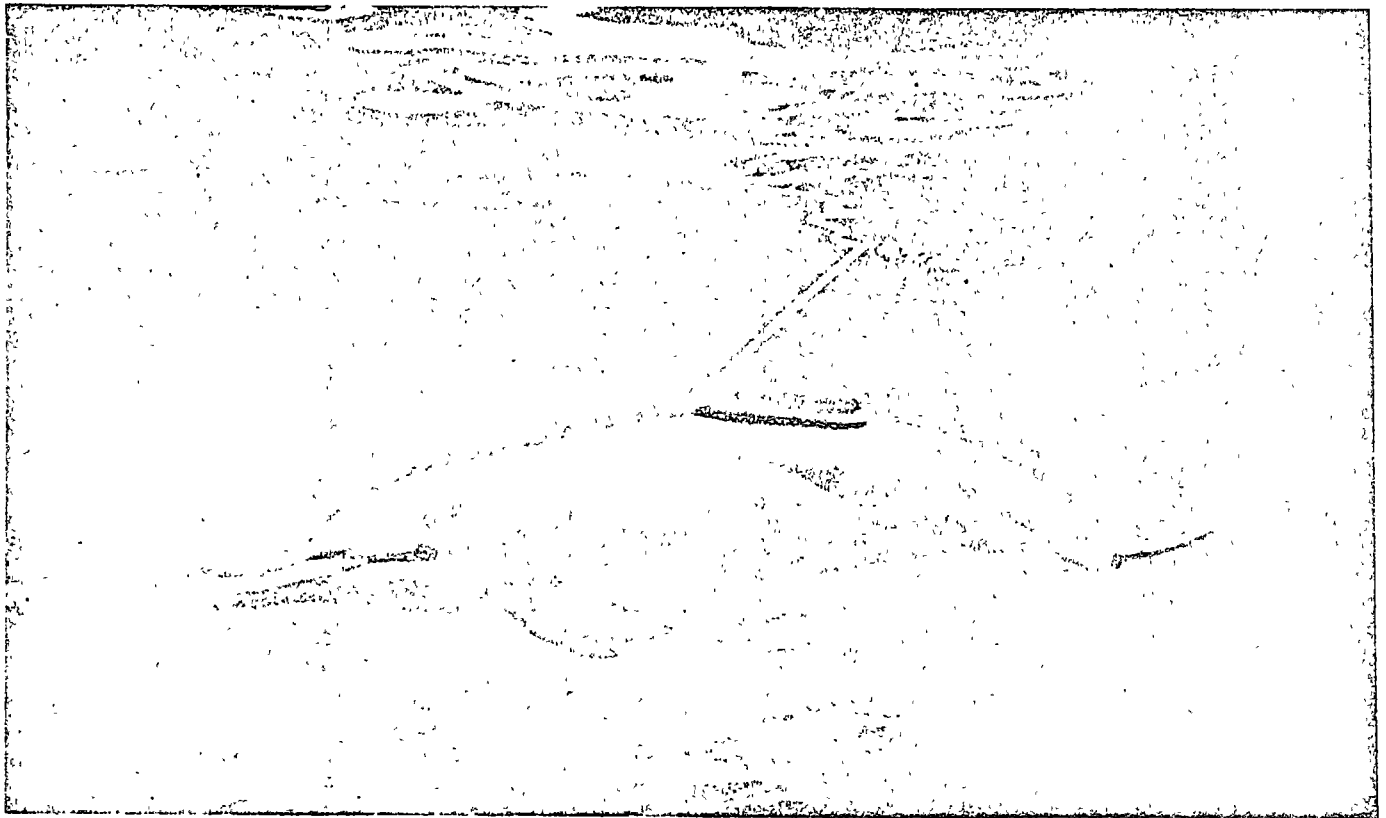
Teniendo como bases resultados de estudios realizados en un contrato de investigación para la Marina Norteamericana programando a los delfines en misiones tácticas navales, durante casi 7 años, Fitzgerald señala una serie de aplicaciones pacíficas potenciales entre las que se pueden mencionar.

*Sistemas pesqueros:* Los delfines debidamente acondicionados pueden aplicarse de varias formas dentro de la

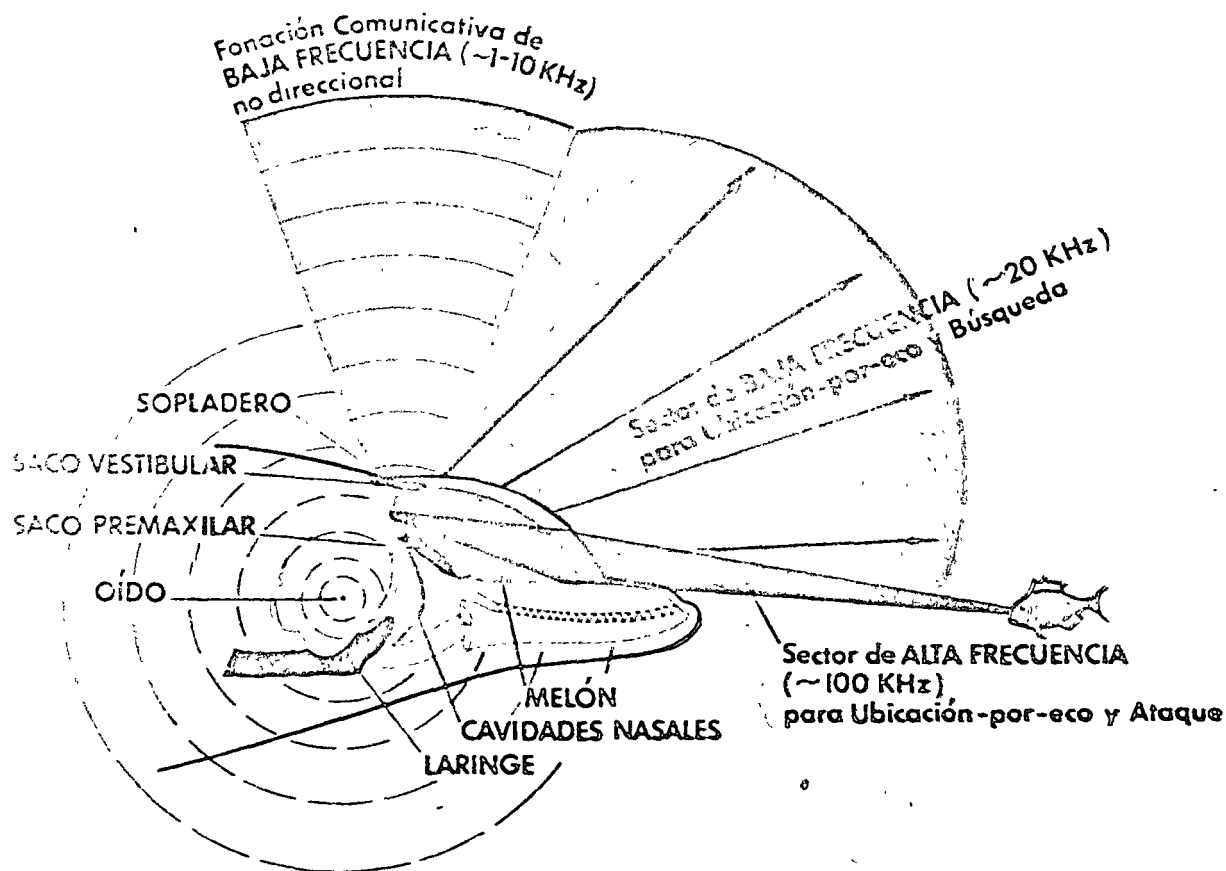
Industria pesquera, logrando aumentar el volumen de captura. Capacitados para esa misión, pueden conducir a una determinada especie de peces hacia una red fija (almadraba) seleccionándolos inclusive por tamaños. Se les puede entrenar para capturar, langostas u otros crustáceos de valor comercial y arrojarlos dentro de jaulas flotantes. Estimulando un hábito propio del delfín y con ayuda de un aparato transmisor de forma aerodinámica adaptado a su aleta dorsal, puede ayudar a localizar cardúmenes enviando una señal a las embarcaciones pesqueras, se tiene en el caso concreto de atún aleta amarilla, pudiendo además, según Fitzgerald, entrenarlo para que mantenga reunidos los atunes mientras llegan los pescadores y durante las operaciones para su captura.

Respecto a esto último, E. W. Evans, del Centro Naval de Investigaciones y Desarrollo Bajo el Mar (N.U.C.), efectuó una serie de experiencias instalando un transmisor en el lomo de un delfín; la electrónica del aparato la realizaron Ingenieros de la compañía Investigación Aplicada para el Océano O.A.R. Evans después del éxito de sus investigaciones, considera que las posibilidades de equipar delfines con paquetes electrónicos de medición como un medio para obtener información oceanográfica son realizables con lo cual se tendría un método indirecto para determinar las condiciones y características de un área específica.

Actualmente en los laboratorios marinos Mote, se estudia el comportamiento de ciertas especies de delfines con respecto a algunas especies de tiburones con objeto



"...con ayuda de un aparato transmisor de forma aerodinámica adaptado a su aleta dorsal, puede ayudar a localizar cardúmenes..."



Gráfica de capacidades sónicas del delfín

de, posteriormente, lograr que los delfines ataquen a un tiburón obedeciendo una orden determinada

La posibilidad de entrenar a un grupo de delfines para patrullar un balneario y prevenir posibles ataques de tiburones, es en extremo interesante Fitzgerald propone delimitar el área protegida con pilotes o boyas, mientras que los delfines patrullan la periferia. Si un tiburón se acerca a esa zona, uno de los delfines lo detectará gracias a su sistema sonar, una vez identificado el intruso como tal, procederá a accionar una señal de alarma en el pilote o boya mas cercana, con lo cual los bañistas despejarán el área mientras los delfines ahuyentan al tiburón y de ser posible lo forzan a entrar a una jaula flotante donde es capturado al lograr su objetivo y desaparecer el peligro, uno de los delfines desconecta la señal de alarma y todo regresa a la normalidad

F. W. Wood Jr analiza en una presentación que hizo a la Conferencia de Tecnología Submarina de San Diego, California en Marzo de 1969, las relaciones entre delfines y tiburones dando ejemplos de ataque de grupos de tiburones a escuelas de delfines salvajes, de tolerancia nula en cautividad y ataques de delfines a tiburones, tanto en mar abierto, según referencia de Scott Johnson, como en estanques en el Oceanario de Florida, según observaciones realizadas por McBride y Hebb, un caso especial ocurrió en Febrero de 1966 en el Laboratorio Marino Lerner de Bimini cuando un entrenador alimentaba a dos delfines y de pronto apareció un tiburón limón (*Negaprion brevirostris*) dirigiéndose hacia los delfines,

uno de los cuales inmediatamente lo atacó en forma directa golpeándolo con el hocico en la zona ventral, haciéndolo huir, según lo describió el Capitán Reinhold A. Rasumseu. Brown y Norris también mencionan ataques de delfines a tiburones en el Oceanario del Pacífico. Sin embargo Wood opina que deben analizarse a fondo las reacciones de los delfines ante la presencia de especies de tiburones francamente peligrosas (tiburones tigre, por ejemplo) relativamente grandes

Los delfines gracias a su sistema de sonar, se pueden acondicionar para el rastreo y la localización de ciertos objetos. Esta capacidad del delfín para la búsqueda, quedó ampliamente demostrada cuando un ejemplar de 2.10 m y 140 kg, con el nombre de "Tuffy", realizó un sinnúmero de misiones en el proyecto "Sea Lab II" en La Jolla, California, colaborando activamente con un grupo de acuanautas que trabajaron y vivieron a más de 60 m de profundidad varias semanas "Tuffy" trajo y llevó paquetes de la superficie a la casa submarina, captó señales de auxilio y llevo una línea guía a buzos extraviados (ejercicio únicamente) para facilitar su regreso. Cabe señalar que delfines entrenados por Wood rastrearon, localizaron y marcaron bases caídas al fondo del mar de proyectiles tele-dirigidos y otro tipo de instrumentos de pruebas navales, cuando contaban con pequeño emisor

El delfín puede entrenarse para que el remolque instrumental electrónico que proporciona sensores extras, como un detector de metales, que puede ayudar a localizar el objeto que se busca o realizar inspecciones a lo

largo de tuberías tendidas en el fondo del mar mientras que el equipo que remolca registra las características en que se encuentra la línea.

Al localizar el objeto que se ha buscado o algo que sea parecido, el delfín puede marcar la localización colocando una boya en aguas relativamente bajas, o un pequeño transmisor (pinger) que permita a los buzos localizarlo sin problemas.

Fitzgerald considera que los delfines pueden localizar objetos en aguas hasta más de 150 m. de profundidad, disminuyendo la incidencia de falsas alarmas que se tendrían si se utiliza el mejor sonar electrónico fabricado hoy en día.

Como apoyo de los trabajadores en el fondo del mar, los delfines pueden realizar una inmensa gama de tareas, como llevar refacciones o herramientas a los buzos que están realizando operaciones submarinas, accionar partes de instrumental sumergido, tender líneas para comunicaciones en la superficie, etc. habiendo realizado varias de este tipo de misiones en el ya mencionado proyecto "Sea Lab II".

Fitzgerald menciona el caso de rescate en el océano en que los delfines podrían transportarse en helicóptero si se dificulta el acceso por mar, hasta el área donde hubiera ocurrido un naufragio o el accidente aéreo; una vez en el agua los delfines entrenados para esta misión, localizarían

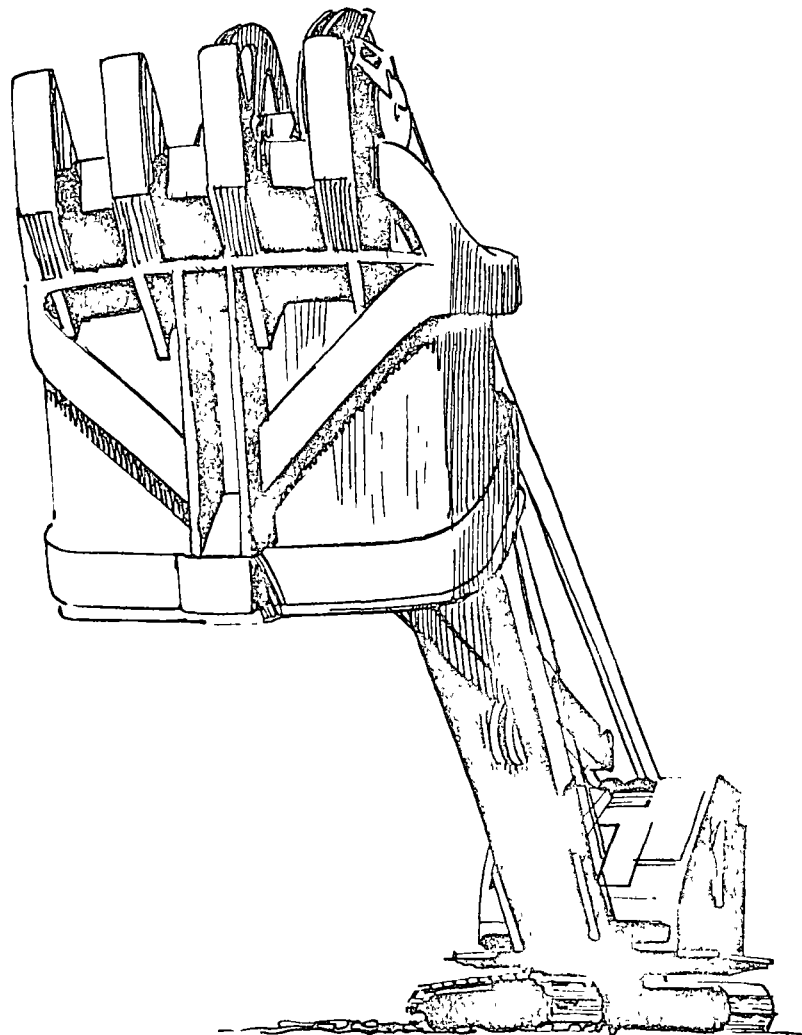
a los sobrevivientes, los mantendrían a flote remolcando paquetes de ayuda, además de protegerlos de eventual presencia de tiburones en el área.

Para terminar, se puede decir no obstante que, como afirma John C. Lilly, no será posible establecer una conversación con los delfines por una serie de dificultades neuroanatómicas y neuropsicológicas. Se debe considerar al delfín como un elemento de invaluable utilidad para el hombre si se le acondiciona correctamente siguiendo un procedimiento de Ingeniería de Sistemas.

Cabe hacer notar que es definitivo el entrenamiento racional del delfín y que es en extremo importante que los especialistas que operen un bio-sistema como los que se han mencionado, tengan la experiencia y la habilidad para mantenerlo en condiciones satisfactorias ya que muy rápidamente se pueden deteriorar si se dan órdenes erróneas o si no se sigue el procedimiento diseñado por el especialista de Ingeniería de Sistemas.

Hasta la fecha y con excepción de los trabajos de Investigación que se han mencionado, el delfín para la mayoría de la gente significa un animal inteligente que hace tareas y ejercicios de circo y nada más; sin embargo se puede convertir, gracias a una correcta aplicación de sistemas, en un recurso oceánico vivo que ayudará grandemente en un futuro próximo en la tarea de conocer y explotar los océanos.

CNIC



# INTEGRACION DEL COMITE MEXICANO DE INGENIERIA DE LOS RECURSOS OCEANICOS, A. C.

En la actualidad, la exploración de los mares sin ser tan espectacular como la exploración del espacio exterior, ostenta el mismo rango de importancia, pues mediante ella se vislumbra en un futuro no lejano, la explotación racional y completa de los recursos marinos, los cuales a medida que transcurre el tiempo son más necesarios para satisfacer los requerimientos humanos de todo orden

Hasta ahora, los técnicos especialistas se han enfrentado a numerosos y complejos problemas para lograr beneficios limitados en la explotación de los recursos marinos, siendo evidente que si se presta mayor atención e imprime mayor impulso a la exploración, se lograrán mejores resultados

En la medida de sus posibilidades, tanto las agrupaciones profesionales del país como las internacionales, desde hace algunos años han promovido el desarrollo de la investigación hacia un mayor conocimiento y una mejor comprensión de los fenómenos de los océanos que afectan tanto a las operaciones como al diseño de estructuras marinas de todo tipo

Los progresos alcanzados en la última década han sido indudablemente importantes en los campos técnicos y de investigación de laboratorio, así como en la práctica, pudiendo mencionar el caso de la explotación de hidrocarburos localizados en campos submarinos, con un gran éxito en casi todo el mundo

Pero aun así, las necesidades de estudio e investigación crecen al aparecer día con día proyectos para operar cada vez en aguas más profundas, ya que no siempre es posible extrapolar las soluciones empleadas en la actualidad. Es lógico aceptar la imperativa urgencia de unir esfuerzos ya que los problemas a resolver en ocasiones rebasan las capacidades de un solo país

Consciente de este problema, la Organización de Naciones Unidas ha promovido un programa a largo plazo de Investigación y Explotación de los recursos oceanicos del cual es parte esencial "*La Decada Internacional de la Exploracion Oceanica*" (The International Decade of Ocean Exploration IDOC)

Como casi todas las naciones han comprendido la importancia fundamental de dicho programa, no existe duda respecto a que un esfuerzo mayor para utilizar recursos humanos y economicos es inminente, y que sólo con esto se lograra un avance efectivo en el conocimiento oceanico a escala mundial

El Comité Oceanográfico Intergubernamental (IOC) ha sido encargado de coordinar la investigación científica de este proyecto de importancia básica. Es de esperarse que la comunidad mundial de científicos responda en forma adecuada participando en el IDOC de acuerdo con lo planeado, para coordinar la acción a un nivel internacional

Durante la VI sesión del Comité Oceanográfico Intergubernamental (IOC) en la sede de la UNESCO en París, celebrada del 1o al 3 de septiembre de 1969, se aprobó la proposición presentada por un grupo de trabajo compuesto por Ingenieros de diferentes nacionalidades interesados en la Ingeniería Oceánica por medio de una ponencia sobre un "*Programa a largo plazo sobre la Investigación y Explotación de los Océanos*" (The long Term and Expanded Program of Ocean Explotation an Ressearch).

Se estableció un acuerdo sobre la necesidad de crear un Comité Internacional de Ingeniería de los Recursos Oceánicos, ECOR (Engineering Committee on Ocean Resources), con la participación de cierto número de Asociaciones Internacionales y Nacionales, de Ingenieros inicialmente interesados, así como de las personas que intervinieron en la reunión de París. La Comisión Oceanografica Intergubernamental IOC aprobó una resolución para estimular la formación del Comité Internacional ECOR recomendando que en el futuro este Comité asesore a IOC en los aspectos de Ingeniería Oceánica.

Se juzgó muy conveniente establecer un grupo internacional de trabajo sin representación oficial de los Gobiernos, orientado hacia el Océano y sus recursos, para que sus miembros actúen como consultores y factores de enlace internacional

También se acordó promover la creación de Comités Nacionales, teniendo en cuenta el éxito obtenido en el Comité Científico de Investigación de los Océanos (SCOR) (Scientific Committee on Ocean Resources)

En los Estados Unidos la respuesta fue casi inmediata: la Academia Nacional de Ingeniería de este país patrocinó la creación del Comité Norteamericano de Ingeniería de los Recursos Oceánicos. Entre la membresía de este Comité se cuentan Ingenieros que representan casi todas las especialidades orientadas hacia el océano.

Desde hace varios meses el grupo internacional de trabajo se ha mantenido en relación con especialistas mexicanos, habiéndose invitado a participar en la reunión

del pasado septiembre en la ciudad de París, y posteriormente a la creación de un Comité Mexicano en esa especialidad. En la República Mexicana no existe un organismo similar a la Academia Nacional de Ingeniería de los Estados Unidos por lo que el Colegio de Ingenieros Civiles de México, A. C., tomó con entusiasmo la iniciativa para la integración del Comité Mexicano de Ingeniería de los Recursos Oceánicos, A. C. (COMIRO), quedando perfectamente establecido que podrán pertenecer al Comité los Ingenieros de todas las especialidades relacionadas con la exploración y explotación de los océanos, así como otros especialistas en disciplinas conectadas directa o indirectamente con el tema.

Las finalidades del Comité Mexicano son esencialmente las mismas del Comité Internacional ECOR, encargándose de agrupar a técnicos especialistas nacionales interesados, para obtener su valioso concurso como consultores y asesores respecto a los problemas relacionados con los recursos oceánicos.

En la organización del Comité Mexicano (COMIRO) se ha previsto que exista una Junta Técnica Coordinadora la cual está compuesta por su Presidente el Ing. Francisco Mendoza von Borstel y varios asesores denominados Delegados Consejeros Permanentes, representantes o auxiliares de los Colegios, Asociaciones y Sociedades profesionales de Ingenieros y de otros Especialistas de la República Mexicana (en la persona de su presidente en funciones) interesadas directamente en el tema de los recursos oceánicos. Podrían ser designados igualmente varios Delegados Consejeros Alternos que serán los representantes oficiales (Presidente en funciones) de Colegios, Sociedades, Asociaciones de profesionistas especializados en otras disciplinas relacionadas indirectamente con los recursos oceánicos.

La acción ejecutiva del COMIRO está a cargo de una Mesa Directiva integrada por su Presidente Ejecutivo, Ing. Mauricio Porraz Jiménez L.; un Vicepresidente, Maestro en Ingeniería José Antonio Maza Alvarez; un Secretario, Ing. Alejandro Vázquez; un Tesorero, Ing. Martín A. Cordero y dos Vocales, Ing. Enrique Ross y Dr. José Merino Coronado.

Para asesorar a la Mesa Directiva, se ha constituido la Comisión Técnica que, por ahora, integran los técnicos de reconocido prestigio que en seguida se mencionan:

Dr. Ayala Castañares Agustín  
Ing. Barocio Moll Alberto  
Dr. Carranza Frazer Jorge  
Dr. Casillas García de León Juan  
Biólogo Cifuentes Lemus, Juan  
Ing. Cordova Méndez Diego  
Dr. Diaz de Cossio Roger  
Ing. Dovalí Jaime Antonio  
Dr. Herrera Redilla Ismael  
Capt. Mendoza von Borstel Xavier  
Ing. Salas Guerra Guillermo Pedro  
Dr. Serra Castelan Sergio  
Capt. Silva López Doroteo

Biólogo Zarur Méndez Amin

La primera Mesa Directiva ha elaborado un Programa de Trabajo que comprende:

Una serie de Ciclos de Conferencias, con objeto de difundir los conocimientos adquiridos hasta la fecha en las diferentes ramas de la Ingeniería Oceánica.

Una adecuada promoción para evidenciar la importancia de la Ingeniería de los Recursos Oceánicos en las Dependencias Oficiales y en otros Organismos de la Iniciativa Privada, con objeto de que el COMIRO pueda asesorarles en proyectos futuros y en la ejecución de obras actualmente en proceso.

La creación en los grupos de estudiantes de los primeros años de las Escuelas y Facultades de Ingeniería de un concepto claro respecto a esta especialidad, y su proyección en un futuro próximo. Al mismo tiempo, se procurará elevar el nivel de instrucción en las materias que cursan, relacionadas con la Ingeniería de los Recursos Oceánicos.

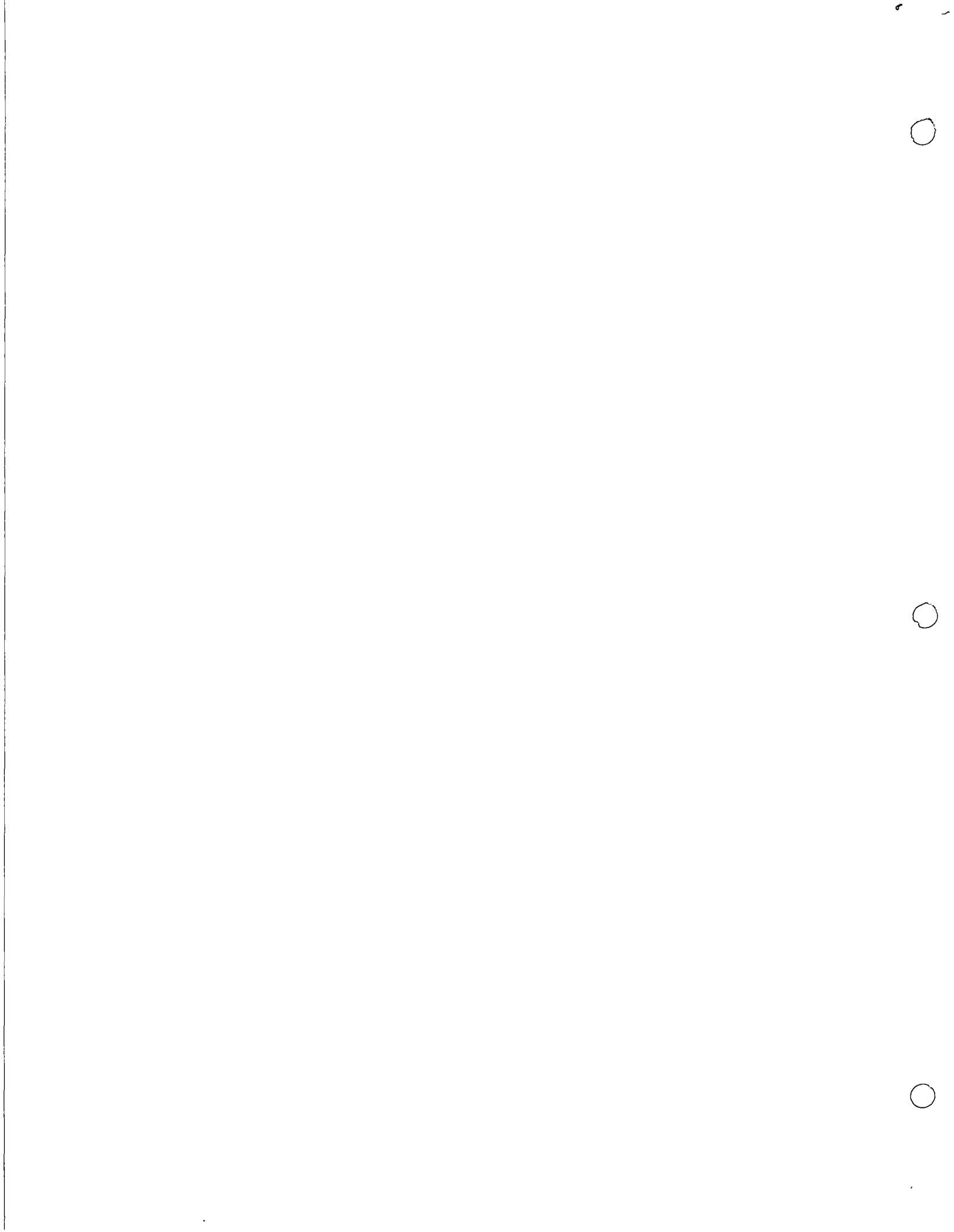
Otro objetivo dentro del Programa de Trabajo de la I Mesa Directiva es el realizar estudios y trabajos para recopilar y ordenar racionalmente la información existente a la fecha, sobre los recursos oceánicos existentes en los litorales y mares mexicanos, publicándola con objeto de lograr un "Inventario" al cual se le dará una forma "dinámica" para que se le puedan adicionar fácilmente resultados de estudios que se realicen posteriormente.

Se tiene previsto utilizar los datos recopilados por el Comité Permanente de Planes de Desarrollo de la Unión Panamericana de Asociaciones de Ingeniería y se estudia la posibilidad de aplicar también un método ecográfico para facilitar el empleo rápido de la información existente y con relativa sencillez actualizar periódicamente las cifras correspondientes.

Además del "Inventario dinámico" se promoverán estudios e iniciativas individuales de los miembros del COMIRO, así como mesas redondas, y discusión e intercambio de ideas sobre problemas específicos. También se realizarán promociones a través de la Mesa Directiva y de la Junta Técnica Coordinadora para lograr que Dependencias Oficiales y otros Organismos efectúen estudios e investigaciones sobre temas que sean de su interés y que puedan contribuir a la solución de los problemas existentes en los cuales podrán participar por cuenta del COMIRO, Ingenieros y Especialistas, cuando estos estudios sean cubiertos por donativos o por medio de subvenciones.

Puede concluirse que el COMIRO se ha trazado un ambicioso Plan de Trabajo, que podrá cumplir si cuenta con la participación activa y la ayuda de otras agrupaciones gremiales, de constitución similar a la del Colegio de Ingenieros Civiles de México, A. C., que dio el primer paso al patrocinar la creación del Comité Mexicano de Ingeniería de Recursos Oceánicos, y con la colaboración individual de todos los Ingenieros y Técnicos de otras Especialidades, para los cuales las puertas del COMIRO estarán siempre abiertas

CNIC





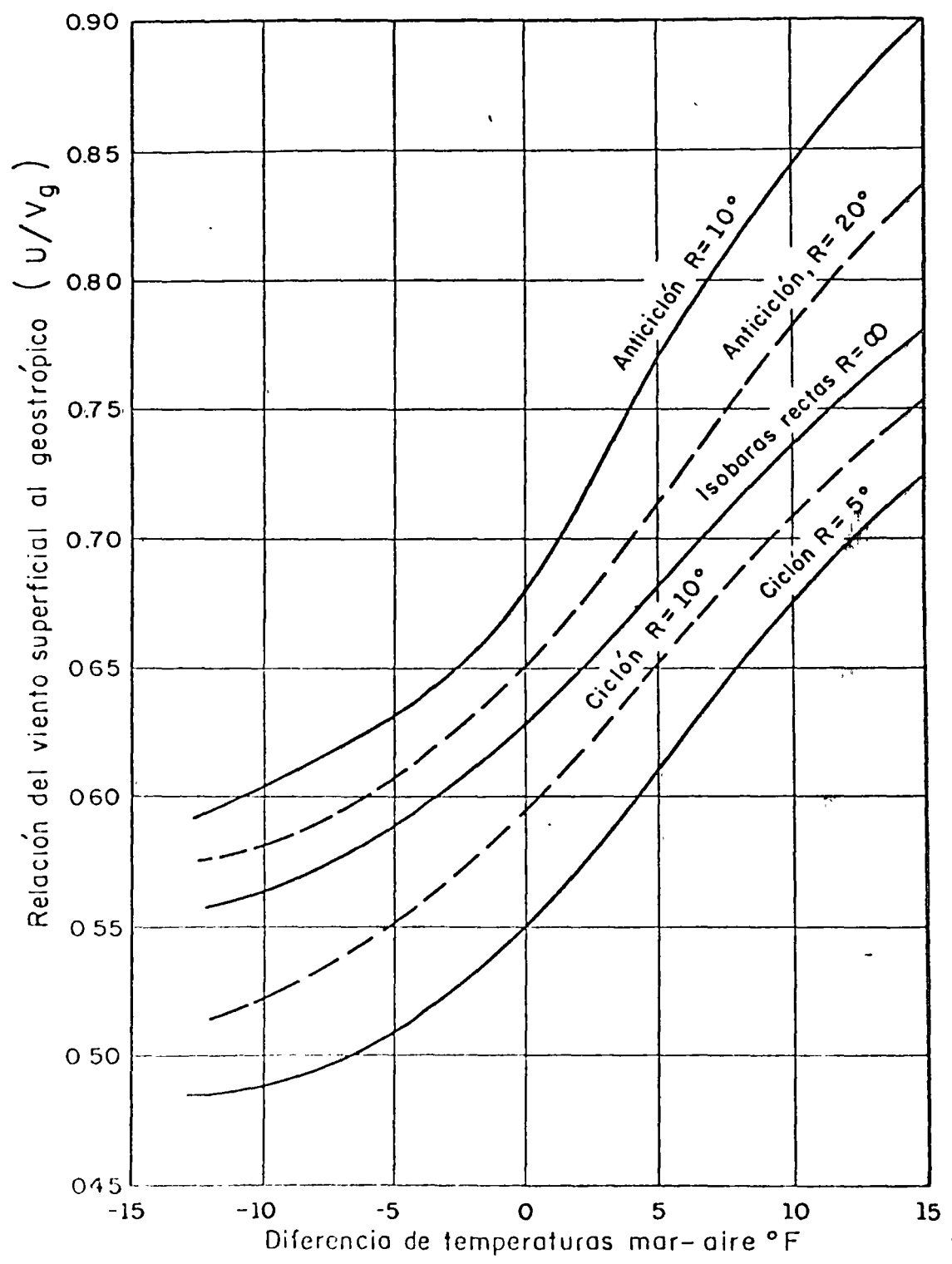


Fig 13 Determinación del viento superficial

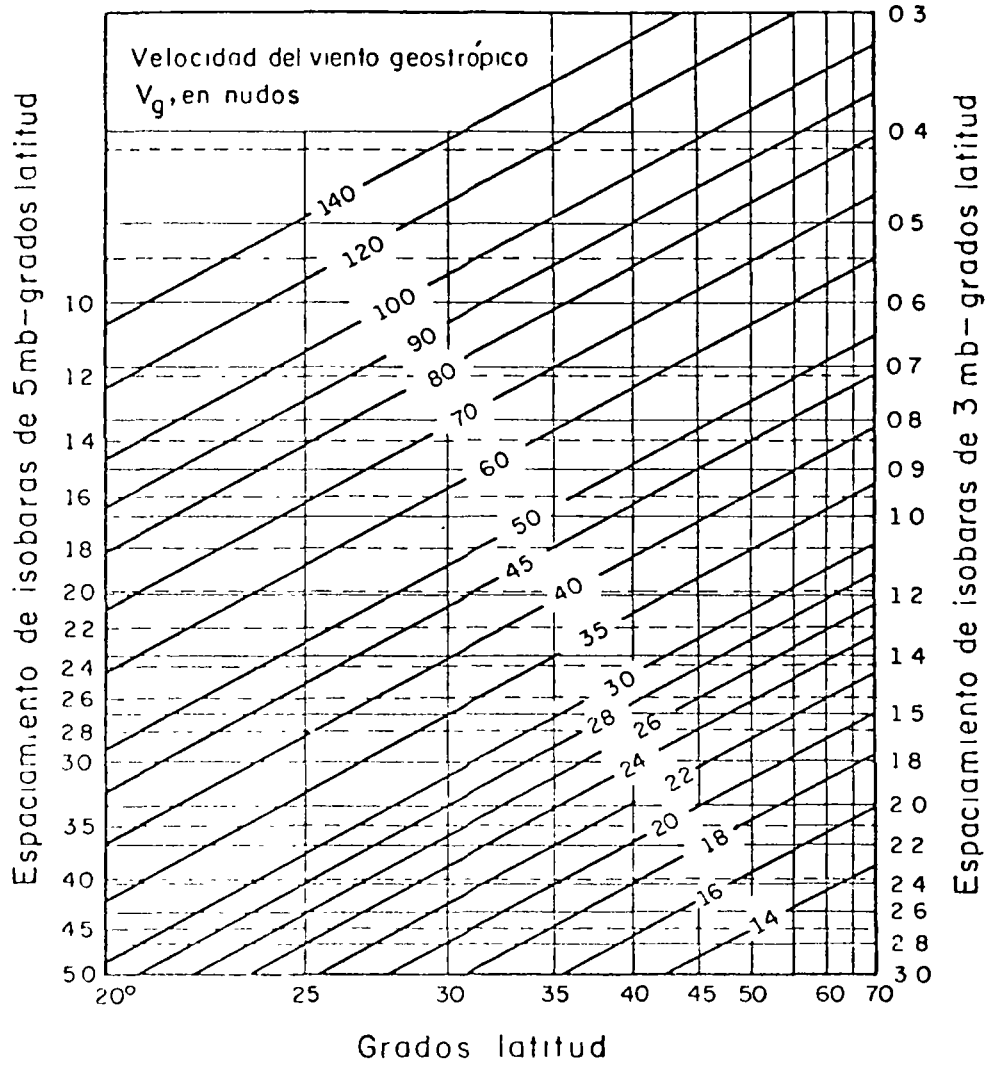
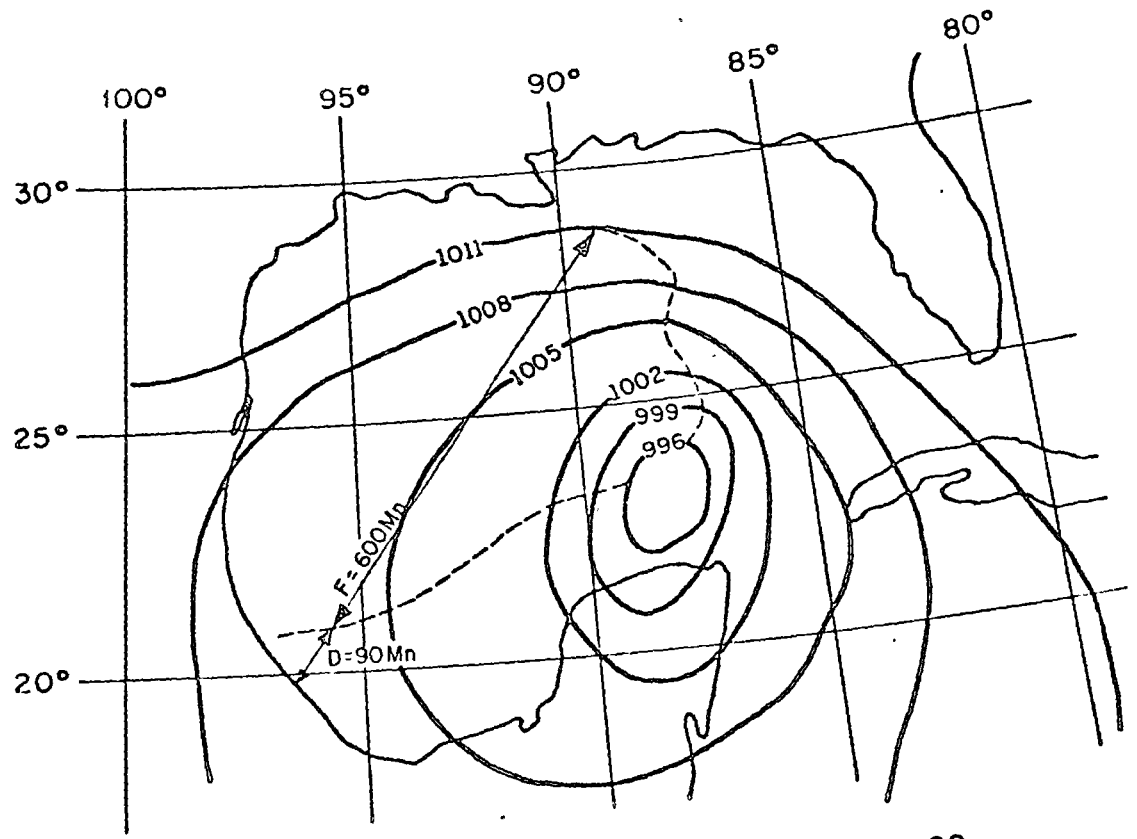


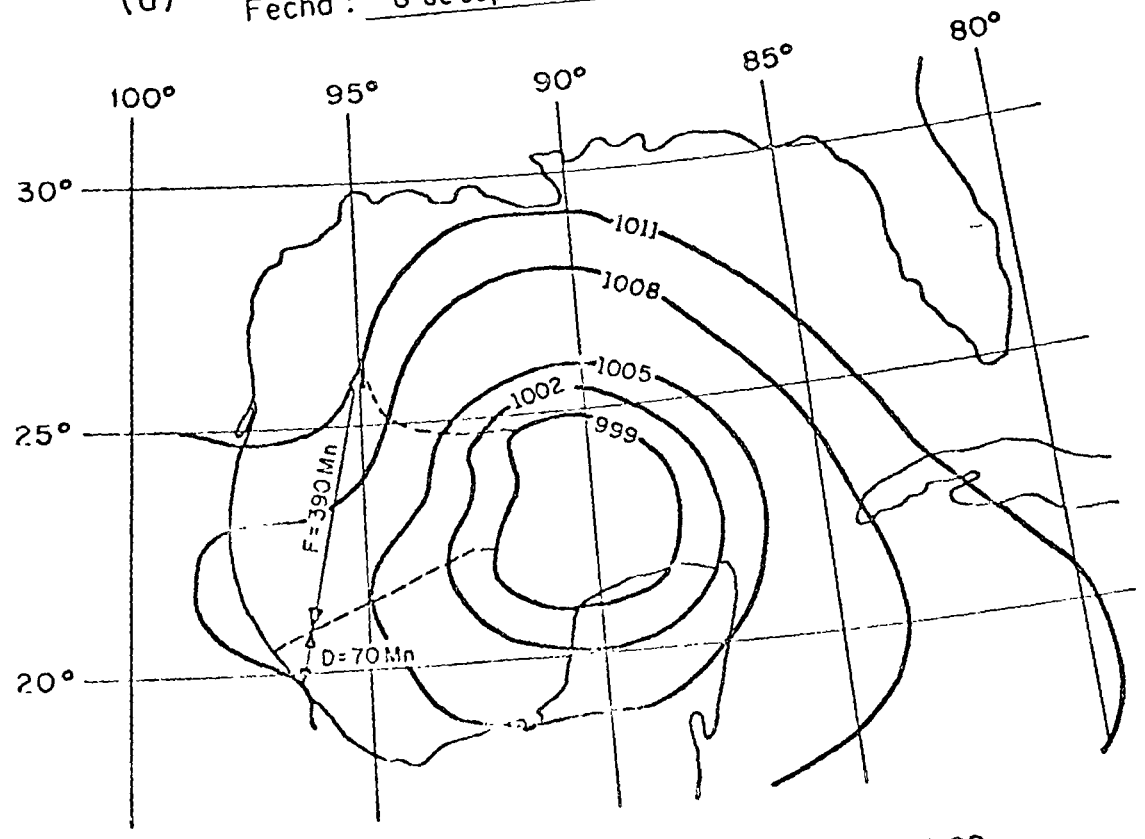
Fig 12. Determinación de la velocidad del viento geostrópico

a)



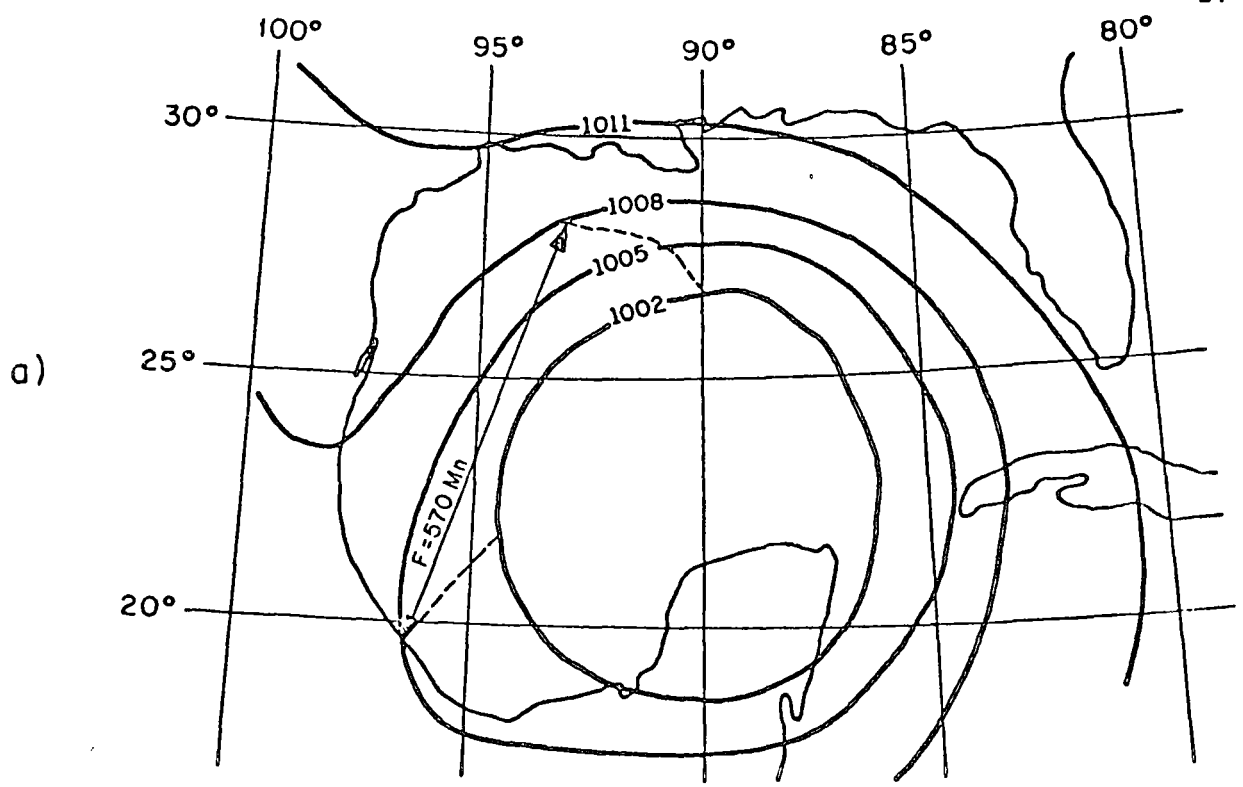
(a) Fecha : 8 de sept. de 1961 Hora : 6.00

b)

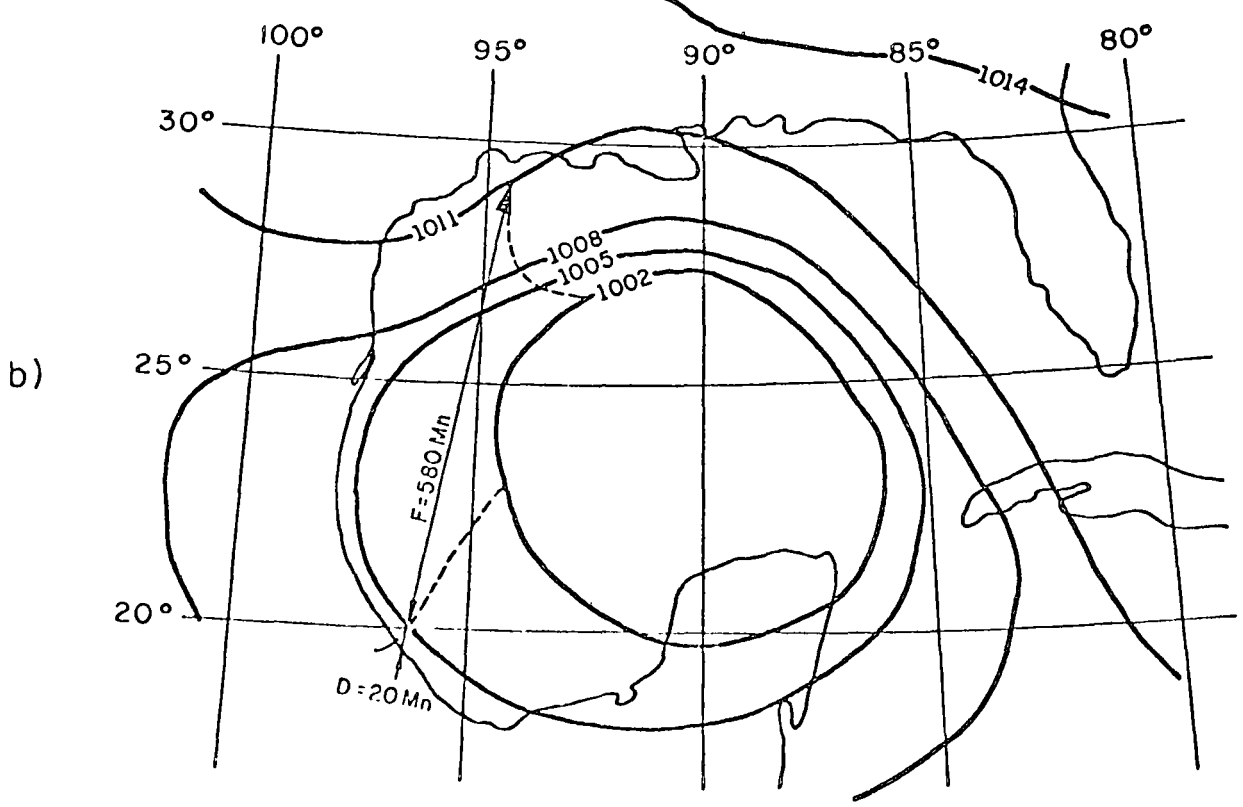


(b) Fecha : 8 de sept. de 1961 Hora : 12.00

Fig 10 Predicción de oleaje debido al ciclón Carla



Fecha : 8 de sept de 1961 Hora : 18.00

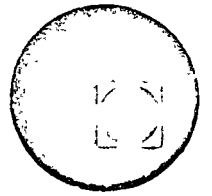


Fecha : 9 de sept. de 1961 Hora : 0.00

Fig 10 Predicción de oleaje debido al ciclón Carla



centro de educación continua  
facultad de ingeniería, unam



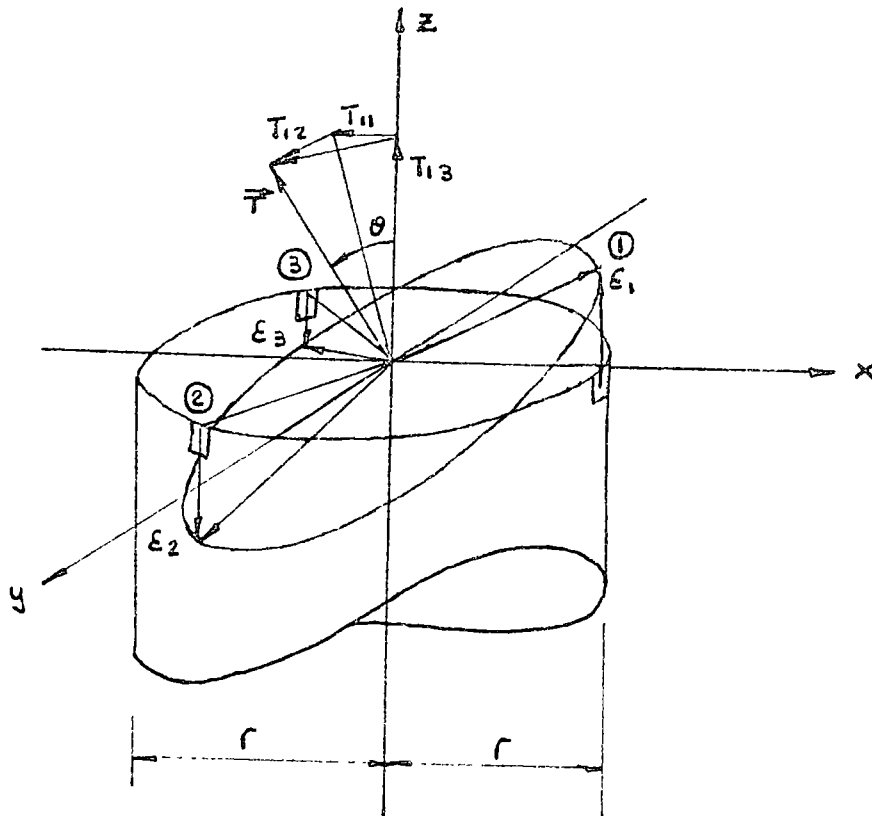
INGENIERIA OCEANICA

COMPLEMENTO DE OBRAS MARITIMAS COSTA  
AFUERA.

ING. LUIS HERREJON DE LA TORRE.

PRUEBA PARA DETERMINAR EL COMPORTAMIENTO DE UNA LINEA DE CONDUCCION SUBMARINA DURANTE SU TENDIDO.

Consideremos una sección de la tubería antes y después de la deformación:



$\epsilon_1, \epsilon_2, \epsilon_3$  - deformaciones unitarias  $\left\{ \begin{array}{l} \text{alargamiento} \quad (+) \\ \text{acortamiento} \quad (-) \end{array} \right.$

$\theta$  - curvatura - Si tomamos en cuenta el giro de una sección en una distancia unitaria a lo largo del tubo.

$\vec{r}_1, \vec{r}_2, \vec{r}_3$  - vectores de posición después de la deformación.

El plano de la sección girada queda definido por los vectores  $\vec{r}_1 - \vec{r}_2$  y  $\vec{r}_1 - \vec{r}_3$ , y la normal a dicho plano o tangente al eje deformado será:

$$\vec{T} = (\vec{r}_1 - \vec{r}_2) \times (\vec{r}_1 - \vec{r}_3)$$

$$\vec{T} = \left( \frac{3}{2}r, -\frac{\sqrt{3}}{2}r, \epsilon_1 - \epsilon_2 \right) \times \left( \frac{3}{2}r, \frac{\sqrt{3}}{2}r, \epsilon_1 - \epsilon_3 \right)$$

$$\vec{T} = \begin{vmatrix} \vec{i} & \vec{j} & \vec{k} \\ \frac{3}{2}r & -\frac{\sqrt{3}}{2}r & \epsilon_1 - \epsilon_2 \\ \frac{3}{2}r & \frac{\sqrt{3}}{2}r & \epsilon_1 - \epsilon_3 \end{vmatrix}$$

$$\vec{T} = -\frac{\sqrt{3}}{2}r [(\epsilon_1 - \epsilon_3) + (\epsilon_1 - \epsilon_2)]\vec{i} - \frac{3}{2}r [(\epsilon_1 - \epsilon_3) - (\epsilon_1 - \epsilon_2)]\vec{j} + \left(\frac{3\sqrt{3}}{2}r^2\right)\vec{k}$$

$$\vec{T} = T_{11}\vec{i} + T_{12}\vec{j} + T_{13}\vec{k}$$

$$T_{11} = -\frac{\sqrt{3}}{2}r [(\epsilon_1 - \epsilon_3) + (\epsilon_1 - \epsilon_2)]$$

$$T_{12} = -\frac{\sqrt{3}}{2}r [(\epsilon_1 - \epsilon_3) - (\epsilon_1 - \epsilon_2)]$$

$$T_{13} = \frac{3\sqrt{3}}{2}r^2$$

$$T_{13} = T \cos \theta \quad \therefore \cos \theta = \frac{T_{13}}{T}$$

$$\theta = \arccos \frac{T_{13}}{\sqrt{T_{11}^2 + T_{12}^2 + T_{13}^2}}$$

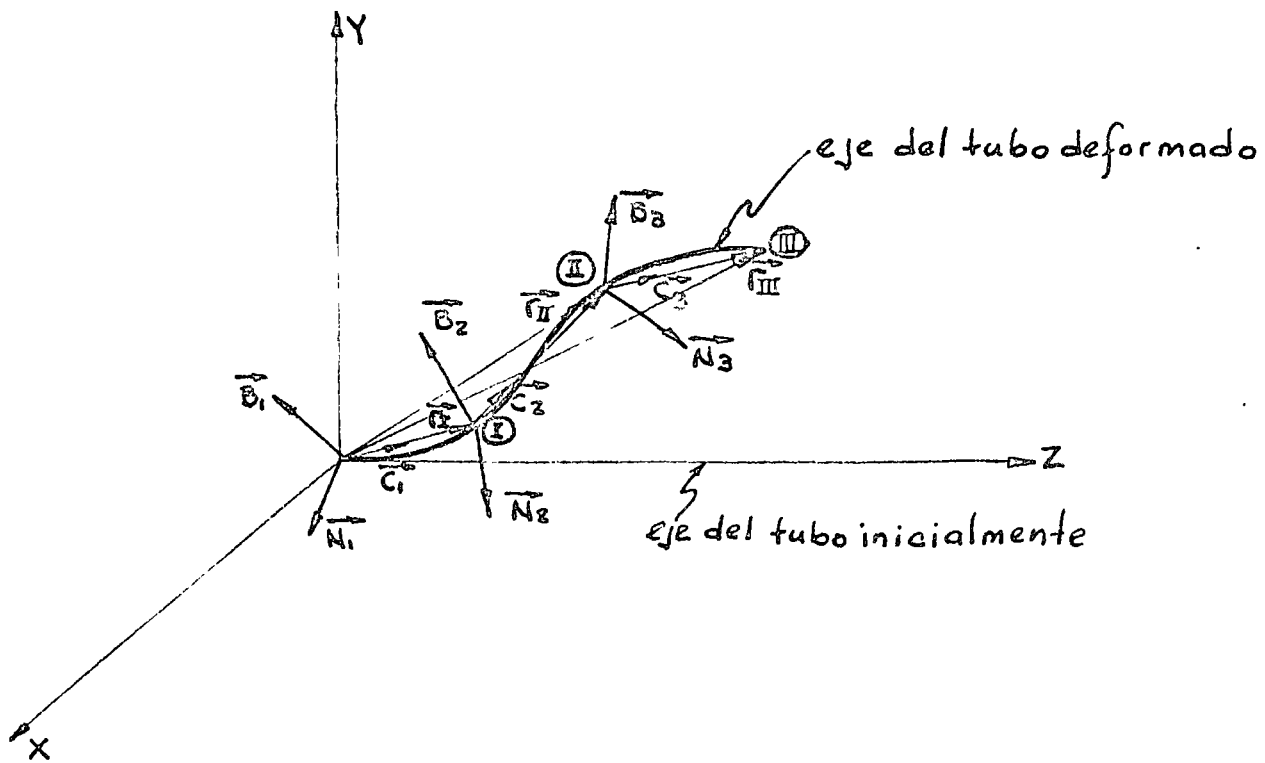
En esta forma se puede obtener aproximadamente la curvatura en cada sección en que se lleve a cabo la medición de deformaciones.

Para medir la deformación unitaria en cada punto se requieren dos strain gages adheridos al tubo que junto con otras dos resistencias, una fuerza electromotriz y un galvanómetro forman un puente en el cual se produce un desbalanceo durante la deformación.

Como hemos visto, con tres puntos en una sección podemos llegar a obtener la curvatura correspondiente.

Se requieren como mínimo tres secciones de medición a lo largo de una tubería de prueba, por lo que ilustraremos el problema en esta forma, aclarando que, se puede generalizar para cualquier número de secciones que se deseen - -

Considerar; obteniéndose desde luego mayor aproximación a medida que el número de secciones consideradas es también mayor.



El vector  $C_1$  corresponde a una longitud  $S_1$  de tubería y por lo tanto:

$$\vec{C}_1 = C_{11} \vec{x} + C_{12} \vec{y} + C_{13} \vec{k}$$

$$C_{11} = -\frac{\sqrt{3}}{2} r S_1 [(\epsilon_1 - \epsilon_3) + (\epsilon_1 - \epsilon_2)]$$

$$C_{12} = -\frac{\sqrt{3}}{2} r S_1 [(\epsilon_1 - \epsilon_3) - (\epsilon_1 - \epsilon_2)]$$

$$C_{13} = \frac{3\sqrt{3}}{2} r^2 S_1$$

La binormal podrá calcularse en la siguiente forma:

$$\vec{B}_1 = \vec{C}_1 \times \vec{k} = C_{12} \vec{x} - C_{11} \vec{y}$$

Los vectores unitarios asociados con el tramo  $S_1$  de la sección (1) son:

$$\vec{x}_1 = \frac{1}{B_1} \vec{B}_1$$

$$\vec{y}_1 = -\vec{x}_1 \times \vec{k}_1 = \vec{k}_1 \times \vec{x}_1$$

$$\vec{b}_1 = \frac{1}{C_1} \vec{C}_1$$



Pasando al tramo S2 de la sección (2) tenemos:

$$\vec{C}_2 = C_{21} \vec{C}_1 + C_{22} \vec{f}_1 + C_{23} \vec{e}_1$$

$$\vec{B}_2 = \vec{C}_2 \times \vec{k}_1$$

$$\vec{\lambda}_2 = \frac{1}{B_2} \vec{B}_2$$

$$\vec{f}_2 = -\vec{\lambda}_2 \times \vec{k}_2 = \vec{k}_2 \times \vec{\lambda}_2$$

$$\vec{k}_2 = \frac{1}{C_2} \vec{C}_2$$

y por último, el tramo S3 de la sección (3)

$$\vec{C}_3 = C_{31} \vec{\lambda}_2 + C_{32} \vec{f}_2 + C_{33} \vec{k}_2$$

$$\vec{B}_3 = \vec{C}_3 \times \vec{k}_2$$

Podemos calcular la torsión en la forma

$$\vec{B}_1 \cdot \vec{B}_2 = B_1 B_2 \cos \frac{S_1 + S_2}{2} \tau_1$$

$$\tau_1 = \frac{2}{S_1 + S_2} \text{ang} \cos \frac{\vec{B}_1 \cdot \vec{B}_2}{B_1 B_2}$$

$$\vec{B}_2 \cdot \vec{B}_3 = B_2 B_3 \cos \frac{S_2 + S_3}{2} \tau_2$$

$$\tau_2 = \frac{2}{S_2 + S_3} \text{ang} \cos \frac{\vec{B}_2 \cdot \vec{B}_3}{B_2 B_3}$$

En los proyectos normales se le considera a la tubería un comportamiento plano, por lo que esta forma podría obtenerse la magnitud de su alabeo para poder establecer un juicio respecto a la utilidad de las hipótesis comúnmente supuestas.

Es posible también obtener la posición de los puntos I, II y III del eje del tubo deformado aproximadamente como sigue:

$$\vec{r}_I = \frac{S_1}{C_1} \vec{C}_1$$

$$\vec{r}_{II} = \frac{S_1}{C_1} \vec{C}_1 + \frac{S_2}{C_2} \vec{C}_2$$

$$\vec{r}_{III} = \frac{S_1}{C_1} \vec{C}_1 + \frac{S_2}{C_2} \vec{C}_2 + \frac{S_3}{C_3} \vec{C}_3$$

Posiciones que podrían compararse con mediciones directas en el lugar y obtener así la aproximación del procedimiento.

### REVISION DE ESFUERZOS

$$\theta = \frac{M}{EI} \quad M = EI \theta \quad \tau = \frac{M}{S}$$

$$\zeta = \frac{M_T}{G I_P} \quad M_T = G I_P \zeta \quad \nu = \frac{M_T}{S_T}$$

Una tubería de pequeño diámetro acepta radios de curvatura bastante pequeños, pero a medida que el diámetro va aumentando, deben irse tomando precauciones -- para que la tubería no adopte radios de curvatura peligrosos al aumentar la profundidad a la cual debe tenderse.

Es conveniente en cada caso revisar que los esfuerzos no alcancen valores capaces de producir una falla de inestabilidad elástica o estrangulamiento del tubo -- debido a excesiva curvatura que produce un esfuerzo mayor que el crítico:

$$\tau_{cr} = 1.3 \frac{Eh}{\frac{D}{2} \sqrt{3(1-\mu^2)}}$$

obtenido de desarrollos teóricos afectando el resultado por el factor 1.3 con base a experiencias sujetando tramos de tubo a cargas axiales y excéntricas.

Mediante un modelo matemático que tomara en cuenta todos los factores que intervienen y de ser posible complementado con pruebas en tuberías de otros diámetros puede establecerse un criterio para determinar el procedimiento de tendido -- en cada caso particular.

## TERMINAL EN TUXPAN, VER.

En la Barra Norte de Tuxpan, Ver., hacia el norte del río - -  
Tuxpan, Petróleos Mexicanos ha operado una terminal consistente en -  
tres descargaderos submarinos a base de 5 boyas de amarre y 2 líneas  
submarinas de conducción a tierra cada una con diámetros de 8" y 10"  
y longitud de 1500 y 2300m.

El volumen de negros y refinados que se descarga en este lugar  
es de los más importantes manejados por la flota marítima de Petróleos  
Mexicanos y así lo será el de crudo de acuerdo con el programa de -  
transporte futuro de la flota en el Golfo de México, por lo cual a princi-  
pios del presente año se llevó a cabo la instalación de una monoboya con  
las ventajas sobre el tipo de amarraderas antes construidos de que su  
instalación y mantenimiento son muy simples y económicos, permite al  
barco girar alrededor acomodándose en la posición más conveniente y  
trabajar en condiciones del tiempo imposibles de hacerlo con cualquier  
otra instalación, puede moverse fácilmente y cambiarse a otro lugar -  
que se considere conveniente, etc.

### INSTALACION MONOBOYA.

Se encuentra localizada a  $97^{\circ}15'45''$  de longitud oeste,  $21^{\circ}01'18''$  de  
latitud norte y una distancia aproximada a la costa de 6472 M, en un lugar  
en que la profundidad del agua es aproximadamente de 20 M, la varia-  
ción de mareas 1.61 M, altura máxima de ola de 3.52 M, vientos reinan  
tes SE de 0 a 33 Km/Hr, máxima velocidad de vientos de 110 Km/Hr a 130  
Km/Kr con tormentas hasta de 280 Km/Hr y velocidad máxima de corrien

te de 11 Km/Hr hacia el Norte. El fondo marino es arenoso con pendiente suave . La acción del oleaje ciclónico combinado con sobreelevación por efecto de tormenta pueden acusar modificaciones en el perfil entre los 10 M, de profundidad y la Playa.

Los buques tanque que operarán tendrán un peso muerto variando de 15,000 Ton. (120,000 Bl) a 60,000 Ton (500,000 Bl.) y podrán permanecer amarrados a la boya siempre y cuando la velocidad del viento no sea mayor de 56 Km/Hr y la altura de la ola de 1.8 M.

Además de la boya se cuenta con dos líneas submarinas de conexión a tierra de tubería de 20"  $\emptyset$  y 1/2" de espesor API-5 LX-42 en dirección S 64°32' 28 W, apoyadas en el fondo marino y enterradas a partir de los 10 M de profundidad (respecto a la línea media de mareas) mangueras de 16"  $\emptyset$  para trabajar a 225 Psi, con luces de destello, conectando a la boya con la banda de babor del barco.

Actualmente se cuenta con una capacidad de almacenamiento para refinados de 200,000 Bl y 385,000 para crudo, siendo que ésta última aumentará a 585,000, 785,000 y 985,000 en los años de 1973, 1974 y 1976 respectivamente.

En la nueva Monoboya es posible descargar un barco por día. Con base al barco promedio de la flota de Petróleos Mexicanos con capacidad de 130,000 Bl. y tomando un factor de 50% de ocupación, deberá considerarse que, esta instalación recibirá  $0.5 \times 130,000 = 65,000$  B.P.D. ó un volumen mayor proporcional a la mayor capacidad de los barcos que se reciban.

Con los descargaderos actuales se descargaron en 1972 alrededor

de 60,000 B.P.D., por lo que éstos junto con la Monoboya serán suficientes para manejar las demandas de Tuxpan hacia el Altiplano - hasta el año de 1975, en que se estiman serán de 140,000 B.P.D. Para el año de 1976 en que dichas demandas serán de 200,000 B.P.D. aproximadamente, será necesario contar con otra Monoboya del mismo tipo - a la construida recientemente o bien entrar en operación el Oleoducto - Pajaritos - Poza Rica. Cabe mencionar que, este tipo de instalaciones se pueden trasladar fácilmente a otras localizaciones, como a Progreso, - Salina Cruz, Mazatlán, etc.

Por lo que respecta al almacenamiento, en el año de 1974 será de 985,000 Bl. en total y en 1976 de 1,185,000 Bl., lo cual representa el volumen requerido por una semana aproximadamente.

En el caso de que por alguna razón se requiriera una interrupción en el sistema, se tendría capacidad de almacenamiento suficiente para descargar los barcos en camino de Pajaritos a Tuxpan con un tiempo de recorrido promedio de 5 días.

#### MUELLE DE ETILENO.

Como antes se mencionó, a Tuxpan Ver. llegará Etileno proveniente de Pajaritos, Ver., el cual se encuentra localizado en la Terminal de Pemex en Cobos, en la margen derecha del río Tuxpan.

Este muelle construido en 1971 es del tipo T con superestructura de concreto armado y subestructura de pilotes también de concreto armado. La pasarela de acceso se encuentra desligada mediante una junta de construcción de la plataforma de de atraque y operación, con el objeto de que

la energía del impacto de las embarcaciones sea absorbida por esta última sin transmitirse al resto del muelle. El amarre se lleva a cabo mediante las instalaciones en la plataforma de atraque y cuatro muertos de anclaje. El calado de operación es de 20' (6.0 m) y se cuenta con instalaciones tales como garzas de acción hidráulica, defensas masivas fijas y ganchos de escape para el amarre.

**BOYA UNIVERSAL**

Y: 147 630.66  
X: 148 197.03  
Long W de G 97°15'45"  
Lat N 21°01'18"

VERT Km 5  
Y: 146 807 352  
X: 141 555 253

VERT TORRETA  
Y: 144 848 399  
X: 142 353 107  
Long W de G 97°19'10"

FARO TUXPAN  
Y: 141 905 739  
X: 143 497 972  
Long W de G 97°18'30"  
Lat N 20°58'15"

FARO TUXPAN

VERT BALIZA ESCOLLERA (Nueva)  
Y: 142 183 355  
X: 144 339 007

S 64° 32' 28" W  
6 472 428 m

N 75° 23' 43" E  
13 571 105 m

N 35° 18' 28" E  
6 675 134 m

S 62° 02' 06" W 13 572 546  
N 61° 21' 43" E 12 700 406 m

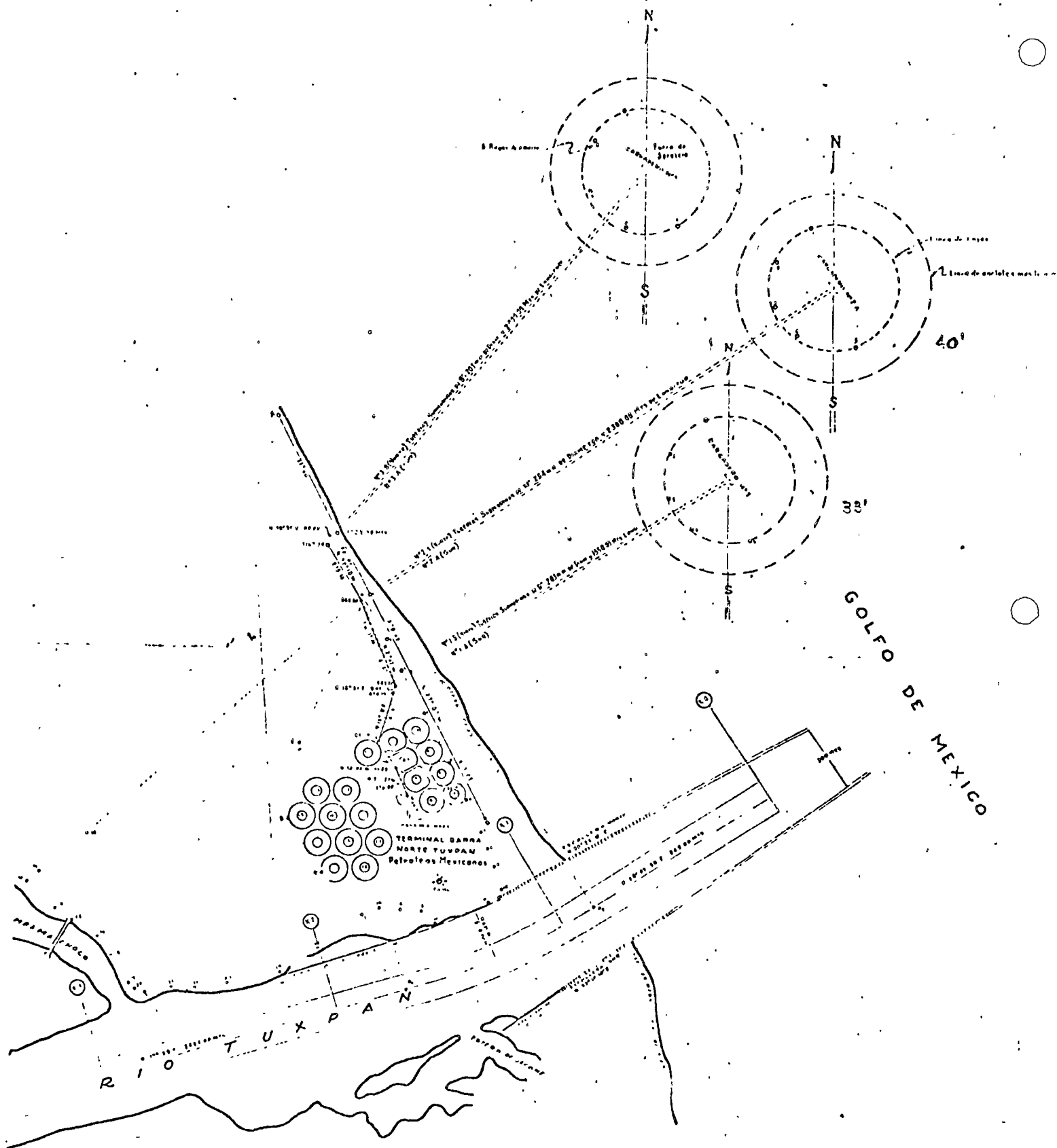
CARGADERO - 1  
CARGADERO - 2

S 35° 41' 32" E  
1 877  
S 35° 32' 59" E  
1 550

S 24° 42' 2"  
13 656 711

OCO

T U X P A N



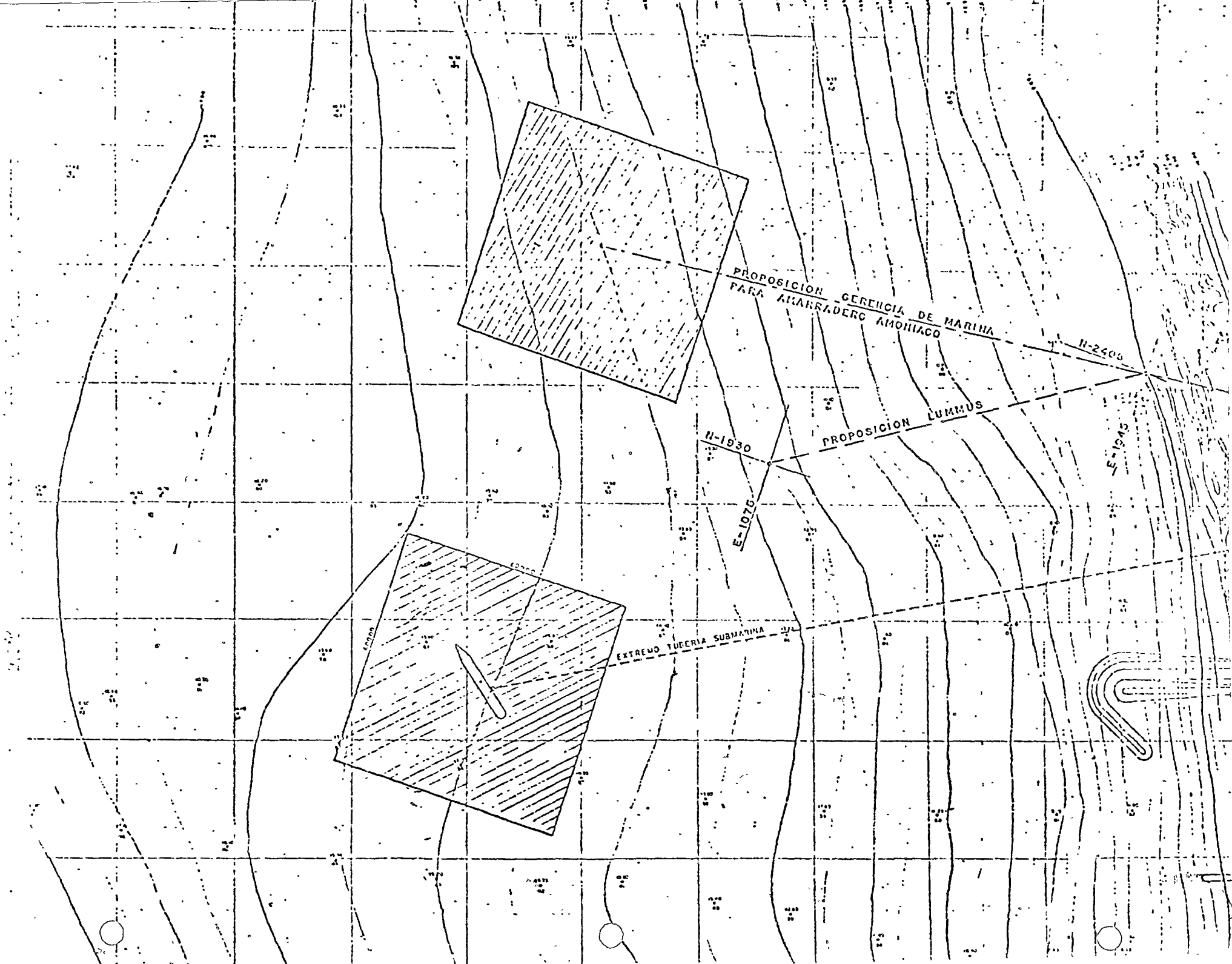


## TERMINAL EN ROSARITO, B.C.

Por lo que respecta a negros y refinados, la Terminal cuenta con 5 boyas de amarre ligadas por cadenas a 5 anclas de 8 toneladas, dos boyas que señalan los extremos de las mangueras, una boya de recalada luminosa y de campana y una baliza señalando la unión de las mangueras y las tuberías, La manguera de combustóleo se construyó originalmente con 8 tramos de 25 pies cada uno para trabajar a una presión de 300 libras por pulgada cuadrada, y la de refinados con 10 tramos de 20 pies para 150 libras por pulgada cuadrada. Las tuberías submarinas de conducción a tierra para negros y refinados son de 20" y 16" respectivamente con reducciones a 12" en la conexión de las mangueras, separadas aproximadamente 20 m., con un desarrollo total del orden de 1,750 m. hasta una profundidad máxima en el mar de 15 m.

En cuanto al descargadero para amoníaco, éste cuenta con 5 boyas de anclaje unidas a 5 anclas de 8 toneladas, una boya que señala el extremo de la manguera y una boya luminosa con señal fónica de niebla, 6 tramos de mangueras de 30 pies de longitud y 10" de diámetro para trabajar a 250 libras por pulgada cuadrada de presión y 28°F de temperatura, y un trineo con caseta y válvula. El sistema de conducción a tierra consta de una línea de 10" de diámetro y 1,000 m. de longitud hasta una profundidad máxima de 12.50 m. con línea igualadora de 1" y revestimiento hasta un diámetro de 20". En la unión de la tubería con la manguera hay una válvula bridada tipo bola de 10" de diámetro y 150 libras por pulgada cuadradas de presión.

Los descargaderos para negros, refinados y amoníaco están en servicio desde los años de 1961, 1967 y 1968 respectivamente.



PROPOSICION GERENCIA DE MARINA  
PARA AMARRADERO AMONIACO

N-2406

PROPOSICION LUMBUS

N-1930

E-1076

E-1045

EXTREMO TUBERIA SUBMARINA

## DISTRIBUCION EN LA ZONA PACIFICO.

### PUERTO DE SALINA CRUZ.

Es necesario mencionar la gran importancia de la terminal en el puerto de Salina Cruz, Oax., en el Océano Pacífico, ya que debido a su cercanía al Golfo de México y al Canal de Panamá, en ella se concentran la mayor parte de los productos que se distribuyen en los puertos del Pacífico para llevarse a las plantas de recibo y distribución en esa zona. Dichos productos provienen del Golfo de México vía el Canal de Panamá o a través de los ductos Minatitlán-Salina Cruz.

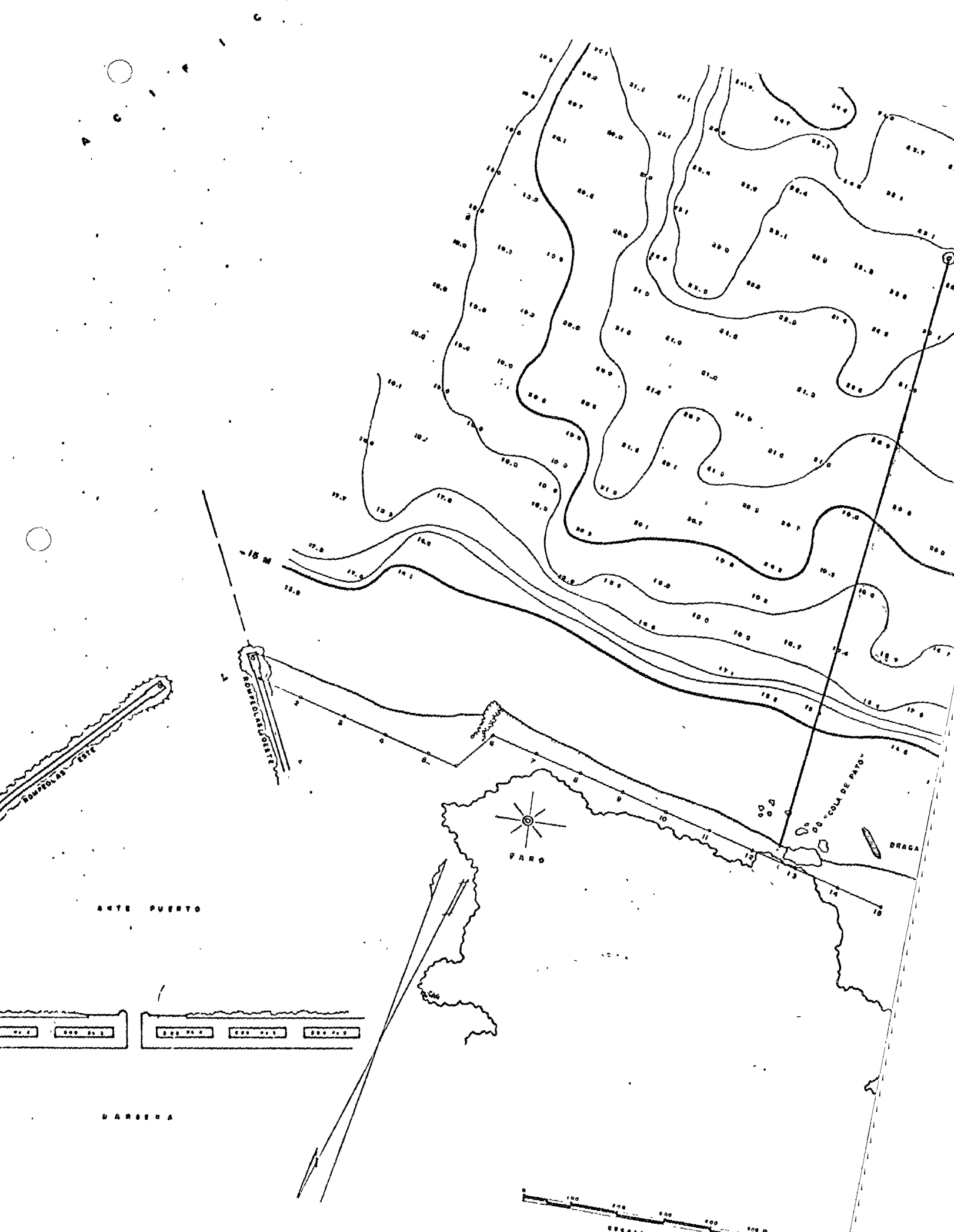
Aunque Petróleos Mexicanos carece de instalaciones propias en este lugar, se han hecho las adaptaciones necesarias en los Muelles Fiscales, al oeste del paso existente entre la dársena y el antepuerto para atracar barcos petroleros cuyos desplazamientos varían de 6,000 a 27,000 Tons., con calados de 20' (6.10m) a 30' (9.15m.) moviendo un total de casi 20,000,000 de barriles al año.

#### PROPOSICION DE UNA BOYA DEL TIPO GIRATORIO PARA LA DESCARGA DE BARCOS PETROLEROS.

Ha sido necesario mover las embarcaciones petroleras en dicho lugar no obstante las fuertes erogaciones en dragado, pero ha llegado un límite en las dimensiones de las instalaciones y el calado que al excederse podría poner en peligro la estabilidad de las estructuras, por lo que se re querirán nuevas instalaciones para atracar los barcos petroleros de mayor desplazamiento que se re querirán para los nuevos productos que se ten drán provenientes de Minatitlán para distribuirse en el Pacífico.

Existe desde luego la alternativa de construir un nuevo muelle que implica varios inconvenientes tales como inversión inicial elevada, excesivo gasto en dragado, etc.

La instalación de una boya de amarre y atraque o monoboya, a una distancia de 1360 m. de la playa oeste, en la zona de menores acarreos litorales, es evidentemente la solución más económica que a su vez permitirá en el futuro la descarga de barcos de cualquier tamaño y prácticamente con cualesquiera condiciones oceanográficas, con la ventaja adicional de poderse cambiar en cualquier momento a la localización que más convenga.



## PLATAFORMAS DE PERFORACION EN EL MAR.

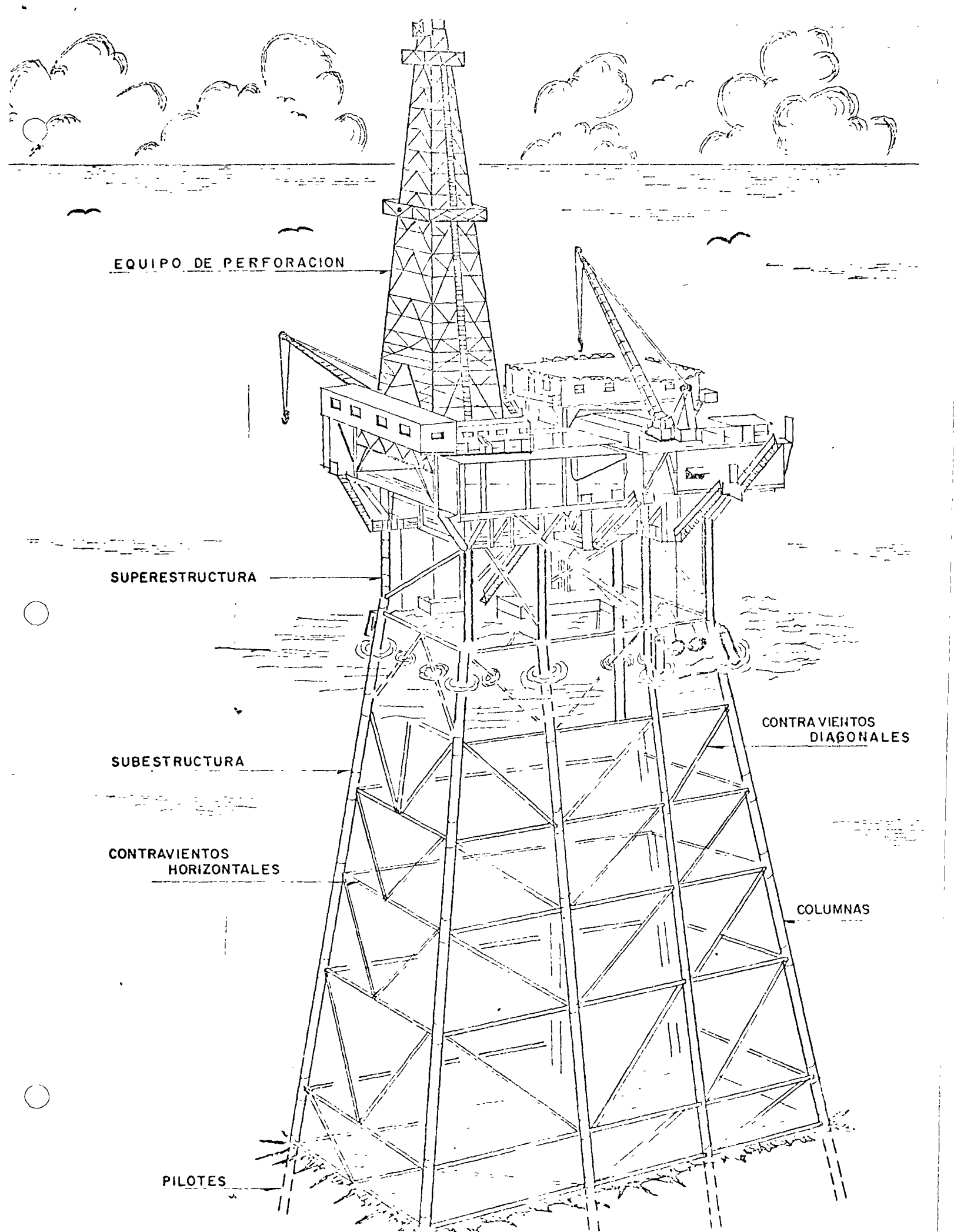
La perforación de pozos petroleros en varios países, incluyendo a México, tiende a seguirse en el mar, por lo que en los últimos años se ha iniciado la construcción de plataformas para dicho propósito.

En la actualidad se construyen plataformas marítimas localizadas en lugares de gran profundidad del fondo marino con un procedimiento muy práctico y bastante estudiado. El equipo utilizado consiste de chalanes, remolcadores y una grúa de gran capacidad. En general se usan cuatro chalanes transportando la subestructura prefabricada, la superestructura también prefabricada, los pilotes y la grúa que son movidos por los remolcadores que a su vez se utilizan durante las maniobras de construcción. Las etapas constructivas son esencialmente las siguientes:

- a) Colocación de la subestructura consistente de guías para los pilotes y piezas de contraventeo.
- b) Hincado de los pilotes,
- c) Colocación de la superestructura.
- d) Colocación del equipo que servirá para operar la plataforma.

Como puede observarse en la figura, la estructura es a base de secciones tubulares bastante robustas soldadas en forma continua utilizando mano de obra de primera calidad.

Varios tipos de plataformas como la antes presentada se han construido en México con muy buenos resultados, tal y como se muestra en el croquis respectivo.



EQUIPO DE PERFORACION

SUPERESTRUCTURA

SUBESTRUCTURA

CONTRAVIENTOS  
HORIZONTALES

CONTRAVIENTOS  
DIAGONALES

COLUMNAS

PILOTES





## LINEAS DE CONDUCCION BAJO EL AGUA.

La construcción de plataformas marítimas y de amarraderos en el mar, trae como consecuencia la necesidad de tender tuberías de conducción submarinas de comunicación a tierra.

El cruzamiento de ríos y lagos por líneas de conducción terrestres, trae como consecuencia el tendido de tuberías subfluviales y sublacustres.

Los procedimientos de construcción o tendido son similares en ambos casos, dependiendo principalmente del tipo y diámetro de la línea de conducción y de la profundidad de tendido. A continuación mencionaremos algunos de los procedimientos que se han seguido en México.

El procedimiento posiblemente más económico, es colocando flotadores en tal forma que la tubería pueda arrastrarse flotando cerca de la superficie del agua. Dicho procedimiento es más bien aplicable a casos de aguas tranquilas y poco profundas como lo son los cruzamientos de ríos. Para grandes diámetros de tubería y aguas profundas, es prácticamente imposible seguir este camino.

En ocasiones la tubería se arrastra por el fondo del mar evitando en gran parte los efectos de oleaje y corrientes, pero teniéndose el peligro de que las condiciones del terreno impidan en un momento dado el arrastre o produzcan graves daños. En el caso de líneas de corta longitud tendidas cerca de la playa se puede lograr buen éxito no obstante que el diámetro sea grande y las condiciones del tiempo severas, si se tiene mucho cuidado en emparejar el terreno de la rampa de lanzamiento y en controlar la intensidad del jalón sobre la tubería arrastrada tan sólo una distancia igual a su corta longitud.

En el caso del descargadero de Amoniaco en Rosarito B.C., dicho procedimiento se aplicó con mucho éxito.

En otros casos las lingadas previamente construidas se colocan en el fondo, levantándose posteriormente los extremos para soldarse; pero existe el peligro de que al utilizar este procedimiento al tender tuberías de gran diámetro en aguas profundas, se induzcan curvaturas tales que produzcan el pendeo o estrangulamiento en algunas secciones.

En los casos de los oleoductos Tiburón - Isla de Lobos - Cabo Nuevo y Atún 'A' - Atún "B", se tuvo buen éxito utilizando este procedimiento debido a que el diámetro de la tubería fue tan sólo 8".

Quizás el procedimiento más efectivo para tender tuberías sobre todo si el diámetro es grande (de 12" en adelante), y se tiene aguas muy profundas (de 30m. en adelante), es mediante un chalán de tendido con una rampa de deslizamiento (stinger) que se va desplazando haciendo uso de los winches y las anclas, con lo cual se puede tener un buen control de curvaturas. Un lanchón especial va suministrando la tubería, que se transporta al chalán de tendido mediante una grúa montada sobre el mismo; y a medida que se va lanzando se lleva a cabo la operación de soldar. En la mayoría de los casos mediante un dispositivo especial se aplica en el chalán tensión a la tubería para disminuir las curvaturas en ésta. La embarcación se debe fijar mediante varias anclas tal y como se indica en la figura respectiva.

Los recubrimientos que lleva la tubería son para tres propósitos: -  
1) protección exterior, 2) protección interior y 3) lastre. El recubrimiento exterior se usa junto con el sistema de protección catódica para prevenir corrosión y es en general un material asfáltico igual que el usado para líneas en tierra. El recubrimiento interior se usa generalmente cuando el producto a ser transportado es corrosivo o bien para reducir la rugosidad del tubo. -  
El lastre generalmente consiste de un recubrimiento de concreto para darle -

a la línea el peso requerido, en tal forma de vencer la flotación más la fuerza de arrastre horizontal y vertical debidas a corrientes y a la acción de tormentas y suficientemente ligera para evitar que se hunda en el terreno del fondo.

Las líneas bajo el agua pueden protegerse contra corrientes y oleaje ya sea enterrándolas en el fondo o mediante anclas fijas en el terreno.



## Anexo B

En las secciones de pláncton, bentos y vertebrados, se hace preclasificación al mismo tiempo que investigación sobre técnicas de laboratorio.

En la sección de archivo, cerebro del Centro, se realizan las siguientes labores:

- a) Se ordenan y conservan en buen estado los grupos preclasificados, las muestras de material biológico que llega al Centro. La porción no preclasificada de cada muestra, la cual se conserva intacta y las submuestras.
- b) Se procesa la información originada en el Centro, como por ejemplo: número de copépodos, biomasa total o peso seco de cada muestra, etc. Los datos anteriores se almacenan y procesan mediante un sistema compatible con aquellos que se busca desarrollar en otros Centros. Finalmente, el servicio de biblioteca y de colección de referencia se ha organizado con un enfoque diferente del de las otras bibliotecas y colecciones, ya que en el Centro, este servicio se limita a organizar material de identificación e información especializada, así como a formar colecciones de referencia con fines taxonómicos preferentemente de las regiones mexicanas adyacentes.

Los procedimientos fundamentales de trabajo en el Centro son esencial-

mente los siguientes:

1. Las cajas enviadas al Centro por las diferentes naciones participantes en el proyecto CICAR, y que contienen las muestras, son abiertas en un lugar apropiado; las muestras se pasan enseguida a la mesa de entrada (número del Centro de Preclasificación) y son ordenadas en anaqueles en un almacén adecuado. El marbete original, elaborado a bordo del barco, se archiva en un registro especial y es reemplazado en el frasco por una copia exacta del mismo. Para cada muestra, se hacen tres tarjetas iguales de identificación, que contienen los datos de la misma y que son catalogadas según: a) el nombre del barco; b) área geográfica, y c) país.
2. El material es transportado al laboratorio, donde se mide el volumen total de cada muestra por los métodos de sedimentación y desplazamiento, antes y después de quitar los organismos grandes.
3. Si el volumen de la muestra es mayor de 15cc, se toma una alícuota para medir peso seco.
4. Dependiendo del tamaño de la muestra, una alícuota de aproximadamente 3 cc, se clasifica, aproximadamente, 50 taxa, en tanto que el volumen mayor restante se conserva como archivo. La colección de archivo lleva el mismo número y se marbetea igual que se describe en el punto 1.

Siempre y cuando la muestra sea de 3 cc, o ligeramente más grande de 3, serán preclasificadas porciones menores.

5. Las porciones preclasificadas se marbetan y se anota el número de los ejemplares separados para cada taxón, tanto en las submuestras que se envían al especialista, como en formas especiales existentes en el Centro. Estas formas contienen el número de ejemplares para cada grupo de todas las alícuotas preclasificadas.

6. Se empacan las submuestras para enviarse a los especialistas y se adjunta una lista de las muestras de las cuales fueron tomadas las primeras. Se ha designado la serie A para muestras de pláncton y la B para bentos.

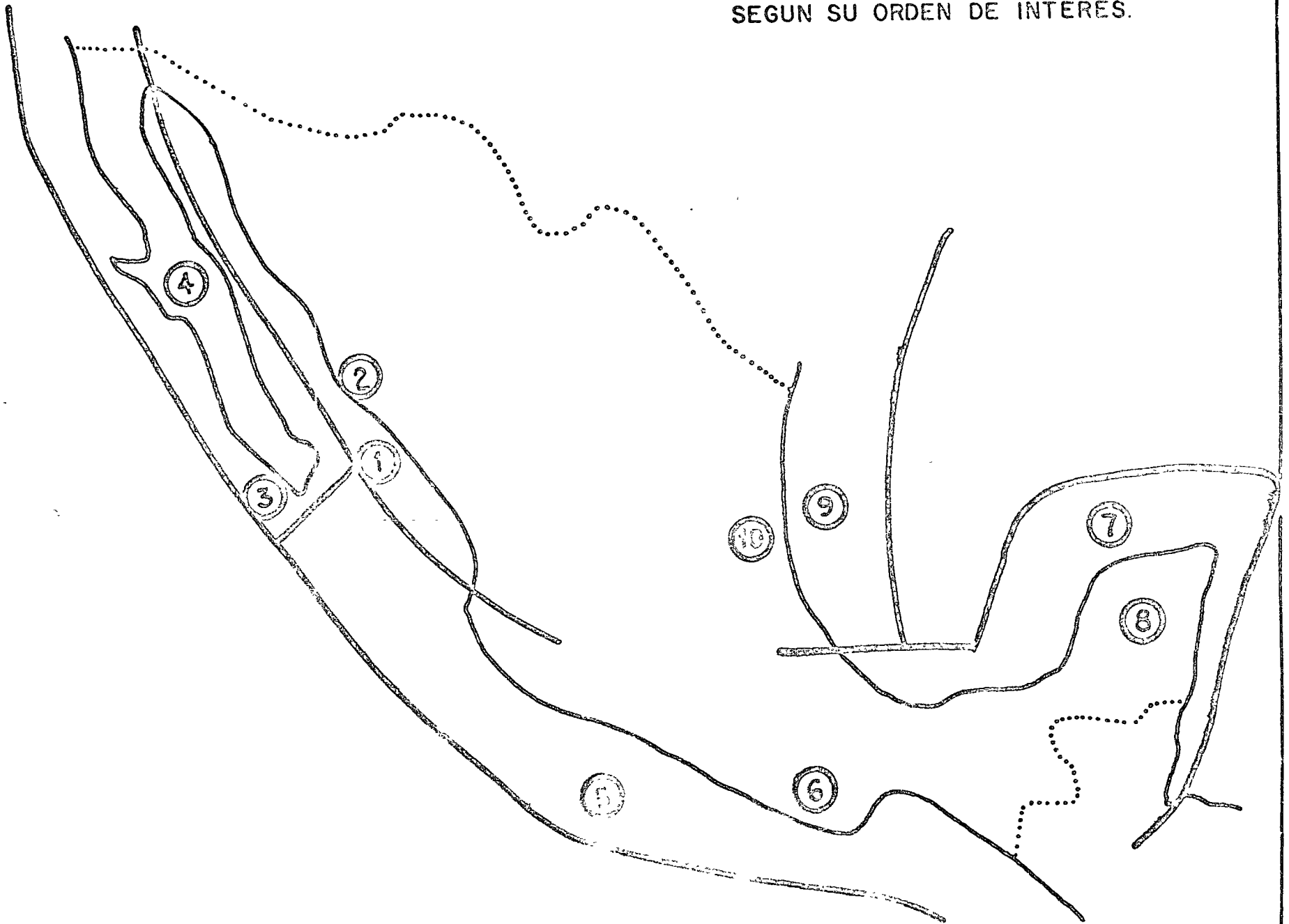




PROGRAMAS ACTUALES DE LAS INSTITUCIONES OFICIALES

- a) La Secretaría de Recursos Hidráulicos establecerá una serie de distritos de acuacultura (el de Nayarit en pleno desarrollo), con una inversión aproximada de 1000 millones de pesos en 6 años, con el fin de promover el desarrollo pesquero de lagunas costeras. Así mismo continúa con el programa de evaluación de recursos y control de condiciones de lagunas costeras, encaminado a establecer bases que permitan controlar las poblaciones de camarones que penetran en dichas lagunas.
- b) La Secretaría de Marina proporciona servicios de carácter nacional como son, cartografía y la concentración de datos oceanográficos obtenidos por diversas instituciones, entre otros. Tiene dos barcos oceanográficos, el B/O "Mariano Matamoros" y el B/O "José Azueta". El primero actualmente realiza la participación mexicana en el experimento meteorológico tropical en el Atlántico. Existe la más firme decisión de impulsar las ciencias del mar, ya que por acuerdo presidencial, esta dependencia tiene la responsabilidad de levantar el inventario de los recursos marinos nacionales. De los cuales, el de los no renovables se iniciará con el Estudio sobre la evolución geodinámica de las costas de México, cuyo esta-

AREAS DE ESTUDIO PROPUESTAS.  
SEGUN SU ORDEN DE INTERES.



A-2

do actual es el siguiente (Fig. 11) :

Area 1. - Plataforma Marina Fondo Oceánico de las costas de los Estados de Sonora, Sinaloa, Nayarit y Jalisco.

Datos Geofísicos y Geológico-Submarinos:

Información dispersa; obtenida sistemáticamente, pero con espaciamiento muy amplio y con otro objetivo.

Area 2. - Planicie Costera de los Estados de Sonora, Sinaloa, Nayarit y Jalisco.

Falta total de información a excepción de la mitad septentrional del Edo. de Sinaloa.

Area 3. - Plataforma Marina y Fondo Oceánico del Estado y Territorio de Baja California.

Información dispersa; programada con otros objetivos.

Area 4. - Planicie Costera y Costa del Estado y Territorio de Baja California.

Falta total de información.

Area 5 - Plataforma Marina de los Estados de Chiapas y Oaxaca; Fondo

Oceánico frente a las Costas de Jalisco, Colima, Michoacán, Guerrero y Oaxaca.

Poca información, programada con otros objetivos.

Area 6. - Planicie Costera de los Estados de Chiapas y Oaxaca; Costas de Jalisco, Colima, Michoacán, Guerrero y Oaxaca.

Falta total de Datos, a excepción de la planicie costera.

Area 7. - Plataforma Continental del extremo austral del Estado de Veracruz y la de los Estados de Tabasco, Campeche y Yucatán, así como del Territorio de Quintana Roo.

Información apreciable; orientada hacia otros programas de interés afín.

Area 8 - Costas y Planicie Costera de la porción austral del Estado de Veracruz y la de los Estados de Tabasco, Campeche, Yucatán y del Territorio de Quintana Roo.

Ausencia total de Datos, a excepción de la región de los "complejos deltaicos"; estudios principalmente de bioecología.

Area 9. - Plataforma Continental y Fondo Oceánico frente a los Estados de Tamaulipas y Veracruz, exceptuando el extremo austral.

A-5

Información considerable, pero falta cubrimiento de datos -  
geológicos. La información existente está orientada principal\_  
menta hacia el interés bioecológico.

Area 10. - Planicie Costera y Costas de los Estados de Tamaulipas y -  
Veracruz, exceptuando su extremo austral.

Ausencia de Datos, a excepción de estudios de las lagunas cos\_  
teras de la porción norte. Estudios principalmente con orien -  
tación bioecológica.

- c) La Secretaría de Industria y Comercio a través de la Subsecretaría de Pesca lleva a cabo un ambicioso programa que tiene como meta, duplicar la producción pesquera del país en el período -- 1970-1976, mediante el incremento y mejoramiento de las flotas pesqueras y de las instalaciones en tierra. También lleva a cabo pesca exploratoria y evaluación del potencial pesquero de algunas especies, la sardina entre ellas, en el Golfo de California.
  
- d) La Comisión Federal de Electricidad, organismo descentralizado incluye dentro de su programa de actividades, la instalación de - plantas termoeléctricas en diversas localidades de la costa, particularmente en lagunas, litorales y bahías. Actualmente, se construye una planta atómica que generará fluído eléctrico, en la laguna litoral de Agua Verde, Ver. Paralelamente se realiza un progrma de investigación encaminado a evaluar la fauna y flora actuales, a fin de estar en condiciones de conocer los cambios en el ambiente lagunar que serán causados por la actividad de dicha planta.
  
- e) Petróleos Mexicanos, tiene a su cargo la exploración y explotación de los recursos petroleros del país. Considerando que el Golfo de México tiene grandes perspectivas de producción petrolera en la - plataforma continental, se ha iniciado ésta con una plataforma de explotación frente al litoral de Veracruz. El ritmo que imprime -

A-7

esta dependencia a la actividad de perforación y desarrollo de ya cimientos en el mar, está de acuerdo con un plan general de operación previsto para 10 años o más.

- f) El Banco de México, por conducto de INFRA TUR y en base a un estudio de carácter técnico elaborado por varias instituciones del ámbito científico nacional, ha iniciado la construcción de un extenso conjunto turístico en Cancún, Quintana Roo y en breve establecerá otro, con características semejantes en Zihuatanejo, Gro.





## Anexo C

### PROGRAMA DE INVESTIGACION DE GRAN ALCANCE PARA LAS AGUAS Y LITORAL DE BAJA CALIFORNIA

El fundador y primer director de Scripps, Dr. William E. Ritter, escribió, "Lo último que uno alcanza en experiencia y conocimiento y el que más lo sorprende, es la escala inmensa sobre la cual las cosas son hechas en el océano y la complejidad literalmente infinita de causa y efecto en cuanto a operación se refiere"

En 1901 los científicos de Scripps empezaron a tener conocimiento de la complejidad que encierra el océano aún en una pequeña escala, estudiando el Océano adyacente a la parte meridional de California, incluyendo el área de las Islas Coronado en la parte septentrional de Baja California.

Estas exploraciones locales continuaron por muchos años y los primeros científicos marinos pronto encontraron que la mayor parte de agua que corría por las islas del canal lejos de la costa sur de California, fluían de la parte norte de Baja California llegando hasta el Cabo Colnet al sur. Esta es una región en donde una parte de la Corriente de California se desvía hacia la costa y se divide; una parte se mueve hacia el norte dando vuelta del norte de California y otra porción que fluye hacia el sur bordeando la costa de Baja California

Su primera expedición fue en 1908, cuando se tomaban muestras de salinidad, profundidad y temperaturas del agua desde San Diego hasta las Is-

las de Cedros y Guadalupe fuera de Baja California. En 1912, se realizó otra expedición en donde se reunió información del norte, hasta donde llega la Columbia Británica. Estos primeros científicos de Scripps estuvieron estudiando la Corriente de California, que tiene sus orígenes más cercanos a lo largo de la costa noroeste de los Estados Unidos, la cual se va perdiendo al mismo tiempo que se desvía de la costa sur de Baja California y se une a la Corriente Ecuatorial Norte.

Los primeros investigadores en Scripps dirigieron estudios de ecología marina, oceanografía física, química y geológica, en donde se presentaban nuevos y emocionantes problemas. Durante 50 años, el Dr. G. F. McEwen estuvo investigando la predicción del tiempo a gran escala - un problema que únicamente en los últimos 15 años ha empezado a ser ampliamente investigado por Scripps y otros científicos del mundo, y recientemente se ha convertido para Scripps en un importante y amplio programa de investigación. La incipiente Institución también realizó investigaciones acerca de las algas marinas y sus utilidades; la distribución y comportamiento del atún albacora y la localización de pláncton dentro de la cadena alimenticia marina. Estos fueron programas novedosos, los cuales continúan siendo hasta nuestros días, áreas de intensa investigación.

Scripps lentamente fue creciendo y extendiendo sus áreas de exploración. La Institución empezó hace 53 años, en 1921 sus primeros estudios relativos al Golfo de California, cuando la Academia de Ciencias de Ca-

California llevó a cabo una expedición a esa área. Fueron colectadas diatomeas de la superficie por el Dr. Fred Baker, uno de los fundadores de Scripps, y, en 1923 el Dr. W. E. Allen (científico de Scripps), publicó un artículo científico sobre la distribución de diatomeas en el Golfo.

El Golfo de California es una región sorprendente para el estudio oceanográfico, debido a su activa y compleja geología, sus enormes mareas en la parte media norte, sus grandes variaciones de temperaturas y la abundante vida marina. Scripps recibió a distinguidos oceanógrafos tales como el Dr. Harold V. Sverdrup (Director 1936-1948), el Dr. Roger R. Revelle (Director, 1950-1964) y el Dr. Walter H. Munk (Director Asociado, Instituto de Geofísica y Física Planetaria) todos ellos, realizaron investigaciones en 1938 y 1940 en el Golfo, concernientes a sedimentos, aguas interiores y oceanografía física general.

Fue en este mismo periodo 1938-1941, durante el cual el físico oceanógrafo Sverdrup, el químico oceanógrafo Richard Fleming y el biólogo marino, Martin W. Johnson escribieron, Los Océanos, Su Física, Química y Ecología General, publicada en 1942. Esta publicación pronto se convirtió en una referencia guía para todas las investigaciones oceanográficas posteriores.

Los científicos de Scripps tuvieron en un principio pequeños buques razón por la cual, las investigaciones del océano contiguo eran limitadas, sin embargo, el personal sabía que llegaría el día en que podrían abarcar

áreas más extensas del Pacífico, a fin de comprender los sucesos que acontecían muy cerca de su tierra. Poco después de finalizar la II - Guerra Mundial la oportunidad de extender sus horizontes se convirtió para Scripps en una realidad. La Armada de los Estados Unidos reconoció la importancia que la investigación oceanográfica tenía. En ese tiempo, los pescadores de California comprendieron que era necesario tener conocimiento del océano y de la fauna marina, que constituía su sustento. Las necesidades propias de estos dos grupos hicieron que Scripps agigantara sus pasos hacia la exploración e investigación del océano. La Armada proporcionó a Scripps cuatro buques grandes; buques en condiciones de navegar a diferencia de las pequeñas embarcaciones que había usado desde sus inicios, hacía 50 años antes. Al mismo tiempo, la Armada empezó a financiar cierto número de proyectos de investigación en Scripps.

La primera expedición para Scripps a la parte media del Océano Pacífico, fue en 1950. A partir de ese tiempo a la fecha, las exploraciones de Scripps se han extendido, cubriendo los Océanos Pacífico e Indico y en menor grado otros océanos del mundo.

En 1948, se empezó a investigar en Scripps, un nuevo e importante programa, -el descenso de la pesca de sardina en California-. Este no fue un programa particular, sino un programa de ayuda mutua entre : Pesca y Captura del Estado de California, la Oficina de Pesca Comercial de los Estados Unidos, La Institución de Oceanografía Scripps, la Acade

mia de Ciencias de California y la Universidad Stanford de la Estación -  
Marina de Hopkins Este programa llegó a conocerse como; CalCOFI -  
(California Cooperative Oceanic Fisheries Investigations).

En 1936, la captura de sardina alcanzó su producción máxima de 725,000 toneladas; en 1944 fue de 575,000 y en 1947, de 150,000. Pero entre 1950 y 1952, descendió trágicamente la captura de sardina de -- 350,000 a 5,400 ton. En ese mismo año la pesca mexicana de Ensenada produjo 9,600 ton., menos que la mitad de la captura del año anterior. La población de sardina nunca se ha recuperado; en una palabra, ha continuado su descenso.

De 1949 a la fecha, CalCOFI ha realizado cerca de 200 cruceros a todo lo largo de la costa de la Baja y Alta California y por lo menos 16 en el Golfo de California para conocer el ecosistema completo y determinar las interrelaciones que existen entre las tres regiones geográficas. Las razones por las que esta área cubre grandes extensiones internacionales son: 1) La Corriente de California se mueve hacia el Sur, bordeando las costas de ambas California, formándose grandes remolinos atravezando la límitrofe política, 2) la sardina migratoria, la anchoa y otro pez pelágico, se mueven de sur a norte y de nuevo al sur, a través de la Corriente de California, y 3) el sistema de productividad elaborado a - todo el norte de Punto Concepción, es consumido lentamente por peces y otras criaturas más grandes a lo largo de las penetraciones del sur. Estos estudios, nos han proporcionado un conocimiento básico y una idea -

general en lo que concierne a los recursos pelágicos fuera de la costa de ambas Californias. Esos recursos estudiados, no solamente comprenden a la sardina, sino también, a la anchoveta, macarela, merlusa, saury, los moluscos y el cangrejo rojo pelágico.

La Corriente de California es sin duda, la corriente oceánica más estudiada en el mundo. Muchos de los resultados de este esfuerzo se hallan contenidos en los átlas de CalCOFI, referentes a los parámetros físicos y biológicos, incluyendo la distribución de huevos y larvas de la sardina, anchoveta, macarela y merlusa a lo largo de ambas costas de California. Hay también, muchas publicaciones científicas que se refieren a este estudio. Estos 25 años en los que se ha recopilado información y, el estudio ofrece una oportunidad de desarrollo importantísima para el uso completo de los recursos pesqueros.

La participación de México en este programa, ha estado en una base muy reducida cerca de tres años. A finales de 1971, el Instituto Nacional de Pesca (INP) se convirtió en un activo participante. A partir de esta fecha, CalCOFI y el INP se han reunido 2 ó 3 veces al año a fin de planear programas de ayuda mutua tales como, coordinación de planes de crucero, intercambio de personal en respectivos cruceros, entrenamiento de técnicos para la recopilación y procesamiento de datos y un trabajo mutuo en el análisis de la información. Esta ayuda mutua ha tenido como resultados, artículos de investigación presentados en las

dos reuniones anuales de CalCOFI, por el personal del INP y algunos artículos científicos compuestos por autores tanto del personal del INP y de CalCOFI.

La mayor parte de la información acerca del Programa de CalCOFI se encuentra en México disponible en: El Instituto Nacional de Pesca, Unidad de Ciencias Marinas de la Universidad Autónoma de Baja California y en el Centro de Datos Oceanográficos de la Secretaría de Marina.

La investigación de animales invertebrados a lo largo de las costas de California, Baja California y de la costa oeste mexicana, se ha visto grandemente influenciada por el trabajo del Dr. Carl C. Hubbs y del Dr. J. Alvarez del Departamento de Zoología, Escuela Nacional de Ciencias Biológicas, que publicaron en 1972 el artículo, "Bosquejo histórico de la Ictiología en México" en el que escribieron, - que la historia de la Ictiología en México puede considerársele en tres períodos. El tercer periodo se inicia en el año 1920 y el Dr. Carl Hubbs y sus estudiantes, son el eje de este periodo. Desde el ingreso a Scripps del Dr. Hubbs en 1944, y el Dr. Richard Rosenblatt encargado de los Peces y, sus estudiantes, han publicado por lo menos 90 artículos relativos a Baja California. Estos artículos de investigación se refieren no solo a los peces, sino también a los anfibios, reptiles, aves marinas y terrestres y mamíferos marinos. En 1954, el Dr. Hubbs redescubrió la foca de la Isla -

de Guadalupe, y desde que se vigila la preservación de estas especies, han aumentado hasta cerca de 500 especies características. El Dr. Hubbs participó y fue conductor de otras investigaciones acerca de la morsa en la Isla de Guadalupe, de las ballenas grises en Ojo de Liebre (Scammon lagoon), Baja California y su condición como especies preservadas. En 1959, en el simposium titulado "La Biogeografía de Baja California y Aguas Adyacentes", presidido por el Dr. Enrique Beltrán (Director, Instituto Mexicano de Recursos Naturales Renovables), el Dr. Hubbs analizó el conocimiento que hasta entonces se tenía de los vertebrados marinos en la costa oeste de Baja California.

En el paso de los años, los doctores Hubbs y Rosenblatt junto con sus estudiantes graduados, realizaron una exhaustiva investigación de la colecta de peces a lo largo de la costa oeste de México incluyendo el Golfo de California. Los especímenes colectados cada año en México por Scripps, son enviados al Departamento Mexicano de Pesca. Recientemente, nosotros hemos estado trabajando con el Colegio de Marina de la Universidad Autónoma de Baja California a fin de efectuar una provechosa colecta de peces de Baja California.

De todo Scripps, el Dr. Hubbs fue el que probablemente durante muchos años contribuyó para que Scripps trabajara con universidades, colegios y agencias gubernamentales de México.

En 1957, los geólogos marinos y geofísicos desarrollaron en Scripps un plan de estudio para el Golfo de California. (De ahí en adelan-



te, estos geólogos intervenían principalmente en lo concerniente al Golfo de México. El Golfo de California fue por mucho tiempo inexplorado por los geólogos marinos contemporáneos).

Con la colaboración del personal de la Universidad de México y del Gobierno mexicano, el trabajo de campo se inició en 1958. La - Expedición Marina Vermilion -, empezó en la primavera de 1949 y continuó durante varias estaciones de ese mismo año. Durante varios años consecutivos, se efectuaron cruceros suplementarios y exploraciones terrestres.

El grado máximo alcanzado de esta investigación, apareció en 1964 con la publicación del libro, "Geología Marina del Golfo de California", editado por el Dr. Tjeerd H. van Andel y el Dr. George Shor, Jr.

Los geólogos y geofísicos han continuado el estudio del Golfo de California y su relación con el ascenso Pacífico Este (con un arrecife sumergido que se extiende desde el sur del Océano Pacífico hacia el Golfo de California), y la teoría general de la extensión de la plataforma continental.

La mayor parte de la investigación geológica se ha realizado en la mitad del Golfo de California en la parte sur. Pero la investigación - realizada por el Dr. Douglas Inman de Scripps en la parte noroeste del litoral del Golfo, ha abarcado la serie de fenómenos del mismo litoral (acción de la arena a lo largo de las playas). Un estudiante graduado de Scripps, Dr. Robert Thompson, ofreció su proyecto de tesis acerca del

banco de mareas en el delta del río Colorado el cual, recientemente publicó en forma de libro El trabajo de la parte norte del Golfo es en extremo importante y resulta clara la necesidad de realizar numerosos proyectos de investigación de esta porción norte, a fin de tener conocimiento de esta área y sobretodo, la relación que existe entre la topografía del fondo y sedimentos con el camarón y la pesca y desove de la totoava.

Las lagunas costeras que van a lo largo de la costa oeste de Baja California y del Golfo de California y de la costa suroeste de México, algunos estudiantes graduados y especialmente con el Dr. Agustín Ayala Castañares. Algunas de las investigaciones realizadas por el Dr. Fred Phleger y el Dr. Joseph Curray de Scripps, han sido presentadas en el libro, "Lagunas Costeras" editado por Agustín Ayala Castañares y Fred B. Phleger.

A mediados de 1960, Scripps inició un programa para investigar los sedimentos depositados (estrigráficos) en la cuenca de Santa Bárbara al sur de California, en la parte externa. El fondo de esta cuenca tiene poco o nada de oxígeno, lo mismo que escamas de pez, huesos de oído de peces, esqueletos de organismos planctónicos muy pequeños, son preservados en una base casi anual. El análisis de datos, bajo la dirección

del Prof. John D. Isaacs y Andrew Sontar, está redituando información base de varios siglos anteriores, valorando los cambios anuales de la situación oceanográfica, clima, variaciones naturales de la población de peces, los niveles base de los contaminantes suspendidos y los desechos del hombre de materiales contaminantes. Esta información histórica nos permitirá por ejemplo, extrapolar las fluctuaciones naturales de las poblaciones de peces tales como, la de la sardina, anchoveta, merlusa y otras. Esto en consecuencia, nos permitirá aumentar nuestro conocimiento y poder así darle a la pesca costera una mejor utilización.

El mismo tipo de sedimentos estrigráficos son encontrados en la costa oeste del sur de Baja California y en el Golfo del mismo nombre. La información que se tiene sobre fluctuaciones de población de peces migratorios de estos lugares, están siendo comparadas con información del sur de California a fin de determinar la historia de las fluctuaciones naturales a lo largo de toda la costa de ambas Californias.

El periodo de exploración oceánica se concluye principalmente a lo largo de la costa oeste de los Estados Unidos y México, incluyendo el Golfo de California. La comunidad científica está presente en la investigación científica de los problemas que de las exploraciones han surgido.

Durante los últimos años, Scripps ha aumentado su participa -

ción con científicos mexicanos en proyectos de investigación realizados no solo en México, sino en otras partes del océano. Una prueba de que México ha aumentado su participación en ciencias marinas, es el número de días en que científicos y estudiantes mexicanos han participado en investigaciones a bordo de buques de Scripps. En 1965, ellos permanecieron a bordo 65 días y en 1973 esta cifra aumentó a 238 días.

El programa de CalCOFI examinado con anterioridad, tiene la posición y oportunidad de ser el programa de investigación pesquera más adelantado en el mundo. El pescado migratorio de las costas de las dos Californias y del Golfo de California (sardina, anchoveta, merlusa, macarela y moluscos), prometen un recurso alimenticio y un enorme contenido de proteínas de peces.

Tradicionalmente, estas pescas no son competitivas en el sentido de que no se realizan en el mismo lugar geográfico por ambos países. Pero un programa continuo y firme de investigación cooperativa, permitiría sostener la captura máxima sin arriesgar el stock de peces para cualquiera de los dos países. El programa CalCOFI en cooperación con el Instituto Nacional de Pesca y la Unidad de Ciencias Marinas de la Universidad Autónoma de Baja California, está aumentando su capacidad productiva. Los planes para los próximos 2 años incluyen cruceros colectivos en el Golfo de California y a lo largo de la costa oeste de Baja y Alta California.

Un número considerable de proyectos de investigación para el norte del Golfo de California, fue recientemente trazado en Scripps - por el Prof. John Isaacs y Richard Schwartzlose y en CALAFIA (revista de la Universidad Autónoma de Baja California), por Saúl Alvarez Borrego, Director de la Unidad de Ciencias Marinas y Richard Schwartzlose de Scripps. La investigación incluye el determinar la relación -- existente de la topografía del fondo y las mareas de 10 m. de altura en la parte norte del Golfo; las corrientes; la estimación del intercambio - de agua entre el norte y el sur del Golfo; el efecto de las olas, la marea baja superficial en cuanto a la temperatura y salinidad en el extremo - norte del Golfo y su efecto en la totoava, huevos de camarón y larvas.

El Golfo es una área extremadamente productiva en lo que a -- fitopláncton, zoopláncton y peces se refiere. De las profundidades fluye agua rica en nutrientes, estimulando la cadena alimenticia a su máxima producción. Aumentando la corriente convectiva ascendente y bombeando el agua rica en nutrientes, puede ser posible convertir pequeñas lagunas cerradas en ambientes extremadamente productivos en fitopláncton; proporcionando continuamente cantidades suficientes de alimento para - consumo en el grado siguiente de la cadena alimenticia

Pasando la investigación en lo referente al acarreo de arena a lo largo de las costas del sur de California, comparada con Baja California, y la pérdida de arena en los cañones submarinos, son temas de un estu-

profundo por el Dr. Douglas Inman y el Dr. Francis Shepard. La arena es depositada en las playas por corrientes que solamente se repiten durante fuertes tormentas. Eventualmente, la arena se pierde irremediablemente en los cañones submarinos cuyas bocas se cierran hacia el litoral. En muchos lugares de California, las corrientes están siendo bloqueadas, cortando el abastecimiento de arena a las playas. Muchas de las playas de California, ya sin ser rellenadas de arena, pueden eventualmente convertirse en extensiones rocosas de la costa. El entendimiento de este sistema, puede servir de ayuda a todas las naciones costeras a preservar sus playas arenosas, reduciendo la pérdida de arena en la profundidad del océano por medio de cañones submarinos.

Los sismos son frecuentes en California, Baja California y en el Golfo de California y se tiene un cómputo anual del movimiento activo de distancias perceptible del terreno. Durante un período de dos años, el Dr. Víctor Vacquer de Scripps ha medido el cambio de distancias relativo entre Isla Angel de la Guarda en el Golfo y en la península de Baja California. La falla fue de 4 mm. considerando que se esperaba fuera de 120 mm. según promedio estimado de la expansión del fondo marino. Es probable que las regiones de más intenso movimiento se localicen entre Gangel de la Guarda y Tiburón. Relacionado a la expansión del fondo marino, son fallas de sismos activos y probablemente resultado del calor

de la superficie terrestre en forma de vapor, fuentes termales y aún actividad volcánica. En 1972, el Dr. Henry Menard llevó a cabo una expedición, en busca de fuentes termales en el fondo del Golfo, similares a las descubiertas en el Mar. Rojo. No se encontró ninguna, pero existe aún la posibilidad de que puedan ser descubiertas. Las mediciones de calor, más altas que el flujo normal, están siendo investigadas por un estudiante graduado de Scripps. El Dr. James Brune está realizando investigaciones junto con el Dr. Cinna Lomnitz del Departamento de Sismología de la Universidad de México. Ellos están estudiando los mecanismos sísmicos en el Golfo de California dándole un enfoque hacia el estudio de los sismos de peligro.

El Dr. Jean H. Filloux, después de 2 años de reunir información sobre mareas en el Golfo de California, él puede ahora predecir con cierto grado de exactitud, las mareas del Golfo. Su información y resultados van a ser comparados con los modelos matemáticos de predicción de mareas del Dr. Nicolás Grijalva, Director del Centro de Investigación Científica y Educación Superior de Ensenada, Baja California y del Dr. Myrl C. Hendershott de Scripps. Durante varios años, han estado trabajando con el Dr. Grijalva, científicos de Scripps, el Dr. Filloux y el Dr. Charles S. Cox, (Oceanógrafo físico).

El Centro de Datos Marinos lo componen un nuevo grupo de Scripps grupo formado por sociólogos, geógrafos, economistas y científicos polí-

ticos que se interesan en: 1) los métodos de transferencia de tecnología de un país a otro, y 2) el desarrollo de los desiertos costeros. Ellos han escogido estudiar en particular, México y Baja California. Los sociólogos actuarán recíprocamente con Scripps y científicos mexicanos. Ellos estarán investigando los métodos de transferencia de tecnología desde Scripps principalmente a las instituciones mexicanas de Ciencias Marinas. Su investigación sobre el desarrollo de los desiertos costeros se concentrará en Baja California, debido a su cercanía con Scripps pero, se tomarán en cuenta programas de desarrollo posibles a muchos desiertos costeros del mundo.

Dos miembros de Scripps, el Dr. William Fenical y el Dr. John Faulkner, están llevando a cabo pequeños proyectos en el Golfo de California. Están interesados en la química de invertebrados marinos y bacterias marinas en su búsqueda por antibióticos. También el Dr. Fenical está estudiando las algas marinas y la facultad de algunas de ellas, para inhibir el crecimiento algal. De aquí podría surgir una sustancia que pueda aplicarse como compuesto anti-incrustante.

El Dr. Lanna Cheng está investigando los mosquitos que causan molestias con sus picaduras y que habitan la Isla San José en el Sur del Golfo de California. Un estudio de su comportamiento y de su ciclo reproductor harían surgir métodos eficaces para eliminarlos en áreas en donde el hombre se encuentra presente. Ellos constituyen un verdadero pro-



blema para el desarrollo de las áreas en donde éstos se encuentran.

Estudiantes de universidades mexicanas han ingresado al programa Scripps para obtener título de graduado, por lo menos desde 1959. Durante los últimos años, el número de asistencia ha aumentado notablemente debido en parte al programa de becas desarrollado por el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología. En la actualidad, hay cuatro estudiantes mexicanos graduados en Scripps (2 estudiantes obtuvieron su título de pasantes en el Instituto de Geofísica de la Universidad de México y 2 de la Unidad de Ciencias Marinas de la Universidad Autónoma de Baja California).

